



Bern, 16.05.2019

Stellungnahme zur Anerkennung strahleninduzierter Berufskrankheiten in der Schweiz

1 Einleitung

In der Schweiz ist das Verfahren zur Anerkennung von Berufskrankheiten, die auf ionisierende Strahlen zurückgeführt werden können, kaum bekannt, nicht einmal unter den Strahlenschutzexpertinnen und -experten. Das vorliegende Dokument hat das Ziel, diese Frage zu erörtern und Praxisverbesserungen vorzuschlagen.

2 Wissenschaftliche Grundlagen für die Zurückführung einer Krankheit auf eine Exposition mit ionisierenden Strahlen

Die wissenschaftlichen Grundlagen für die Zurückführung einer Krankheit auf eine Exposition werden im Dokument des UNSCEAR mit dem Titel "Sources, effects and risks of ionizing radiation" [1] sehr gut dargestellt. Die konkrete Umsetzung wird in einem anderen Dokument behandelt, das von der Internationalen Arbeitsorganisation (ILO), der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) und der Weltgesundheitsorganisation (WHO) mit dem Titel "*Approaches to attribution of detrimental health effects to occupational ionizing radiation exposure and their application in compensation programmes for cancer*" herausgegeben wurde [2]. Die nachfolgenden Abschnitte dieses Kapitels gehen auf die wichtigsten Punkte dieser Dokumente ein, die für unsere Problematik relevant sind.

2.1 Gewebereaktionen (deterministische Strahlenschäden)

Gewebereaktionen treten nur bei Dosen auf, die über den gesetzlich festgelegten Grenzwerten liegen, und sind nach einer Exposition relativ rasch (nach einigen Tagen oder Wochen) erkennbar. Die Frage, ob die beobachteten Schäden einer Exposition zuzuschreiben sind, lässt sich in der Regel einfach beantworten, und das vorliegende Dokument geht daher nicht auf diesen Punkt ein.

2.2 Stochastische Strahlenschäden

Unter stochastischen Strahlenschäden versteht man die Verursachung von Krebs und Veränderungen im Erbmateriale. Diese Schäden können bereits bei Dosen unter den Grenzwerten entstehen. Im Gegensatz zur Verursachung von Krebs wurden die Veränderungen im Erbmateriale nur bei Tierversuchen nachgewiesen, und die Frage, ob sie einer berufsbedingten Exposition zuzuschreiben sind, lässt sich derzeit nicht beantworten.

Strahleninduzierte Krebserkrankungen treten nach einer Latenzzeit von bis zu mehreren Jahrzehnten auf.

Leider lassen sie sich nicht von anderen Krebsarten unterscheiden, und es gibt keine in der Praxis einsetzbaren spezifischen Marker. Je nach Höhe der Dosis lässt sich mit den heutigen Kenntnissen jedoch Folgendes festhalten:

- Bei moderaten (> 100 mGy) und hohen (> 1 Gy) Dosen wird die Verursachung von Krebs durch eine statistisch signifikante Zunahme verschiedener Krebsarten untermauert. Je geringer die Inzidenz in der Bevölkerung ist, desto einfacher lässt sich eine Krebserkrankung bei einer Einzelperson auf eine Exposition zurückführen.
- Bei geringen (< 100 mGy) und sehr geringen (< 10 mGy) Dosen gibt es keinen direkten, eindeutigen Beweis für eine statistisch signifikante Zunahme der Krebsrate in der exponierten Bevölkerung. Daher lässt sich eine Krebserkrankung bei einer Einzelperson nicht mit Sicherheit auf eine Exposition zurückführen.

Vor diesem Hintergrund lässt sich unabhängig von der Höhe der Dosis nicht mit Sicherheit nachweisen, dass eine Krebserkrankung durch frühere berufsbedingte Expositionen verursacht wurde. Man muss daher einen probabilistischen Ansatz verfolgen, der im nächsten Abschnitt in groben Zügen erläutert wird.

2.3 Assigned Share

Der Anteil der Krebserkrankungen in einer Bevölkerung, welche die Merkmale einer bestimmten Krebsart aufweisen und einer Exposition zugeschrieben werden können, wird Assigned Share (AS) genannt¹. Diese Grösse lässt sich auf mehrere Arten definieren, aber eine der intuitivsten beruht auf B , der Krebs-Basisrate für ein bestimmtes Geschlecht und Alter (d.h. Rate ohne Exposition), und auf EAR (*excess absolute risk*), dem mit der Exposition verbundenen zusätzlichen absoluten Risiko. AS lässt sich somit durch folgende Formel ausdrücken:

$$AS = \frac{EAR}{B + EAR}$$

Abbildung 1 zeigt die verschiedenen Personenkategorien, die von diesen verschiedenen Grössen betroffen sind.

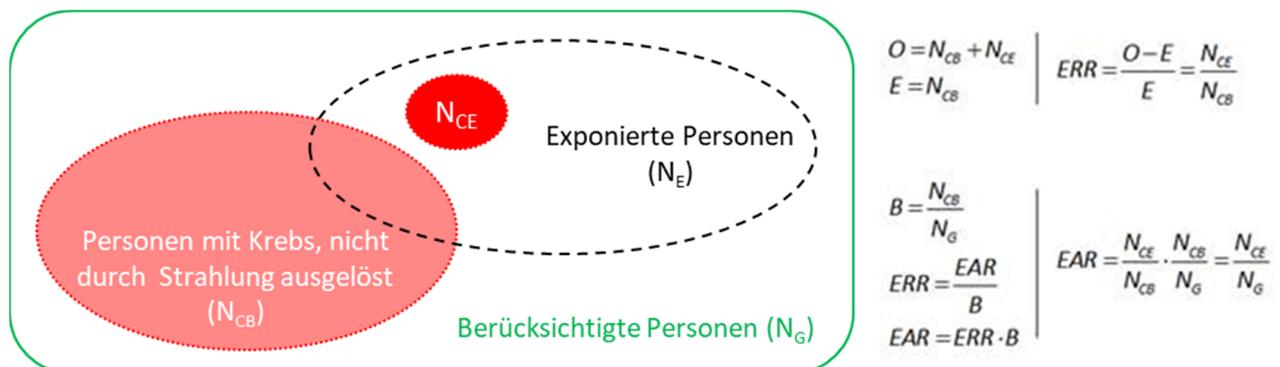


Abbildung 1: Venn-Diagramm der Personen, die für die Definition der Krebs-Basisrate B und des zusätzlichen absoluten Risikos EAR eine Rolle spielen. N_G ist die Gesamtzahl der berücksichtigten Personen. N_{CB} ist die Anzahl Personen, die aus anderen Gründen als einer Exposition mit ionisierenden Strahlen an Krebs leiden. N_E ist die Anzahl Personen, die einer bestimmten Strahlung ausgesetzt waren, und N_{CE} ist die Anzahl Personen, die eine durch diese Strahlung verursachte Krebserkrankung entwickelt haben. Das *Excess Relative Risk* (ERR) setzt sich zusammen aus *Observed* (O) – Anzahl Krebserkrankungen, und *Expected* (E) – Erwartete Krebserkrankungen bei Personen ohne Exposition.

¹ AS wird auch *probability of causation* (PC, Wahrscheinlichkeit der Verursachung) oder ätiologische Fraktion genannt.

In der Praxis wird AS lieber mithilfe des zusätzlichen relativen Risikos (*excess relative risk*), $ERR=EAR/B$, ausgedrückt:

$$AS = \frac{ERR}{1+ERR} .$$

Abbildung 2 stellt diese Beziehung grafisch dar. Wenn $AS = 0 \%$, geht man davon aus, dass nicht die Exposition den beobachteten Krebs ausgelöst hat (denn $ERR=0$). Wenn $AS = 100 \%$, erachtet man es als sicher, dass die Exposition die Ursache ist (denn $B=0$). In der Praxis liegt AS zwischen diesen beiden Extremen, und üblicherweise wird eine Krebserkrankung einer Exposition zugeschrieben (und somit eine Entschädigung bezahlt), wenn diese Hypothese mindestens so wahrscheinlich ist wie die Alternative und somit $AS \geq 50 \%$. Hinsichtlich ERR bedeutet das, dass eine Krebserkrankung einer Exposition zugeschrieben wird, wenn $ERR \geq 1$.

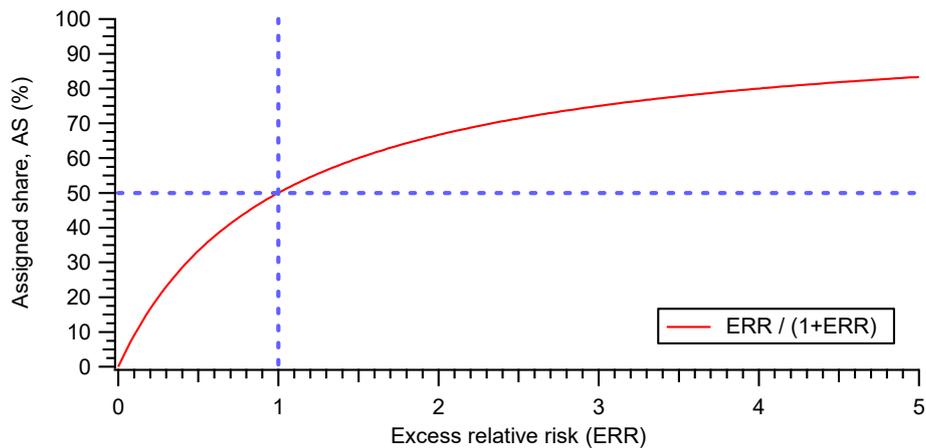


Abbildung 2: Assigned Share (AS) in Beziehung zum zusätzlichen relativen Risiko (ERR). Der Wert $AS = 50 \%$ wird oft als Schwelle gewählt, über der man davon ausgeht, dass die Exposition den beobachteten Krebs verursacht hat.

2.4 Unsicherheiten

Die ERR -Werte für einen bestimmten Krebs nach Geschlecht und Alter zum Zeitpunkt der Exposition und der Diagnose stammen aus epidemiologischen Studien, wie sie an den japanischen Überlebenden der Atombombenangriffe auf Hiroshima und Nagasaki durchgeführt wurden [3,4]. Die Unsicherheiten bei der Berechnung von AS können erheblich sein, und das Dokument von IAEA-ILO-WHO [2, Kapitel 3.2] schlägt drei Möglichkeiten zu deren Berücksichtigung vor:

1. Der einfachste Ansatz besteht darin, die Punktschätzung des Zentralwertes von AS zu berechnen. Es ist jedoch unwahrscheinlich, dass dieser Ansatz unangefochten bleibt, da ein Arbeitnehmer, bei dem die AS-Schätzung knapp unter 50 % liegt, ein anderes, wissenschaftlich ebenso akzeptables Modell entgegenhalten könnte, das einen AS-Wert von über 50 % generiert. Ein solcher Ansatz kann leicht zu Konflikten führen, und eine natürliche Erweiterung besteht darin, informell Unsicherheiten in die Punktschätzung von AS einzubeziehen, so dass die Schätzung diese akzeptabel widerspiegelt. In der Regel bedeutet das eine gewisse, unter den gegebenen Umständen als angemessen erachtete Grosszügigkeit gegenüber dem Antragsteller.
2. Eine alternative Lösung besteht darin, eine gleitende Vergütungsskala anzuwenden, bei der die Höhe der Entschädigung variiert und von der vollen Entschädigung für eine AS-Punktschätzung über 50 % bis hin zu einem Bruchteil der Gesamtentschädigung für AS-Werte in einer Bandbreite unter 50 % reicht, wobei eine Grenze (z.B. 10 oder 20 %) gezogen wird, unterhalb derer keine Entschädigung gewährt wird.

- Ein weiterer Ansatz besteht darin, die mit einem AS-Wert verbundene Unsicherheit durch die Berechnung eines Konfidenzintervalls zu quantifizieren. Die Konfidenzobergrenze (in der Regel 90, 95 oder 99 %) des AS-Intervalls kann dann verwendet werden, um eine Entschädigung auszulösen, wenn sie 50 % übersteigt (siehe Beispiel in Abbildung 3).

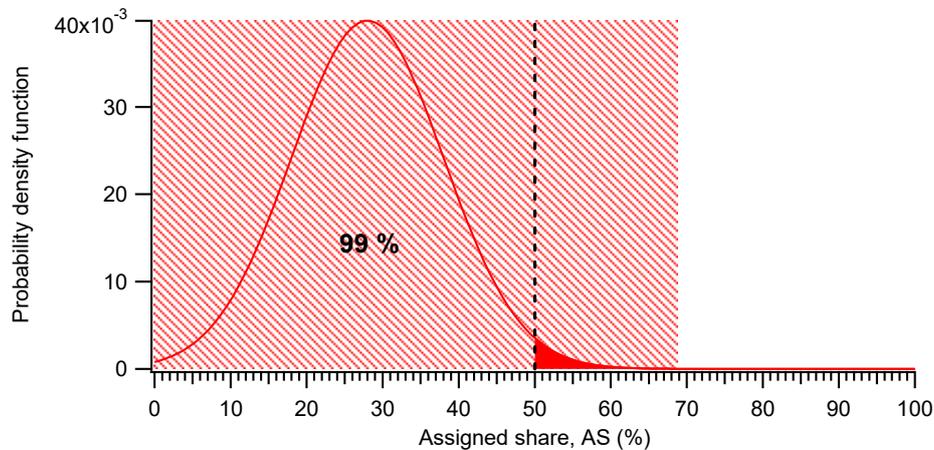


Abbildung 3: Fiktives Beispiel einer Wahrscheinlichkeitsverteilung von AS, deren Mittelwert gleich 30 % ist und wo die 99 %-Konfidenzobergrenze gleich 50 % ist.

2.5 Praktische Berechnung von AS

2.5.1 Deutsche Software

Für die Berechnung der Zusammenhangswahrscheinlichkeit zwischen Krebs und Exposition durch ionisierende Strahlung wird zurzeit im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz und des BMU das Programm «ProZES²» entwickelt [5]. Ein Beispiel einer in diesem Programm durchgeführten Berechnung ist in Abbildung 4 dargestellt. Es zeigt einen Fall, wo der Punktwert von AS gleich 34 % ist, die Wahrscheinlichkeit, über 50 % zu liegen, aber nicht vernachlässigbar ist.

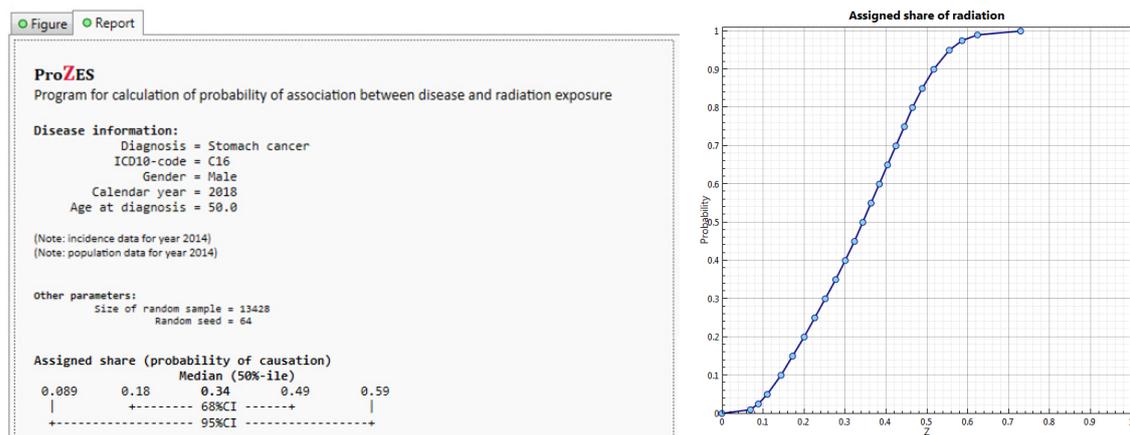


Abbildung 1: Beispiel einer AS-Berechnung (in der Grafik mit dem Buchstaben Z angegeben) für einen Mann, bei dem im Alter von 50 Jahren Magenkrebs diagnostiziert wurde, nachdem er seit dem 20. Altersjahr jedes Jahr einer Äquivalentdosis am Magen von 10 mSv ausgesetzt war. Der AS-Median entspricht 34 %, und die 99 %-Konfidenzobergrenze beträgt 62 %.

² Programm zur Berechnung der Zusammenhangswahrscheinlichkeit einer Erkrankung und einer Strahlenexposition

2.5.2 US-amerikanische Software

Die Website des National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) ermöglicht eine Online-Berechnung von AS [6]. Ein Beispiel eines Resultats zeigt Abbildung 5. Hier geht es um eine Person, die im Alter von 50 Jahren einen Lungenkrebs entwickelt hat, nachdem sie im Alter von 20 Jahren einer Äquivalentdosis an der Lunge von 150 mSv ausgesetzt war.

Example 2a

Filename: irepug2a.xls
 Gender: Male
 Age at exposure: 20
 Age at diagnosis: 50
 Cancer type: Lung
 Smoking history: Never smoked
 No. of exposures: 1
 Exposure rate: chronic
 Radiation type: high-energy gamma rays (photons; E=30-250 keV)
 Dose: Lognormal (geometric mean=15 cSv; geometric sd=2.0)

Example 2a solution

Percentile	Probability of Causation (%)
1 st	0.62
5 th	1.48
50 th	9.25
95 th	40.99
99 th	58.94

(a)

Example 2b

Filename: irepug2b.xls
 Gender: Male
 Age at exposure: 20
 Age at diagnosis: 50
 Cancer type: Lung
 Smoking history: Smoker (20-39 cigarettes/day)
 No. of exposures: 1
 Exposure rate: chronic
 Radiation type: high-energy gamma rays (photons; E=30-250 keV)
 Dose: Lognormal (geometric mean=15 cSv; geometric sd=2.0)

Example 2b solution

Percentile	Probability of Causation (%)
1 st	0.08
5 th	0.16
50 th	1.89
95 th	21.91
99 th	40.77

(b)

Abbildung 5: Beispiele von AS-Berechnungen (AS hier als Probability of Causation bezeichnet) mit der Online-Software des NIOSH [6] bei einer Person, die im Alter von 50 Jahren einen Lungenkrebs entwickelt hat, nachdem sie einer Äquivalentdosis an der Lunge von 150 mSv ausgesetzt war. (a) Nicht-Raucher. (b) Raucher (mehr als eine Schachtel pro Tag). Festzustellen ist, dass bei einem Nicht-Raucher die 99 %-Konfidenzobergrenze von AS bei 58,94 % liegt. Wenn die Person mehr als eine Schachtel Zigaretten pro Tag geraucht hat, entspricht AS dagegen nur 40,77 %. Beispiel aus der Gebrauchsanweisung der Software [7].

3 Situation in der Schweiz

3.1 Gesetzliche Basis

Strahleninduzierte Berufskrankheiten werden wie andere Berufskrankheiten gemäss Art. 9 des Bundesgesetzes über die Unfallversicherung (UVG) [8] beurteilt. Nach diesem Artikel gelten Krankheiten als Berufskrankheiten, wenn sie bei der beruflichen Tätigkeit ausschliesslich oder vorwiegend durch schädigende Stoffe oder bestimmte Arbeiten verursacht worden sind. In der Verordnung über die Unfallversicherung (UVV) [9] ist im Anhang 1 eine Liste der schädigenden Stoffe und der arbeitsbedingten Erkrankungen aufgeführt. Darunter befinden sich u.a. auch Erkrankungen durch ionisierende Strahlen. Eine vorwiegende Verursachung im Sinne des UVG ist gegeben, wenn der schädigende Stoff am gesamten Ursachenspektrum mehr als 50 % ausmacht (d.h. assigned share, AS > 50%). Wird eine Berufskrankheit anerkannt, erhält die versicherte Person die gemäss dem UVG aufgeführten Leistungen (z.B. Pflegeleistungen, Rente). Diese Betrachtungsweise für die Beurteilung einer «vorwiegenden Verursachung» ist weder im UVG noch in der UVV explizit aufgeführt. Sie wurde aber durch das Bundesgericht im Fall einer malignen Neoplasie nach Benzoleinwirkung gutgeheissen (Urteil 293/99) [10].

3.2 Vorgehen

Der Betrieb, die versicherte Person oder der Arzt bzw. die Ärztin lösen die Anmeldung einer Berufskrankheit bei der Unfallversicherung des Betriebs aus. Die Beurteilung, ob eine Berufskrankheit vorliegt oder nicht, erfolgt grundsätzlich durch den Unfallversicherer. Dies ist entweder die Suva oder ein anderer zugelassener Unfallversicherer. Die Suva führt auch Beurteilungen im Auftrag von anderen Unfallversiche-

ren durch. Die Überprüfung der Kausalität wird bei der Suva aufgrund der medizinischen Befunde, sämtlicher vorhandener Dosisdaten und gegebenenfalls von Expositionsberechnungen individuell durchgeführt. Als Basis für die Beurteilung dienen krankheitsspezifische Risikofaktoren, beispielsweise von ICRP und UNSCEAR.

3.3 Anzahl Fälle

Im Zeitraum zwischen 1985 und 2016 wurden bei allen Versicherern 58 Fälle von Berufskrankheiten abgeklärt, die im Verdacht standen, durch ionisierende Strahlung induziert worden zu sein. Davon wurden 26 anerkannt. Von den 58 Fällen entfielen 51 auf den Versicherungsbereich der Suva und 7 auf die übrigen UVG-Versicherer. Bei der Suva wurden 21 Berufskrankheiten anerkannt, bei den übrigen Versicherern waren dies 5 Fälle. Diese Zahlen sind sehr klein im Vergleich zu den anerkannten Berufskrankheiten, die durch andere Noxen oder Tätigkeiten verursacht wurden. Jährlich werden in der Schweiz zwischen 2000 und 2500 Berufskrankheiten anerkannt.

3.4 Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen

Bedingt durch die niedrige Zahl der strahleninduzierten Berufskrankheiten, des hohen Sicherheitsstandards und der Dosimetriepflicht der beruflich strahlenexponierten Personen hat die Suva die arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen Ende 2015 eingestellt.

4 Ansätze im Ausland

4.1 Deutscher Ansatz

Das deutsche Modell für die Anerkennung von Berufskrankheiten konstatiert, dass der Zusammenhang zwischen der Einwirkung ionisierender Strahlung und der Erkrankung durch ionisierende Strahlung in der Regel schwierig feststellbar ist und daher die Ermittlung in Zusammenarbeit mit einem Strahlenbiologen/-physiker/-epidemiologen erfolgen soll. Die Wahrscheinlichkeit für die Verursachung oder Beschleunigung der Entstehung (insgesamt die Zusammenhangswahrscheinlichkeit) einer Erkrankung durch eine Strahlenexposition kann nur unter Zugrundelegung der persönlichen Daten (Dauer und Höhe der Strahleneinwirkung, Alter bei Exposition, Alter bei der Diagnose) und mit Hilfe statistischer Methoden ermittelt werden. Die Einzelheiten für die Fälle ionisierender Strahlung werden in einer wissenschaftlichen Stellungnahme geregelt [11]. Darin wird festgelegt, dass „der positive Wahrscheinlichkeitsbeweis der Verursachung bei alleiniger beruflicher Exposition gegenüber ionisierender Strahlung in der Regel vorliegt, wenn die Zusammenhangswahrscheinlichkeit > 50 % beträgt.“

Die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung DGUV (www.dguv.de) publiziert die Statistik über Berufskrankheiten. In der Kategorie Ionisierende Strahlen (Listennr. 2402) wurden in den Jahren 2015–2017 jeweils 338, 327 und 305 Anzeigen wegen Verdacht auf Berufskrankheit aufgrund von ionisierenden Strahlen erhoben. Davon wurden 41 Fälle im Jahr 2015, 39 Fälle 2016 und 29 Fälle 2017 anerkannt, d.h. rund ein Zehntel der zur Anzeige gebrachten Fälle wurden durch die DGUV anerkannt.

4.2 US-amerikanischer Ansatz

In den USA berechnet das Arbeitsdepartement (DOL, Department of Labor) AS mittels der in Absatz 2.5.2 beschriebenen Online-Software. Unter Berücksichtigung der 99 %-Konfidenzobergrenze sind die Berufstätigen entschädigungsfähig, deren AS-Wert über 50 % liegt. Bis zum 26.09.2017 hatte dieses System die Entschädigung von 11'386 Berufstätigen ermöglicht, wobei insgesamt 40'847 einen Antrag

gestellt hatten. Das entspricht einer Annahmquote von 27,9 % [12]. Das Datum der Aufnahme des Verfahrens wird leider in den uns vorliegenden Unterlagen nicht klar angegeben, aber wenn wir davon ausgehen, dass dieses System seit rund 50 Jahren läuft, entspricht das über 200 entschädigten Fällen pro Jahr.

Die Krebsarten mit der höchsten Annahmquote sind Lungenkrebs (63 % Annahmen bei einem Anteil von rund 30 % an der Gesamtmenge entschädigter Fälle), Hautkrebs und Leukämie.

4.3 Französischer Ansatz

In Frankreich unterscheidet sich die Gesetzgebung stark von den Regelungen in der Schweiz, in Deutschland oder in den USA, denn sie beruht auf der Vermutung der Zurechenbarkeit der Erkrankung, die auf einer Liste der entschädigungsfähigen Erkrankungen festgehalten wird [13]. In diesem Zusammenhang beinhaltet sie eine Reihe von Tabellen, welche die Voraussetzungen (mit dem fraglichen Schadstoff verbundene Krankheiten, Zeit bis zum Auftreten, betroffene Arbeiten) sowie eine von der erhaltenen Dosis unabhängige Pauschalentschädigung festlegen. Es wird somit keine AS-Berechnung durchgeführt. Dieses Verfahren ermöglicht, durchschnittlich rund 20 Fälle pro Jahr zu entschädigen, von denen die Hälfte Lungenkrebs betrifft [14].

Frankreich bietet jedoch auch die Möglichkeit, eine spezifische Prüfung von Fällen, die von den Tabellen nicht abgedeckt werden, zu beantragen. Diese Prüfung wird von einer Ad-hoc-Expertenkommission vorgenommen.

5 Empfehlung

Die in der Schweiz angewandte Methode befolgt das von den internationalen Instanzen vorgeschlagene und von der Mehrheit der reichen Länder umgesetzte Verfahren. Diese Methode ist transparent und ermöglicht die Berücksichtigung aller vorliegenden spezifischen Informationen, abgesehen von der mit der AS-Berechnung verbundenen grossen Unsicherheit. Um zu vermeiden, dass diese Unsicherheit zulasten der an Krebs erkrankten Arbeitskraft geht, wäre es angebracht, sie zu berücksichtigen, und zwar entweder via Konfidenzintervall (68 % oder 95 %), wie es vom deutschen Programm ProZES berechnet wird, oder anhand ihrer 99 %-Konfidenzobergrenze, wie sie von der US-amerikanischen Software berechnet wird.

Die Kommission ist der Ansicht, dass das vorliegende Dokument ermöglichen sollte, verbreiteter die Problematik der Herstellung eines Zusammenhangs zwischen einem Risiko und einer Krankheit aufzuzeigen, und dass Wissen dieser Art in das Fortbildungsprogramm im Strahlenschutz aufgenommen werden sollte.

6 Referenzen

- 1) United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), 'Sources, effects and risks of ionizing radiation, Report to the General Assembly with Scientific Annexes', New York, 2015
 - http://www.unscear.org/docs/publications/2012/UNSCEAR_2012_Annex-A.pdf
- 2) International Atomic Energy Agency (IAEA), International Labour Office (ILO), World Health Organization (WHO), 'Approaches to attribution of detrimental health effects to occupational ionizing radiation exposure and their application in compensation programmes for cancer', Occupational Safety and Health Series, No. 73, ILO, 2010
 - http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/---publ/documents/publication/wcms_120131.pdf
- 3) K Kodama, K Ozasa and T Okubo, 'Radiation and cancer risk in atomic-bomb survivors', J. Radiol. Prot. 32 N51–N54, 2012

- <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/0952-4746/32/1/N51/meta>
- 4) Committee to Assess Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation, National Research Council, 'Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation: BEIR VII – Phase 2', The National Academies Press, Washington, D.C., 2006
 - <https://www.nap.edu/catalog/11340/health-risks-from-exposure-to-low-levels-of-ionizing-radiation>
 - 5) Bundesamt für Strahlenschutz, 'ProZES: Berechnung der Zusammenhangswahrscheinlichkeit zwischen Krebs und Exposition durch ionisierende Strahlung'
 - http://www.bfs.de/DE/themen/ion/service/prozes/prozes_node.html
 - 6) National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Calculating Probability of Causation
 - <https://www.cdc.gov/niosh/ocas/pccalc.html>
 - 7) NIOSH, User's guide for the Interactive RadioEpidemiological Program (NIOSH-IREP), Version 5.8, December 2015
 - <https://www.cdc.gov/niosh/ocas/pdfs/irep/irepug58.pdf>
 - 8) SR 832.20, Bundesgesetz über die Unfallversicherung (UVG)
 - <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19810038/index.html>
 - 9) SR 832.202, Verordnung über die Unfallversicherung (UVV)
 - <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19820361/index.html>
 - 10) Claudia Pletscher, Hanspeter Rast, 'Factsheet, Berufskrankheiten', SUVA, August 2018
 - <https://www.suva.ch/de-CH/material/Factsheets/berufskrankheiten-d/#uxlibrary-from-search>
 - 11) Wissenschaftliche Stellungnahme zu der Berufskrankheit Nr. 2402 der Anlage 1 zur Berufskrankheiten-Verordnung „Erkrankungen durch ionisierende Strahlen“, 2011
 - https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Berufskrankheiten/pdf/Stellungnahme-2402.pdf?__blob=publicationFile&v=4
 - 12) NIOSH, Compensation Rates for Single Primary Cancers, 2017
 - <https://www.cdc.gov/niosh/ocas/pdfs/irep/cancerrateschart2017-508.pdf>
 - 13) J. Hébert, 'Évolution de la législation concernant les maladies professionnelles considérées comme provoquées par les rayonnements ionisants', Radioprotection 39(2) 269-279, 2004
 - <https://www.radioprotection.org/articles/radiopro/pdf/2004/02/Hebert.pdf>
 - 14) J.C. Zerbib, 'Les maladies professionnelles radioinduites reconnues en France : bilan et évolutions depuis 1956', Radioprotection 2018, 53(1) 51–60, 2018
 - <https://doi.org/10.1051/radiopro/2018002>