Ronneburger Internetausgabe s/w

Strahlentelex

Unabhängiges Informationsblatt zu Radioaktivität, Strahlung, Radon-Belastungen sowie aktuellen Umweltproblemen

Ausgabe 02/2022

ISSN 2749-8417 (print) 2748-873X (online) www.kirchengemeinde-ronneburg.de Nr. 04 vom 01.06.2022

Aktuelles: Seite 2

informativ

Hauptbeitrag: Strahlenexposition für unter Tage Beschäftigte der WISMUT ab Seite 3

Ergebnisse bundesdeutscher Krebsforschung im Uranerzbergbau ab Seite 10

Nachruf für Prof. W. Köhnlein S. 8

Stickoxide in der Atmosphäre S. 16

Der vergebliche Kampf krebskranker Bergleute um BK-Anerkennung beruht auf der krassen Fehleinschätzung der Strahlenbelastung einerseits und der Unterschätzung der Verursachungswahrscheinlichkeit andererseits.

Die Gerichtsverfahren führen nicht zum Nachweis der krankheitsbedingten Strahlenbelastung, sondern nach dem Grundsatz der objektiven Beweislast im sozialgerichtlichen Verfahren zur Klageabweisung.

Der krebskranke Uranbergarbeiter stellte (und stellt) i.d.R. von sich aus eher selten den Antrag auf Anerkennung als Berufskrankheit. Wenn doch, dann folgt meist eine Odyssee durch die Instanzen: Nach Antragstellung erteilte seit 1990 zu über 70% die BBG einen Ablehnungsbescheid. Wenige gingen in Widerspruch und erhielten dann eine Zweitablehnung mittels Widerspruchsbescheid. Lediglich knapp 5% reichen schließlich Klage ein, meist mit Antrag auf Prozesskostenhilfe verbunden. Deren Ablehnung in Form eines Beschlusses des Sozialgerichtes folgt auf dem Fuß; nach Beschwerde dann der unanfechtbare Beschluss. Die Begründungen nehmen bereits das Urteil vorweg und sollen der Rücknahme der Klage dienen. Schließlich wird unter gerichtlicher Androhung der Prozesskosten dazu direkt aufgefordert. Sonst folgt das Urteil der kostenpflichtigen Ablehnung. Die Antragsrate liegt ohnehin deutlich unter der Erkrankungsrate. Nicht einmal jeder dritte Antrag erhielt einen Rentenbescheid. Klagen bewirken fast immer nichts.

Die Seite 2 informativ

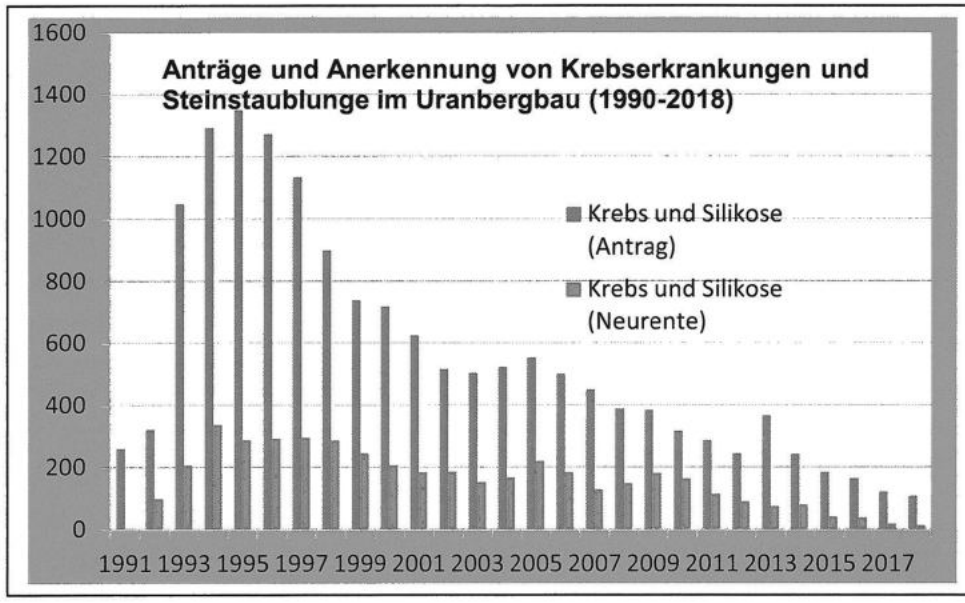
Krebs-Erkrankungen der Wismut-Beschäftigten stehen Im Mittelpunkt der diesjährigen 2. Ausgabe des Strahlentelex.

Der nebenstehenden, im Jahr 2019 endgültig eingestellten Statistik [1] ist die Diskrepanz beantragter und anerkannter Berufskrankheiten durch ionisierende Strahlung und Silikose im Wismut-Uranbergbau zu entnehmen. Im Zeitraum 1991 bis 2018 wurden von der Berufsgenossenschaft ca. 4.200 Fälle als Berufskrankheit (BK 2402, zuvor BK 92 und BK 4101) anerkannt und über 7.100 Anträge abgelehnt [2]. Im Hauptbeitrag ab S. 3 legt Gerd G. Eigenwillig, ein ausgesprochener Kenner der Materie, die Mängel, Schwächen und letztlich die Unzulässigkeit dieser Bewertungspraxis offen. Der vorhandene Datenfundus ist für individuelle Ausweisungen gesundheitlicher Diagnosen/Gutachten in keiner Weise geeignet. Auch die epidemiologische Verwendung dieser Daten führt zu fehler- und lückenhaften Darstellungen des Wirkungsprinzips Exposition – Krebserkrankung(en) – dazu ergänzend der Beitrag ab S. 10.

[1] Mitteilung der BG RCI vom 26.03.2020 und 10.01.22 an den KUK Ronneburg

[2] Drucksache 19/11294 S. 9 vom 01.07.2019 Kl. Anfrage DB

Aktuell im Beiblatt: Radonvorsorgegebiete in Bayern



Atomendlagersuche: Z.Z. Info-Flut zur Methodenentwicklung

Interessierte können sich auf der *WeChange*-Plattform **„Forum Endlagersuche"** kostenlos registrieren. Dort steht ein Chat zur Verfügung, in dem Mitglieder diverse Unterhaltungen führen bzw. entsprechend ihren Interessen sich durch diese Unterhaltungen („Threads") klicken können, zudem sind Verfasser der Nachrichten sichtbar. Die Chats sind nicht moderiert. Aktuell stehen auf der Plattform ein Terminkalender sowie eine Sammlung ausgewählter Links zu weiteren Informationen und Dokumenten incl. Netiquette der Sitzungen zur Verfügung. Registrierung unter Link: https://wechange.de/group/forum-endlagersuche/. Neben den Informationsveranstaltungen der BASE laufen monatliche Sitzungen des Planungsteams Forum Endlagersuche (PFE) öffentlich zugänglich ab; das 1.Fachforum Teilgebiete findet am 20./ 21.05.22 unter präsenter und virtueller Beteiligung aller Interessenten statt. Zur Vorbereitung ist eine „Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung" erschienen und abrufbar (62 + 744 Seiten). Dadurch soll die Grundlage der nachfolgenden standortbezogenen und in erster Instanz übertägigen Erkundung erzielt werden. Derzeit wird mit 10 Regionen geplant, aus denen 4 Kategorien der Eignung als Endlager bewertet werden sollen (von ungeeignet bis beste Eignung). Aus den vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen folgen tatsächliche, begleitet von geo- und planungswissenschaftlichen Abwägungen, die in eine langwierige Geosynthese gleiten werden. Ziel sind Endlagekonzepte mit entsprechenden Wirtsgesteinsbezug, wobei die Bearbeitungstiefe der qualitativen Bewertung sich erst herausstellen wird. Welche etwa 10 Regionen aus den bekannte 4 Modelgebieten ausgewählt werden ist noch nicht öffentlich; massiv wird Thüringen betroffen sein. Info unter www.bge.de/de/endlagersuche/standortregionen/gebiete-zur-methodenentwicklung/

In eigener Sache: Auf Grund eines laufenden Klageverfahrens gegen die Thüringer Allgemeinverfügung bleiben Veröffentlichungen zur Radonvorsorge auf die print-Ausgabe begrenzt. Eine Beilage zur vielfach angefragten Radonsituation der Region Ronneburg erscheint in der nächsten Ausgabe.

Impressum: Herausgeber Kirchlicher Umweltkreis Ronneburg (gegründet 1988); Erscheinungsort: Ronneburg (Deutschland); alle Rechte liegen bei dem jeweiligen Verfasser. Erscheint 4/a zum jeweiligen Druckkostenpreis der kolorierten print-Ausgabe (diese Ausgabe 2,00 €); Bezug über franklange44@web.de; © Copyright 2022 by Frank Lange.
Die hier und auf unserer Webseite veröffentlichen Inhalte und Werke unterliegen dem deutschen Urheberrecht. Für den Inhalt sind die jeweiligen Autoren verantwortlich.
Druck: Nicolaus & Partner - 04626 Nöbdenitz;
Die s/w online-Ausgabe erscheint etwas vereinfacht und ohne Beiblatt zum 01.06.2022.
ISSN 2748-873X (online) 2749-8417 (print)

Gesundheitsbewertung Uranbergbau

Abgeschätzte Strahlenexposition für unter Tage Beschäftigte der WISMUT

von Gerd Georg Eigenwillig

Bekannt sind im Erzgebirge der Silbererz-Bergbau seit dem 12. Jahrhundert und der Uranerz-Bergbau im 20. Jahrhundert. Seit dem 15. Jahrhundert beobachtete man bei unter Tage Beschäftigten eine tödliche Lungenkrankheit, die vor 140 Jahren als Lungenkrebs identifiziert wurde.

Ab Anfang des 20. Jahrhunderts wurde auf das radioaktive Edelgas Radon (Rn), vor allem sein Isotop Rn-222 und besonders auf die kurzlebigen alphastrahlenden Radon-Folgeprodukte (RnFP) als wahrscheinliche Ursachen für den Lungenkrebs hingewiesen. Das Bergamt Zwickau erließ 1944 die Anordnung „Schutzmaßnahmen für die Gefolgschaft der Gewerkschaft Schneeberger Bergbau". Vorgeschrieben wurden u.a. regelmäßige Gesundheitsuntersuchungen, Begrenzung der Arbeitszeit auf acht Stunden und ein Grenzwert für die Rn-Konzentration in der Atemluft. Nach heutigen Kriterien war der Grenzwert zu hoch, aber er war ein Anfang im Strahlenschutz.

Ein bisher ungelöstes Problem ist der Umgang mit den nach 1945 abgeschätzten Strahlenexpositionen der Beschäftigten, deren Vertrauensbereiche und Unsicherheiten unbekannt sind, sowie deren weitere Verwendung. Auf dieses Problem hat die Strahlenschutzkommission (SSK) bereits 2003 mit einer Empfehlung hingewiesen (Punkt (4) in [1]) Diese Empfehlung wurde bisher nicht beachtet.

Das Problem wird am Beispiel des Objekts 09 der WISMUT im Erzgebirge dargestellt, das sich durch seine Größe und die Dauer seiner Betriebszeit von etwa 40 Jahren auszeichnet.

Beschreibung des Objekts 09 der WISMUT

Als Beispiel für den Uranerz-Bergbau dient das Objekt 09 im Erzgebirge (Kapitel 2.2.2.4 in [2]). Das Objekt stand für ein Drittel der gesamten Uranerz-Förderung der WISMUT. Das Objekt 09 war einer der umfangsreichsten und tiefsten Bergwerkskomplexe in Europa. Es hatte im Endausbau eine Teufe von 1.800 m mit zahlreichen Schächten und etwa 50 Sohlen. Die meisten Sohlen waren bis 1989/1990 in Betrieb. Der Urangehalt der Erze variierte stark mit der Teufe.

Aus- und Vorrichten dienten der Vorbereitung für den Abbau von Uranerzen. Dabei entstanden im Objekt 09 Grubenbaue (z.B. Querschläge/ Strecken) von 7.745 km Länge und Hohlräume von 21,5 Mio. Kubikmeter (m^3). Der Abbau von Uranerzen führte zu weiteren Hohlräumen von 15,5 Mio. m^3. Ein Teil des anfallenden nicht erzhaltigen Gesteins wurde unter Tage zum Verfüllen der nicht mehr genutzten Hohlräume verwendet oder nach über Tage auf Halden verbracht.

Wegen seiner Größe wurde das Objekt 09 in mehrere Betriebe aufgeteilt, die als Schachtverwaltungen und später als Grubenbereichsleitungen bezeichnet wurden. Für das Objekt 09 und seine Betriebe, die jeweils eigenes Stammpersonal hatten, können keine identischen Betriebsbedingungen unterstellt werden (z.B. Rn- und RnFP-Konzentrationen in der Atemluft). In dem Objekt 09 arbeiteten im Kalenderjahr mehrere Tausend unter Tage Beschäftigte. Es stellt auch einen großen Anteil der Mitglieder in der Uranbergarbeiter-Kohortenstudie des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS).

Ziel der Ermittlung von Strahlenexpositionen

Strahlenexpositionen der unter Tage Beschäftigten werden im Uranerz-Bergbau verursacht durch Inhalation und Ingestion von Rn und vor allem durch seine kurzlebigen alphastrahlenden RnFP sowie von langlebigen Radionukliden (LRN) der beiden Uran-Zerfallsreihen (U235 und U238) und durch äußere Gamma-Strahlung. Die Inhalation von Rn und RnFP steht als Ursache für Lungenkrebs - die häufigste strahleninduzierte Berufskrankheit im Uranerz-Bergbau - im Vordergrund und wird daher im folgenden Text behandelt.

Ziel der Ermittlung von Strahlenexpositionen für Beschäftigte ist die Bestimmung der Individualdosis. Die Individualdosis ist die Ganz- oder Teilkörperdosis, die von der betroffenen Person direkt am Arbeitsplatz akkumuliert, personendosimetrisch durch Messungen am Arbeitsplatz erfasst und dokumentiert wird. Für die Personendosimetrie von Rn und RnFP gibt es z.B. folgende Verfahren:

1. Messungen am Arbeitsplatz

Zu dokumentieren sind für die betroffene Person: Objekt, Schacht, Sohle, Arbeitsplatz, Schicht, Tag und Uhrzeit sowie Messergebnisse der Rn- und RnFP-Konzentrationen in der Atemluft.

2. Einsatz von Personendosimetern

Erst ab 1991 wurden bei der WISMUT Personendosimeter zur Messung von RnFP-Konzentrationen in der Atemluft eingesetzt.

Für Messungen von Rn und RnFP am Arbeitsplatz wurden bei der WISMUT verschiedene Methoden verwendet -- z.B. Probennahme von Luft unter Tage mit Hilfe einer Gummiblase und Messung der Rn-Konzentration im Labor über Tage oder Messung der potenziellen Alpha-Energie-Konzentration der RnFP unter Tage mittels der Markov-Methode (Probenahmedauer fünf Minuten). Alle Messungen erfolgten also über eine sehr kurze Zeitperiode und waren damit diskontinuierlich und keine Langzeitmessungen.

Ein Vertrag von 1962 zwischen der DDR und der Sowjetunion sah vor, dass für die WISMUT die gesetzlichen Bestimmungen der DDR gelten [3]. Bereits die erste Strahlenschutzverordnung der DDR von 1964 verlangte wie alle folgenden Strahlenschutzverordnungen für beruflich strahlenexponierten Personen die personendosimetrische Überwachung und die Dokumentation der

Ergebnisse für 50 Jahre [4]. Diese Vorschriften wurden im Falle der WISMUT nicht beachtet.
Wenn in der Vergangenheit keine personendosimetrischen Expositionsmessungen durchgeführt wurden, stehen keine Individualdosen zur Verfügung. In diesen Fällen kann eine indirekte Expositionserfassung durchgeführt werden. Dabei wird z.B. in einem Betriebsbereich für einen Job (Tätigkeit, Beruf) die Exposition (Exposure) *e*rmittelt und auf einzelne betroffene Personen übertragen, die ebenfalls diesen Job unter vergleichbaren Betriebsbedingungen ausgeübt haben. Dabei müssen für diese betroffenen Personen gleiche oder wenigstens ähnliche, d.h. möglichst homogene Expositionen gelten. Das Ergebnis dieses Vorgehens ergibt eine Job-Exposure-Matrix (JEM) [5].

Wie die weiteren Ausführungen zeigen werden,
- wurden für die Beschäftigten der WISMUT keine Individualdosen ermittelt und
- sind die Voraussetzungen für die Erstellung einer JEM nicht gegeben.

Abschätzung der Strahlenexpositionen
Von der WISMUT wurden bis 1954 keine Rn- und keine RnFP-Messungen durchgeführt. Die Strahlenexpositionen der unter Tage Beschäftigten im Objekt 09 wurden deshalb bis 1954 retrospektiv mittels eines Modells abgeschätzt. Das Modell berücksichtigt z.B. lagerstättenspezifische Daten (Erzgänge), produktionstechnische Daten (Uranerz-Förderung), Gangflächen (entsprechen den Rn-Austrittsflächen) und Art der Bewetterung. Zur Abschätzung der Rn-Emanationen aus den Gangflächen wurde der Jahresmittelwert der Rn-Messungen von 1955 des Objekts 09 eingesetzt. Das Modell ist in der JEM-1 dargestellt (Seite 52 in [6]). Die mittels des Modells abgeschätzten Strahlenexpositionen sind keine Individualdosen, sondern Kollektivmittelwerte für Hauer pro Kalenderjahr und Objekt (Seite 26 in [6]). Vertrauensbereiche wurden nicht ermittelt; denn die im Modell verwendeten Unterlagen sind unvollständig und die abgeschätzten Parameter sind ihrerseits mit unbekannten Unsicherheiten verbunden. Ferner wurde nicht berücksichtigt, dass 1949 das Objekt 09 durch Teilung des Objekts 02 entstand und kein Neuaufschluss war. Deswegen sind die für das Objekt 09 bis 1954 abgeschätzten Strahlenexpositionen zu niedrig.
Im Objekt 09 wurden Rn von 1955 bis 1981 und RnFP ab 1966 gemessen. Vorliegende Messungen von Rn und RnFP sind entweder nur als wenige Einzelmessungen dokumentiert oder nur noch in zusammengefasster Form - d.h. in mehreren Schritten arithmetisch gemittelte Werte - in der JEM-1 enthalten (Nr. 1 bis 3 im Schema; Seiten 51 und 436 ff in [6] sowie S. 111 ff in [7]). Deswegen werden die Strahlenexpositionen ab 1955 ebenfalls durch ein Modell retrospektiv abgeschätzt (Seite 26 in [6]), das zusammenfassend in dem Schema am Ende des Beitrages dargestellt ist. Auch hier gilt: Die mittels dieses Modells abgeschätzten Strahlenexpositionen sind keine Individualdosen, sondern Kollektivmittelwerte für Hauer pro Kalenderjahr. Vertrauensbereiche wurden für die Kollektivmittelwerte nicht ermittelt und ihre Unsicherheiten sind unbekannt. Die JEM-1 wurde veröffentlicht [6].

Daten unter Verschluss
Für die Abschätzung der Strahlenexpositionen ist die JEM-1 die Grundlage für alle ihr folgenden Versionen – beginnend mit der JEM-2, die **nicht** veröffentlicht wurde. In ihr wurden theoretische Abschätzungen der Strahlenexpositionen für Hauer lagerstättenbezogen oder für Objekte schachtbezogen angegeben. Ferner wurden wiederholt willkürliche Übertragungen abgeschätzter Strahlenexpositionen von einem Objekt auf ein anderes Objekt durchgeführt (z.B. ab 1959 vom Objekt 09 auf das Objekt 02). Bei der Erstellung der Berufsanamnesen in der JEM-2 mussten z.T. Annahmen getroffen werden, ohne diese immer mit Sachaussagen belegen zu können. [8] Die JEM-2 enthält damit zusätzlich Unsicherheiten gegenüber der JEM-1. Die Version HVBG & BBG 2005 der JEM-1 wurde *nicht veröffentlicht* [9] und wird von dem HVBG (Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften), der BBG (Bergbau-Berufsgenossenschaft) und ihren Nachfolgeorganisationen *als ihr Eigentum angesehen*. Die mit Hilfe der Version HVBG & BBG 2005 abgeschätzten Strahlenexpositionen werden in Anerkennungsverfahren von Berufskrankheiten und in der Forschung (z.B. Uranbergarbeiter-Kohortenstudie des BfS) eingesetzt. Das Berechnungsprogramm kann ein Wissenschaftler unter bestimmten Bedingungen erhalten, von denen im folgenden Absatz einige zusammengefasst wiedergegeben werden [10], [11].
Der Wissenschaftler muss seinen Antrag, der die Fragestellung seiner Studie und die vorgesehene Verwendung der benötigten Daten angibt, schriftlich einreichen. Dieser Antrag wird vom BfS und einem Beratungsgremium in der SSK bewertet. Der Wissenschaftler muss u.a. den Zweck und die wissenschaftliche Rechtfertigung seines Antrags nachweisen. Der für den Antrag Verantwortliche muss seine Qualifikation belegen. Die Finanzierung ist offen zu legen. Konflikte mit Untersuchungen des BfS und laufenden Untersuchungen anderer Bewerber müssen vermieden werden. Nachdem der Antrag positiv bewertet wurde, legt das BfS die Modalitäten fest, wie die Daten der Version HVBG & BBG 2005 zu verwenden sind. Eine detaillierte Datenbeschreibung wird zur Verfügung gestellt, wenn der Antrag akzeptiert ist.
Die Version HVBG & BBG 2005 ist daher für einen Wissenschaftler nur nach einem Selektionsverfahren zugänglich. Das Selektionsverfahren ist nicht transparent und widerspricht wissenschaftlichen Regeln, weil es einen offenen wissenschaftlichen Diskurs nicht zulässt.

Datenmängel
Dass die Anzahl der Messungen zur Ermittlung von Strahlenexpositionen von Tausenden unter Tage Beschäftigten zu gering war, zeigen in der JEM-1 folgende Beispiele für das Objekt 09. 1964 betrug die

höchste Anzahl von Rn-Messungen 16.462 oder nur 55 Messungen pro Werktag. Insgesamt sind für das Objekt 09 von 1955 bis 1988 für 26 Jahre die Anzahl von 165.971 Rn- und RnFP-Messungen dokumentiert. Das entspricht nur 21 Messungen pro Werktag (Seiten 436 ff in [6]). Diese geringe Anzahl von Messungen für Tausende unter Tage Beschäftigte beweist, dass die personendosimetrische Ermittlung von Individualdosen von der WISMUT nicht durchgeführt wurde. Die JEM-1 stellt fest, dass bis 1990 für die Beschäftigten keine verwendbaren Individualdosen vorliegen (Seite 26 in [6]).

Die mehrstufigen arithmetischen Mittelungen der Expositionsdaten führen zu einem Kollektivmittelwert der Rn- und RnFP-Konzentrationen für Hauer pro Kalenderjahr für das gesamte Objekt 09 (Nr. 1 bis 3 im Schema). Für die Rn- und RnFP-Konzentrationen treten Abweichungen bis zu einem Faktor 10 und mehr um die jährlichen Kollektivmittelwerte auf. Die Abweichungen sind im Vergleich der einzelnen Kalenderjahre ungleichmäßig um die Kollektivmittelwerte verteilt. Die Abweichungen sind groß. Die JEM-1 ist infolgedessen mit unbekannten Unsicherheiten behaftet und Vertrauensbereiche liegen für die Kollektivmittelwerte nicht vor (Seiten 26, 436 ff und 229+230 in [6]; Seiten 111 ff in [7]). Das Kollektiv ist damit hinsichtlich der abgeschätzten Strahlenexpositionen seiner Mitglieder nicht hinreichend homogen und die JEM-1 sowie alle ihr folgenden Versionen bis hin zur Version HVBG & BBG 2005 erfüllen damit nicht die Bedingungen einer Job-Exposure-Matrix [5].

Die Abweichungen bis zu einem Faktor 10 und mehr um den Kollektivmittelwert für Hauer bleiben auch bei der weiteren Verarbeitung erhalten (Nr. 4 bis 7 im Schema). Die dabei verwendeten Parameter (z.B. Gleichgewichtsfaktoren zwischen Rn und RnFP sowie Wichtungsfaktoren für Tätigkeiten in Nr. 4 und 5 des Schemas) beruhen nicht auf Messungen, sondern auf Abschätzungen (Seiten 82, 108 und 256 ff in [6]). Die Parameter beinhalten ihrerseits weitere unbekannte Unsicherheiten.

Auch die Multiplikation eines Kollektivmittelwertes aus der JEM-1 mit der Arbeitsdauer eines Beschäftigten ergibt keine Individualdosis (Nr. 6 und 7 im Schema; vgl. Seite 26 in [6]). Das Ergebnis dieser zwei Schritte sind die abgeschätzten Strahlenexpositionen für Tausende Beschäftigte im Kalenderjahr (Nr. 7 im Schema). Diese abgeschätzten Strahlenexpositionen entsprechen denen der JEM-1 und ihrer Version HVBG & BBG 2005. Die Zahlenangabe Tausende ist plausibel, weil die JEM-1 für Hauer und andere unter Tage Beschäftigte Wichtungsfaktoren für 292 Tätigkeitsbezeichnungen festlegte und jede Tätigkeit ihrerseits von zahlreichen Beschäftigten in drei Schichten ausgeführt wurde (Seiten 256 ff in [6]).

Konsequenzen

Das Vorgehen in der JEM-1 und der ihr folgenden Versionen hat Konsequenzen für die Abschätzung von Strahlenexpositionen. Beträgt z.B. in einem Objekt der Kollektivmittelwert der Rn-Konzentration 5 kBq m^{-3} und betragen die Abweichungen um diesen Kollektivmittelwert den Faktor 10, so liegt der Bereich der Rn-Konzentrationen zwischen 0,5 kBq m^{-3} und 50 kBq m^{-3}. Bei der weiteren schrittweisen Abschätzung der Strahlenexposition für andere Tätigkeiten bleibt der Faktor 10 bis zum letzten Schritt einschließlich erhalten. Der Faktor 10 wird in allen Schritten direkt proportional weitergegeben. Das ändert z.B. auch der Einsatz von Wichtungsfaktoren und Jahresarbeitszeiten nicht (Nr. 5 bis 7 im Schema). Deswegen kann einer Person keine reale Rn-Konzentration zur Abschätzung ihrer Strahlenexposition zugeordnet werden. Da helfen auch Berufsanamnesen nicht weiter; denn selbst wenn der Arbeitspatz bekannt sein sollte, ist die reale Strahlenexposition an diesem Arbeitsplatz nicht bekannt. Ferner ist zu beachten, dass viele Personen bei ihren Tätigkeiten während einer Schicht ihren Arbeitsplatz wechselten (z.B. Betonierer, Elektriker, Markscheider und Obersteiger). Die reale Strahlenexposition am realen Arbeitsplatz ist in allen Fällen unbekannt.

In Anerkennungsverfahren von Berufskrankheiten und in der Forschung ist der Kollektivmittelwert für Hauer im Kalenderjahr und Objekt Ausgangspunkt für die Abschätzung der Strahlenexposition (Seiten 436 ff in [6]; Nr. 3 im Schema). Dabei werden Abweichungen vom und Unsicherheiten des Kollektivmittelwertes nicht berücksichtigt. Das hat zur Folge, dass im gesamten Objekt ein einziger Wert für die Rn-Konzentration zur Abschätzung der Strahlenexposition pro Kalenderjahr gilt. Werden durch die Verwendung von Wichtungsfaktoren die Strahlenexpositionen für andere Tätigkeiten abgeschätzt, gelten auch diese für das gesamte Objekt (Nr. 5 und 6 im Schema). D.h., dass z.B. für die Tätigkeit Betonierer im gesamten weiträumigen Objekt 09 ein einziger Kollektivmittelwert für die Rn-Konzentration vorgegeben wird (Nr. 6 im Schema). Das ist falsch. Durch die Berücksichtigung der jährlichen Arbeitszeit eines Betonierers wird für diesen eine Strahlenexposition abgeschätzt (Nr. 7 im Schema). Die reale Strahlenexposition am realen Arbeitsplatz ist allerdings unbekannt und die abgeschätzte Strahlenexposition ist deswegen unrealistisch.

Die Verwendung von Kollektivmittelwerten führt damit zu beliebigen Ergebnissen mit allen negativen Konsequenzen für Anerkennungsverfahren einer strahleninduzierten Berufskrankheit und für die Forschung.

Die abgeschätzten Strahlenexpositionen sind weder Individualdosen noch verwendbare Ergebnisse einer JEM ([5], Seite 26 in [6]). Sie sind Artefakte. Artefakte liegen vor, wenn keine personenbezogenen Primärdaten (Messwerte) zur Verfügung stehen, sondern wie bei der WISMUT z.B. Kollektivmittelwerte, Schätzungen, Expertenbewertungen, Modelle, Inter- oder Extrapolationen sowie Rekonstruktionen von Arbeitsbedingungen zur Ermittlung von Daten verwendet werden [12].

Zur Ermittlung von Unsicherheiten reicht es aus,

die jährlichen Kollektivmittelwerte für Hauer des Objekts 09 zu untersuchen (Nr. 3 im Schema). Das wurde dem BfS empfohlen, aber vom BfS nicht realisiert. Stattdessen wird der Versuch unternommen, das Problem mit großen Zahlen, Tausenden Mitgliedern der Uranbergarbeiter-Kohortenstudie, zu lösen (Nr. 7 im Schema). Jeweils von einem Kollektivmittelwert für Hauer pro Jahr werden für Tausende Beschäftigte Strahlenexpositionen abgeschätzt, die Artefakte sind und mit denen ungerechtfertigter Weise Statistik (z.B. Epidemiologie) betrieben wird. Dieses Vorgehen ist so etwas wie die Extrapolation von eins bis unendlich (Nr. 3 bis 7 im Schema). Damit wird die Lösung des Problems der abgeschätzten Strahlenexpositionen bewusst vermieden.

Die Anwendung von Messdaten für die epidemiologische Forschung war von der WISMUT nicht vorgesehen. Daher erfolgte zum damaligen Zeitpunkt keine statistische Auswertung der Messdaten unter Nennung von definierten Vertrauensbereichen. Es liegen Kollektivmittelwerte nach Konzentrationsbereichen vor (Nr. 1 im Schema). Da verwendbare Einzelmessdaten nicht zur Verfügung stehen, ist auch retrospektiv eine statistische Auswertung von Messdaten nicht möglich (Seite 38 in [13]).

Durch die Zusammenfassung von Daten der WISMUT, d.h. die Anwendung von Kollektivmittelwerten der abgeschätzten Strahlenexpositionen in Anerkennungsverfahren von Berufskrankheiten durch die Berufsgenossenschaften und in der Forschung (z.B. Epidemiologie), geht die eindeutige Beziehung zwischen der Strahlenexposition einer Person und ihrer Erkrankung verloren. Aussagen zum individuellen Risiko sind nicht mehr möglich. Damit werden die Verfahren zur Anerkennung von Berufskrankheiten zu Glücksspielen. Lag die reale individuelle Strahlenexposition unterhalb der Summe von jährlichen Mittelwerten, hat der Erkrankte einen Vorteil bei der Bewertung seines Falles; denn seine Strahlenexposition wird höher angesetzt, als sie tatsächlich war. Lag die reale individuelle Strahlenexposition oberhalb der Summe von jährlichen Mittelwerten, hat der Erkrankte einen Nachteil; denn Anteile seiner Strahlenexposition, die über der Summe von jährlichen Mittelwerten liegen, werden nicht berücksichtigt. Indem in Anerkennungsverfahren die Verursachungswahrscheinlichkeiten mit einer signifikanten Stelle nach dem Komma angegeben werden, wird eine Genauigkeit unterstellt, die so tatsächlich nicht besteht. Gelegentlich entscheiden zehntel Prozent der berechneten Verursachungswahrscheinlichkeit über den Ausgang eines Anerkennungsverfahrens. Bisher hat auch die Forschung das Problem nicht erkannt, u.a. weil sie ebenso wie die Berufsgenossenschaften von der Version HVBG & BBG 2005 ausgeht (Nr. 7 im Schema) [9]. Es gibt von Seiten der Berufsgenossenschaften und der Forschung keinen Vorschlag und kein Verfahren, wie dieses fehlerhafte Vorgehen geheilt werden kann.

Fazit

Für die unter Tage Beschäftigten der WISMUT können bis 1990 keine Individualdosen ermittelt werden, weil Strahlenexpositionen nicht personendosimetrisch gemessen wurden. Grundlage für die Abschätzung von Strahlenexpositionen sind allein auf Modellen beruhende Kollektivmittelwerte für Hauer pro Kalenderjahr und Objekt (Nr. 3 im Schema). Für die Kollektivmittelwerte können keine Vertrauensbereiche und keine Unsicherheiten ermittelt werden. Da außerdem die Abweichungen um die abgeschätzten Kollektivmittelwerte groß und unregelmäßig sind, sind die Strahlenexpositionen des Kollektivs nicht hinreichend homogen und die JEM-1 und ihre Versionen bis hin zur Version HVBG & BBG 2005 erfüllen nicht die Anforderungen an eine Job-Exposure-Matrix. Das Ergebnis der Abschätzungen durch Modelle sind Artefakte. Die Artefakte sind nicht dazu geeignet, Strahlenexpositionen für einzelne Beschäftigte abzuschätzen (Nr. 7 im Schema). Daher sind die Ergebnisse der Anerkennungsverfahren von Berufskrankheiten und der Forschung (z.B. Epidemiologie, Uranbergarbeiter-Kohortenstudie) unrealistisch und damit nicht belastbar. Das ist nicht nur ein naturwissenschaftliches, sondern jeweils auch ein rechtliches, politisches und ethisches Problem.

Literatur

[1] SSK (Strahlenschutzkommission): Zum Stand der Auswertung der Deutschen Kohortenstudie bei Uranbergarbeitern der Wismut.-Stellungnahme der Strahlenschutzkommission. Verabschiedet auf der 188. Sitzung der SSK am 02. und 03. Dezember 2003. Veröffentlichungen der SSK. Band 52 Seiten 297-301, Elsevier Urban & Fischer, München; ISBN 3-437-22326-7. 2003

[2] Hagen M, Scheid R (Herausgeber): Chronik der WISMUT, WISMUT GmbH. Chemnitz, 1999.

[3] DDR (Deutsche Demokratische Republik), UdSSR (Union der Sozialistischen Sowjetrepubliken): Abkommen zwischen der Regierung der Deutschen Demokratischen Republik und der Regierung der Union der Sozialistischen Sowjetrepubliken über die Fortsetzung der Tätigkeit der gemischten Sowjetisch-Deutschen Aktiengesellschaft „Wismut", die entsprechend dem Abkommen vom 22 August 1953 gegründet wurde -- vom 11. Dezember 1962.- Abschrift mit nachfolgenden Ergänzungen und Präzisierungen bis 14.11.1975. BStU-Archivsignatur: MfS HA XVIII Nr. 7758. BStU (Der Bundesbeauftragte für die Unterlagen des Staatssicherheitsdienstes der ehemaligen Deutschen Demokratischen Republik)

[4) 1. SSVO, Verordnung über den Schutz vor der schädigenden Einwirkung ionisierender Strahlen - Strahlenschutzverordnung - und Erste Durchführungsbestimmung - vom 10.Juni 1964 Gesetzblatt der Deutschen Demokratischen Republik: GBl. II Nr. 76, Seiten 635-676, vom 06.08.1964

[5) Taeger D: Grundlagen einer Job-Exposure-Matrix -- Erstellung und Anwendung. Zentralblatt für Arbeitsmedizin 67 (3), 143-150, 2017

[6] Lehmann F, Hambeck L, Linkert K-H, Lutze H, Meyer H, Reiber H, Reinisch A. Renner H-J. Seifert T, Wolf F: Belastung durch ionisierende Strahlung im Uranerzbergbau der ehemaligen DDR. Herausgeber: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG), Bergbau-Berufsgenossenschaft (BBG). ISBN 3-88383-524-2. 1998. - **Alias: JEM-1**

[7] Eigenwillig GG: Der Uranerzbergbau im Erzgebirge - die dadurch bedingten Strahlenexpositionen und Erkrankungen der Bergleute. Eine kritische Bewertung. 240 Seiten. Eigenverlag, Frankfurt. ISBN 978-3-00-064615-7. 2020.

Schema zur Abschätzung der jährliche Strahlenexpositionen durch Inhalation von Rn/RnFP entsprechend der JEM-1

① **Arithmetische Mittelungen in mehreren Schritten der**
- drei Teilbereiche der gemessenen Rn-Konzentrationen [< 3,7 kBq m^{-3}, (3,7- 37) kBq m^{-3} und > 37 kBq m^{-3}]
- Rn-Konzentrationen jeder vermessenen Sohle [kBq m^{-3}]
- Rn-Konzentrationen aller vermessenen Sohlen im Schacht [kBq m^{-3}]
- Rn-Konzentrationen aller vermessenen Schächte im Objekt [kBq m^{-3}]

② **Arithmetische Mittelung der drei Strahlenexpositionen für Hauer** (Ausrichtung, Vorrichtung, Abbau) [kBq m^{-3}]

③ **Ein einziger Wert der Strahlenexposition für alle Hauer eines Objekts** Ergebnis: Ein Kollektivmittelwert für alle Hauer [kBq m^{-3}]

④ **Abschätzung von Gleichgewichtsfaktoren zw. Rn u. RnFP** (Gleichgewichtsfaktoren sind ≤1 und dimensionslos) (Dieser Schritt entfällt bei der Messung von RnFP)

⑤ **Abschätzung von Wichtungsfaktoren für 292 Tätigkeitsbezeichnungen (292 Berufe: z.B. Betonierer, Elektriker, Markscheider, Ober steiger) auf der Basis der Strahlenexposition für Hauer** (Wichtungsfaktoren sind ≤ 1 und dimensionslos)

⑥ **Abschätzung der Strahlenexpositionen für einzelne Tätigkeiten (Berufe)** Ergebnis: Kollektivmittelwerte für einzelne Tätigkeiten (Berufe) [kBq m^{-3} und WLM]

⑦ **Abschätzung der Strahlenexpositionen für einzelne Beschäftigte** durch Bewertung des Kollektivmittelwertes für einzelne Tätigkeiten (Be rufe) mit der Arbeitsdauer eines einzelnen Beschäftigten in h a^{-1} [kBq m^{-3} und WLM]

Bq = Becquerel; Einheit der Radioaktivität; 1 Bq = 1 Zerfall s^{-1}
WLM = Working Level Month; Maß für die Strahlenexposition der Lunge durch kurzlebige Radonfolgeprodukte (RnFP)

[8] Lehmann, F: JOB-EXPOSURE-MATRIX "Ionisierende Strahlung im Uranerzbergbau der ehemaligen DDR" [Version 06/2003] – Erläuterungen zu einer lagerstätten- bzw. schachtbezogenen Spezifizierung. 2004. - (Nicht veröffentlicht) – **Alias: JEM-2**
[9] HVBG (Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften), BBG (Bergbau-Berufsgenossenschaft): Belastung durch ionisierende Strahlung, Staub und Arsen im Uranerzbergbau der ehemaligen DDR (Version 08/2005). Herausgeber: BBG, Gera; HVBG, Sankt Augustin. CD-ROM, 2005. (Nicht veröffentlicht)
[10] BfS (Bundesamt für Strahlenschutz) Wismut uranium miners cohort study. Opening of the Data Set; Call for Proposals. State of 2014.09.02. 2015. www.bfs.de/EN/bfs/science-research/projects/wismut. Zugegriffen am 10.11.2019.
[11] BfS (Bundesamt für Strahlenschutz) Opening of the Wismut Data for External Researchers. Call for Proposals. 2019. www.bfs.de/EN/bfs/science-research/projects/wismut/wismut-cohort-proposals.html. Zugegriffen am 05.03.2019.
[12] Eigenwillig GG: Die ermittelten Radon-Expositionen im Uran-Erzbergbau der WISMUT sind Artefakte. Strahlenschutz Praxis 23 (1), 50 - 54, 2017
[13] Lehmann F: Retrospektive Ermittlung der Strahlenexposition für einen Abbauhauer im Erzfeld Schneeberg-Schlema-Alberoda (Objekte 02, 03, 09 der SAG/SDAG Wismut) im Zeitraum von 1947 bis 1968. Dissertation, Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau der Technischen Universität Bergakademie Freiberg, Freiberg. 1999.

Textkorrektur: In Ausgabe 01/2022 S. 3 hat sich im Zitat in Spalte 3 ein Schreibfehler eingeschlichen. Richtig muss es heißen: Die arithmetischen (in Abb. 1b) und *„die geometrischen Mittelwerte der Radonkonzentrationen in den östlichen Bundesländern sind ungefähr doppelt so hoch wie in den westlichen Bundesländern, der Anteil der Messwertüberschreitungen für Planungs- und Referenzwerte liegen um ein Vielfaches höher"* [2], S. 43

Veranstaltungshinweis kassel22 Grubenwassertagung am 6. und 7. September 2022
Die Veranstaltung richtet sich an Bergbauunternehmen, Ingenieurbüros, Behörden oder Forschungseinrichtungen – soweit mit dem Thema Grubenwasser oder Wasser der Kaliförderung beschäftigt. Die Tagungsserie kassel2x soll Austauschplattform im deutschsprachigen Raum sein, Grubenwasser steht bei allen Fachvorträgen zwar im Fokus, aber mit einem breiten Spektrum zu Tiefbau, aktiven Bergbau, Nachbergbau, Monitoring, Dokumentation, Grubenwasserreinigung, organische Schadstoffe und rechtliche Fragen. Im Vordergrund steht der Lern- und Erfahrungsaustausch von Experten, Interessierten und auch Neulingen.
Infos über www.kassel22.de

Kritische Wissenschaft im Atomzeitalter:

Nachruf für Wolfgang Köhnlein (1933-2021)

von Inge Schmitz-Feuerhake und Horst Kuni
Gesellschaft für Strahlenschutz e.V.
Nov. 2021

Am 22. Juli 2021 verstarb unser langjähriges Mitglied und früherer Präsident (1995-1999) der Gesellschaft für Strahlenschutz e.V. (GSS) Prof. Dr. rer. nat. Wolfgang Köhnlein. Er gehörte zu den wenigen etablierten Hochschullehrern in Deutschland, die sich lange vor dem Atomausstieg in Forschung und Lehre gegen die Nutzung der Atomenergie verwendeten und gegen die öffentliche Verharmlosung von Strahlenschäden wie u.a. durch die Medizindiagnostik.

Im Nachruf der Universität Münster wird hervorgehoben, dass er 2009 für sein jahrzehntelanges Engagement im Umweltschutz durch das Bundesverdienstkreuz geehrt wurde. Dazu gehörte seine Beteiligung an einer münsterländischen Windkraftanlage.

Auch wird berichtet, dass er 1999 zum Mitglied und stellv. Vorsitzenden der deutschen Strahlenschutzkommission SSK berufen wurde sowie 2000 als deutscher Vertreter in das internationale Strahlenkomitee der Vereinten Nationen UNSCEAR.

Wolfgang Köhnlein wurde 1933 in Lauerbach (Odenwald) geboren und studierte Physik an der Universität Heidelberg. Seine Doktorarbeit machte er am 1956 gegründeten Kernforschungszentrum Karlsruhe. Zu diesem gehörte ein neues Institut für Strahlenbiologie, dessen Direktor, der Physiker Karl Günther Zimmer parallel dazu eine ordentliche Professur für Strahlenbiologie an der Universität Heidelberg bekleidete. Zimmer wollte die strahlengenetische Forschung fortsetzen, die vor dem 2. Weltkrieg am damaligen Kaiser-Wilhelm-Institut in Berlin-Buch betrieben und methodisch berühmt geworden war. Sein Doktorand Köhnlein promovierte 1962 an der Universität Heidelberg mit einer Arbeit über Primärwirkungen von ionisierender Strahlung (Bildung von Radikalen) auf lebende Materie an Hand von Bakteriophagen und ihrer Bestände an spezifischen Nukleinsäurebasen.

1964 erhielt er ein zweijähriges Forschungsstipendium des U.S.-amerikanischen National Institute of Health, dass er an der Yale-Universität in New Haven, Connecticut, verbrachte. Zurück in Deutschland wurde er 1967 wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Strahlenbiologie der Universität Münster, angesiedelt in der medizinischen Fakultät, wo er sich 1972 für das Fach Strahlenbiologie und Biophysik habilitierte. 1975 wurde er dort zum Wissenschaftlichen Rat und Professor für Strahlenbiologie und Biophysik ernannt.

Damit war der Höhepunkt seiner Karriere erreicht, denn nach dem Supergau im Atomkraftwerk Three Mile Island 1979, angesichts der offiziellen Vertuschungen der Umweltkontaminationen und der Strahlenfolgen sowie der Verfolgung der wissenschaftlichen und juristischen Vertreter der Opfer, entwickelte und outete er sich als Atomenergiegegner. Zeitgemäß geriet er auf die Abschussliste der Atomlobby und sah sich hinfort auch den Schmähungen der Mainstreamwissenschaft ausgesetzt.

1994 wurde er noch zum Geschäftsführender Direktor des Instituts für Strahlenbiologie in Münster gewählt. Dieses Amt versah er im Bewusstsein, dass die Tage des Instituts gezählt sein würden, denn europaweit verschwanden solche unabhängigen Forschungseinrichtungen,

weil die Anwender ionisierender Strahlung in der Medizin genügend Kenntnisse über die Nebenwirkungen zu haben glaubten.

Wolfgang Köhnlein war auch in seiner Heimatgemeinde Havixbeck vielfach ehrenamtlich engagiert: mit seiner 2008 verstorbenen Frau Liselotte als Presbyter in der evangelischen Gemeinde und in der Friedensinitiative Havixbeck sowie der Friedensinitiative der Nachbargemeinde Notteln.

Seine Berufung in die SSK, Beraterin des Bundesumweltministers, erfolgte unter der rot-grünen Regierung Gerhard Schröder (1998-2005) mit Umweltminister Jürgen Trittin (Grüne), die den Ausstieg aus der Atomenergie zum Wahlkampfziel erklärt hatten. Dennoch sah Köhnlein seinem neuen Amt mit Enttäuschung und Skepsis entgegen. Er kommentierte dies in einem Schreiben vom 30.09.1999 als Präsident der GSS an die Mitglieder u.a. wie folgt:

„... Wir hofften, daß die Politiker der SPD und der Grünen mit dem Ausstieg aus der Atomtechnologie Ernst machen und sich für eine Verminderung der Kollektiven Strahlenbelastung einsetzen würden. Wiederholt haben wir Landes- und Bundespolitikern unsere Bereitschaft signalisiert, ihnen Argumente zu liefern und den Ausstieg wissenschaftlich zu begleiten. Wir haben wiederholt darauf hingewiesen, daß Wissenschaftler, die in den vergangenen Jahrzehnten für die Weiterentwicklung der Atomindustrie gearbeitet und so beruflich Karriere gemacht haben, wohl schwerlich die geeigneten Berater für einen Ausstieg aus dieser Technologie sein werden- Ähnliches gilt für Mitarbeiter in den Ministerien. Doch wir erhielten keine Resonanz. Auch die Vertreter der IPPNW und der Naturwissenschaftler-Initiative machten vergleichbare Erfahrungen. Beide Organisationen

hatten in der Vergangenheit die Atom- und Rüstungspolitik scharf kritisiert. ...
Ende des Jahres 1998 hat sich dann endlich etwas auf der politischen Bühne bewegt. Nach langem Zögern und vielen internen Konsultationen und Einsprüchen teilweise auch vom Bundeskanzleramt löste der neue Umweltminister die Strahlenschutzkommission (SSK) und die Reaktorsicherheitskommission (RSK) auf. Dies führte zu heftigen Reaktionen einiger Berufsverbände und Interessengruppen. Es dauerte dann weitere drei Monate, bis es zur Berufung einer neuen Kommission kam. Natürlich wurde auch die GSS vom Umweltministerium gebeten, geeignete Vorschläge für eine Neubesetzung der SSK zu unterbreiten. Es wurden viele Gespräche geführt und wir hofften, daß auch mehrere Wissenschaftler unserer Gesellschaft berücksichtigt würden. Zu unserer großen Überraschung wurde bei der Neubesetzung nicht der notwendige personelle Schnitt gemacht, der jetzt politisch möglich gewesen wäre, sondern 10 der alten SSK-Mitglieder wurden wiederberufen. Zu den vier neuen Mitgliedern in diesem 14-köpfigen Gremium gehören außer mir noch Herr Ch. Küppers vom Ökoinstitut in Darmstadt, Herr Kirchner von der Uni-Bremen und Herr Schumacher vom Physiker Büro in Bremen. Bei der konstituierenden Sitzung der SSK wurde die Epidemiologin Frau Maria Blettner zur Vorsitzenden und ich zu ihrem Stellvertreter bestellt. Außerdem habe ich den Vorsitz im Ausschuss Strahlenrisiko. ...
Der Unfall in der Atomanlage in Tokaimura hat wieder einmal gezeigt, dass die Atomtechnologie menschenfeindlich ist. Der Kritikalitätsunfall in einem „High Tech" Land sollte auch uns wieder Mut machen, energisch für die Beendigung dieser Technologie einzutreten. Das Interesse der Medien, die Meinung kritischer, unabhängiger Wissenschaftler zu hören, war an diesem Wochenende sehr bemerkenswert. So waren mehrere Wissenschaftler der GSS wiederholt in Rundfunk und Fernsehen zu Wort gekommen. Noch am Unglückstag hat MONITOR das Thema aufgegriffen. Wir haben auch am Freitag eine Presseerklärung veröffentlicht, deren Wortlaut in der Homepage unserer Gesellschaft nachzulesen ist.
In dieser Situation stellt sich für mich natürlich die Frage, wie es weitergehen soll. ..."

Auf der im Folgenden einberufenen Mitgliederversammlung der GSS am 20./31. Oktober 1999 wurde die Mitarbeit Köhnleins in der SSK für richtig gehalten, wenngleich er dort der einzige kritische Experte für gesundheitliche Strahlenfolgen sein würde. Eine gleichzeitige Wahrnehmung des Vorsitzes der GSS kam damit natürlich nicht mehr in Frage.
Seine Mitwirkung in der SSK bilanzierte Köhnlein später in Folge der Mehrheitsverhältnisse und mangelnder politischer Unterstützung als ergebnislos. Seinen Posten im Komitee UNSCEAR ebenfalls, eine im Sinne der International Atomic Energy Agency IAEA arbeitenden Einrichtung, die von den Vereinten Nationen nicht nur zur Kontrolle von Kernwaffenmaterial, sondern auch zur Förderung der „friedlichen" Anwendung von Atomenergie großzügig finanziert wird.
Befriedigender und effektiver war trotz der Anfeindungen aber sicherlich sein langjähriges Wirken als Hochschullehrer, bei dem er die Möglichkeiten der Universität in Form von Lehrveranstaltungen, Examensarbeiten und Forschungsprojekten für seine Aufklärungsbemühungen nutzte. Seine diesbezüglichen Themen waren außer Strahlenbiophysik und Strahlenfolgen in Lehr- und Fortbildungsveranstaltungen vornehmlich Forschungen zur biologischen Wirkung von Neutronen sowie zum Dosiswirkungszusammenhang bei den Krebserkrankungen der japanischen Atombombenüberlebenden und generell im Niederdosisbereich. Letztere Arbeiten führte er zusammen mit seinem Freund, dem Kernphysiker Rudi H. Nussbaum, em. Prof. der Portland State University (Oregon), durch.
Im Jahr 1988 – 2 Jahre nach der Tschernobyl-Katastrophe – organisierte er einen internationalen Kongress an der Universität Münster: „**Die Wirkung niedriger Strahlendosen**", der außer von BUND[1] und IPPNW[2] auch vom Gesundheitsminister seines Bundeslandes NRW gesponsert wurde, und dessen Proceedings im Springer-Verlag erschienen. Eine weitere Publikation in diesem internationalen Wissenschaftsverlag gelang ihm 1990 mit den Beiträgen zu einem Symposium: "**Niedrigstrahlung und Gesundheit**". Medizinische, rechtliche und technische Aspekte mit dem Schwerpunkt Radon", das anlässlich des Auftretens kindlicher Leukämiefälle in einem ehemaligen Uranabbaugebiet bei Birkenfeld (Rheinland-Pfalz) abgehalten wurde.
1989 gründete er zusammen mit 4 anderen deutschen Hochschullehrern den wissenschaftlichen Verein Otto-Hug-Strahleninstitut e.V. (OHSI) und war seitdem Mitherausgeber der Reihe Berichte des Otto-Hug-Strahleninstitutes, in der bislang 25 Ausgaben erschienen sind. Er war außerdem Mitglied der Strahlenkommission, die der BUND nach Tschernobyl einberufen hatte, um den internationalen und nationalen offiziellen Verharmlosungen entgegenzutreten, die sowohl die Strahlenbelastung der betroffenen Bevölkerungen betrafen als auch die medizinischen Folgen. Die genannten externen Aktivitäten setzte er auch nach seiner Pensionierung 1998 fort.

Eine Liste seiner sämtlichen wissenschaftlichen Veröffentlichungen ist über die Website des OHSI abrufbar (www. oh-strahlen.org). Eine Auswahl kritischer Schriften zu den Grundsatzfragen des Strahlenschutzes sei nachfolgend angefügt.

[1] Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V.

[2] Internationale Ärzte für die Verhütung des Atomkrieges/ Ärzte in sozialer Verantwortung e.V.

Wolfgang Köhnlein war in allem, wovon er überzeugt war, unnachgiebig, offen und direkt. Auf unsachliche Anfeindungen hat er sich nicht eingelassen. Wer das Glück hatte, Wolfgang näher kennenzulernen, war von einer empathischen Persönlichkeit tief beeindruckt.

Auszug aus dem publizistischen Schaffen Wolfgang Köhnleins

Köhnlein W, Nussbaum RH: Neuere Erkenntnisse über die Gefährlichkeit niedriger Strahlendosen, Strahlentelex Nr. 90-91(1990) 3-11
Köhnlein W 1991, Mutagene und kanzerogene Wirkung kleiner Strahlendosen, Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biophysik, Homburg/Saar
Köhnlein W, Nussbaum RH: Reassessment of radiogenic cancer risk and mutagenesis at low doses of ionizing radiation. Adv Mutagen Res 3 (1991) 53-80
Nussbaum RH, Köhnlein W, Belsey RE: Die neueste Krebsstatistik der Hiroshima-Nagasaki-Überlebenden. Eine unabhängige Analyse. Med Klinik 86 (1991) 99-108
Nussbaum RH, Köhnlein W: Reduzierte biologische Effektivität bei niedrigen Strahlendosen und kleinen Dosisraten: zwei veraltete Annahmen. In Lengfelder E, Wendhausen H (Hrsg.), Neue Bewertung des Strahlenrisikos. Ges. f. Strahlenschutz e.V. 1. Int. Konferenz Kiel 1992, S. 197-207; MMV Medizin Verlag GmbH München 1993
Nussbaum RH, Köhnlein W: Inconsistences and open questions regarding low-dose health effects of ionizing radiation. Environ Health Persp 102 (1994) 656-667
Köhnlein W, Nussbaum RH: Die Aktivitäten und Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP). In: Die Endlagerung radioaktiver Abfälle, 1995, Hrsg. IPPNW, S. 139-165. S. Hirzel Verlag Stuttgart, Leipzig
Nussbaum RH, Köhnlein W: Radiation and childhood cancer. Environ Health Persp 104 (1996) 353-354
Köhnlein W: Brustkrebs - eine vermeidbare Erkrankung? In Schmitz- Feuerhake I, Lengfelder E (Hrsg.), 100 Jahre Röntgen: Medizinische Strahlenbelastung - Bewertung des Risikos. Ges. f. Strahlenschutz e.V. 2. Int. Konferenz Berlin 1995. S.19-27. Berichte des Otto-Hug-Strahleninstitutes Nr. 15-18, 1997
Köhnlein W, Schmitz-Feuerhake I: Abschätzung der Spätschäden durch diagnostisches Röntgen in Deutschland. In Schmitz-Feuerhake I, Lengfelder E (Hrsg.), 100 Jahre Röntgen: Medizinische Strahlenbelastung – Bewertung des Risikos. Ges. f. Strahlenschutz e.V. 2. Int. Konferenz Berlin 1995. S. 78-81. Berichte des Otto-Hug-Strahleninstitutes Nr. 15-18, 1997
Köhnlein W, Ges. f. Strahlenschutz e.V.: Detmolder Leitlinien zum Strahlenschutz. Strahlentelex Nr. 278- 279 (1998) 2-7
Köhnlein W, Neumann W, Schmitz-Feuerhake I, Ziggel H: Gesundheitsgefahren durch radioaktiv kontaminierte Oberflächen von Brennelementtransportbehältern. Berichte des Otto Hug Strahleninstitutes Nr. 19-20, 1998, 43-74
Köhnlein W, Nussbaum RH, Chronic Low-Dose External Radioactive Exposure: False Alarm or Public Health Hazard? Medicine and Global Survival 5 (1998) 14-21
Köhnlein W, Nussbaum RH: Chronische Belastung durch kleine externe Strahlendosen; Falscher Alarm oder eine Gefahr für die öffentliche Gesundheit? Arzt und Umwelt 11 Heft 2 (1998) 102-108
Köhnlein W: Überlegungen zur biologischen Wirkung von Neutronenstrahlung und deren Bewertung. Strahlentelex Nr. 602-603 (2012) 10-13

Radioaktivität im Uranerzbergbau

Die Ergebnisse der bundesdeutschen Krebsforschung im Uranerzbergbau

Teil 1: Gesamtüberblick

1. Zum Sinn und Unsinn der Wismut-Kohortenstudie(n)

Beginnend 1993 bearbeiteten Mitarbeiter des Institutes für Strahlenhygiene des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) im Zusammenwirken verschiedener Forschungsstellen in bis dato andauernden Studienprojekten die Krankendaten, Anamnesen, Diagnosen und Resultate aus dem Fundus von 120.000 Gesundheitsakten und etwa 30.000 Autopsien ehemaliger Beschäftigter der Sowjetisch-Deutschen Aktiengesellschaft (SDAG) Wismut zzgl. Folgedaten der zuständigen Berufsgenossenschaft. Insbesondere die kausalen Bewertungen zum Todesfallgeschehen der Bergbau- und Nachbergbauzeit der letzten Jahrzehnte stoßen bei Betroffenen der früheren Uranregionen in Sachsen und Thüringen nicht auf ungeteiltes Verständnis. Die ehemals Beschäftigten und deren Nachkommen äußern sich heute (im Gegensatz zur Offenheit und den Aufklärungswünschen der „Wendezeit" von 1989/90) nun oft kritisch zu den wissenschaftlichen Aktivitäten. Sie sehen im Umgang mit den Daten eine geistige kommerzielle Nutzung von Wissenschaftskreisen, die den Betroffenen und ihren Angehörigen in den letzten Jahrzehnten mehr geschadet als genutzt hätte. Was ist dran und woher kommt diese skeptische Einstellung? Seit Jahrzehnten bewirtschaften nationale und internationale Kohortenstudien des Uranbergbaus

das Spektrum von Krebserkrankungen, ausgelöst durch ionisierende Strahlung. Dabei werden neben Lungenkrebs *„... andere Tumorlokalisationen erhöhte Risiken für Magen-, Nieren- und Leberkrebs sowie für Leukämie festgestellt, weisen jedoch keine Abhängigkeit von der kumulativen Exposition auf, weshalb Zweifel an der Kausalität bestehen."* [9] Oder ganz aktuell: *„Für andere Erkrankungen (außer dem Lungenkrebs) ist – wenn überhaupt – mit einem geringen Risiko durch Radon zu rechnen, da die erwarteten Organdosen außerhalb des Atemtrakts sehr niedrig sind."* [7]

Wissenschaftlicher Kommerz oder Aufklärung ?

Der Bezug zur Strahlenbelastung basiert in erster Linie auf einer theoretischen Abschätzung von Jahresexpositionen durch Radon/ Radonfolgeprodukte (RFP), zusammengetragen in Arbeitsplatzbewertungen in Form einer sogenannten Jobmatrix der Berufsgenossenschaft (JEM). In diese **Abschätzung der Expositionen** flossen zwei weitere radioaktive Belastungsfaktoren mit ein, nämlich die Gammastrahlung und die langlebigen Radionuklide (LRN) der Atemluft unter Tage. Gegenüber Radon/RFP lagen deren Expositionsbeitrag je nach Studie unter 5% bis maximal 15 %. Alle drei Kriterien bilden die Grundlage der Bewertung für eine Berufskrankheit durch ionisierende Strahlung. Vorgenommene Arbeitsplatzeinstufungen mittels JEM stehen allerdings meist der Erfahrungswelt Betroffener krass entgegen. Die Nichtanerkennung bzw. die restriktive Handhabung der Anerkennung von Berufskrankheiten der Uranbergarbeiter wird seit Jahrzehnten bis heute von den Betroffenen nicht nur negativ aufgenommen oder in Frage gestellt. Die ganze Bewertung wird als bewusst unwahr und gewollt verfälscht aufgefasst.

Die mit der Materie vertrauten Wissenschaftler sehen das anders; einige gehen aber durchaus (selbst)kritisch mit der Materie um. Die offensichtliche Diskrepanz zwischen den wissenschaftlichen epidemiologischen Anspruch der Studienergebnissen und dem Empfinden der „betroffenen Probanden" sowie deren Angehörigen etwas aufzuhellen, ist Gegenstand dieses und eines weiteren Beitrages im Strahlentelex.

2. Vorstufe der Kohorte

Den Anfang des Reigens der jahrzehntelangen Auswertung der Wismut-Gesundheitsakten bildete eine von 1997-2000 durchgeführte Fall-Kontroll- Studie [3]: Ein arbeits- und gesundheitsspezifischer Vergleich auf der Basis von 505 an Lungenkrebs (LK) erkrankten Bergleuten mit einer Zufallscharge von 1.073 zum Untersuchungszeitpunkt nicht erkrankten (Kontroll-)Personen. Im Endergebnis wurde eine relative Risikozunahme für Lungenkrebs bei Strahlungszunahmen um je 100 WLM von 7 bis 24 % ermittelt, je nachdem, ob Rauchgewohnheiten und weitere Staubnoxen mit eingerechnet wurden.

Die Fall-Kontroll-Studie ergab statistisch „gesunden" Uranbergbau

WLM (work level month) ist ein auf die Arbeitszeit eines Monates bezogener Arbeitswert, der die Strahlungsenergie der eingeatmeten Ablagerungen kurzlebiger radioaktiver Zerfallsprodukte aufsummiert. Maßgebliche Messgröße dabei ist das Radon (1 WLM = 629 kBq h/m^3). Interessant an der Fall-Kontrollstudie war die intensive Beschäftigung mit den Probanden durch direkte Interviews 1991-1999, wodurch konkretere Arbeitsplatzbeschreibungen (Orte, Umfänge, Zeiten etc.), Rauchgewohnheiten und Krankheitsbilder einfließen konnten. Der Fall-Kontroll-Vergleich fand innerhalb der Gruppe der ausgewählten unter Tage Beschäftigten statt, was allerdings eventuelle spätere Krebserkrankungen bei den Kontroll-Probanden ausklammern musste. Auch die Wichtung der Strahlenbelastungen zur Risikoabschätzung konnte so lediglich mit ebenfalls exponierten Personen verglichen werden. Deren „Grundrisiko" bilanzierte man unterschiedlich ([3] S. 50), was bereits auf die vielfältig notwendigen **Annahmen** im Verfahren hinweist. Die Probandenauswahl lag schwerpunktmäßig beim Beschäftigungsbeginn der frühen fünfziger Jahre. Nur 12% der Personen begannen ihre Bergbautätigkeit nach 1955 und < 1% nach 1970 (vgl. erste Datenzeile in Tab. 1). So verwundert es nicht, dass Lungenkrebsrisiken erst bei enorm hohen kumulativen Belastungswerten von über 800 WLM (1,48- bis 2,08-fache Risikozunahme) als statistisch signifikant bestätigt wurden und ab 400 WLM als leicht erhöht galten. Die Konfidenzen (Erwartungsintervalle) zwischen 100 und 800 WLM pendelten allerdings bei den Datenauswertungen gleichförmig um 1,0. Damit sind eigentlich kaum Schlussfolgerungen zur Risikoabschätzung möglich.

Spätere WLM-Ermittlungen auf Grundlage der JEM weisen für alle nach 1970 eingestellten Bergleute eine durchschnittliche jährliche Strahlenbelastung von unter 2 WLM aus. Das hat zur Folge, dass von extrem wenigen Ausnahmen abgesehen, seit dieser Zeit kein Bergarbeiter unter krebsauslösenden Bedingungen gearbeitet hätte. So verwundert auch nicht, dass bereits die erste Studie jegliche arbeitsbedingte Gefahr für andere Krebsarten ausschloss. Lediglich der Leukämie billigte man ein geringes Risiko zu, jedoch nur bei gleichzeitig erhöhter Gamma- und LRN-Belastungen.

3. Kohortenstudie(n)

Die Uranbergarbeiter-Kohortenstudie („Wismut-Kohorte") wurde in drei Hauptbelastungsphasen zwischen 1946 und 1989 unterteilt und hierzu sukzessive die Datenbestände des Wismut-Gesundheitsarchives in diverse Datenbanken des BfS und deren Auftragnehmer überführt. In Abhängigkeit der zeitlich ansteigenden Nachbetrachtungsetappen jeweils bis 1998, 2003, 2008 und bis 2013 erfolgten die Auswertungen unter wechselnden Prämissen und Ziel-

Tab. 1: Zeitlicher Verlauf der Daten und Ergebnisse der Wismut-Kohortenstudie (WK): mit jeweiligem Betrachtungszeitungszeitraum/Studienabschluss: 1946-98/2003 1946-2003/2005, 1946-2008/2011; als Teil- bzw. Untertage-Kohorte 1960-2003/2008 und 1960-2013/2017ff; zzgl. nur Zeile 1: Fall-Kontroll-Studie (F/K) 1946-70(90)/2000

	1946 - 1954	1955 – 1970	1960	1971 - 1990	Nachbetrachtungszeitraum: 1997 1998 2003 2008 2013
Teiln. F/K	446 / 932	58 / 133		1 / 8 Σ: 505 / 1.073	
Teiln. WK	23.871	17.936		17.133	Σ: 58.940
Teiln. WK	23.920	17.944		17.123	Σ: 58.987
Teiln. WK	23.922	16.907		18.153	Σ: 58.982
Teiln. WK[1)]	19.350		15.845		Σ: 35.204
verstorben†	11.864	3.928		62	Σ: 16.404
verstorben†	14.796	5.181		963	Σ: 20.920
verstorben†					Σ: 25.438
verstorben†	15.648[2)]		2.862[2)]		Σ: 18.510[2)]
befundet †	7.670			6.976	Σ:14.646
befundet †	13.796	4.888		904	Σ:19.588
befundet †					Σ: 23.939
befundet †	15.017		2.780		Σ: 17.797
Krebstote †	4.692				Σ: 4.692
Krebstote †	4.628	1.581		164	Σ: 6.373
Krebstote †					Σ: 7.780
Krebstote †	5.260		853		Σ: 6.113
LK-Tote †	2.357				Σ 2.357
LK-Tote †	2.367	603		46	Σ: 3.016
LK-Tote †	≈ 501		2.999		Σ: 3.500 [6]
LK-Tote †	2.643		317		Σ: 2.960
WLM	Ø 583	Ø 105		Ø 9	Ø 293
WLM	Ø 280 alle Ø 332 exponiert/ 690 bei LK-Toten †				Ø 280
WLM	Ø 280	Ø 33		Ø 3	Ø 224
WLM	Ø 644		Ø 22		Ø 364
ERR/100 WLM	21 %				
ERR/100 WLM	19 % / 25 %				
ERR/100 WLM	19,7 %				
ERR/100 WLM	≈ 15 % abgeleitet aus [7]				
SMR	1,83				
SMR	2,03				
SMR	2,03				
SMR	2,51		1,61		Ø 2,36
SMR[3)]		3,3	2,37	2,57	2,19 1,85

[1)] Untertage-Kohorte nach [7] [2)] Nach 1960 verstorbene Untertage-Beschäftigte, wovon aber 15.648 Verstorbene bereits vor 1960 beschäftigt waren. [3)]Kalenderjahrzehnt

Tabelle 2: Stadien der BfS-Kohortenstudie der Uranbergbaubeschäftigten Sachsens und Thüringens

Lit.-Quelle	Fallow up (Nachver-folgungszeit)	Kohorten-teilnehmer	Ø Radon-WLM	Mortalität (Gesamt-sterbefälle)	Krebs-tote	LK-Mortalität (Lungen-krebstote)	Mortalitäts-ratio	EER/ 100 WLM	
[3]	1946-1997	505 Fälle mit 1.073 Kontrollen Exponier-ter unter Tage	(580) 420	-	-	505	-	10 % (7% - 24 %)	Fall-Kon-troll-Stu-die
[1] [2]	1946 - 1998	64.311 (gesamt) 58.940 (Männer) 50.704 (exponiert)	280	16.404 16.598	4.692	2.357	SMR 1,83	21 %	
[4] [5]	1946 – 2003	64.209 (gesamt) 58.987 (Männer) 50.773 (exponiert)	279 332	20.920 20.684	6.373	3.016	SMR 2,03	19 % 25 %	
[6]	1946 – 2008	64.049 (gesamt) 58.982 (Männer)		25.438	7.780	3.016 3.500	SMR 2,03	19,7%	
[7]	1960 - 2013	35.204 (exponiert)	364	18.510	6.113	2.960	SMR 2,36	≈ 15%	Unter-tage-Ko-horte
[8]	1946-2013	58.987 (gesamt) 54.919 (Männer) 50.7046 (exponiert)	304	27.738	8.503	3.759 3.942	SMR 1,95	19 %	„PUMA"-Studie

EER zusätzliches relatives Risiko

stellungen. Ein wissenschaftlicher Mitarbeiterstamm veröffentlichte seine Ergebnisse ab 1999 [10] bis heute in Form zahlreicher Artikel in medizinischen und strahlungsphysikalischen, fast ausschließlich anglistischen Fachblättern. Im Mittelpunkt vielfältiger statistischer Untersuchungen stand die Erfassung/ Begleitung der krebserzeugenden Wirkung von Radon bzw. den Radonfolgeprodukten (RFP) ausgehend von 64.049 verstorbenen und noch lebenden ehemaligen Beschäftigten der SDAG Wismut. Als Nebeneffekt zielte man auch auf die Einschätzung von Risikokoeffizienten im Bereich niedriger Dosen ab, die eventuell auf die normale (Wohn-) Bevölkerung übertragbar sein könnten. Bisher gab es hierzu keine spezifischen Veröffentlichungen.

Die Anzahl der Kohorten-Mitglieder entstammte einer Zufallsauswahl aus Personaldateien unter der Randbedingung einer Beschäftigungszeit von > 6 Monaten zwischen 1946 und 1989; 67% davon waren unter Tage beschäftigt [4]. Die Kohorte wurde in Belastungszeiträume von 1946 bis 1954 (30 - > 300 WLM/a je Proband); dann bis 1970 (3 - 150 WLM/a) und schließlich von 1971 bis 1989/90 (letztlich auf < 2 WLM/a festgelegt) unterteilt. Erste Datenauswertungen zum Zusammenhang von Strahlenexposition und Erkrankung bzw. Todesursache erfolgten zum Stichtag 31.12.1998. [1], [11] Die Auswertungen kennzeichnen verschiedene Kategorien, wie: Beschäftigungsbeginn und -ende, Alter, Dauer und Höhe der Expositionen (WLM) sowie Zeiten bis zum Ausbruch der Erkrankung.

Die ganzseitige Tabelle 1 enthält den Nachverfolgungszeitraum, dargestellt als gestrichelte Zeitskala. Je nach Nachverfolgungsetappe verschob sich die Datengrundlage durch „Erkenntnisgewinn" und es variierten die Ergebnisse der Risikoermittlung; teilweise sogar bei Veröffentlichungen innerhalb einer Auswertungsetappe.

Die gesundheitliche Belastung soll durch zwei Kenngrößen vermittelt werden. Das bereits genannte **einfach erhöhte Risiko** der Krebserkrankung durch kumulative Aufnahme der Strahlenbelastung im Uranbergbau, erfasst als WLM-Exposition und ausgewiesen als **ERR**/100 WLM oder EER/WLM in Prozent. Die zweite Bewertung bestand in der Ermittlung von **standardisierten Mortalitätsraten SMR** einzelner Krebsarten der Bergarbeiter, in erster Linie des Lungenkrebses (LK).

Kohorten-Studie legt komplexe Risikoeinflüsse offen

Tab. 1 versucht einen Überblick der Datengrundlagen und -ergebnisse aus den wichtigsten, z.T. recht weitläufigen Veröffentlichungen zusammenzufassen. Die Teilnehmer der Kohorte unterteilte man in Verstorbene, davon Befundete, allgemeine Krebstote und speziell durch Lungenkrebs (LK) Verstorbene. Die Zahlen entwickelten sich entsprechend dem Nachbetrachtungszeitraum der gesamten Kohorte oder auch Teilkohorte. Für die SMR der LK-Sterblichkeit ergab das Verhältnis der ermittelten (beobachteten) zu den erwarteten LK-Fällen in den Studien stets etwa eine Verdopplung. Der Faktor war auf Grund des hohen LK-Anteiles an den Todesursachen der Bergleute eigentlich höher zu erwarten, was sich erst durch die Teil- bzw. Untertage-Kohorte etwas herauskristallisierte. Die Studienergebnisse bzgl. EER bewegten sich zwischen 7 und 25 % pro 100 WLM, was für die Komplexität der Thematik spricht. Die Schwankungsbreite entspricht hier nicht einem statistischen Konfidenzintervall (auf die hier nicht einzugehen ist), sondern beruht auf sich ändernden Datengrundlagen und Bezugsgrößen. Das betrifft die unterschiedliche Wichtung von Rauchverhalten und diversen giftigen Noxen unter Tage (Arsen, Asbest, Diesel…); aber auch, ob nach Altersgruppen, Beschäftigungszeit oder Inzidenz ausgewertet wurde.

Trotz aller hier nicht zu vertiefenden statistischen Modellierungen, Regressionsanalysen, Poisson-Verteilungen, Adjustierungen u.a.m., bleiben die Ergebnisse im Verlauf der Nachbewertungszeiten entspre-

chend Tab. 1 stark schätzungsbehaftet.
Das lineare Modell des Anstieges des Erkrankungsrisikos alle 100 WLM ist international anerkannt, hat sich aber mit dem Datenfundus der Wismut-Kohortenstudie ab Mitte der 60er Jahre unzureichend belegen lassen (vor allem zwischen 0 und 400 WLM).
Die Angaben von Gesamt-Ø der SMR ist nicht hilfreich, da die Belastungsphasen (auch innerhalb der drei Jahresgruppen) extrem unterschiedlich sind und ein Ø-Zahlenwert über alle Beschäftigungsgruppen keinen sinnvollen Bezug ergibt.
Abgesehen von der ersten F/K-Studie, bemühte man sich bei der Probandenauswahl um zahlenmäßige Ausgeglichenheit in den drei Belastungsgruppen (1946/54, 1955/70 und 1971/90), was aber nichts über die Verteilung der Gewerke, Berufe, Orte u.a. Merkmale aussagt. Zwar wurde versucht, mit Faktoren von 0 (nichtexponierte Mitarbeiter) bis 1,0 (Hauer) eine Wichtung herbeizuführen, die aber auf Grund der lediglich auf Schätzwerten beruhenden Expositionen **keine realistischen Berufsanamnesen** ergeben konnten (ausführlich hierzu der Fachbeitrag von G. G. Eigenwillig auf Seite 3-6). Da die Personenzuordnung entsprechend Tab. 1 dem Einstellungsdatum folgt, überschneiden sich auch noch die Belastungsphasen im Verlauf der individuellen Beschäftigungszeiten. Die extremen Expositionsunterschiede zwischen den Phasen und deren notwendige kumulative Addition über die Beschäftigungszeit korrelieren unzureichend mit ausgewiesenen Ø-WLM über den Gesamtzeitraum. Die Datengrundlage am Ende der Tabelle 1 für den Nachbetrachtungszeitraum bis 2013 ergab für die „unter Tage"-Teilkohorte dann wenigstens einen Durchschnittswert pro Jahrzehnt (hier ohne Bezug zum Beschäftigungsbeginn). Ungünstig ist auch zu werten, dass die eigentlichen Belastungsphasen vor 1960 nicht mit statistischen Vergleichsdaten der Allgemeinbevölkerung abgeglichen werden konnten. Daher kam es ja zur Unterteilung einer Teilkohorte ab 1960, für die es aber im weiteren Verlauf nach Lesart der JEM kaum noch relevante Expositionen gab (der Ø ist mit 22 WLM angegeben und nichtssagend). Zumindest die bereits vor 1960 Verstorbenen, die gerade für die statistische Signifikanz höherer Strahlenbelastungen von Bedeutung sind, fielen dabei noch aus der SMR-Ermittlung.
Ein Extra-Thema ist die **unzureichende Erfassung der Expositionen** selbst. Die Überschriftzeile der Tab.1 gibt mit der farblichen Abstufung der drei Jahresgruppen einen qualitativen Hinweis zur Strahlungsmessung: Je dunkler, desto schlechter. Erst der farblose Bereich ab 1990 entspricht tatsächlich realistischer Expositionserfassung mit Personendosimetern.
Die Tabelle 2 fast ergänzend die Hauptergebnisse der Studienetappen mit Quellenbezug [1] bis [8] zusammen.

4. Einzelergebnisse zum Lungenkrebs

Interessantes offenbaren detailliertere Betrachtungen. Allerdings treibt das mitunter Blüten bis zur Unverständlichkeit. Ein Beispiel; *„Das kontinuierliche Modell ist linear in Radon-Exposition mit exponentiellen Effektmodifikationen, die von der gesamten Bandbreite des Alters bei mittlerer Exposition, Zeit seit medianer Exposition und Expositionsrate abhängen. In diesem Model liegt die zentrale Schätzung von ERR/ WLM bei 0,0054 (95%KI: 0,0040; 0,0068) für ein Alter bei mittlerer Exposition von 30 Jahre, eine Zeit seit einer medianen Exposition von 20 Jahren und einer mittleren Expositionsrate von 3 WL."* [14] Aus diesen Angaben eine realistische Belastung des Bergmannes herauszulesen, ist nicht mehr nachvollziehbar. Ein 30-jähriger Bergarbeiter der über 20 Jahre einer mittleren Strahlung von 3 WL (36 WLM/a), also wenigstens 720 WLM ausgesetzt war, muss mit 54%iger Wahrscheinlichkeit mit LK rechnen? Derartig verdrehte Bewertungen erschweren jedem Interessierten den Zugang zu der ohnehin komplexen Thematik radioaktiver Gefährdungspotentiale. Eine wissenschaftlich wirklich durchdrungene Sache ist immer in verständlicher Art und Weise kommunizierbar.

> *Einfachheit ist Voraussetzung und Merkmal der Wahrheit (Leo Tolstoi)*

Das relative Risiko von 19% pro 100 WLM unterliegt auf der Anstiegsskala einen enormen Schwankungsbereich. Hier spielen Faktoren eine Rolle, die einen Nachweis des linearen Verlaufes nur annähernd gelingen lassen: *„So sinkt er mit zeitlichem Abstand zur Exposition, aber selbst nach 35 Jahren ist das Risiko noch signifikant erhöht. Am stärksten ist die Erhöhung des radonbedingten Lungenkrebsrisikos 5 bis 14 Jahre nach Exposition in der Altersgruppe unter 55 Jahre. Unter diesen Bedingungen beträgt der Anstieg mindestens 57 %."* [6] Zumindest eine präzisere Aussage als die Durchschnitts-angabe über die gesamte Kohorte.
Generell liegen die Ø-Risikoergebnisse der Wismut-Kohorte (ERR um 0,19%/ WLM) deutlich unter den internationalen Ergebnissen (ERR 0,76%/ WLM).
Obwohl man eine Signifikanz des beginnenden Risikoeffekts ab 50 WLM postuliert, konnten die Studien unter 100 WLM eigentlich gar keine solche Effekte nachweisen [16].
Die ganzen aufwendigen Studien belegen nur sicher, dass eine Lungenkrebserkrankung noch nach vielen Jahren eintreten kann. Ein mageres Resultat, welches den Aufwand eigentlich nicht rechtfertigt, zumal die beauftragten Wissenschaftler stets auf die weltweite Einmaligkeit der Datenmenge und Datenkonzentration ihrer Kohorte verwiesen.

5. Ergebnisse zur „allgemeinen" Krebsbelastung

Es klang eingangs schon an, dass sich keine signifikanten Zusammenhänge, außer beim Lungenkrebs (LK), ergeben haben sollen. In den letzten Jahren wurden von den Kohorten-Bearbeitern scheibchenweise diverse Einzelkrebse für den Untertagebereich und die „Erzmühlen" vorgelegt; veröffentlicht fast ausschließlich wieder in englischen

Journalen. In der Regel pendeln die SMR knapp über und unter dem Neutralwert von 1,0; viele der verglichenen Todesarten lagen dabei unter dem Bevölkerungsdurchschnitt.
Einerseits soll die immer wieder anklingende ungesunde Lebensweise der Bergleute zum frühzeitigen Tod geführt haben [7], andererseits erscheint der Uranbergbau hier „statistisch gesund".
Auf Grundlage der Untertage-Kohorte [7], [15] konnte die strahlenbelastetste Gruppe mit der Bevölkerung ins Verhältnis gesetzt werden. Vom LK abgesehen, gelang lediglich bei Krebsarten im Mund-/Rachenbereich der Nachweis eines erhöhten Risikos (EER 16%/100 WLM). Betrachtungen zur Sterberate SMR bestätigten diese Krebsart(en) nur für sehr hohe WLM-Belastungen, während Magen- und Leberkrebs über dem gesamten WLM-Bereich zumindest auffällig erhöht auftraten (< 1,5-fach). Zu allen Überfluss dauern weitere Klärungs-Risikoanalysen an.
Da Silikose in der Normalbevölkerung wenig verbreitet ist, ragt diese erwartungsgemäß mit 22,6-fach erhöhten Mortalität heraus. Die SMR vor und nach 1960 fällt mit 23,5-fach zu 3,8-fach arbeitstechnologisch begründet enorm ab. Spezielle Untersuchungen zur Korrelation von Staub- und Strahlenbelastung existieren in Form von Jahresbelastungsübersichten [16]. Hohe Staubbelastungen fallen aber mit den Zeiten hoher Expositionen zusammen. Somit ist eine Differenzierung nicht realistisch. Die bis 2013 erfassten Fallzahlen der Pneumokoniose („Staublungen") verstorbener Personen, die ihre Bergbautätigkeit vor 1960 begannen, betrugen nach [15] 934. Danach wurden nur 7 Fälle zugeordnet. Beim Lungenkrebs ist der Vergleich 2.643 zu 317. Eine nicht nachvollziehbare Diskrepanz besteht dabei zur Anzahl der anerkannten Berufskrankheiten. Die Berufsgenossenschaft hat seit 1990 deutlich mehr Silikosen als Lungenkrebse anerkannt. Dies bedarf einer gesonderten Überprüfung, da der Sachverhalt die gesamte Zufallsauswahl in Frage stellt.

Statistische „Auffälligkeit" als Futter für Forschungsaufträge?

6. Zusammenfassung

Eigentlich ist für den Bergmann ungeklärt, bei welcher Strahlenbelastung er nun „seinen" Krebs erhalten hat. Setzt man die Ergebnisse der Fall-Kontrollen an, dann wirkte sich erst eine extrem hohe Exposition über 800 WLM auf ein relevantes LK-Risiko aus; weitere häufige Krebsarten zeigten überhaupt keinen Zusammenhang. An anderer Stelle wird ein Risikobeginn ab 50 WLM angegeben. Den konnten selbst nach 1979 eingestellte Hauer kaum mehr und nach 1970 nur knapp erreichen. Zumindest nach den offiziell angegebenen Expositionen nicht. Also theoretisch nicht möglich, praktisch aber vorhanden. Das LK-Risiko je 100 WLM-Strahlenbelastung läge entsprechend den statistischen Auswertungen und Wichtungen bei etwa 19%, international werden höhere Risikoraten angegeben. Zumindest bzgl. SMR sind die Ergebnisse der Untertage-Kohorte vergleichsweise aussagekräftiger, da hier der Abgleich zwischen exponierten und nicht exponierten Personen am ehesten gelang.
Die Stellungnahme der Bundesregierung zur Kohortenstudie lautet: *„Hauptziele der Studie sind die Aufarbeitung der gesundheitlichen Folgen einer Beschäftigung bei der Wismut, die Abschätzung von gesundheitlichen Risiken durch ionisierende Strahlung und die Verbesserung des Strahlenschutzes der Bevölkerung. ... Im internationalen Vergleich von epidemiologischen Studien zu Uranbergarbeitern zeichnet sich die Expositionsabschätzung in der Wismut-Kohorte durch eine hohe Qualität und einen hohen Detaillierungsgrad aus,"* [17] Also Ziel erreicht? Die Regierung beauftragte schon mal ein weiteres Forschungsvorhaben zur *„Ermittlung der Unsicherheiten der Strahlenexpositionsabschätzung in der Wismut-Kohorte"* [13]. Gegenwärtig forscht man hier schon an Teil 2, um die in Teil 1 ermittelten Unsicherheiten denn auch noch extra zu quantifizieren. Grund genug für eine praxisbezogene kritische Bewertung – Fortsetzung folgt im Strahlentelex.

Frank Lange

[1] : „Die deutsche Uranbergarbeiter-Kohortenstudie, erste Ergebnisse"; Grosche, Kreuzer u.a. in Tb 139 von 2005 der BA für Arbeitsschutz und -medizin
[2] „Lung cancer risk among German male uranium miners: a cohort study, 1946-1998, Grosche, Kreuzer u. a. BJ of Cancer (2006) 95, S. 1280-87
[3] „Lungenkrebsrisiko im Uranerzbergbau – Ergebnisse einer Fall-Kontrollstudie", Wichmann, Schaffrath und Brüske-Hohlfeld in Tb 139 von 2005 der BA für Arbeitsschutz und -medizin 2005
[4] Technischer Bericht zu „Die deutsche Uranbergarbeiter-Kohortenstudie (Wismut-Kohorte), 1946-2003", BfS, Februar 2011, Autoren: Kreuzer, Grosche, Dufey, Schnelzer, Tschense
[5] „Radon und das Risiko extrapulmonaler Krebserkrankungen; Ergebnisse der deutschen Uranbergbau-Kohortenstudie 1960-2003", Kreuzer, Schnelzer, Grosche, Walsh, Tschense; Br. Journal of Cancer 11.11.2008, 99(11)
[6] „Gesundheitliche Folgen der beruflichen Strahlenbelastung im deutschen Uranbergbau", Umweltinfodienst UMID 1 2015, Autoren Kreuzer, Schnelzer, Fenske, Walsh
[7] „Mortalität von unter Tage Beschäftigten im früheren Uranerzbergbau" Dtsch Arztbl. Int 2021; 118 Autoren: Kreuzer, Deffner, Schnelzer, Fenske
[8] „PUMA-pooled uranium miners analysis: cohort profile", Environ Med 2020; Autoren: Rage, Richardson, Demers, Fenske, Kreuzer u.a.
[9] Lubin et al. 1994 Radon and Lung Cancer Risk. NIH Publ. 94-3664 (Zusammenfassung von 11 Bergarbeiterstudien)
[10] Kreuzer, Grosche et al. „The German uranium miner cohort study", Radiation Research 152 (1999)
[11] Kreuzer, Grosche et al. „Lung cancer risk among German male uranium miners 1946-1998" British Journal of Cancer 95 (2006)
[12] Drucksache 19/11294 vom 01.07.2019; Antwort der Bundesregierung auf eine kleine Anfrage der Grünen um "Wismut-Uranbergbau du dadurch bedingte Erkrankungen ehemaliger Arbeiter" Drucksache 19/10862
13] „Ermittlung der Unsicherheiten der Strahlenexpositionsabschätzung in der Wismut-Kohorte", Küchenhoff, Deffner, Aßenmacher u. a. (Aktenzeichen / FKZ: BfS AG-R – 08313 / 3616S12223), Salzgitter 2018
[14] The Influenze of Radon Exposures on Lung Cancer im German Uranium Miners 1946-2003; Strahlenforschung (2010) 173, S. 79-90, Kreuzer, Dufey, Schnelzer, Grosche, Tschense. Walsh.
[15] Gesundheitliche Folgen der beruflichen Strahlenbelastung im deutschen Uranbergbau; Schnelzer, Fenske, Kreuzer, Walsh; UMID 1 2015
[16] Radon und das Risiko extrapulmonaler Krebserkrankungen 1960-2003; British Journal of Cancer, 11.11.2008, 99 (11), S. 1946-53, Kreuzer, Walsh, Schnelzer, Tschense, Grosche
[17] Drucksache 19/11294 S. 9 vom 01.07.2019 Kl. Anfrage DB

Aktuelles Umweltthema:

Stickstoffoxide (NOx) im aktuellen bundesdeutschen Luftmonitoring

Quelle: Straßenverkehr, Verbrennungsmotoren und Feuerungsanlagen (Kohle, Öl, Gas, Holz und Abfälle). Überwiegend wird Stickstoffmonoxid (NO) emittiert. Das Gas wird relativ schnell von Luftsauerstoff (O_2) und Ozon (O_3) zu NO_2 oxidiert.

Grenzwerte (GW): Europaweit gilt zur gesundheitlichen Vorsorge der 1-Stunden-GW von 200 µg/m³, der maximal 18/a überschritten werden darf. Der Jahres-GW beträgt nach 39. BImSchV und EU-Richtlinie 2008/50/EG 40 µg/m³; für Vegetationsschutz gilt ein kritischer Wert von 30 µg/m³.

„Handlungswerte": Die amtliche Alarmschwelle für Stickstoffdioxid liegt bei einem Stundenwert von 400 µg/m³, gemessen an drei aufeinanderfolgenden Stunden. Erst wenn ein Tagesgrenzwert von 50 µg/m³ an 35 Tagen eines Jahres überschritten wird, müssen Gegenmaßnahmen ergriffen werden.

Gesundheitliche Schädigung: Atemwegebelastung/-entzündung. Epidemiologisch wurde eine Zunahme der Sterblichkeit durch Herz-Kreislauf-Erkrankungen nachgewiesen. Die Europäische Umweltagentur EEA ordnete für 2018 den Umweltnoxen eine Todeszahl von 63.100 in Deutschland zu; davon sollen 9.200 auf das Konto des NO_2 gegangen sein; vgl. Strahlentelex 01/22. Die Korrelation mit den speziellen Herztodfällen I11, 20, 25 und 50 in ① ist aber eher zufällig, da von Langzeit-wirkung auszugehen ist.

Messnetz: Fast 630 Messstellen (Bild ②) in ca. 335 Klein-, Mittel- und Großstädten mit über 540 MP und etwa 87 ländliche und landschaftliche MP überziehen weite Teile Deutschlands. Etwa 330 (53%) der Messpunkte (MP) befinden sich im direkten Straßenverkehr. 15-20% der Messstellen fallen jährlich aus.

Messdaten 2021: Leider waren im letzten Jahr sogar 30% ausgefallen und nur 437 MP aktiv. Trotzdem bestätigt sich der pandemiebedingte Trend-Rückgang der NOx-Luftbelastung. Lediglich 2 MP (je einer in Ludwigsburg und München) ≥ 40 µg/m³.

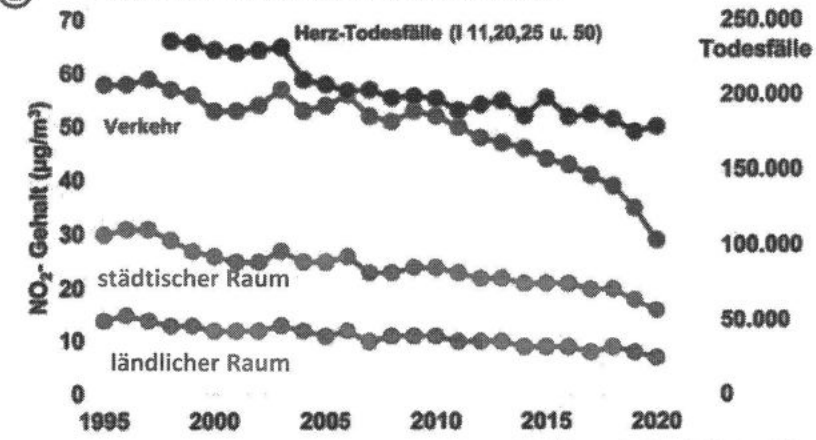
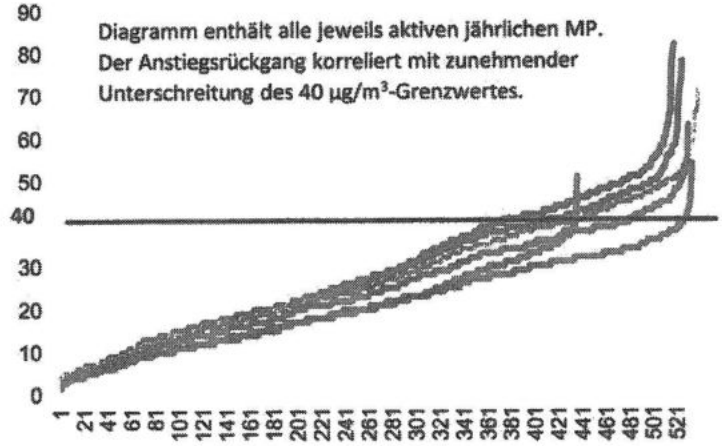
Messdaten Vorjahre: 2016 überschritten fast 30% aller aktiven MP ≥ 40 µg/m³. 2019 lag die Ü-Rate bei 12%, 2020 sank sie auf unter 2% und nun < 0,5%. Das Diagramm enthält alle Einzelmessungen nach Größe sortiert. 2017 waren 60 Städte von GWÜ betroffen, 2019 dann 30 Orte und im Pandemiezeitraum lediglich 6 bzw. 2.

EEA-Datenbank: Die Europäische Umweltagentur (www.eea.europa.eu) führt aktuell ca. 95 deutsche Kommunen mit 146 MP „quer Beet" im Echtzeitmodus, wo tagesaktuell 7.008 Stundenwerte erfasst werden. Für den 20.-22.02.22 z.B. ergibt sich ein Ø-Stundenwert von 14,14 µg/m³, ein Median von 6,5 µg/m³ und ein Perzentil von 91,1 % für 40 µg/m³. Der maximale stündliche Tageswert wurde mit 216 µg/m³ in Gießen gemessen.

Verkehrslast: Hier entstehen die anteilig größten NOx- Emissionen. 2015 überschritten 62% aller Verkehrsmesspunkte den Jahreswert, Forderungen nach Umweltzonen in den Innenstädten kumulierten. Die Ü-Rate betrug 2016 63% um bis 2019 über 50% und 47% auf 25% zu sinken. Die Pandemiejahre 2020 und 2021 wiesen nur noch 3,8% bzw. 1,2% GWÜ auf. Optimierte Dieselfilter und ab 2020 der Verkehrsrückgang stehen im kausalen Zusammenhang. Eine im Vergleich zu 1995 stattgefundene Halbierung der Belastung (Bild ①) wird beim gegenwärtigen Tempo der Elektromobilität jedoch keinen Bestand haben.

F.L.

① Jahres-Ø Stickstoffdioxid 1995-2020 in Dtl.



② Jahres-Ø NO_2 aller MP größen-sortiert 2016-2021 in Deutschland