



Radioaktive „Niedrigstrahlung“: Ein Blick auf die Fakten

Getarnt als unabhängige Bürgerinitiative, macht „Nuklearia“ mit gezielt vorgeschobenen Klimaschutz-Argumenten Propaganda für die Atomindustrie. Die Behauptungen von Nuklearia sind nachweislich falsch, irreführend und damit unseriös. Als Argumentationshilfe haben wir im Folgenden wissenschaftliche Argumente und Quellen zusammengestellt – entgegen der strahlenverharmlosenden Behauptungen aus dem „Nuklearia“-Flyer:

1) Nuklearia behauptet: „Strahlung ... vermeidet krebserregende Luftverschmutzung“.

Kohlekraftwerke durch Atomkraftwerke zu ersetzen, hieße, den Teufel mit dem Beelzebub auszutreiben. Die reduzierte Luftverschmutzung würde dann über zig Jahrtausende durch weiterhin radioaktiv strahlende Hinterlassenschaften ersetzt, die die Gesundheit unserer Nachkommen vielfältig gefährden (siehe unten).

2) Nuklearia behauptet: Es gibt eine „ungefährliche Strahlung“.

Das Ausmaß vielfältiger, wissenschaftlich gesicherter gesundheitlicher Risiken radioaktiver Strahlung durch die damit befassten internationalen Gremien ist bisher immer nur nach oben korrigiert worden, zuletzt durch die Internationale Strahlenschutz-Kommission im Jahr 2008 (1).

Selbst eine erhöhte, natürliche Strahlung aus radonhaltigem Gestein oder Sand, kosmische Strahlung in hohen Berglagen oder Flugzeugen, vergrößert das Risiko, Chromosomen-Aberrationen zu erleiden. Diese sind dann ursächlich für eine erhöhte Rate totgeborener oder fehlgebildeter Kinder, diverse Leukämien und eine Vielzahl verschiedener Krebse, z. B.:

» Bei 3.877 dänischen Cockpit-Besatzungen beobachteten Gundestrup und Storm (1999; 2) einen signifikanten



Foto: Antonio Batinic / Pexels

Wie wirkt ionisierende Strahlung?

Ionisierende Niedrigstrahlung ist Teilchen- oder elektromagnetische Strahlung eines Dosisbereiches, der in etwa dem durch natürliche und sogenannte zivilisatorische Quellen verursachten entspricht. Deren biologische Effekte können sich im Lauf der Lebenszeit eines Organismus anhäufen. Es handelt sich dabei um Veränderungen an Molekülen, Zellen oder deren Organellen.

Das „Lineare Modell ohne Schwellenwert“ (LNT: **Linear No-Threshold**) ist dabei die weltweit wichtigste theoretische Grundlage für Strahlenschutznormen. Das Modell besagt, dass zwischen Strahlendosis und Erkrankungswahrscheinlichkeit ein direkter Dosis-Wirkungs-Zusammenhang besteht, und das bei jeder noch so geringen Dosis, also ohne Schwellenwert.

Anstieg der Häufigkeit von akuten myeloischen Leukämien und malignen Melanomen.

» Picco et al. (2000; 3) berichteten über einen signifikanten Anstieg der Häufigkeit verschiedenster Arten von krankhaft veränderten Chromosomen um das 2,4-fache in Blut-Lymphozyten von Flugzeug-Crewmitgliedern im Vergleich zu einer nicht fliegenden Kontrollgruppe.

» Bei Piloten von Concorde-Flugzeugen wurde eine um das achtfache erhöhte Häufigkeit krankhafter, sog. dizentrischer Chromosomen gefunden (Heimers, 2000; 4).

» Das Risiko, an Brustkrebs und malignem Melanom zu erkranken wurde von Rafnsson et al. (2001; 5) bei 1.690 Flugbegleiter*innen signifikant erhöht gefunden.

» Unter 3.662 US-amerikanischen Bergarbeitern, die unter Tage einer erhöhten Konzentration von radioaktivem Radon ausgesetzt waren, fand sich eine um 11% erhöhte Häufigkeit von Lungenkrebs (Krewski et al., 2005; 6).

» 5,0% aller Lungenkrebstoten in Deutschland und der Schweiz werden auf radioaktives, natürliches Radon zurück geführt, das aus dem Gestein vieler Wohnhäuser entweicht (Menzler et al., 2008; 7).

» In einer Studie von Grajewski et al. (2015; 8) an 2.273 Flugbegleiterinnen wurde während ihrer Flüge pro zusätzlich erhaltenen 0,1 Milligray natürlicher kosmischer Strahlung ein um das 1,7-fache erhöhtes Risiko gefunden, eine Fehlgeburt zu erleiden.

» Im Mittel erhielten die Flugbegleiter*innen auf ihren Flügen zusätzliche 1,8 – 5,8 Millisievert kosmische Strahlung pro Jahr.

» Bei 308.297 über 27 Jahre nachbeobachteten Arbeitern in Atomkraftwerken in Frankreich, England und den USA wurde ein um das 10,45-fache erhöhtes Risiko gefunden, pro zusätzlich erhaltenem Gray radioaktiver Strahlenbelastung z.B. an einer Leukämie zu erkranken. Bei einer mittleren zusätzlichen Belastung der dort Arbeitenden von 1,1 mGy pro Jahr bedeutete das eine Zunahme von deren Risiko an einer Leukämie zu erkranken um 6,9% in 25 Arbeitsjahren (Leuraud et al., 2015; 9; Richardson et al., 2015; 10).

» Spycher et al. (2015; 11) belegten an einer Kohorte von 2.093.660 Kindern in der Schweiz unter 16 Jahren eine Erhöhung ihres Krebsrisikos in Abhängigkeit von der Höhe ihres Wohnortes über dem Meeresspiegel und der Dauer der Exposition dort. Während für alle Krebse das Risiko um 3% pro zusätzlichem Millisievert Höhenstrahlung pro Jahr betrug, waren es für Leukämien und Hirn-Tumoren 4%.

» Während in Meereshöhe 0,3 Millisievert kosmischer Strahlung pro Jahr gemessen werden, sind es in Höhe der Zugspitze (2962 m) bereits 1,1 pro Jahr.

» Bei Flugzeugbesatzungen wurde von Sanlorenzo et al. (2015; 12) eine im Vergleich mit der Allgemeinbevölkerung um das Doppelte erhöhte Rate an Malignen Melanomen gefunden.

» Miura et al. (2019; 13) haben zwölf wissenschaftliche Studien zur Strahlenbelastung von Pilot*innen und Flugbegleitpersonal ausgewertet. Alle berichten über eine Erhöhung des Risikos, maligne Melanome und andere Hautkrebs zu erleiden um das Doppelte im Vergleich zur Normalbevölkerung.

» 2.729 Flugbegleiter*innen zeigten in allen untersuchten Krebsarten (Brust-, Gebärmutter-, Haut-, Magen-Darm-, Schilddrüse-) eine bis um das Vierfache gegenüber einer nicht fliegenden Kontrollgruppe erhöhte Rate eine Krebserkrankungen zu erleiden (McNeely et al., 2018; 14).

3) Nuklearia behauptet: Dass Strahlung „zu Erbschäden führe“, ist eine falsche Vorstellung.

Ionisierende Strahlung verursacht selbst in niedrigster Dosierung punktuelle Änderungen der Basensequenz der Erbsubstanz DNA (mit der Folge von Mutationen von Genen) und Chromosomen-Defekte (chromosomale Aneuploidie). Diese sind wiederum für eine Vielzahl verschiedenster angeborener Krankheiten, Missbildungen und Totgeburten sowie eine große Bandbreite bösartiger Tumoren verantwortlich. Wissenschaftliche Publikationen dazu füllen ganze Bibliotheken, z. B.:

» Neugeborene Ratten zeigten bei vorgeburtlich am 17. Tag der Schwangerschaft erhaltenen Strahlendosen >0,2 Gray verschiedene neurophysiologische Defekte (Jensh et al., 1987; 15).

» Bestrahlung trächtiger Mäuse führt zu einem signifikanten Anstieg des Vorkommens von Mikroencephalie und Mikrophthalmie bereits ab 0,1 Gray (Uma Devi et al., 1990; 16).

» Eine einmalige Bestrahlung schwangerer Mäuse führte bereits mit 9 mGray zu einem statistisch signifikanten Anstieg der vor- und nachgeburtlichen Sterblichkeit, von Mikrophthalmie sowie einem reduzierten Geburtsgewicht (Prakash-Hande and Uma-Devi, 1992; 17).

» In Weißrussland stieg nach der Katastrophe von Tschernobyl zwischen 1987 bis 1994 die Häufigkeit angeborener Missbildungen signifikant um 81% (Latzjuk et al., 1997; 18).

» Bei Mäusen führen im Mutterleib erhaltene Strahlendosen zwischen 1 und 2 Gray zu vermehrten Kiefer-Gaumenspalten, Hydrozephalien und Missbildungen der Gliedmaßen (Kim et al., 2001; 19).

» In den von der radioaktiven Wolke nach der Katastrophe von Tschernobyl 1986 betroffenen Ländern Nord-, Zentral- und Osteuropas ist die Häufigkeit angeborener Fehlbildungen und von Totgeburten in den folgenden 5 bzw. 10 Jahren signifikant angestiegen (Scherb and Weigelt, 2003; 20).

» Bei Nachkommen einmalig mit 3 Gray bestrahlter männlicher Ratten kommt es zu einem signifikanten Anstieg der genetischen Instabilität, die sich in zunehmenden Chromosomen-Aberrationen zeigt (Sanova et al., 2005; 21).

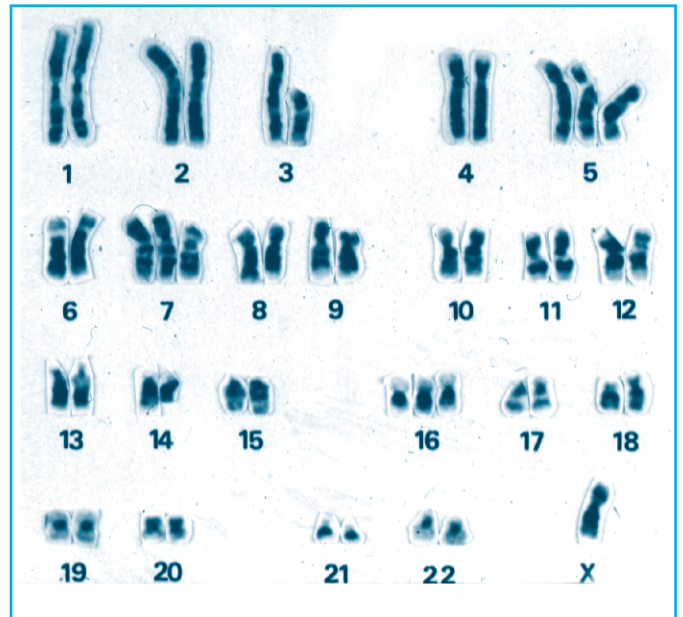
» Wissenschaftler der Universität von Haifa (Horishna et al., 2005; 22) fanden im Erbgut der Kinder von Liquidatoren aus Tschernobyl im Vergleich zu ihren vor der Katastrophe gezeugten Geschwistern bis zu sieben Mal mehr Genmutationen. Ihre Väter hatten Strahlendosen von 50 bis 200 Millisievert erhalten.

» In der nach dem Unfall von Tschernobyl besonders stark radioaktiv belasteten ukrainischen Region Polissia fand sich unter 96.483 Neugeborenen in den Jahren 2000–2006 die höchste Rate an Neuralrohr-Defekten (27/10.000 Lebendgeburten) in ganz Europa. Ebenso signifikant erhöht waren die Raten an Mikroencephalie, Mikrophthalmie, Siamesischen Zwillingen und angeborenen Teratomen (Wertelecki, 2010; 23).

» In Weissrußland und in West-Berlin wurden neun Monate nach der Katastrophe von Tschernobyl signifikant mehr Kinder mit Trisomie 21 geboren als vorher (Frenzel C. und Lengfelder, E., 2011; 24; Sperling et al., 2012; 25).

» Aus der DDR wurde nach der Katastrophe von Tschernobyl 1986 ein Anstieg der Häufigkeit von Lippen-Kiefer-Gaumenspalten um 9,5% berichtet. (Ziegłowski und Hemprich, 2013; 26).

» In den nach der Katastrophe von Tschernobyl 1986 stark radioaktiv belasteten Regionen der Ukraine und Weißrusslands werden bis heute 10,8% der in der Bevölkerung beobachteten Genmutationen und 48,9% der Krankheiten verursachenden Chromosomenaberrationen auf die Strahlung zurück geführt sowie 62,7% der angeborenen Fehlbildungen und Totgeburten. Dies geht aus einer Metaanalyse der Daten aus 45 Publikationen hervor (Møller und Mousseau, 2015; 27). Die Strahlenempfindlichkeit des Menschen wurde zwar geringer als die von Pflanzen gefunden, aber größer als die von Mäusen und Bakterien.



Aneuploides Karyogramm einer Nierenkarzinomzelle: Ionisierende Strahlung verursacht auch in geringer Dosierung fehlerhafte Chromosomensätze, die wiederum die Ursache für eine maligne Transformation sein können. Die Abbildung zeigt: Verlust eines Armes des Chromosoms (3), Trisomien der Chromosomen (5, 7 und 16) sowie eine Monosomie (6).

» In den besonders betroffenen japanischen Provinzen Iwate und Miyagi stieg zehn Monate nach der Reaktorkatastrophe von Fukushima 2011 die perinatale Sterblichkeit um mehr als 50% (Scherb et al. 2016; 28).

4) Nuklearia behauptet:

„... über eine lange Zeit gestreckt, ist eine Dosis von 5000 mSv harmlos.“

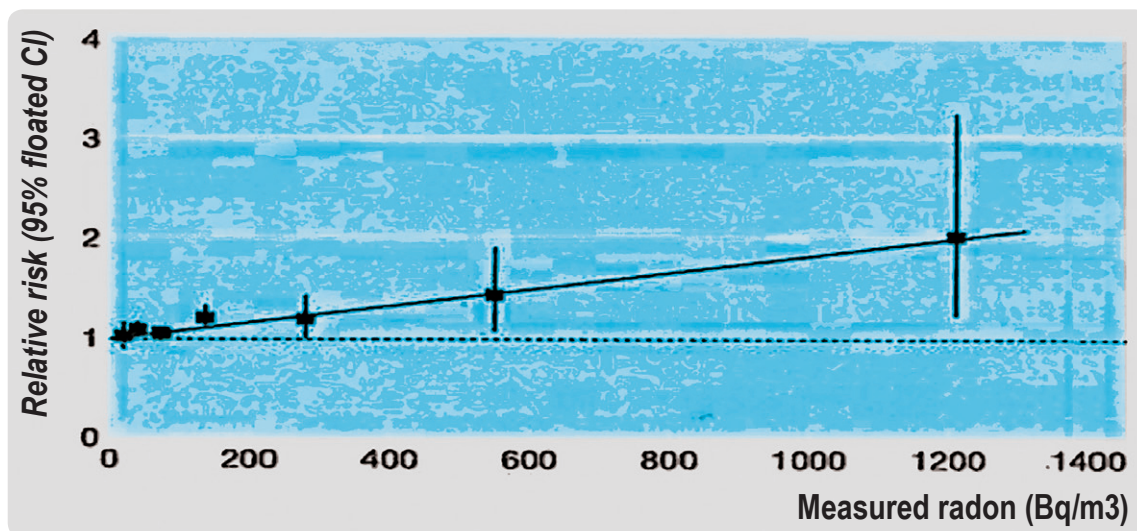
Zwar können menschliche Zellen manchen Effekt einer einmal erhaltenen Strahlendosis durch Reparatur des beschädigten DNA-Stranges oder Selbstmord (Apoptose) reparieren bzw. eliminieren. Sie haben aber auch ein „Gedächtnis“ für einmal erhaltene Strahlendosen (Sugihara et al., 1992; 29). Daher ist vor allem die kumulierte Strahlendosis medizinisch relevant. Für den behaupteten Schwellenwert einer noch harmlosen Strahlendosis gibt es keinerlei wissenschaftliche Beweise.

5) Nuklearia behauptet:

„Unterhalb von 100 mSv/Jahr konnten niemals zusätzliche Krebsfälle nachgewiesen werden.“

Selbst leicht erhöhte Dosen natürlicher Strahlung (ca. 2,1 Millisievert pro Jahr in Deutschland), z. B. aus dem Kosmos oder von Radon ausgasenden Gesteinen oder natürlichen Baumaterialien erhöhen nachweislich das Risiko an Leukämien und verschiedenen Krebsen zu erkranken. In Dänemark belegten Raaschou-Nielsen et al., 2008 (30)

Sichere Grenzwerte gibt es nicht: Die Studie von Darby et al. (2005) zum Risiko von Radonbelastung in Gebäuden ist nur ein Beispiel dafür.
Quelle: Darby et al.



einen linearen Zusammenhang zwischen der häuslichen Exposition von Kindern gegenüber natürlichem Radon in Wohnhäusern in den Jahren 1968–94 und dem späteren Auftreten einer Akuten Lymphatischen Leukämie. Spycher et al. (2015; 11) bewiesen an einer Kohorte von 2.093.660 Kindern in der Schweiz unter 16 Jahren eine Erhöhung ihres Krebsrisikos in Abhängigkeit von der Höhe ihres Wohnortes und der Dauer der Exposition gegenüber natürlicher kosmischer Strahlung dort. Während für alle Krebse das Risiko um 3% pro zusätzlichem Millisievert Höhenstrahlung betrug, waren es für Leukämien und Hirntumoren 4%.

6) Nuklearia behauptet:
„Die Linear No-Threshold Theorie (LNT), nach der die Krebswahrscheinlichkeit proportional zur Dosis ist, ist falsch.“

Eine Vielzahl von Studien an Strahlung ausgesetzten Kulturen menschlicher Zellen sowie epidemiologische Studien beweisen die Richtigkeit dieser auch von der Internationalen Strahlenschutz-Kommission (ICRP) angenommenen Beziehung. Sie besagt, dass es keine untere Schwellendosis für gesundheitlich ungefährliche Strahlung gibt und dass die Wahrscheinlichkeit, an Leukämie oder Krebs zu erkranken, proportional zur Strahlendosis steigt.

» Ron et al. (1995; 31) zeigten z. B. in einem Review zur Beziehung zwischen externer Bestrahlung und Schilddrüsenkrebs bei Kindern, dass eine lineare Dosis-Wirkungs-Kurve diese sehr gut repräsentiert. Dies galt bis zu einer niedrigen Dosis von nur 0,1 Gray.

» Daten aus verschiedenen Lebensdauer-Studien finden sich generell in guter Übereinstimmung mit einem linearen Dosis-Wirkungs-Modell bezüglich der Verursachung der meisten soliden Tumoren durch ionisierende Strahlung und einem linear-quadratischen Modell für Leukämie

(European Commission, 2001; 32). In einer Studie an 7.148 Patient*innen zur Korrelation von Lungenkrebs mit der häuslichen Konzentration von radioaktivem Radon fand sich eine lineare Beziehung ohne Schwellwert. Pro 100 Bequerel/m³ Raumluft stieg das Risiko um 8,4% (Darby et al., 2006; 33).

» Die Internationale Strahlenschutz-Kommission ICRP geht in ihren Empfehlungen von 2007 (34) davon aus, dass auch unterhalb einer Strahlendosis von 100 Millisievert deren Erhöhung eine proportionale Erhöhung der Wahrscheinlichkeit von auf Strahlung zurückzuführenden Krebserkrankungen oder vererbaren Defekten hervorgerufen und dass das *Linear No-Threshold Model* (LNT) auch im Bereich niedriger Strahlendosen gilt.

» Studien an menschlichen Bindegewebszellen in Kultur zeigten eine lineare Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen applizierter Röntgenstrahlung und dem Auftreten von numerischen Chromosomenaberrationen bereits zwischen 2 und 10 Milligray (Cho et al., 2015). Diese sind für das Auftreten angeborener Fehlbildungen und Totgeburten sowie das Entstehen verschiedenster Krebse verantwortlich.

7) Nuklearia behauptet:
Die Linear No-Threshold Theorie (LNT) berücksichtigt „die Reparaturmechanismen des Körpers nicht.“

Ein klinisch relevanter Trainingseffekt von Reparaturmechanismen strahlenbedingter Zell-, Chromosomen- und DNA-Schäden ist wissenschaftlich nicht belegt. Sofern in sehr vielen epidemiologischen Studien über die Korrelation zwischen Strahlendosis und der Häufigkeit von Krankheiten berichtet wird, sind Reparaturmechanismen, die eventuell stattgefunden haben, sehr wohl bereits berücksichtigt, haben aber allem Anschein nach nicht funktioniert. Mutationsbedingte Erbkrankheiten, angeborene

Hemmungsmissbildungen, Krebse und Leukämien zu riskieren, um vermeintliche Reparaturmechanismen zu deren Verhinderung zu trainieren, ist zynisch (Cho et al., 2015; 35).

8) Nuklearia behauptet:

„Es gibt Hinweise darauf, dass Niedrigstrahlung die Abwehr des Körpers gegen höhere Strahlung stärkt“.

Die schon von Paracelsus formulierte „Hormesis“-Hypothese besagt, dass geringe Dosen schädlicher oder giftiger Substanzen eine positive Wirkung auf den Organismus haben können. Sie trifft zwar vielfach auf die deterministischen (nicht zufallsabhängigen), nicht aber auf die klinisch relevanteren stochastischen (zufallsabhängigen) Strahlenschäden zu. Zu deren Natur gehört es, dass die Häufigkeit ihres Auftretens, nicht aber die Schwere der Erkrankung, dosisabhängig sind. Das bedeutet, dass auch geringste Dosen ionisierender Strahlung Krebs und Leukämien verursachen können (Köhnlein et al., 1989; 36).

Es ist z. B. unzulässig, aus dem vermeintlich heilenden Effekt von Radon bei Erwachsenen mit rheumatischen Erkrankungen auf einen allgemeinen, gesundenden Effekt radioaktiver Strahlung zu schließen. Lindernde Effekte auf entzündliche Erkrankungen (z. B. Rheumatismus) durch von Radon ausgehende radioaktive Strahlung („Radon-Kur“) sind vielmehr durch die vorübergehende Hemmung der Vermehrung von Entzündungszellen zu erklären (Mitostestop).

Seriöse Publikationen zu einem positiven „Hormesis“-Effekt bei strahlungsverursachten Leukämien und Krebsen in peer-reviewed Journals gibt es nicht. Eine Vielzahl wissenschaftlicher Veröffentlichungen berichten vielmehr über den Anstieg der Häufigkeit von Leukämien und Lungenkrebs bei Personen, die in radonbelasteten Häusern wohnen (Darby et al., 2005; 37).

9) Nuklearia behauptet:

„Bei Personen, die Dosen von unter 100 mSv erhielten, ist es jedoch umgekehrt: Hier ist die Krebssterblichkeit vermindert“.

Seriöse wissenschaftliche Studien, die das belegen, sind nicht bekannt.

» Bei 407.391 Arbeitern in Atomkraftwerken aus 15 verschiedenen Ländern beobachteten Cardis et al. (2005; 38) pro zusätzlich erhaltenem Sievert Strahlung eine 93-prozentige Steigerung des Risikos, an einer Leukämie zu erkranken.

» Bei 308.297 Arbeitern in Atomkraftwerken der USA, Englands und Frankreichs, die eine mittlere Dosis radioaktiver Strahlung von 1,1 mGy pro Jahr erhalten hatten, stieg das Risiko an chronisch myeloischer Leukämie zu erkranken pro zusätzlich erhaltenem Gray Strahlendosis um 10,5% (Leuraud et al., 2015; 39).

» In Dänemark belegten Raashon-Nielsen et al., 2008 (40) einen linearen Zusammenhang zwischen der häuslichen Exposition von Kindern gegenüber natürlichem Radon und dem späteren Auftreten einer Akuten Lymphatischen Leukämie.

10) Nuklearia behauptet:

„Nach Tschernobyl war nach dem Auftreten von 6.000 Fällen von Schilddrüsenkrebs bei Kindern kein Anstieg zu beobachten.“

Ionisierende Strahlung gilt als einzige gesicherte Ursache von Schilddrüsenkrebs. Die bisher beobachtete Häufigkeit von Schilddrüsenkrebs bei Kindern in den vom Fallout nach Tschernobyl belasteten Regionen Europas liegt deutlich darüber.

» Von allen Kindern aus der Region Gomel, Weißrussland, die zur Zeit der Reaktorkatastrophe zwischen null und vier Jahre alt waren, wird ein Drittel im Laufe ihres Lebens an Schilddrüsenkrebs erkranken (Cardis et al., 1999; 41).

» UNSCEAR (42) gab 2008 6.848 behandelte Schilddrüsenkrebs-Erkrankungen alleine bei Kindern und Jugendlichen bis 18 Jahre in Russland, Weißrussland und der Ukraine an.

» Die Gesamtzahl der bisherigen und noch zu erwartenden Schilddrüsenkrebs-Fälle in Folge der Katastrophe von Tschernobyl bis 2065 in Europa wird von Cardis et al. (2006; 43) auf 15.700 und von Yablokov and Nesterenko (2009; 44) auf 92.627 geschätzt.

» Allein in der nach der Katastrophe von Tschernobyl besonders hoch radioaktiv belasteten Region um Gomel, Weißrussland, erwartet man weit über 100.000 zusätzliche Fälle an Schilddrüsenkrebs in allen Altersgruppen (Lengfelder und Frenzel, 2006; 45).

» Demidchik et al. (2015; 46) dokumentierten 12.236 Schilddrüsenkrebsfälle aus den Jahren 1986–2004 alleine für Weißrussland bei Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen.

» In der Präfektur Fukushima wurde nach der dortigen AKW-Katastrophe im März 2011 ein Anstieg der Schilddrüsenkrebs-Häufigkeit bei unter 18-Jährigen um den Faktor 50 beobachtet (Tsuda et al. 2016; 47).

**11) Nuklearia behauptet:
„Niedrigstrahlung ist unbedenklich“.**

Die sog. natürliche Strahlenexposition (effektive Dosis) beträgt in Deutschland derzeit 2,1 Millisievert pro Jahr insgesamt. Davon entfallen 1,1 Millisievert/Jahr auf natürliches Radon, 0,7 Millisievert/Jahr auf kosmische Strahlung und 0,3 Millisievert/Jahr auf die Nahrung. Hinzu kommt eine sog. zivilisatorische Belastung von 1,7 Millisievert/Jahr (Bundesamt für Strahlenschutz, 2021).

Während die effektive Jahresdosis der natürlichen kosmischen Strahlung in Meereshöhe 0,3 Millisievert/Jahr beträgt, beläuft sie sich in 2.962 m Höhe (Zugspitze) auf 1,8 Millisievert/Jahr und in 10.000 m (Flughöhe von Passagier-Flugzeugen) 200 Millisievert/Jahr.

Diese niedrige, sog. natürliche Strahlenbelastung ist bereits für eine Vielzahl der spontan vorkommenden Tot- und Fehlgeburten, angeborenen Fehlbildungen, Leukämien und Krebse verantwortlich, z. B.:

» Das Hirngewicht in utero mit 75 bzw. 100 Milligray bestrahlter Meerschweinchen wiegt signifikant weniger als das nicht bestrahlte (Wagner et al., 1992; 48).

» In Weißrussland stieg nach dem Unfall von Tschernobyl in den Jahren 1987–1994 die Rate von missgebildeten neugeborenen Kindern signifikant um 81%, sofern ihre Eltern >555 Bequerel/m² radioaktiver Strahlung des Fallouts ausgesetzt waren (Lazjuk et al., 1997; 49).

» Für Westdeutschland berichteten Scherb et al. (2000; 50) über einen Anstieg der perinatalen Sterblichkeit um 4,8% im Jahr 1987, das auf die Katastrophe in Tschernobyl folgte.

» Körblein berichtete 2003 (51) von einem signifikanten Anstieg der Rate tot Geborener in den ersten drei Jahren nach der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl in den besonders stark radioaktiv belasteten Regionen um Gomel und Minsk.

» Körblein fand 2004 (52) eine enge Beziehung zwischen der Menge des von Schwangeren in Westdeutschland inkorporierten radioaktiven Strontiums aus atmosphärischen Atombombentests und der Häufigkeit von Totgeburten und frühkindlichen Todesfällen. Er schätzt 80.000 zusätzliche solche Todesfälle in Deutschland durch den radioaktiven Fallout dieser Tests.

» In einer Kohorte von 7.897 erhöhter radioaktiver Strahlung entlang des kontaminierten Tschernobyl-Flusses im Südrussland ausgesetzten Einwohnern stieg die Kindersterblichkeit in Abhängigkeit der erhaltenen Strahlung bei einer mittleren Dosis von 0,07 Milligray bei Eltern, 0,01 Milligray für Föten

und 0,02 Milligray bei nachgeburtlicher Bestrahlung um 3% pro Centigray signifikant an (Ostroumova, et al., 2005; 53).

» Küchenhoff, H. et al. bewiesen 2006 (54) einen signifikanten, dosisabhängigen Anstieg des Vorkommens kindlicher Missbildungen in stärker mit von der Reaktorkatastrophe in Tschernobyl herrührendem radioaktivem Cäsium belasteten Landkreisen Bayerns. Die Strahlenschutz-Kommission der Bundesregierung schätzte die effektive Strahlenexposition für das erste Jahr nach der Katastrophe aber nur auf 0,65 mSv.

» Spix et al. (2008; 55) und Kaatsch et al. (2008; 56) beschrieben eine signifikant erhöhte Rate des Vorkommens von Leukämien bei Kindern unter fünf Jahren um 50%, die im Umkreis von 16 deutschen Atomkraftwerken wohnten in den Jahren 1980–2003.

» Kim et al. (2016; 57) gehen in einem Review der Weltliteratur zu durch natürliches radioaktives Radon in Wohnhäusern verursachtem Lungenkrebs davon aus, dass dies weltweit 3–20% sind.

Referenzen:

1. International Commission on Radiological Protection: Recommendations of the ICRP. Rad Protect Dosimetry 129(4) 500 - 507 (2008). <https://doi.org/10.1093/rpd/ncn187>.
2. Gundestrup, M. and Storm, H.H.: Radiation-induced acute myeloid leukaemia and other cancers in commercial jet cockpit crew: a population-based study. Lancet 354 (1995).
3. Picco et al.: Chromosomal damage in air crew members of international flights. A preliminary report. Genet Mol Biol 23, 1117 - 1120 (2000).
4. Heimers, A.: Chromosome aberrations in Concorde pilots. Mutat Res 467(2), 169 -170 (2000).
5. Rafnsson et al.: Risk of breast cancer in female flight attendants: a population-based study (Iceland). Cancer Causes Control 12(2), 95-101 (2001). Doi: 10.1023/a:1008983416836.
6. Krewski et al.: Residential radon and risk of lung cancer: a combined analysis of 7 North American case control studies. Epidemiology 16(2), 137 - 145 (2005).
7. Menzler et al.: Population attributable fraction for lung cancer due to residential radon in Switzerland and Germany. Health Phys 95, 179 - 189 (2008).
8. Grajewski et al.: Miscarriage among flight attendants. Epidemiology 26(2), 192 – 203 (2015).
9. Leuraud, K. et al.: Ionizing radiation and risk of death from leukaemia and lymphoma in radiation-monitored workers (INWORKS): an international cohort study. Lancet Haematol July, 276 - 281 (2015).

10. Richardson et al.: Risk of cancer from occupational exposure to ionizing radiation: retrospective cohort study of workers in France, the United Kingdom, and the United States (INWORKS). *Brit Med J* 351, 5359 (2015). Doi: <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.h5359>.
11. Spycher et al.: Background ionizing radiation and the risk of childhood cancer: A census-based nationwide cohort study. *Environ Health Perspect* 123(6), 622-28 (2015).
12. Sanlorenzo et al.: The risk of melanoma in airline pilots and cabin crew: a meta-analysis. *JAMA Dermatol* 151(1), 51 – 58 (2015). Doi: 10.1001/jamadermatol.2014.1077.
13. Miura et al.: Do airline pilots and carbon crew have raised risk of melanoma and other skin cancers? Systematic review and meta-analysis. *Br J Dermatol* 181(1), 55 - 64 (2019). Doi: 10.1111/bjd.17586.
14. McNeely et al.: Estimating the health consequences of flight attendant work: comparing flight attendant health to general population in a cross sectional study. *Brit Med J* 18, 346 (2018).
15. Jensch R.P, Brent R.L. and Vogel, H.: Studies of the effect of 0.4-Gy and 0.6-Gy prenatal X-irradiation on postnatal adult behavior in the Wistar rat. *Exper Teratology* 35(1), 53- 61 (1987).
16. Prakash Hande, M and Uma Devi, P: Effect of in utero exposure to diagnostic doses of x-rays on the growth and behaviour of mouse. In: *Low dose irradiation and biological defense mechanisms*. Eds.: Sugihara et al., Excerpta Medica, Amsterdam, pp. 163 - 166 (1992).
17. Uma Devi et al.: Effect of low dose 70 kVp x-rays on the intrauterine development of mice. *Experientia* 46, 511 - 513 (1990).
18. Latzjuk et al.: Changes in registered congenital anomalies in the Republic of Belarus after the Chernobyl accident. In: *Radiation injury and the Chernobyl catastrophe*. *Stem Cells* 15(suppl. 2), 255 – 260 (1997).
19. Kim et al.: Dependence of malformation upon gestational age and exposed dose of gamma radiation. *J Radiat Res* 42(3), 255 – 264 (2001).
20. Scherb, H. and Weigelt, E.: Congenital malformation and stillbirth in Germany and Europe before and after the Chernobyl nuclear power plant accident. *Environ Sci & Pollut Res* 1, 117 – 125 (2003).
21. Sanova et al.: Effects of preconceptional gamma irradiation on the development of rat brain. *Neurotoxicol Teratol* 27(1), 145 – 151 (2005).
22. Horishna, O. V.: Chernobyl Catastrophe and Public Health: Results of Scientific Investigations (Chernobyl Children's Foundation, Kiev, 2005) pp. 59, in Ukrainian. Zitiert nach: Yablokov and Nesterenko, 2009.
23. Wartecki, W.: Malformations in a Chernobyl-impacted region. *Pediatrics* 125(49), 836 - 43 (2010).
24. Frenzel C. und Lengfelder, E.: 25 Jahre nach der Tschernobyl-Katastrophe – Ernste Gesundheitsschäden auch im Westen. *Umwelt-Medizin-Gesellschaft* 24, 9 - 14 (2011).
25. Sperling et al.: Evidence for an increase in trisomy 21 (Down syndrome) in Europe after the Chernobyl reactor accident. *Genet Epidemiol* 36, 48 – 55 (2012).
26. Ziegler V. und Hemprich, A.: Spaltgeburtenrate der ehemaligen DDR vor und nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl. *Mund Kiefer Gesichtschir* 3, 195 - 199 (2013). <https://doi.org/10.1007/s100060050129>.
27. Möller, A. P. and Mousseau, T. A.: Strong effects of ionizing radiation from Chernobyl on mutation rates. *Sci Rep* 5, 8363 (2015).
28. Scherb H.H. et al.: Increases in perinatal mortality in prefectures contaminated by the Fukushima nuclear power plant accident. *Medicine* 95, 38-44 (2016).
29. Sugihara et al.: Low dose irradiation and biological defense mechanisms. *Excerpta medica*, Amsterdam, London, New-York, Tokyo, (1992).
30. Raaschou-Nielsen et al.: Domestic radon and childhood cancer in Denmark. *Epidemiology* 19(4), 536 - 543 (2008).
31. Ron et al: Thyroid cancer after exposure to external radiation: a pooled analysis of seven studies. *Radiat Res* 141, 259 - 277 (1995).
32. European Commission: Radiation protection 125. Low dose ionizing radiation and cancer risk. ISBN 92-894 - 1693-9 (2001).
33. Darby, S. et al.: Residential radon and lung cancer. Detailed results of a collaborative analysis of individual data on 7148 persons with lung cancer and 14208 persons without lung cancer from 13 epidemiologic studies in Europe. *Scand J Work Environ Health* 32 (suppl. 1), 1 - 83 (2006).
34. ICRP: Recommendations of the ICRP. *Rad Protect Dosimetry* 129(4), 500 - 507 (2008).
35. Cho et al.: Delayed numerical chromosomal aberrations in human fibroblasts by low doses of radiation. *Int J Environ Res Public Health* 12(12), 15162 - 15172 (2015).
36. Köhnlein, W. et al.: Die Wirkung niedriger Strahlendosen. *Biologische und medizinische Aspekte*. Springer Verlag, Heidelberg, 1989.
37. Darby et al.: Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. *Brit Med J* 330, 223 (2005). doi: 10.1136/bmj.38308.47765.63.
38. Cardis et al.: Risk of cancer after low doses of ionizing radiation: retrospective cohort study in 15 countries. *BMJ*, doi: 10.1136/bmj.38499.599861.E0 (2005).
39. Leuraud et al.: Ionizing radiation and risk of death from leukemia and lymphoma in radiation-monitored workers (INWORKS): in international cohort study. *Lancet* 2(7), 276 - 281 (2015). DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S2352-3026\(15\)00094-0](http://dx.doi.org/10.1016/S2352-3026(15)00094-0).
40. Raaschou-Nielsen et al.: Domestic radon and childhood cancer in Denmark. *Epidemiology* 19(4), 536 - 543 (2008).
41. Cardis et al.: Observed and predicted thyroid cancer incidence following the Chernobyl accident. In: Tho-

mas G., Karaoglou A., Williams E.D. (eds). Radiation and Thyroid Cancer. World Scientific: Singapore, 395–405 (1999).

42. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: Sources and effects of ionizing radiation. UNSCERAR 2008: Report to the general assembly with scientific annexes. United Nations, New York, 2010.

43. Cardis et al.: Estimates of the cancer burden in Europe from radioactive fallout from the Chernobyl accident. Int J Cancer 119, 1224.-1235 (2006).

44. Yablokov and Nesterenko: Chernobyls radioactive contamination of food and people. Ann NY Acad Sci 1181, 1-220 (2009).

45. Lengfelder E. und Frenzel, C.: 20 Jahre nach Tschernobyl. Erfahrungen und Lehren aus der Reaktorkatastrophe. Otto Hug Strahleninstitut – Informationen, Februar 2006.

46. Demidchik et al.: Major factors affecting incidence of childhood thyroid Cancer in Belarus after the Chernobyl accident: Does Nitrate in drinking water play a role? PLoS ONE 10(9), e0137226 (2015).

47. Tsuda et al.: Thyroid cancer detection by ultrasound among residents ages 18 and younger in Fukushima, Japan: 2011 to 2014. Epidemiology 27(3), 316 - 322 (2016).

48. Wagner et al.: Radiation-induced microencephaly in guinea pigs. Rad Res 132(1) , 54 – 60 (1992).

49. Lazjuk et al.: Changes in registered congenital anomalies in the Republic of Belarus after the Chernobyl accident. Stem Cells 18 (suppl 2), 255 – 260 (1997).

50. Scherb, H. et al.: Regression analysis of time trends in perinatal mortality in Germany 1980 – 1993. Environ Health Perspect 108(2), 159- 165 (2000).

51. Körblein, A.: Strontium fallout from Chernobyl and perinatal mortality in Ukraine and Belarus. 43(2), 197 – 202 (2003).

52. Körblein, A.: Perinatal mortality in West Germany following atmospheric nuclear weapons tests. Arch Environ Health 59(11), 604 - 609 (2004).

53. Ostroumova et al.: Infant mortality among offspring of individuals living in the radioactivity contaminated Tech River area, Southern Urals. Acta Med Nagasaki 50, 23 – 28 (2005).

54. Küchenhoff H. et al.: Combined spatial-temporal analysis of malformation rates in Bavaria after the Chernobyl accident. ECC 2006: Chernobyl 20 years after. Chapter 11. 179 – 183 (2006).

55. Spix, C. et al.: Case-control study on childhood cancer in the vicinity of nuclear power plants in Germany 1980 – 2003. Europ J Cancer 44, 275 – 284 (2008).

56. Kaatsch et al.: Leukemia in young children living in the vicinity of german nuclear power plants. Int J Cancer 1220, 721 – 726 (2008).

57. Kim et al.: Attributable risk of lung cancer deaths due to indoor radon exposure. Ann Occupat Environ Med 28(1), 8 - 16 (2016).



Bestellmöglichkeit in der IPPNW-Geschäftsstelle:

IPPNW – Deutsche Sektion der Internationalen Ärzt*innen für die Verhütung des Atomkriegs, Ärzt*innen in sozialer Verantwortung e. V.
Körtestr. 10 · 10967 Berlin
Tel.: +49/(0) 30 68 80 74-0 · Fax: +49/(0) 30 683 81 66
ippnw@ippnw.de · www.ippnw.de

Online abrufbar unter: www.ippnw.de/strahlenfakten

© IPPNW e.V., Juni 2021
Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck nur mit Genehmigung möglich.
Redaktion: Prof. Dr. med. Alfred Böcking (V.i.S.d.P.)
Kontakt: kontakt@ippnw.de

Spendenkonto:
IPPNW e.V., IBAN: DE23 4306 0967 1159 3251 01 bei der GLS-Bank Berlin,
Stichwort: „IPPNW-Informationen“

