

Station, ist dies eine Vorichtsmaßnahme, die Fehlinterpretationen durch Laien verhindern soll. „Falls die Meßwerte bedenklich werden, informiert die Zentrale sofort das Bundesamt für Strahlenschutz sowie das Bundesumweltministerium.“

Dr. Axel Dalheimer vom Referat Radioaktivitätsüberwachung (TI 24) des Deutschen Wetterdienstes (DWD) in Offenbach erklärte dazu: „... hier liegt mit Sicherheit ein Missverständnis vor. Die Norddeutsche Rundschau hatte um ein Telefoninterview gebeten, in dessen Verlauf erwähnt wurde, dass der DWD die von ihm gemessenen Daten nicht selbst im Internet präsentiert. Dies kommt daher, dass nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz von 1986 die Kompetenz zur Veröffentlichung und Bewertung von Radioaktivitätsdaten der Bundesmessnetze beim Bundesamt für Strahlenschutz (BfS, www.bfs.de) gebündelt

wurde, um ein Informationschaos wie nach dem Reaktorunglück von Tschernobyl zu vermeiden.

Die Radioaktivitätsdaten des Deutschen Wetterdienstes und des ODL-Messnetzes des BfS werden vom BfS zeitnah im Internet veröffentlicht. Die Messdaten und eine aktuelle Lagedarstellung finden Sie unter <http://www.bfs.de/de/ion/imis/aktuell>.

Weitere Informationen zum Radioaktivitätsmessnetz des DWD, sowie zur Wetterlage und den Ausbreitungsbedingungen in Japan finden Sie auf der Homepage des DWD (www.dwd.de).“

Uwe Kirsch, Leiter der Pressestelle des Deutschen Wetterdienstes (DWD), bestätigte auf Anfrage ebenfalls, daß es die zitierte Hausmitteilung gegeben hat: „Wir haben (...) unsere Kollegen an den Meßstationen anlässlich der Ereignisse in Japan nochmals daran erinnert, dass der DWD grundsätzlich keine Messer-

gebnisse veröffentlichen darf und auch die KollegInnen vor Ort in den Stationen grundsätzlich bei Presse- und Bürgeranfragen auf das BfS (Bundesamt für Strahlenschutz; d. Red.) verweisen müssen. Wir haben auch in den zurückliegenden Jahren nie Meßdaten veröffentlicht ...“

AKW-Gefährdungsatlas der Deutschen Umweltstiftung

Angesichts der dramatischen Ereignisse in Japan stellt die Deutsche Umweltstiftung den von ihr herausgegebenen AKW-Gefährdungsatlas in einer völlig überarbeiteten Neuauflage vor. Er stellt übersichtlich und informativ die unmittelbaren Gefährdungszonen für den Fall einer Kernschmelze in einem deutschen oder grenznahen ausländischen AKW dar, wie sie gerade in Japan stattfindet. Einzelne AKWs gefährden so laut Umweltstiftung bis zu 18 Millionen Menschen in ihrem

Einzugsbereich.

Dazu Projektleiter Hans Günter Schumacher: „Besonders gefährdet, teils durch bis zu 6 AKWs in unmittelbarer Nähe, sind die Regionen um Bremen, Südbaden, Nordwürttemberg und die westlichsten Regionen der Bundesländer Saarland, Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz.“

Rund 159.327.839: Dies ist die im Umkreis von 150 km der zwölf AKW-Standorte in Deutschland insgesamt ermittelte Einwohnerzahl. Das bedeutet rein statistisch, dass jede/jeder Einwohner(in) in Deutschland circa zweimal durch Atomkraftwerke betroffen ist.

Der AKW-Gefährdungsatlas der Deutschen Umweltstiftung (2. Auflage) kann zum Preis von 10,- Euro im Buchhandel (ISBN 978-3-942466-00-4) oder direkt bei der Deutschen Umweltstiftung www.atlasdeutscheumweltstiftung.de bestellt werden. ●

Risikokalkulation 2

Empfehlungen zur Minimierung des Strahlenrisikos in Japan

Zur Begrenzung des Strahlenrisikos durch die Aufnahme von Radionukliden mit der Nahrung in Japan nach der Reaktorkatastrophe von Fukushima haben die Gesellschaft für Strahlenschutz (German Society for Radiation Protection) und der Informationsdienst Strahlentelex auf der Grundlage der Erfahrungen nach der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl die hier dargestellten Überlegungen und Berechnungen durchgeführt und geben folgende Empfehlungen:

1. Wegen der aktuell hohen Belastungen durch Radiojod ist der Bevölkerung in Japan zu empfehlen, derzeit auf

den Verzehr von Salaten, Blattgemüsen und eßbaren Wildkräutern zu verzichten.

2. Wegen Unsicherheiten der Bewertungsgrundlagen muß empfohlen werden Säuglingen, Kindern und Jugendlichen keine Nahrung mit mehr als 4 Becquerel des Leitnuclids Cäsium-137 pro Kilogramm Nahrungsmittel zu geben.

Erwachsenen ist zu empfehlen, Nahrungsmittel mit nicht mehr als 8 Becquerel des Leitnuclids Cäsium-137 pro Kilogramm Nahrungsmittel zu sich zu nehmen.

3. Zur Kontrolle von Nahrungsmitteln in Japan und der Veröffentlichung von Meßergebnisse ist es nütz-

lich, wenn Bürgerinitiativen und Stiftungen unabhängige Strahlenmeßstellen einrichten. In Europa wäre zu überlegen, wie solche Initiativen in Japan gefördert werden können.

Überlegungen und Berechnungen

Bei den nachfolgenden Berechnungen werden die Vorschriften der geltenden deutschen Strahlenschutzverordnung zugrunde gelegt.

Die Aufnahme von Radionukliden über Nahrungsmittel ist längerfristig der wichtigste Belastungspfad nach einer Atomkatastrophe. Die Organdosis der Schilddrüse nach dem Verzehr von lediglich 100 Gramm (0,1 kg) Spinat mit 54.000 Becquerel Jod-131 pro Kilogramm, wie er jetzt in Japan gemessen wurde, beträgt¹

¹ Verzehrmenge in kg × Radioaktivitätskonzentration in

für einen Säugling (bis 1 Jahr) 20 Millisievert Schilddrüsendosis²

für ein Kleinkind von 1 bis 2 Jahren 19,4 Millisievert Schilddrüsendosis³

für ein Kind von 2 bis 7 Jahren 11,3 Millisievert Schilddrüsendosis⁴

für ein Kind von 7 bis 12 Jahren 5,4 Millisievert Schilddrüsendosis⁵

Bq/kg × Dosiskoeffizient lt. Festlegung durch das Bundesumweltministerium vom 23.07.2001 in Sv/Bq = Dosis in Sv; 1 Sv = 1.000 Millisievert z.B. E-6 ist eine in der deutschen Strahlenschutzverordnung verwendete bürokratische Schreibweise der korrekten mathematischen Bezeichnung von $10^{-6} = 0,000.001$
² $0,1 \text{ kg} \times 54.000 \text{ Bq/kg} \times 3,7\text{E-}6 \text{ Sv/Bq} = 20 \text{ Millisievert}$
³ $0,1 \text{ kg} \times 54.000 \text{ Bq/kg} \times 3,6\text{E-}6 \text{ Sv/Bq} = 19,4 \text{ Millisievert}$
⁴ $0,1 \text{ kg} \times 54.000 \text{ Bq/kg} \times 2,1\text{E-}6 \text{ Sv/Bq} = 11,3 \text{ Millisievert}$

für einen Jugendlichen von 12 bis 17 Jahren 3,7 Millisievert Schilddrüsendosis⁶

für einen Erwachsenen (älter als 17 Jahre) 2,3 Millisievert Schilddrüsendosis⁷

Nach der deutschen Strahlenschutzverordnung von 2001, Paragraph 47, gilt ein Grenzwert für die Organdosis der Schilddrüse im Normalbetrieb von Nuklearanlagen von 0,9 Millisievert pro Jahr, der in Japan bei Verzehr von lediglich 100 Gramm dieses Spinats bereits mehrfach überschritten ist. Im Störfall ist gemäß Paragraph 49 der deutschen Verordnung eine Organdosis der Schilddrüse von 150 Millisievert zulässig, was einer sogenannten effektiven Dosis von 7,5 Millisievert entspricht.⁸

Deshalb ist der Bevölkerung in Japan zu empfehlen, derzeit auf den Verzehr von Salaten, Blattgemüsen und eßbaren Wildkräutern zu verzichten.

Jod-131 hat eine Halbwertszeit von 8,06 Tagen. Nach dem Ausbrennen der Nuklearanlagen von Fukushima und der Beendigung der radioaktiven Emissionen in die Umwelt dauert es deshalb noch 7 Halbwertszeiten oder knapp 2 Monate, bis sich die Menge Jod-131 auf weniger als 1 Prozent der ursprünglichen Menge verringert hat. Das sind von 54.000 Becquerel nach knapp 2 Monaten noch circa 422 Becquerel und erst nach circa 16 Halbwertszeiten

⁵ $0,1 \text{ kg} \times 54.000 \text{ Bq/kg} \times 1,0\text{E-}6 \text{ Sv/Bq} = 5,4 \text{ Millisievert}$

⁶ $0,1 \text{ kg} \times 54.000 \text{ Bq/kg} \times 6,8\text{E-}7 \text{ Sv/Bq} = 3,7 \text{ Millisievert}$

⁷ $0,1 \text{ kg} \times 54.000 \text{ Bq/kg} \times 4,3\text{E-}7 \text{ Sv/Bq} = 2,3 \text{ Millisievert}$

⁸ Entsprechend Anlage VI Teil C 2. der deutschen

Strahlenschutzverordnung wird die Schilddrüse nur zu 5 Prozent gewichtet. Die Wichtung der Schilddrüse wurde mit der Begründung so niedrig angesetzt, daß sich Schilddrüsenkrebs sehr gut operieren lasse.

oder 129 Tagen bzw. 4,3 Monaten hat sich eine solche Menge Jod-131 auf weniger als 1 Becquerel verringert.

Längerlebige Radionuklide

Langfristig von besonderem Interesse sind die längerlebigen Radionuklide wie

Cäsium-134 mit 2,06 Jahren Halbwertszeit, Cäsium-137 mit 30,2 Jahren Halbwertszeit, Strontium-90 mit 28,9 Jahren Halbwertszeit und Plutonium-239 mit 24.400 Jahren Halbwertszeit.

Nach 2 Jahren Brenndauer liegt das längerlebige Radionuklidinventar von Brennstäben üblicherweise in einem Verhältnis

Cäsium-137 : Cäsium-134 : Strontium-90 : Plutonium-239 = 100:25:75:0,5 vor.

Für den Fallout von Tschernobyl waren jedoch 2 Teile Cäsium-137 auf 1 Teil Cäsium-134 typisch. Den bisher veröffentlichten Messergebnissen aus Japan zufolge liegen Cäsium-137 und Cäsium-134 jetzt in ungefähr gleichen Anteilen im Fallout vor. Die Höhe des Gehalts an Strontium-90 und Plutonium-239 ist fraglich, ausreichende derartige Meßergebnisse werden nicht so schnell erhältlich sein. Die Mischoxid(MOX)-Brennelemente von Fukushima Dai-ichi enthalten mehr Plutonium, das aber wohl nicht vollständig ausgeblasen wird. Strontium hat sich bei den Atomunfällen in der Vergangenheit mit dem Fallout eher abgesetzt und ist in weiterer Entfernung von den havarierten Anlagen deshalb meist in geringerer Konzentration enthalten. Die nachfolgende Kalkulation geht deshalb insgesamt von einem Verhältnis

Cäsium-137 : Cäsium-134 : Strontium-90 : Plutonium-239 = 100:100:50:0,5 in Japan aus.

Damit ergeben sich mit den mittleren Verzehrswerten ge-

mäß Anlage VII Tabelle 1 der deutschen Strahlenschutzverordnung von 2001 für den Verzehr von gleichbleibend mit jeweils 100 Becquerel Cäsium-137 (Cs-137) und Cäsium-134 (Cs-134) sowie jeweils 50 Becquerel Strontium-90 (Sr-90) und 0,5 Becquerel Plutonium-239 (Pu-239) pro Kilogramm belasteten Nahrungsmitteln folgende effektive Jahresdosen:

für einen Säugling (bis 1 Jahr) 6 Millisievert Effektivdosis/Jahr⁹

für ein Kleinkind von 1 bis 2 Jahren 2,8 Millisievert Effektivdosis/Jahr¹⁰

für ein Kind von 2 bis 7 Jahren 2,6 Millisievert Effektivdosis/Jahr¹¹

für ein Kind von 7 bis 12 Jahren 3,6 Millisievert Effektivdosis/Jahr¹²

für einen Jugendlichen von 12 bis 17 Jahren 5,3 Millisievert Effektivdosis/Jahr¹³

für einen Erwachsenen (älter als 17 Jahre) 3,9 Millisievert Effektivdosis/Jahr¹⁴

⁹ $325,5 \text{ kg/Jahr} \times [100 \text{ Bq/kg} \times (2,1\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-137} + 2,6\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-134}) + 50 \text{ Bq/kg} \times 2,3\text{E-}7 \text{ Sv/Bq Sr-90} + 0,5 \text{ Bq/kg} \times 4,2\text{E-}6 \text{ Sv/Bq Pu-239}] = 6 \text{ Millisievert/Jahr}$

¹⁰ $414 \text{ kg/Jahr} \times [100 \text{ Bq/kg} \times (1,2\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-137} + 1,6\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-134}) + 50 \text{ Bq/kg} \times 7,3\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Sr-90} + 0,5 \text{ Bq/kg} \times 4,2\text{E-}7 \text{ Sv/Bq Pu-239}] = 2,8 \text{ Millisievert/Jahr}$

¹¹ $540 \text{ kg/Jahr} \times [100 \text{ Bq/kg} \times (9,6\text{E-}9 \text{ Sv/Bq Cs-137} + 1,3\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-134}) + 50 \text{ Bq/kg} \times 4,7\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Sr-90} + 0,5 \text{ Bq/kg} \times 3,3\text{E-}7 \text{ Sv/Bq Pu-239}] = 2,6 \text{ Millisievert/Jahr}$

¹² $648,5 \text{ kg/Jahr} \times [100 \text{ Bq/kg} \times (1,0\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-137} + 1,4\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-134}) + 50 \text{ Bq/kg} \times 6,0\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Sr-90} + 0,5 \text{ Bq/kg} \times 2,7\text{E-}7 \text{ Sv/Bq Pu-239}] = 3,6 \text{ Millisievert/Jahr}$

¹³ $726 \text{ kg/Jahr} \times [100 \text{ Bq/kg} \times (1,3\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-137} + 1,9\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-134}) + 50 \text{ Bq/kg} \times 8,0\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Sr-90} + 0,5 \text{ Bq/kg} \times 2,4\text{E-}7 \text{ Sv/Bq Pu-239}] = 5,3 \text{ Millisievert/Jahr}$

Nach Paragraph 47 der geltenden deutschen Strahlenschutzverordnung gilt im Normalbetrieb von Nuklearanlagen durch Ableitungen über Luft oder Wasser für Einzelpersonen der Bevölkerung ein Grenzwert von 0,3 Millisievert jährliche Strahlenbelastungen. Dieser Wert wird beim ausschließlichen Verzehr von festen Nahrungsmitteln und Getränken mit jeweils 100 Becquerel pro Kilogramm des Leitnuklids Cäsium-137 bereits überschritten und muß entsprechend zur Einhaltung des Grenzwertes von 0,3 Millisievert pro Jahr herabgesetzt werden auf

5,0 Becquerel Cäsium-137 pro Kilogramm für Säuglinge bis 1 Jahr

10,7 Becquerel Cäsium-137 pro Kilogramm für Kinder von 1 bis 2 Jahre

11,5 Becquerel Cäsium-137 pro Kilogramm für Kinder von 2 bis 7 Jahre

8,3 Becquerel Cäsium-137 pro Kilogramm für Kinder von 7 bis 12 Jahre

5,7 Becquerel Cäsium-137 pro Kilogramm für Jugendliche von 12 bis 17 Jahre

7,7 Becquerel Cäsium-137 pro Kilogramm für Erwachsene

Wegen Unsicherheiten der Bewertungsgrundlagen muß empfohlen werden Säuglingen, Kindern und Jugendlichen keine Nahrung mit mehr als 4 Becquerel des Leitnuklids Cäsium-137 pro Kilogramm Nahrungsmittel zu geben.

Erwachsenen ist zu empfehlen, Nahrungsmittel mit nicht mehr als 8 Becquerel des Leitnuklids Cäsium-137

¹⁴ $830,5 \text{ kg/Jahr} \times [100 \text{ Bq/kg} \times (1,3\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-137} + 1,9\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-134}) + 50 \text{ Bq/kg} \times 2,8\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Sr-90} + 0,5 \text{ Bq/kg} \times 2,5\text{E-}7 \text{ Sv/Bq Pu-239}] = 3,9 \text{ Millisievert/Jahr}$

pro Kilogramm Nahrungsmittel zu sich zu nehmen.

Für eine derartige Belastung von 100.000 Personen mit jeweils 0,3 Millisievert jährlich kalkuliert die Internationale

Strahlenschutzkommission (ICRP), daß dann etwa 1 bis 2 von ihnen später zusätzlich jährlich an Krebs sterben werden. Nach unabhängigen Auswertungen der Daten von

Hiroshima und Nagasaki¹⁵ können es allerdings auch 10 mal mehr, also etwa 15 von 100.000 jährlich mit 0,3 Millisievert belasteten Menschen sein. Bei höheren Belastungen

ergibt sich eine entsprechend höhere Krebssterblichkeit. ●

¹⁵ Nussbaum, Belsey, Köhnlein 1990; s. Strahlentelex 90-91 v. 04.10.1990

25 Jahre nach Tschernobyl

Kranke Kinder und beschleunigte Alterung

Majak (Rußland/UdSSR) 1957, Harrisburg (USA) 1979, Tschernobyl (Ukraine/UdSSR) 1986, Fukushima (Japan) 2011 – auch ein Vierteljahrhundert nach der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl werden die Folgen verdrängt, vertuscht, verharmlost und bagatellisiert. Atomlobby und Politiker reden die Gefährdung durch sogenannte Niedrigdosisstrahlung mit gezielter Propaganda und beharrlichem Verschweigen der Risiken klein. Die Gesellschaft für Strahlenschutz hatte für den 6. bis 8. April 2011 Ärzte und Wissenschaftler aus den betroffenen Ländern Ukraine, Weißrußland und Rußland, eingeladen. Diese sind zu ganz anderen Ergebnissen über die Folgen von Tschernobyl gekommen als beispielsweise die Internationale Atomenergieagentur (IAEA) und die Weltgesundheitsorganisation (WHO) oder das Wissenschaftliche Komitee der Vereinten Nationen für die Wirkungen der Atomstrahlung (UNSCEAR). Doppelt so schnell gealterte Katastrophenhelfer, Hirnschäden und Beeinträchtigung kognitiver Funktionen, weniger und kranke, genetisch geschädigte Kinder, angeborene Entwicklungsschäden, Schilddrüsenkrebs und Brustkrebs, Leukämien und Lymphome – das sind Folgen der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl, wie sie jetzt berichtet wurden.

Der Strahlenunfall von Tschernobyl zog schwere ökologische Veränderungen nach sich, die zur Umsiedlung und Evakuierung der Bevölkerung aus Verbotszonen und

Umsiedlungszonen und zum notgedrungenen Weiterleben der Bürger in radioaktiv verschmutzten Gebieten führte. Darauf wies unter anderem die Moskauer Medizinprofessorin Larissa C. Baleva vom Zentrum für Forschung und Praxis des Strahlenschutzes von Kindern am wissenschaftlichen Forschungsinstitut für Pädiatrie und Kinderchirurgie des russischen Gesundheitsministeriums hin. Ihr Institut betreut sowohl Kinder, die noch in Gebieten leben, in denen die Bodenbelastung mit Cäsium-137 bis zu 1.665 kBq/m² beträgt, Kinder, die aus der Verbotszone und der Umsiedlungszone evakuiert wurden, Kinder, die in der Phase der intrauterinen Entwicklung radioaktiver Strahlung ausgesetzt waren, Kinder von Liquidatoren und Kinder, die der Bestrahlung durch Jod-131 ausgesetzt waren (Geburtsjahrgänge 1968 – 1986). Die bisher 25jährige Beobachtungszeit erlaubt, die Besonderheiten des Gesundheitszustandes der Kinder aus jeder Gruppe herauszuarbeiten und das Vorhandensein bestimmter Strahleneffekte, die sich bei den Kindern aus Hochrisikogruppen entwickelten, festzustellen.

Die medizinisch-demographischen Prozesse in den radioaktiv belasteten Gebieten sind, was die Situation in der Russischen Föderation angeht, sehr vielfältig, berichtete Frau Baleva. In den Jahren 1987 bis 2000 war demnach eine niedrigere Geburtenrate im Vergleich zur gesamten Russischen Föderation festzustel-

len, die mit einer höheren Kindersterblichkeit einherging. In den folgenden zehn Jahren (2001 bis 2009) entsprach die Situation dann zunächst der Situation in der gesamten Russischen Föderation, bis sich hier die Situation besserte.

In den mit Radionukliden belasteten Gebieten dauert die erhöhte allgemeine Morbidität der Kinder dagegen an. Die Erkrankungen sind schwerer und chronifizierter im Vergleich zur Kinderpopulation der Russischen Föderation. Die allgemeine Morbidität von Kindern, die radioaktiver Strahlung ausgesetzt waren, bleibt hoch, besonders bei Kindern, die immer noch in den strahlenbelasteten Gebieten leben. Die Rate von Neubildungen (Neoplasmen) liegt ständig über gesamt-russischen Werten. In den vergangenen zehn Jahren erhöhte sich der Anteil maligner Neoplasmen, angeborener Entwicklungsstörungen und Chromosomenanomalien. Registriert wurden seltene autosomal-dominante Syndrome, und in den Gruppen mit hohem Risiko auch embryotoxische Effekte, bei deren Herausbildung zytogenetische und immunologische Verletzungen, die zu genomischer Instabilität und immunologischen Defiziten bei Kindern aus Hochrisikogruppen führen, eine ätiologische Rolle spielen.

Bei den strahlenexponierten Kindern findet eine echte Erhöhung des Aberrationenspiegels statt, sowohl bei Chromatiden als auch bei Chromosomen (paarige Fragmente, Dizentrika und ringförmige Chromosomen, die zu den instabilen Chromosomenaberrationen gehören). Auch ist ein Anstieg der stabilen Chromosomenaberrationen zu ver-

zeichnen: Deletionen und Translokationen.

Die Erforschung der zytogenetischen Charakteristika, des Eiweiß-Polymorphismus und der Reparaturaktivität der DNA bei Kindern von Liquidatoren zeigt Frau Baleva zufolge, daß in der Kinderpopulation genomische Instabilität vorhanden ist, und die adaptiven Möglichkeiten bei Nachkommen begrenzter sind, unabhängig davon, wie lange bei ihrer Zeugung die Arbeit ihrer Eltern an der Beseitigung der Folgen des Reaktorunfalls von Tschernobyl zurücklag.

Betrachtet man die strahlenexponierten Kinder gesondert, angefangen von der intrauterinen Entwicklungsphase, werden noch weitere Veränderungen des zytogenetischen Bildes deutlich: eine signifikante Verbreiterung des Spektrums zytogenetischer Strukturdefekte (isochromatide Fragmente, Brüche im Zentromer, Chromatidenaustausch). Es konnte gezeigt werden, daß bei Kindern, die ab der intrauterinen Entwicklungsphase strahlenbelastet waren, der Index der individuellen Heterozygotizität abnahm, was auf eine Einengung des Spektrums adaptiver Möglichkeiten hindeuten kann, und folglich auf eine Hypersensitivität gegenüber Umweltschadstoffen, so Frau Baleva. Diese Vermutung werde durch ein Absinken der Reparaturaktivitäten der genomischen DNA gestützt.

Ein Vergleich der zytogenetischen Verletzungen zeigte, daß zur Gruppe mit hohem Risiko, Schilddrüsen geschwulste zu entwickeln, Personen mit einer inkorporierten Radiojod-Dosis von 50 cGy und darüber gehören; bei ihnen halte eine hohe Aktivität des Mutations-