

Unterschätzte Gesundheitseffekte durch inkorporierte Radioaktivität und die Folgen des Uranbergbaus der SDAG WISMUT

Inge Schmitz-Feuerhake und Sebastian Pflugbeil, Gesellschaft für Strahlenschutz e.V.
Gera 2008

Einleitung

Die jüngsten Befunde des deutschen Kinderkrebsregisters über erhöhte Leukämieraten bei Kleinkindern in der Nachbarschaft von Atomkraftwerken (Spix et al. 2007) haben eine neue Diskussion darüber entfacht, in wie weit die Wirkungen inkorporierter Radionuklide richtig eingeschätzt werden. Die Dosis kann in solchen Fällen nicht direkt gemessen werden und es erhebt sich zudem die Frage, ob die verstoffwechselten radioaktiven Isotope die gleichen Reaktionen im Gewebe auslösen, wie sie aus extern bestrahlten Kollektiven abgeleitet wurden. Ein klassisches und vielfach untersuchtes Problem in diesem Zusammenhang ist die Auswirkung der Strahlenbelastungen durch den Uranbergbau, ohne dass bislang ein hinreichend vollständiger Überblick zu den Dosiswirkungszusammenhängen vorhanden ist, geschweige denn eine gerechte Einschätzung der berufsbedingten Ansprüche geschädigter Arbeitnehmer.

Probleme bei der Beurteilung von Gesundheitseffekten durch inkorporierte Radioaktivität

Radioaktive Stoffe, die sich im Körper einlagern, kann man im allgemeinen nicht direkt messen, vor allem nicht, wenn es sich um die besonders wirksamen Alphastrahler handelt. Diese haben in Gewebe nur eine Reichweite von – je nach Energie – einigen 10 Mikrometern. Sie geben ihre gesamte kinetische Energie auf so kurzer Strecke ab und man spricht deswegen von „dicht“ ionisierender Strahlung.

Eine sehr hilfreiche Information über eine stattgefundene Strahlenexposition liefert die Biologische Dosimetrie mittels Chromosomenaberrationen. Es ist schon sehr lange bekannt, dass dizentrische Chromosomen (Abb.1) in weißen Blutkörperchen ein sehr empfindlicher und spezifischer Nachweis für eine Strahlenbelastung sind. Sie können aus einer Blutprobe bestimmt werden.

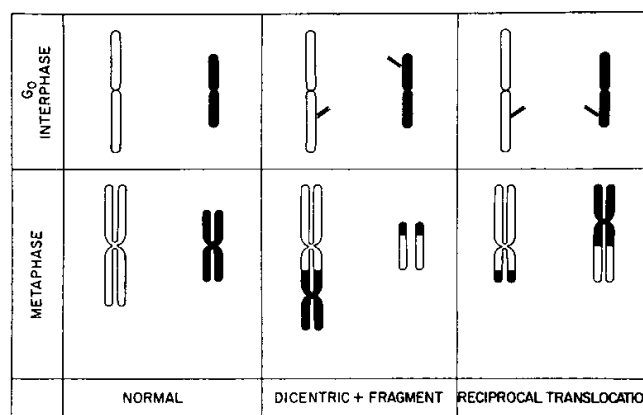


Abb.1 Strahleninduzierte interchromosale Aberrationen

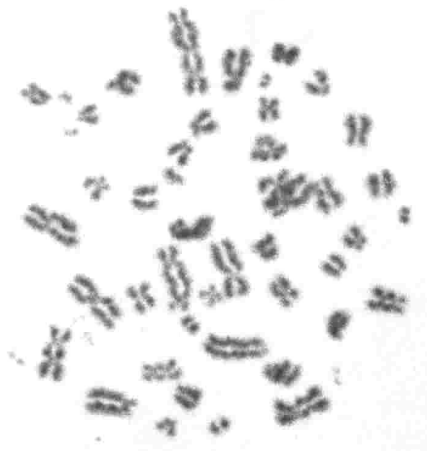


Abb.2 Multiaberrante Zelle

Abb. 2 zeigt eine Zelle nach Durchgang eines Alphateilchens. Durch ihre hohe Energieabgabe pro Wegstrecke kommt es zur Ausbildung von Mehrfach-Aberrationen innerhalb eines Zellkerns, hier sind es mehrere dizentrische Chromosomen und einige trizentrische.

Mittels solcher Untersuchungen einige Jahre nach ihrer Tätigkeit zeigte sich bei ungarischen Uranbergarbeitern, dass der Dosisanteil durch inkorporiertes Uran und andere langlebige Folgeprodukte erheblich war (Mészáros u.a. 2004). Denn diese Aberrationen sind zeitlich instabil, sie werden mit einer Halbwertszeit von etwa 1,5 Jahren aus dem System eliminiert. Während der Lungenkrebs auf das Radongas im Stollen zurückgeführt wird, das außerhalb sehr schnell wieder abgeatmet wird und mit einer Halbwertszeit von 3,8 Tagen auch sehr schnell aus den fetthaltigen Geweben verschwindet, bilden die festen langlebigen Alphastrahler aus eingeatmetem Staub über Jahrzehnte hinaus Depots in der Lunge und anderen Organen.

Wir selbst haben die Methode eingesetzt bei der Untersuchung eines erhöhten Leukämieauftretens bei Kindern und Jugendlichen in der Nähe der Kreisstadt Birkenfeld in Rheinland-Pfalz. Man brachte das zusammen mit den Abraumhalden einer Uranaufbereitungsanlage der Bergwerksgesellschaft Gewerkschaft Brunhilde. Diese hatte seit Ende der 50er Jahre in der Gegend Uran im Tagebau und unter Tage abgebaut und später noch weiter Erz von anderen Standorten verarbeitet. Erst 1990 wurde sie gänzlich stillgelegt. Zwischen 1970 und 1989 waren die Leukämieerkrankungen unter Kindern und Jugendlichen in den umliegenden Gemeinden dort fast um das Dreifache erhöht (Hoffmann 1993). Die stichprobenartig ausgeführten biologischen Dosimetrien zeigten eine signifikant erhöhte Strahlenbelastung der Bevölkerung an. Die Radonkonzentrationen waren in einigen Häusern der betroffenen Familien sehr hoch. Als Hauptbelastungsquelle haben wir jedoch das Trinkwasser ausgemacht. Die drei Abraumhalden waren nicht abgedeckt und wurden durch Regen ausgelaugt. Durch das Gelände floss der Steinaubach, in den vor allem das Folgeprodukt Radium gelangte, und von dort aus in den Fluss Nahe, aus dem vormals Trinkwasser durch Uferfiltrat gewonnen wurde (Hoffmann u.a. 1995).

Die Abraumhalden wurden abgedeckt, um Staubbildung und Auslaugung zu unterbinden. Eine offizielle Anerkennung der Leukämieerhöhung und der Zusammenhang mit der Umgebungsradioaktivität erfolgte nicht.

Zur Beurteilung von Strahlenfolgen und der Setzung von Grenzwerten hat sich die internationale Staatengemeinde angewöhnt, den Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission ICRP zu folgen. Diese macht Angaben über das Gesundheitsrisiko von niedrigen Strahlendosen. Sie hat den Begriff des „stochastischen“ Strahlenschadens eingeführt. Wird ein großes Kollektiv mit einer geringen Dosis bestrahlt, lässt sich nicht vorhersagen, bei welchem Individuum der Schaden eintritt, nur eine Wahrscheinlichkeit lässt sich angeben. Die

Anzahl der Schadensfälle steigt mit der Gesamtdosis, jedoch bei der halben Dosis gibt es immer noch die halbe Schadensrate. Daher besteht kein „Schwellenwert“, d.h. ein unschädlicher Dosisbereich. Das soll für Krebserkrankungen bei den Exponierten selbst und für genetische Effekte gelten, d.h. für Erkrankungen der Kinder von bestrahlten Eltern (Tabelle 1).

Strahleninduzierter Krebs gilt bei der ICRP als einziger real beobachteter Niederdosisereffekt. Als Referenzkollektiv wird von den Überlebenden der Atombombenabwürfe auf Hiroshima und Nagasaki ausgegangen. Die Risikoangabe in Tabelle 1 für die Krebssterblichkeit bedeutet, dass eine mit der Dosis 1 Sv bestrahlte Person im Mittel ein Risiko von 5 % hat, ausschließlich dadurch an Krebs zu sterben, oder dass in einer mit insgesamt 100 Sv bestrahlten Anzahl von Menschen 5 von ihnen dadurch an Krebs sterben werden.

Tabelle 1 Gesundheitsschäden durch chronische Niederdosisexposition einer Bevölkerung

	Genetische Erkrankungen	Krebssterblichkeit	Effekte nach Exposition im Mutterleib	Erkrankungen außer Krebs und Tumoren
ICRP ¹ Risikoangaben	1,3 % pro Sv	5 % pro Sv	kein Effekt unter 0,1 Sv	kein Effekt
Bewertung durch ECRR ²	Unterschätzung um Faktor 100-2000	Unterschätzung um Faktor 100-2000	Krebs Fehlbildungen Geistige Behinderung Geisteskrankheiten Downsyndrom Kinderkrankheiten Totgeburten Säuglingssterblichkeit Spontane Aborte Geringes Geburtsgewicht	vielfach

¹International Commission on Radiological Protection

²European Committee on Radiation Risk

Die benutzte Dosiseneinheit Sv (Sievert) soll alle Bestrahlungsarten vergleichbar machen und heisst deshalb „Äquivalentdosis“.

Die Dosis ist physikalisch definiert als eine absorbierte Energie pro kg Gewebe („Energiedosis“ in Joule/kg). Die verschiedenen Strahlen haben jedoch bei gleicher Energiedosis verschiedene Wirkungen im Gewebe, Alphastrahlung hat aufgrund seiner genannten sehr viel höheren Energieabgabe in Zellen eine sehr viel höhere Wirkung als Röntgen-, Gamma- oder Betastrahlung. Daher wird die Energiedosis mit einem Wichtungsfaktor versehen, um die Äquivalentdosis zu erhalten, für Alphastrahlen hat dieser nach ICRP den Wert 20. Die Referenzstrahlenart ist Röntgenstrahlung.

Im Falle inkorporierter radioaktiver Strahler muss man zur Bestimmung der absorbierten Energie wissen, wieviel des Stoffes in das besagte Gewebe geht und wie lange es sich dort aufhält. Die ICRP hat dazu Dosisfaktoren angegeben in Sv pro eingeatmetes oder verschlucktes Bq, die für alle Individualfälle gelten sollen. Die Unsicherheiten bei diesen Dosisfaktoren können mehrere Größenordnungen betragen (Fairlie 2005; Schmitz-Feuerhake 2000). Dennoch werden diese – zum Nachteil von Betroffenen – wie physikalische Konstanten gehandelt und in den staatlichen Regelwerken zum Strahlenschutz zur Anwendung vorgeschrieben, z. B. bei der Frage, ob Dosisgrenzwerte bei kerntechnischen Anlagen eingehalten werden.

Die japanischen Überlebenden waren einer extrem hochenergetischen durchdringenden Gammastrahlung ausgesetzt (den radioaktiven Fallout der Bomben sieht man demgegenüber als vernachlässigbar an). Es ist seit langem bekannt, dass eine solche Strahlung um den Faktor

3-4 weniger wirksam ist als eine normale Röntgenstrahlung oder eine Gammastrahlung, wie sie in der natürlichen Umgebung vorkommt. Dies geht aber in die Äquivalentdosis nicht ein, weil der Wichtungsfaktor für alle solche Strahlung als 1 gesetzt wird. Ferner wird angenommen, dass wegen der hohen Dosisleistung (Dosis pro Zeiteinheit) bei der Bombenstrahlung der Effekt für chronische Exposition (wie bei der beruflichen Bestrahlung) nur halb so groß ist. Für Alphastrahlung gilt das jedoch auf keinen Fall. Wie auch die deutsche Uranbergarbeiterstudie ergeben hat (Grosche u.a. 2006), kann die Wirkung sogar mit geringer werdender Dosisleistung zunehmen. Daher liegt selbst unter den Annahmen, dass die Energiedosis für inkorporierte Alphastrahler bekannt ist und die Äquivalentdosis als Maß für die Wirkung geeignet ist, eine Unterschätzung um etwa den Faktor 10 vor, wenn man die von der ICRP abgeleiteten Daten aus dem japanischen Kollektiv auf Fälle wie die der Uranbergarbeiter überträgt.

Schließlich gibt es seit langem Evidenzen, dass die bei den japanischen Atombombenüberlebenden beobachteten Schäden nicht sämtliche möglichen Folgen von Radioaktivität abdecken. Für Schäden nach Bestrahlung im Mutterleib gibt die ICRP eine recht hohe Dosis von 0,1 Sv (= 100 mSv) an, unterhalb derer nichts passieren soll. Dies widerspricht jedoch zahlreichen Befunden aus Tierversuchen und der Erfahrung nach dem Tschernobylunfall (Pflugbeil u.a. 2006). Letzterer hat zudem eine ganze Reihe von Erkrankungen zur Folge gehabt, die bislang nicht zu den möglichen Strahlenschäden gezählt wurden.

Das europäische Komitee ECRR (European Committee on Radiation Risk) ist wie andere Kritiker daher zu abweichenden Beurteilungen des Strahlenrisikos gekommen. Insbesondere angesichts der zahlreichen Befunde über Leukämie- und andere Krebserkrankungen in der Umgebung von kerntechnischen Anlagen hat es die in Tabelle 1 genannten Angaben gemacht (ECRR 2003).

Erkrankungen durch den Uranbergbau

Uranbergleute erkranken bekanntermaßen häufig an Lungenkrebs. Als Ursache wird das alphastrahlende Edelgas Radon angesehen, das als Folgeprodukt von Uran in den Stollen vorhanden ist und eingeatmet wird. Es führt überwiegend zu einer Strahlenbelastung der Lunge. Es wird aber auch zu einem Teil im Blut gelöst und damit in alle Gewebe des Körpers transportiert.

Ferner herrscht in den Stollen ein erhöhter Strahlenpegel durch Gammastrahlung und es kommt zu einer Exposition durch eingeatmeten Staub, in dem sich außer Uran seine sämtlichen Folgeprodukte befinden, deren größter Dosisbeitrag durch die langlebigen alphastrahlenden Feststoffe unter ihnen geliefert wird. Je nach chemischer Eigenschaft und Löslichkeit in der Lunge wandern diese Stoffe in verschiedene Organe und Gewebe und bilden dort langjährige Depots. Eigenwillig (2000; 2006a,b) hat darauf hingewiesen, dass die Kumpel bis in die 50er Jahre die radioaktiven Grubenwässer getrunken haben. Das ist ein Belastungspfad, der in der offiziellen Dosimetrie nicht berücksichtigt wird, aber sicherlich zu einer nennenswerten Bestrahlung von Organen außerhalb der Lunge geführt hat.

Nach dem Prinzip des stochastischen Schadens sind daher auch bei Uranbergarbeitern in allen Geweben Spätfolgen zu erwarten. Bevölkerungen in Uranabbaugebieten sind erhöhter Strahlung durch den uranhaltigen Untergrund und den Radonausgasungen ausgesetzt sowie radioaktiven Stäuben. Außerdem können die radioaktiven Stoffe in das Grundwasser und damit in die Nahrung gelangen.

Tabelle 2 enthält Befunde außerhalb der Lunge und des übrigen Atemtrakts an Uranbergarbeitern und Beschäftigten in der Uranverarbeitung, außerdem Erkrankungen in Bevölkerungen, die in Gegenden mit uranhaltigem Untergrund leben. Sie bestätigen die hohe Wirksamkeit von inkorporierten Alphastrahlern.

Tabelle 2 Nachgewiesene Erkrankungen außerhalb des Atemtrakts in Folge einer Exposition durch Radon, Uran und Uranfolgeprodukte

Erkrankungen	Exponiertes Kollektiv	Referenzen
Solide Tumoren	Beschäftigte in Uranindustrie	<i>Ritz 1999</i>
Gutartige & unspezifische Tumoren	Uranbergarbeiter	<i>Roscoe 1997</i>
Bluterkrankungen	Uranbergarbeiter	<i>Roscoe 1997</i>
Leukämie	Uranbergarbeiter Bergleute, unter Tage Radon in Häusern Bevölkerung in urankontaminierten Gebieten	<i>Möhner u.a. 2006; Rericha u.a. 2006*</i> <i>Darby et al. 1995</i> <i>Evrard u.a. 2006</i> <i>Hoffmann 1993; Hoffmann u.a. 1993</i>
Lymphome	Beschäftigte in Uranindustrie	<i>McGeoghegan u.a. 2000</i>
Multiple Myelome	Uranbergarbeiter	<i>Tomásek u.a. 1993</i>
Magenkrebs	Bergleute, unter Tage Bevölkerung in urankontaminierten Gebieten	<i>Darby u.a. 1995; BEIR IV 1988</i> <i>Wilkinson 1985</i>
Leberkrebs	Uranbergarbeiter	<i>Tomásek u.a. 1993</i>
Darmkrebs	Bergleute, unter Tage	<i>Darby u.a. 1995</i>
Krebs der Gallenblase/ extrahep.Gallenwege	Uranbergarbeiter	<i>Tomásek u.a. 1993</i>
Nierenkrebs	Radon in der Umgebung Beschäftigte in Uranindustrie	<i>Forastiere u.a. 1992</i> <i>Dupree-Ellis u.a. 2000</i>
Hautkrebs	Uranbergarbeiter	<i>Sevc u.a. 1988</i>
Psychische Störungen	Uranbergarbeiter	<i>Tomásek et al. 1994</i>
Geburtsfehler	Uranbergarbeiter Bevölkerung in urankontaminierten Gebieten	<i>Müller et al. 1962, 1967</i> <i>Shields et al. 1992</i>

*einschl. Chronisch lymphatische Leukämie

Die chronisch lymphatische Leukämie ist eine sehr seltene Erkrankung, die nicht als strahleninduzierbar angesehen wird. Dies ist aber nach neueren Erkenntnissen nicht haltbar (Schmitz-Feuerhake & Pflugbeil 2004; Richardson u.a. 2006). Bei tschechischen Uranbergarbeitern wurde diese Erkrankung neuerdings in signifikanter Häufung festgestellt (Rericha u.a. 2006).

Radon ist auch in niedrigen Konzentrationen eine nachgewiesene Ursache von Lungenkrebs. Henshaw und Mitarbeiter haben schon vor längerer Zeit die These aufgestellt, dass Radon auch andere Krebserkrankungen in der Bevölkerung verursacht, da sich Korrelationen von Leukämieraten mit erhöhter Radonkonzentration in der Umgebung aufstellen ließen (Henshaw u.a. 1990). Ein solcher Zusammenhang mit Radonpegeln in Häusern wird in einer französischen Studie bestätigt (Evrard u.a. 2006).

Dr. Stabenow vom Ostdeutschen Krebsregister hat mitgeteilt, dass sich in den Gemeinden des WISMUT-Areals ein erhöhtes Auftreten von Krebs in der Bevölkerung statistisch nachweisen lässt (Stabenow 2007). Der Untersuchungszeitraum war 1996-2005. Die Erhöhung führt er ausschließlich auf den Lungenkrebs bei Männern zurück und damit auf die Beschäftigten bei Wismut. Dieses ist einerseits ein beruhigendes Ergebnis für die übrige Bevölkerung. Andererseits ist jedoch zu bedenken, dass die allgemeine Krebsinzidenz kein empfindliches Maß für einen Umgebungseffekt ist, da diese in der Bevölkerung ohnehin sehr hoch ist. Wollte man sehr genau überprüfen, ob sich ein Strahleneffekt zeigt, müsste man die empfindlichsten

Gruppen, nämlich Neugeborene und kleine Kinder, auf Geburtsfehler und Leukämie untersuchen.

Die Anerkennungspraxis der Berufsgenossenschaft Bergbau

Prinzipielle Vorgehensweise

Nach dem Ergebnis der deutschen Uranbergarbeiterstudie war bei den Wismutbeschäftigten die Lungenkrebsmortalität zwischen 1946 und 1998 etwa doppelt so hoch wie normal (Grosche u.a. 2006). Danach müsste mindestens jeder 2. auftretende Fall als berufsbedingt anerkannt werden. Das wird aber bei weitem nicht erfüllt. Die Hürde ist schon vom Prinzip her sehr hoch gesetzt, da in jedem individuellen Fall der Nachweis verlangt wird, dass die Wahrscheinlichkeit der Strahlenbedingtheit im Vergleich zum „Spontanrisiko“ 50 % überschreitet. Damit kommen nach dem Prinzip des stochastischen Schadens die meisten Strahlenkrebse von vornherein nicht in Betracht, da Lungenkrebs ohnehin die häufigste Krebserkrankung bei Männern ist. Diese unangemessene Bezugnahme auf die Spontanhäufigkeit wird auch dadurch nicht gerechter, dass sie für andere Berufserkrankungen in Deutschland ebenfalls verlangt wird.

Probleme der Dosisbestimmung

Für die im Einzelfall anzugebende Dosis ist man auf Abschätzungen angewiesen, denn messtechnische Dokumentationen der individuellen Exposition liegen nicht vor. Insbesondere gab es vor 1971 keine Ortsdosimetrie, d.h. eine Ermittlung der Strahlenexposition durch Radon und radioaktiven Staub am Arbeitsplatz, sowie keine Dokumentation der Gammadosisleistung. Erst ab 1991 wurden Personendosimeter eingesetzt. Da die Betriebsbedingungen in den Bergwerken geändert wurden, ist die Rekonstruktion des Strahlenpegels vor diesem Zeitraum nicht zuverlässig möglich (Eigenwillig 2000).

Um dennoch eine Handhabe zur Beurteilung von Schädigungen zu haben, wurden in einem Forschungsvorhaben die Arbeitsbedingungen retrospektiv nachgestellt und die Strahlendosen für verschiedene Tätigkeiten in der WISMUT abgeschätzt, man spricht von einer anzuwendenden „Job-Exposure Matrix (JEM)“. In der Einleitung des Abschlussberichtes (HVBG 1998) heißt es:

„Wie aus den Ausführungen für die Ermittlung der äußeren Exposition durch Gammastrahlung und der inneren Strahlenexposition infolge der Inhalation von Radon/Radon-Folgeprodukten und langlebigen Radionukliden im Schwebstaub hervorgeht, liegen bis 1990 keine verwendbaren Individualdosen für die Beschäftigten im untertägigen und übertägigen Bergbau und in den Aufbereitungsbetrieben vor. Expositionen für den Zeitraum fehlender Messungen müssen mit Hilfe von Modellen abgeleitet werden. Vorliegende Ergebnisse von Strahlungsmessungen sind entweder nur Einzelmessungen oder nur noch in zusammengefaßter Form verfügbar. Ferner wurden Betriebsstörungen (z.B. bei der Bewetterung) nicht erfaßt und damit nicht berücksichtigt. Daher wird von einer Ermittlung von Vertrauensbereichen abgesehen.“

Dennoch wird das Ergebnis dieses Verfahrens bei dem jeweils Betroffenen wie eine exakte Größe gehandelt und trotz unbekannter Fehlergrenzen als entscheidende Dosis benutzt. Nachgewiesene Unterschätzungen und Fehler wurden nicht korrigiert (Eigenwillig 2006a,b).

Zur Ableitung des Lungenkrebsrisikos aufgrund der erhaltenen Dosis ist laut Berufsgenossenschaft ein Gutachten von Jacobi (ehemaliger Direktor des Instituts für Strahlenschutz des GSF-Forschungszentrums für Umwelt und Gesundheit in Neuherberg) und Koautoren zu verwenden („Jacobi I“). Diese ziehen Statistiken aus der Literatur über die Lungenkrebsmortalität von Bergleuten in Abhängigkeit von ihrer Exposition durch Radon und Radonfolgeprodukte heran. Dabei wird als Maß für die Exposition die historische Einheit WLM (Working Level Months) benutzt. Sie entspricht der mittleren Konzentration in der Atemluft mal der Aufenthaltsdauer. Die anderen Anteile der Exposition (externe Gammastrahlung und Inhalation von radioaktivem Staub) werden nach Jacobi aus Sv in WLM umgerechnet, wobei die Unsicherheiten dieses Vergleichs zwangsläufig außer Acht gelassen werden. Das Endergebnis einer solchen Risikoabschätzung wird wiederum als unumstößliches Kriterium für die Anerkennung verwendet und enthält keine Angabe des Vertrauensbereiches, obwohl Jacobi u.a. solche bestimmt haben.

Ein sehr großer Fehler entsteht dadurch, dass Jacobi I und somit die Berufsgenossenschaft **Mortalitätsdaten** für Lungenkrebs verwendet, d.h. die zugrundeliegenden Studien werten Todesfälle an Lungenkrebs aus, die im allgemeinen Totenscheinen entnommen werden. Gefragt ist aber eigentlich die Wahrscheinlichkeit für die Erkrankung selbst, also die Morbidität oder Inzidenz. Nicht für alle an Lungenkrebs Erkrankten ist dieser auch die Todesursache. Somit ergibt sich durch die Gleichsetzung von der Erkrankungshäufigkeit mit der Mortalität naturgemäß eine Unterschätzung des strahlenbedingten Lungenkrebsrisikos.

Diese Unterschätzung ist nun wiederum abhängig von der Latenzzeit bzw. vom Alter bei Ausbruch der strahleninduzierten Erkrankung. Während beim Tod in jüngeren Lebensjahren der Lungenkrebs auch mit höchster Wahrscheinlichkeit die Ursache ist, kommen in späterem Alter, wenn die allgemeine Mortalität ohnehin zu steigen beginnt, mehr Gründe wie z.B. Kreislaufversagen in Betracht.

In das Wahrscheinlichkeitsmodell von Jacobi und Mitarbeitern geht eine Latenzzeitverteilung ein, die den Verlauf von Abb.3 hat. Nach der Bestrahlung eines Kollektivs zum Zeitpunkt 0 beginnen die Lungenkarzinome nach 4 Jahren anzusteigen bis zu einem Maximum nach etlichen Jahren und nehmen in der folgenden Zeit bei Älterwerden des Kollektivs wieder stark ab. Bei Verwendung von Erkrankungsdaten statt Mortalitätsdaten müsste sich der Verlauf in Abb.3 nach dem Maximum daher abflachen. Diese Schlussfolgerung ist nicht nur plausibel, sondern wird auch in neueren Studien aus Hiroshima und Nagasaki sowie anderen Kollektiven über die **Inzidenz** von Lungenkrebs nach Bestrahlung bestätigt.

Für die japanischen Atombombenüberlebenden sind Vergleiche von Mortalitäts- und Inzidenzdaten durchgeführt worden, die letzteren konnte man aus dort geführten Tumorregistern gewinnen (Ron et al. 1994). Von den Lungenkrebskranken, die gestorben waren, wurde dieses nur in 74 % der Fälle auf dem Totenschein registriert, d.h. die Gleichsetzung von Inzidenz mit Mortalität führt in diesem Fall zu einer Unterschätzung um 26 %. Die Angaben in der Untersuchung sind jedoch nicht nach dem Alter bei Diagnose aufgeschlüsselt.

In den Inzidenzstudien zum Dosiswirkungszusammenhang bei den Atombombenüberlebenden fand sich nach Erreichen des Maximums keine signifikante Änderung des relativen Risikos mehr mit der Zeit nach Bestrahlung (Thompson et al. 1994), bzw. sogar ein Anstieg ab 30 Jahre nach Bestrahlung im Alter von 30 Jahren (Miciaki et al. 1997).

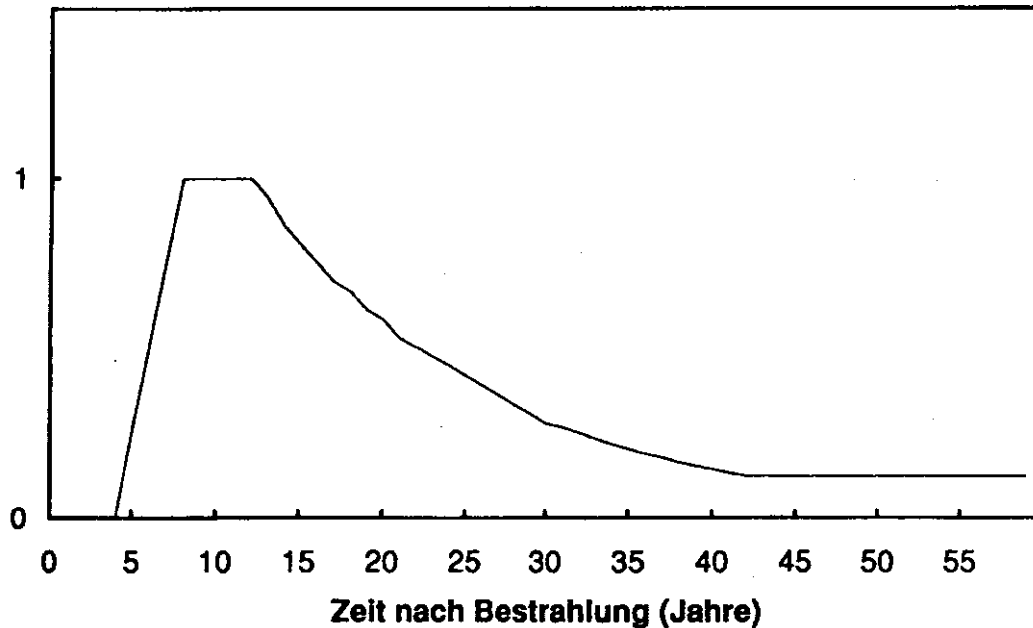


Abb.3 Relative Lungenkrebshäufigkeit in Abhängigkeit von der Zeit T seit Exposition nach Jacobi I (dort Seite 33)

Eine im Jahr 2006 veröffentlichte neuere Analyse der Lungenkrebsinzidenz bei den Atombombenüberlebenden durch eine kanadische Forschergruppe ergab ebenfalls keinen Abfall des relativen Risikos mit größer werdender Latenzzeit nach dem erreichten Maximum (Hazelton et al. 2006). Diese Analyse erfolgte zum Vergleich mit dem eigentlichen Untersuchungsobjekt, der Lungenkrebsinzidenz bei beruflich strahlenexponierten Männern aus verschiedenen Berufsfeldern mit Gamma- und Tritiumexposition, bei denen der zeitliche Verlauf ebenfalls keinen Abfall in höherem Alter zeigte.

Der Verlauf des Lungenkrebsrisikos nach dem Jacobi I-Modell (Abb.3), wo nach Erreichen des Maximums ein exponentieller Abfall mit dem Alter bei Diagnose angenommen wird, entspricht also für die Morbiditätsbetrachtung nicht mehr dem Stand der Wissenschaft. Aufgrund der Erkenntnisse aus den Inzidenzstudien müsste er ein Plateau oder einen Anstieg nach dem Maximum zeigen. Die Unterschätzung des strahleninduzierten Lungenkrebses ist daher erheblich, und sie wird umso höher, je später die Erkrankung nach der Exposition auftritt. WISMUT-Beschäftigte, die in den kommenden Jahren noch erkranken werden, haben daher ungerechtfertigterweise immer weniger Aussichten auf Kompensation.

Extrapulmonale Erkrankungen

Zur Beurteilung von Krebserkrankungen außerhalb des Atemtrakts wird entsprechend ein Gutachten „Jacobi II“ zu Grunde gelegt. Aufgrund der Annahme, dass Radon nicht zu einer Strahlenbelastung außerhalb der Lunge führt, und unter Verwendung der Dosisfaktoren der ICRP ergeben sich sehr geringe Dosen für Gewebe außerhalb der Lunge. Extrapulmonale Karzinome werden daher so gut wie gar nicht anerkannt. Dieses steht im Gegensatz zu den in Tabelle 2 aufgeführten Befunden an Uranbergleuten.

Kommentar und Ausblick

Es ist sehr bedauerlich, dass sich das Bundesamt für Strahlenschutz entschlossen hat, sich in seiner großen Wismutstudie zunächst jahrelang mit der Lungenkrebsmortalität zu beschäftigen. Dass Uranbergleute Lungenkrebs bekommen, ist schließlich seit über 100 Jahren bekannt. Das Argument, es handle sich um das weitaus größte Kollektiv, das mit 59000 Nachuntersuchten fast die Anzahl in allen bislang international untersuchten Studien zusammen erreicht, ist für Lungenkrebs nicht besonders stichhaltig, da diese Erkrankung eben sehr häufig bei den Beschäftigten auftritt. Die Ergebnisse unterscheiden sich auch nicht sehr wesentlich von denen der zusammengefassten anderen Studien, die im Report der U.S. amerikanischen Academy of Sciences BEIR VI von 1999 veröffentlicht wurden. Die Größe der deutschen Kohorte wäre gerade für die Erfassung von Erkrankungen außerhalb der Lunge ein großer Vorteil gewesen, diese Untersuchungen sollen aber erst folgen.

Die Anerkennungspraxis genügt nicht „internationalen Standards“, wie von der Berufsgenossenschaft behauptet wird. In den USA wurde im Jahr 2002 der „Radiation Exposure Compensation Act“ wie folgt ergänzt (RECA 2002): Uranbergarbeiter mit Lungenkrebs erhalten vom Staat eine Entschädigung von 100000 \$, sofern sie mindestens 40 WLM ausgesetzt waren oder mindestens 1 Jahr in der Betriebszeit im Bergwerk über oder unter Tage gearbeitet haben. Erkrankungen außerhalb des Atemtrakts werden allerdings nicht anerkannt.

In Großbritannien hat die staatliche Betreibergesellschaft British Nuclear Fuels plc (BNFL) mit den Gewerkschaften einen Vertrag geschlossen, der als Bedingung für eine Entschädigung bei einer Krebserkrankung ebenfalls eine Bestimmung der Wahrscheinlichkeit für die Strahlenbedingtheit voraussetzt. Jedoch erfolgt eine Zahlung auch unterhalb der 50 %-Grenze. Ist diese erreicht oder überschritten, beträgt die Entschädigung 100 %, darunter werden 75 %, 50 % oder 25 % davon bezahlt bis zu einer Mindestwahrscheinlichkeit von 12,5 % (Mumery & Alderson 1989; Thomas u.a. 1991).

Zu den nicht berücksichtigten Berufserkrankungen bei Uranbergarbeitern müssten außer chronisch lymphatischer Leukämie und Hautkrebs (Tab.2) nach neueren Erkenntnissen auch die häufig bei ihnen beobachteten Katarakte (Grauer Star) gezählt werden. Die Erfahrungen in kontaminierten Gebieten der ehemaligen Sowjetunion, insbesondere auch nach Tschernobyl, zeigen, dass diese infolge chronischer Strahlenbelastung entstehen können und nicht nur, wie bisher angenommen, erst nach einer sehr hohen Dosis (Schmitz-Feuerhake & Pflugbeil 2006).

In Deutschland ist zu befürchten, dass sich die bisherige skandalöse Praxis noch verschlechtern wird. Ende April 2007 stellte eine Arbeitsgruppe des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales um den Ministerialdirektor Dr. Thomas Molkentin, Leiter des Referats Unfallversicherung, ausgewählten Personen und Organisationen aus Wirtschaftskreisen Teil 2 des Arbeitsentwurfs eines Unfallversicherungsreformgesetzes (UVRG) vor. Dieses regelt die Entschädigungsleistungen der gesetzlichen Unfallversicherung für die Opfer von Körperverletzungen infolge lohnabhängiger Arbeit auf ein historisches Tief herunter, heißt es dazu in einer Stellungnahme des Verband arbeits- und berufsbedingt Erkrankter e.V. (abeKra). Beabsichtigt sei zudem, die Beweishürden so weit zu erhöhen, dass das Berufskrankheitenrecht kaum mehr greifen kann und materiell und rechtlich nach und nach „verschwindet“.

Nach einer Sitzung zu der vom Bundesarbeitsministerium geplanten Organisations- und Leistungsreform der Gesetzlichen Unfallversicherung (GUV) am 6. Juli 2007 in Berlin sprachen zwar Abgeordnete aller Regierungsparteien davon, es bestehe noch „Klärungsbedarf“, bevor darüber entschieden werden könne. Zuvor war beabsichtigt, die Gesetzesänderungen bereits im August 2007 dem Bundeskabinett zur Entscheidung vorzulegen. Den ehemaligen WISMUT-Beschäftigten kann jedoch nur empfohlen werden, sich selbst ein Bild zu machen, sich zusammenzuschließen und sich einzumischen.

- BEIR IV. 1988. Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiations. Health risks of radon and other internally deposited alpha-emitters. Nat. Academy Press, Washington D.C.
- BEIR VI. 1999. Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiations. Health effects of exposure to radon. Nat. Academy Press, Washington D.C.
- Darby, S.C., Whitley, E., Howe, G.R., Hutchings, S.J. & Kusiak, R.A. 1995. Radon and cancers other than lung cancer in underground miners: a collaborative analysis of 11 studies. *J. Natl. Cancer Inst.* 87: 378-384.
- Dupree-Ellis, E., Watkins, J., Ingle, J.N. & Phillips, J. 2000. External radiation exposure and mortality in a cohort of uranium processing workers. *Am. J. Epidemiol.* 152: 91-95.
- ECRR, European Committee on Radiation Risk: Health Effects of Ionising Radiation Exposure at Low Doses for Radiation Protection Purposes. 2003 Recommendations of the ECRR. Eds. Busby, C. et al., Brussels 2003.
- Eigenwillig, G.G., Ettenhuber, E. (Hrsg.): Strahlenexposition und strahleninduzierte Berufskrankheiten im Uranbergbau am Beispiel Wismut. Fachverband für Strahlenschutz e.V., TÜV-Verlag, Köln 2000
- Eigenwillig, G.G. 2006a. Fehler bei der Ermittlung der Strahlenexposition von Bergleuten im Uranerzbergbau der WISMUT. *Strahlenschutzpraxis* Nr.1: 69-70.
- Eigenwillig, G.G. 2006b. Fehler bei der Ermittlung der Strahlenexposition ehemaliger Beschäftigter der WISMUT. *Strahlenschutzpraxis* Nr.4: 81-82.
- Evrard, A.S., Hemon, D., Billon, S., Laurier, D., Jouglu, E., Tirmarche, M. & Clavel, J. 2006. Childhood leukemia incidence and exposure to indoor radon, terrestrial and cosmic gamma radiation. *Health Phys.* 90: 569-579.
- Fairlie, I. 2005. Uncertainties in doses and risks from internal radiation. *Medicine, conflict and survival* 21: 111-126.
- Forastiere, F., Quercia, A., Cavariani, F., Miceli, M., Perucci, C.A. & Axelson, O. 1992. Cancer risk and radon exposure. *Lancet* 339: 1115.
- Grosche, B., Kreuzer, M., Kreisheimer, M., Schnelzer, M. & Tschense, A. 2006. Lung cancer risk among German male uranium miners: a cohort study, 1946-1998. *Br. J. Cancer* 95: 1280-1287.
- Hazelton, W.D., Moolgavkar, S.H. et al. 2006. Biologically based analysis of lung cancer incidence in a large Canadian occupational cohort with low-dose ionizing radiation exposure, and comparison with Japanese atomic bomb survivors. *J. Toxicol. Environ. Health, Part A, Vol. 69*, 1013-1038.
- Henshaw, D.L., Eatough, J.P. & Richardson, R.B. 1990. Radon as a causative factor in induction of myeloid leukaemia and other cancers. *Lancet* April 28: 1008-1012.
- Hoffmann, Wolfgang. Inzidenz maligner Erkrankungen bei Kindern und Jugendlichen in der Region Ellweiler, Rheinland-Pfalz. Epidemiologie und Biologische Dosimetrie zur Ermittlung möglicher Belastungspfade. 1993. Diss. Philipps-Universität Marburg. Verlag Shaker Aachen.
- Hoffmann, W., Kranefeld, A. & Schmitz-Feuerhake, I. 1995. Radium-226-contaminated drinking water: hypothesis on an exposure pathway in a population with elevated childhood leukemia. *Environ. Health Persp.* 101 Suppl. 3: 113-115.
- HVBG: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Bergbau-Berufsgenossenschaft (Hrsg.): Belastung durch ionisierende Strahlung im Uranerzbergbau der ehemaligen DDR. Druck Center Meckenheim, Dez. 1998.
- Jacobi I. Jacobi, W., Henrichs, K. & Barclay, D. 1992. Verursachungs-Wahrscheinlichkeit von Lungenkrebs durch die berufliche Strahlenexposition von Uran-Bergarbeitern der WISMUT AG. GSF-Bericht S-14/92.
- Jacobi II. Jacobi, W. & Roth, P. 1995. Risiko und Verursachungs-Wahrscheinlichkeit von extrapulmonalen Krebserkrankungen durch die berufliche Strahlenexposition von Beschäftigten der ehemaligen WISMUT AG. GSF-Bericht 4/95, Oberschleißheim.
- McGeoghegan, D. & Binks, K. 2000. The mortality and cancer morbidity experience of workers at the Springfield uranium production facility, 1946-95. *J. Radiol. Prot.* 20: 111-137.
- Mészáros, G., Bognár, G. & Köteles, G.J. 2004. Long-term persistence of chromosome aberrations in uranium miners. *J. Occup. Health* 46: 310-315.
- Miciaki, K., Luebeck, E.G., Moolgavkar, S.H. 1997. Analysis of the incidence of solid cancer among atomic bomb survivors using a two-stage model of carcinogenesis. *Radiat. Res.* 148, 348-358.
- Miller, A.C., Xu, J., Stewart, M., Brooks, K., Hodge, S., Shi, L., Page, N. & McClain, D. 2002. Observation of radiation-specific damage in human cells exposed to depleted uranium: dicentric frequency and neoplastic transformation as endpoints. *Radiat. Prot. Dosimetry* 99:275-278.
- Müller, C., Rericha, V. & Kubát, M. 1962. On the question of genetic effects of ionizing rays on the miners of Joachimsthal (In German). *Zentralblatt für Gynäkologie* 84: 558-560.
- Müller, C., Ruziska, L., Bakstein, J. 1967. The sex ratio in the offspring of uranium miners. *Acta Universitatis Carolinae Medica* 13: 599-603.
- Mummery, P.W. & Alderson, B.A. 1989. The BNFL compensation agreement for radiation linked diseases. *J. Radiol. Prot.* 9: 179-184.
- Mohner, M., Lindtner, M., Otten, H. & Gille, H.G. 2006. Leukemia and exposure to ionizing radiation among German uranium miners. *Am. J. Ind. Med.* 40: 238-248.

- Pflugbeil, S., Paulitz, H., Claußen, A. & Schmitz-Feuerhake, I. 2006. Gesundheitliche Folgen von Tschernobyl. 20 Jahre nach der Reaktorkatastrophe. IPPNW u. Ges. f. Strahlenschutz e.V. (Herausg.) 76 S.
- RECA Radiation Exposure Compensation Program. 2002. <http://www.usdoj.gov/civil/torts/const/reca/about.htm>
- Rericha, V., Kulich, M., Rericha, R., Shore, D.L. & Sandler, D.P. 2006. Incidence of leukemia, lymphoma, and multiple myeloma in Czech uranium miners: a case-cohort study. *Environ. Health Persp.* 114: 818-822.
- Richardson, D.B., Wing, S., Schroeder, J., Schmitz-Feuerhake, I. & Hoffmann, W. 2005. Ionizing radiation and chronic lymphocytic leukemia. *Environm. Health Persp.* 113: 1-5.
- Ritz, B. 1999. Radiation exposure and cancer mortality in uranium processing workers. *Epidemiology* 10: 531-538.
- Ron, E., Preston, D.L., Mabuchi, K., Thompson, D.E., Soda, M. 1994. Cancer incidence in atomic bomb survivors. Part IV: Comparison of cancer incidence and mortality. *Radiat. Res.* 137, 98-112.
- Roscoe, R.J. 1997. An update of mortality from all causes among white uranium miners from the Colorado Plateau Study Group. *Am. J. Ind. Med.* 31: 211-222.
- Schmitz-Feuerhake, I.: Bewertung neuer Dosisfaktoren. In Dannheim, B. et al.: Strahlengefahr für Mensch und Umwelt. Bewertungen der Anpassung der deutschen Strahlenschutzverordnung an die Forderungen der EU-Richtlinie 96/29/Euratom. *Berichte des Otto Hug Strahleninstituts Nr. 21-22, 2000, S. 55-74.*
- Schmitz-Feuerhake, I. & Pflugbeil, S. 2004 Die Strahleninduzierbarkeit der Chronisch Lymphatischen Leukämie (CLL). *Strahlentelex Nr. 426-427 v. 7.10.: 1-5.*
- Schmitz-Feuerhake, I. & Pflugbeil, S. 2006. Strahleninduzierte Katarakte (Grauer Star) als Folge berufsmäßiger Exposition und beobachtete Latenzzeiten. *Strahlentelex Nr. 456-457 v. 5.1.: 1-7.*
- Schüttmann, W. & Arndt, D. 1993. Ein historischer Beitrag zur Begutachtung der „Schneeberger Lungenkrankheit“ in der ehemaligen DDR. *Bundesgesundheitsblatt* 36: 428-430.
- Sevc, J., Kunz, E., Tomásek, L., Placek, V. & Horáček, J. 1988. Cancer in man after exposure to Rn daughters. *Health Phys.* 54: 27-46.
- Spix, C., Schmiedel, S., Kaatsch, P., Schulze-Rath, R. & Blettner, M. 2007. Case-control study on childhood cancer in the vicinity of nuclear power plants in Germany 1980-2003. *Eur. J. Cancer* doi:10.1016/j.ejca.2007.10.024
- Shields, I.M., Wiese, W.H., Skipper, B.J., Charley, B. & Benally, L. 1992. Navajo birth outcomes in the shiprock uranium mining area. *Health Phys.* 63: 542-551.
- Stabenow, R. 2007. Krebsrisiko in Gemeinden des ehemaligen Uranbergbaus der Wismut. Gera, 4. Juli, Veranstaltung von IPPNW und Tumorzentrum im Waldklinikum: „Krebsrisiko durch den Wismut-Uranerzbergbau“
- Thompson, D.E., Mabuchi, K. et al. 1994. Cancer incidence in atomic bomb survivors. Part II: Solid tumors, 1958-1987. *Radiat. Res.* 137, S 17-S 67
- Tomáček, L., Darby, S., Swerdlow, A.J., Placek, V., Kunz, E. 1993. Radon exposure and cancers other than lung cancer among uranium miners in West Bohemia. *Lancet* 341: 919-923.
- Tomáček, L., Darby, S., Swerdlow, A.J., Placek, V., Kunz, E. 1994. Mortality in uranium miners in west Bohemia. *Occup. Environ. Med.* 51: 308-315.
- Thomas, D.I., Salmon, L. & Antell, B.A. 1991. Revised technical basis for the BNFL/UKAEA compensation agreement for radiation linked diseases. *J. Radiol. Prot.* 11: 111-116.
- Wilkinson, G.S. 1985. Gastric cancer in New Mexico counties with significant deposits of uranium. *Arch. Environ. Health* 40: 307-312.

Verfasser:

Dr. Inge Schmitz-Feuerhake, Univ.-Prof. i.R., Universität Bremen
 Peter-Michels-Str.54, 50827 Köln
ingesf@uni-bremen.de

Dr. Sebastian Pflugbeil, Medizinphysiker
 Präsident der Gesellschaft für Strahlenschutz e.V.
 Gormannstr. 17
 10119 Berlin