Fachverband für Strahlenschutz e. V.
Mitgliedsgesellschaft der International Radiation Protection Association (IRPA)
für die Bundesrepublik Deutschland und die Schweiz

Publikationsreihe
FORTSCHRITTE IM STRAHLENSCHUTZ

Publication Series
PROGRESS IN RADIATION PROTECTION

FS-92-62-AKURA **ISSN 1013-4506**

Strahlenexposition und strahleninduzierte Berufskrankheiten im Uranbergbau am Beispiel Wismut

Radiation Exposure and Radiation Induced Occupational Diseases in Uranium Mining Using Wismut as an Example

Darlegung des Arbeitskreises Uranbergbau und radioaktive Altlasten (AKURA)

Statement of the Working Group on Uranium Mining and Radioactive Residues of Mining

April 1992

Strahlenexposition und strahleninduzierte Berufskrankheiten im Uranbergbau am Beispiel Wismut

Inhalt **Seite**

Zusammenfassung / Summary	1
1 Einleitung	2
2 Epidemiologische Erhebungen und ihre Ergebnisse	3
3 Strahleninduzierte Berufskrankheiten	7
4 Unterlagen	12

Ausarbeitung einer Arbeitsgruppe des AKURA unter Leitung von G.G. Eigenwillig

FS-92-62-AKURA
ISSN 1013-4506

April 1992

FS-92-62-AKURA

zu beziehen durch den Sekretär des AKURA:

Dr. E. Ettenhuber
Bundesamt für Strahlenschutz, Dienststelle Berlin
Waldowallee 117, O-1157 Berlin

Zusammenfassung

Seit dem 16. Jahrhundert beobachtete man bei Bergleuten im sächsischen Grubenrevier von Schneeberg tödlich verlaufende Lungenkrankheiten, die seit 120 Jahren als Bronchialkrebs bekannt sind. Weltweit tritt diese Krankheit bei Bergleuten auf, wenn die Gesteine im Bergwerk stark uran- oder thoriumhaltig oder die Grubenwässer radonhaltig sind. Seit dreißig bis vierzig Jahren sind im Uranbergbau die radioaktiven Folgeprodukte des Edelgasisotops Radon-222 als wesentliche Ursache erkannt. Die individuelle Strahlenexposition bei Wismut, die 1946 den Uranbergbau aufnahm, wird bis 1955 untertage mit durchschnittlich 150 WLM (1500 mSv) pro Jahr angenommen und wurde danach fortlaufend drastisch gesenkt bis auf durchschnittlich 2 WLM (20 mSv) und weniger pro Jahr ab 1976. ICRP und IAEA haben zuletzt nach 1980 aufgrund internationaler epidemiologischer Erkenntnisse als jährliche Grenzwerte 4,8 WLM (48 mSv) bzw. 5 WLM (50 mSv) empfohlen. Bis 1990 hatte die Sozialversicherung Wismut 5237 Fälle von Bronchialkrebs als Berufskrankheit anerkannt und es sind zusätzlich zu einem aufzuarbeitenden Bestand künftig pro Jahr etwa 200 Anerkennungen zu erwarten. Etwa 98 % der bisher anerkannten Fälle betreffen Bergleute, die vor 1955 ihre Tätigkeit aufgenommen haben.

Summary

Since the 16th century a deadly lung disease was observed hitting miners in the Saxonian area of Schneeberg. The disease was identified as bronchiogenic cancer 120 years ago. This miners disease can be observed worldwide, if the rocks of mines contain a considerable amount of uranium or thorium or if the seepages carry radon gases. Thirty to forty years ago the radioactive decay products of the noble gas isotope radon-222 were recognized as a substantial cause in the case of uranium mining. At Wismut which started uranium mining in 1946 the annual individual radiation exposure below ground is assumed to average 150 WLM (1500 mSv) until 1955 and thereafter it was reduced successively and drastically to an average of 2 WLM (20 mSv) and less per annum since 1976. As one result of international epidemiological studies ICRP and IAEA recommended at last an annual exposure limit of 4,8 WLM (48 mSv) and 5 WLM (50 mSv) respectively after 1980. Until 1990 the Social Insurance Wismut recognized 5237 cases of bronchiogenic cancer as occupational diseases. Additonally to a backlog - in the future about 200 recognitions are expected to arise annually. About 98 % of all previously recognized cases affect miners who started their mining activities before 1955.

1 Einleitung

Seit der Vereinigung der Bundesrepublik Deutschland im Oktober 1990 sind der Uranbergbau in Sachsen und Thüringen und seine Auswirkungen auf die Gesundheit der Bergleute öffentlich geworden. Der hier vorgelegte Bericht soll einen Überblick über diese Problematik geben.

Sind in Gesteinen die natürlichen radioaktiven Elemente Uran und/oder Thorium in z.B. lagerstättenbildenden Konzentrationen enthalten, so bewirken sie bei der Rohstoffgewinnung in Bergwerken und Tagebauen und bei der Verarbeitung der uran- und/oder thoriumhaltigen Erze eine Strahlenexposition der Beschäftigten durch

- Direktstrahlung
- Inhalation von Staub (Erz, Gestein, Yellow Cake)
- Inhalation des Edelgases Radon und der Radon-Folgeprodukte

In Bergwerken und Tagebauen in Sachsen und Thüringen ist vor allem der Expositionspfad durch Radon und Radon-Folgeprodukte bedeutungsvoll.

Seit dem 16. Jahrhundert beobachtete man bei Bergleuten im sächsischen Grubenrevier von Schneeberg und auch in böhmischen Schächten um St. Joachimsthal Lungenerkrankungen, die als "Schneeberger Lungenkrankheit" in die Geschichte der Gewerbemedizin eingegangen sind. In diesem Grubenrevier sind die Erze stark uranhaltig. Seit den siebziger Jahren des 19. Jahrhunderts ist bekannt, daß es sich um Bronchialkrebserkrankungen handelt, die 1925 in die Liste der Berufskrankheiten /1/ aufgenommen worden sind. Radon wurde schon vor mehr als siebzig Jahren als eine mögliche Ursache diskutiert. Andererseits wurden gelegentlich die privaten Lebensumstände oder genetische Besonderheiten der Bergleute für die Krankheit verantwortlich gemacht /2/. Erst vor dreißig bis vierzig Jahren wurden Radon und seine kurzlebigen Folgeprodukte, die vor allem Alpha-Strahler sind, eindeutig als Ursache erkannt /3/. Ausschlaggebend waren z.B. epidemiologische Erhebungen und Langzeitstudien in den USA, in Kanada und in der CSFR. Daher ist Bronchialkrebs bei Bergleuten im Uran- und Thoriumabbau ein weltweites Problem und die Verhältnisse in Sachsen und Thüringen können nicht als Sonderfall angesehen werden. Dies ist durch zahlreiche epidemiologische Erhebungen belegt (/3/ bis /10/).

2 Epidemiologische Erhebungen und ihre Ergebnisse

Die Radon-Folgeprodukte, die sich mit einer Radon-Konzentration von 100 pCi/l im radioaktiven Gleichgewicht befinden, erhielten vom US Public Health Service (USA) für die potentielle Alpha-Energie-Konzentration in Luft die Bezeichnung "Working-Level" (WL). Ferner wurde formuliert, daß die Einwirkung auf den Menschen proportional ist zur potentiellen Alpha-Energie-Konzentration in Luft multipliziert mit der Aufenthaltszeit. Dies wurde international übernommen. Daher wird bei epidemiologischen Erhebungen (/3/ bis /10/) die Strahlenexposition der im Bergbau Beschäftigten meistens in der Einheit "Working-Level-Month" (WLM) angegeben, wobei ein Monat (M) mit 170 Stunden angesetzt wird.

Am intensivsten wurden epidemiologische Erhebungen für den Uranbergbau vorgenommen. Das hierbei relevante Radonisotop ist Rn222. Das Rn 220 (Thoron) aus der Thorium-Zerfallsreihe ist im Uranbergbau von untergeordneter Bedeutung.

1 WL ist definiert als die Menge von Radon-Folgeprodukten, die einer potentiellen Alpha-Energie-Konzentration von $1{,}3 \cdot 10^5$ MeV/l = $2{,}08 \cdot 10^{-5}$ J/m³ entsprechen /12/.

1 WL entspricht der potentiellen Alpha-Energie-Konzentration kurzlebiger Rn222-Folgeprodukte in der Luft, die sich im radioaktiven Gleichgewicht befinden mit einer Rn222-Konzentration von 3.700 Bq/m³. Für Rn220-Folgeprodukte im radioaktiven Gleichgewicht ist 1 WL gleich einer Rn220-Konzentration von 275 Bq/m³ /12/. 1 WLM entspricht unter modellhafter Berücksichtigung der biologischen Wirksamkeit der Rn222-Folgeprodukte einer effektiven Dosis von 10 mSv (/12/ und /17/).

Die bisher vorliegenden epidemiologischen Daten ergeben eine statistisch signifikante Erhöhung der Bronchialkrebshäufigkeit durch Inhalation von Radon und Radon-Folgeprodukten oberhalb einer Gesamtdosis von etwa 50 WLM. Sie deuten aber nicht auf die Existenz einer echten Schwelle hin, unterhalb der eine Auftretenswahrscheinlichkeit Null zu erwarten wäre /3/. Vielmehr folgt aus den Erhebungen, daß die Bronchialkrebshäufigkeit mit der Strahlenexposition bis herunter zu etwa 10 WLM in Verbindung gebracht werden kann.

Nach /4/ besteht bereits ein gewisses Risiko für Bronchialkrebs, wenn die über viele Jahre kumulierte Strahlenexposition durch Rn222 und Rn222-Folgeprodukte einen jährlichen Grenzwert von 4 WLM zugrunde legt. Diese Erkenntnis stimmt größenordnungsmäßig mit dem Risiko der vorerwähnten kumulierten Strahlenexposition von 50 WLM überein.

Interessanterweise ergaben sich vergleichbare Untersuchungsergebnisse nicht nur im Uranbergbau in den USA, in der CSFR, in Frankreich und Kanada, sondern auch in einigen Fällen beim Untertageabbau von Flußspat in Neufundland, von Zinn in China und in Großbritannien, von Schieferton in der CSFR und von Eisenerz in den USA, in Großbritannien, Frankreich und Schweden (z.B. /3/ bis /8/ und /10/). Die Bodenschätze und ihre Nebengesteine enthalten erhöhte Konzentrationen von Uran oder Thorium oder die Grubenwässer sind radonhaltig.

Wichtige Erkenntnisse und Schlußfolgerungen zum Schutz der Beschäftigten gegen radioaktive Stoffe bei der Gewinnung und Verarbeitung von Uran- und Thorium-Erzen sind seit Mitte der siebziger Jahre in Publikationen der International Commission on Radiological Protection (ICRP) und der International Atomic Energy Agency (IAEA) dargestellt (/11/ bis /19/).

ICRP empfiehlt für die potentielle Alpha-Strahlenexposition durch Inhalation kurzlebiger Rn222-Folgeprodukte einen jährlichen Grenzwert von 4,8 WLM oder eine abgeleitete Luftkonzentration von 0,40 WL unter der Voraussetzung einer mittleren Atemrate von 1,2 m^3/h und einer jährlichen Arbeitszeit von 2000 Stunden /12/. Dies entspricht unter der Voraussetzung des radioaktiven Gleichgewichts einer Rn222-Konzentration in Luft von 1500 Bq/m^3.

Für Rn220-Folgeprodukte betragen die entsprechenden Werte nach ICRP
14 WLM und 1,2 WL und 330 Bq/m^3 /12/.

Da die abgeleiteten Luftkonzentrationen für die Rn222- und Rn220-Folgeprodukte etwa 1/100 bzw. 1/500 der Werte für die reinen Radon-Isotope betragen, kann im allgemeinen die Strahlenexposition durch Radon allein vernachlässigt werden.

IAEA gibt dieselben Inkorporationsgrenzwerte an wie ICRP (/12/, /16/ und /17/). Die Jahresgrenzwerte für die potentielle Alpha-Strahlenexposition werden für die Rn222-Folgeprodukte mit 5 WLM und für Rn220-Folgeprodukte mit 15 WLM angegeben (/16/ und /17/).

Die Verordnung über die Gewährleistung von Atomsicherheit und Strahlenschutz der DDR galt ausdrücklich auch für bergbauliche und andere Tätigkeiten, soweit dabei radioaktive Stoffe, insbesondere Radon-Folgeprodukte, anwesend waren (§ 1, Abs. 2 in /20/). Entsprechend der dazugehörigen Durchführungsbestimmung waren als Grenzwerte für beruflich strahlenexponiertes Personal in zwölf aufeinanderfolgenden Monaten eine effektive Dosis von 50 mSv und z.B. eine potentielle Alpha-Energie-Konzentration von 40 MeV/cm^3 für kurzlebige Rn222-Folgeprodukte festgelegt (§ 25, Abs. 1, und Anlage 2 in /21/), die im radioaktiven Gleichgewicht einer Rn222-Konzentration von 1150 Bq/m^3 und 0,31 WL entspricht (Vergleich zu ICRP 32: 0,4 WL /12/). Die daraus abgeleitete effektive Dosis für die Inhalation kurzlebiger Rn222-Folgeprodukte beträgt 40 mSv im Jahr. Diese Regelungen gelten nach dem Einigungsvertrag weiterhin /22/.

In der Strahlenschutzverordnung /23/, im Atomgesetz und im Bundesberggesetz der Bundesrepublik Deutschland gibt es keine vergleichbaren Bestimmungen für den Bergbau.

Bei der SDAG Wismut galten folgende Werte für die Luftkonzentration von Radon-Folgeprodukten, für die Zuordnung von beruflich strahlenexponiertem Personal und für den operativen Strahlenschutz:

- 4 MeV/cm^3
  Grenzwert für nicht beruflich strahlenexponiertes Personal

- 40 MeV/cm^3
  Grenzwert für beruflich strahlenexponiertes Personal, gleichzeitig Warnwert (Auflage, Bewetterung in festgelegter Frist zu verbessern)

- 120 MeV/cm^3
  Sperrwert für Arbeitsorte (nur Arbeiten zur Verbesserung der Situation erlaubt)

Wie epidemiologische Erkenntnisse zeigen (/3/ und /4/), ist zu diskutieren, ob die Festsetzung von jährlichen Grenzwerten für die potentielle Alpha-Strahlenexposition durch Inhalation kurzlebiger Radon-Folgeprodukte allein für einen angemessenen Strahlenschutz ausreicht, wenn eine langjährige Berufstätigkeit zu berücksichtigen ist, über deren Dauer sich die Strahlenexposition kumuliert. Dies hat bereits in einzelnen Ländern zur Festlegung einer Lebensarbeitszeitdosis geführt. So ist in Schweden für die Strahlenexposition durch Inhalation von Radon und Radon-Folgeprodukten eine Lebensarbeitszeitdosis von 35 WLM (350 mSv) festgesetzt worden. Im Uranbergbau in Elliot Lake in Kanada haben Unternehmer und Gewerkschaften eine Lebensarbeitszeitdosis von 80 WLM (800 mSv) vereinbart, nach deren Erreichen der betroffene Beschäftigte nach übertage an einen Arbeitsplatz mit geringer Strahlenexposition umgesetzt werden muß /24/.

Im Hinblick auf die effektive Dosis diskutiert ICRP eine Lebensarbeitszeitdosis von 1000 mSv und empfiehlt für eine Periode von fünf Jahren einen Grenzwert von 100 mSv /15/. In der Strahlenschutzverordnung der Bundesrepublik Deutschland, die keinen Hinweis auf den Bergbau enthält, ist eine Lebensarbeitszeitdosis von 400 mSv festgelegt (§ 49 Abs. 1 in /23/). Sowohl ICRP als auch die Strahlenschutzverordnung definieren aber weiterhin für die effektive Dosis einen jährlichen Grenzwert von 50 mSv.

Aber auch die jährlichen Grenzwerte für die Strahlenexposition durch Inhalation kurzlebiger Radon-Folgeprodukte werden zu niedrigen Werten hin verändert. Zuerst empfahl ICRP 1955 für Rn222-Folgeprodukte 12 WLM (120 mSv) /24/, 1981 waren es 4,8 WLM (48 mSv) /12/ und z.Z. beabsichtigt ICRP mit einer in Bearbeitung befindlichen neuen Richtlinie, eine weitere Reduzierung des jährlichen Grenzwertes vorzuschlagen.

In der Bewertung epidemiologischer Erhebungen werden neben Radon und Radon-Folgeprodukten häufig auch andere Noxen (Stoffe mit schädigender Wirkung auf den Organismus) mit berücksichtigt wie z.B. Arsen, Asbest, silikogener Staub, Schweißrauche, Dieselmotoremissionen sowie Zigarettenrauch /10/. Auf diese Zusammenhänge, die gelegentlich in ihren Auswirkungen unterschiedlich gewichtet werden, wird hier nicht weiter eingegangen.

3 Strahleninduzierte Berufskrankheiten

Eine strahleninduzierte Berufskrankheit, die durch die Inhalation von Radon und Radon-Folgeprodukte entstehen kann, ist wie bereits erwähnt, das Bronchialkarzinom. Dies soll am Beispiel des Uranbergbaus in Sachsen und Thüringen dargestellt werden.

Der Uranbergbau wurde ab 1946 von der Sowjetischen Aktiengesellschaft Wismut (SAG Wismut) betrieben - ab 1954 von der Sowjetisch-Deutschen Aktiengesellschaft Wismut (SDAG Wismut). 1991 hat das Bundeswirtschaftsministerium die SDAG Wismut übernommen. Die Wismut hatte 1950 etwa 130000 Beschäftigte, von 1960 bis 1985 etwa 50000 Beschäftigte. Diese Zahl verringerte sich 1990 auf etwa 32000 /25/. Seit 1946 sollen bei der Wismut etwa 400000 Bergleute gearbeitet haben. Insgesamt wurden bis zur Einstellung der Erzförderung 1990 etwa 220000 t Uran gewonnen, die ausnahmslos in die Sowjetunion geliefert wurden.

Für die gesundheitliche Betreuung der Beschäftigten war das Gesundheitswesen Wismut zuständig, das nicht der Leitung der SDAG Wismut unterstand, sondern rechtlich dem Zentralvorstand der Industriegewerkschaft Wismut und fachlich dem Ministerium für Gesundheitswesen /26/. Für den medizinischen Arbeitsschutz war eine Arbeitshygieneinspektion als Bestandteil des Gesundheitswesens Wismut zuständig /27/. Über die Anerkennung von Berufskrankheiten entschied die Sozialversicherung Wismut. Ionisierende Strahlung war als Ursache von Berufskrankheiten nach Nr. 51 und 92 der Liste der Berufskrankheiten anerkannt /28/.

Mit dem Einigungsvertrag /22/ traten 1990 für das Gebiet der DDR das Dritte, Fünfte und Sechste Buch der Reichsversicherungsordnung (RVO) in Kraft /29/. Danach sind z.B. auch die Bestimmungen über Arbeitsunfall (§ 548 RVO), Berufskrankheit (§ 551 RVO, ab 01.01.1992) und Berufsgenossenschaften als Träger der allgemeinen Unfallversicherung (§ 646 RVO) wirksam. In der Berufskrankheitenverordnung (BKVO) werden in Anlage 1 die Krankheiten bezeichnet, die als Berufskrankheit gelten /30/. Nr. 2402 in dieser Anlage 1 steht für Erkrankungen durch ionisierende Strahlen.

Die Sozialversicherung Wismut hat 5237 Fälle von Bronchialkrebs bis 1990 als Berufskrankheiten anerkannt. 98 % der Fälle von Bronchialkrebs entfallen auf Bergleute, die bis 1955 eingestellt wurden, und 2 % auf die Einstellungen zwischen 1956 und 1960. In der Anerkennungspraxis für Bronchialkrebs als Berufskrankheit wurde nach damaligem Wissensstand zunächst eine Anerkennungsschwelle mit 450 WLM definiert, und sie lag nach schrittweiser Anpassung an epidemiologische Erkenntnisse und nach den gültigen Bewertungskriterien für die Radonexposition im Nichturanbergbau der DDR zuletzt bei folgenden Werten (zur Definition von WLM und Dosisrisiko siehe Kapitel 2)

< 150	WLM: keine Anerkennung
ab 150 bis < 200	WLM: Diskussion des Einzelfalles in der Ärztekommission (z.B. mögliche Fakten: gleichzeitige Silikose, Tätigkeit, Latenzzeit, histologische Untersuchung)
≥ 200	WLM: Anerkennung

Die Sozialversicherung Wismut war nicht an die Empfehlungen der Ärztekommission gebunden.

Da etwa 98 % der Bronchialkrebsfälle Personen mit der Aufnahme bergmännischer Berufstätigkeit bei der Wismut vor 1955 betreffen, war wegen der damaligen hohen Strahlenexposition der Beschäftigten in den meisten Fällen keine weitere Begründung notwendig. Allerdings führte die Absenkung der Anerkennungsschwelle nicht zur nachträglichen Anerkennung vorher abgelehnter Anträge. Auf diese Weise entstand ein aufzuarbeitender Bestand von etwa 2500 Fällen /25/. Nach der bisherigen Erfahrung ist wegen der langen Latenzzeit des strahlenbedingten Bronchialkarzinoms bis auf weiteres mit etwa 200 neuen Erkrankungen pro Jahr zu rechnen, wie sich aus vorliegenden Daten ableiten läßt /25/.

Für die Sozialversicherung Wismut war die Anwendung einer Anerkennungsschwelle eine Arbeitshilfe im Feststellungsverfahren einer Berufskrankheit entsprechend dem Wissensstand über die Auslösung eines Bronchialkrebses durch Inhalation von Radon-Folgeprodukten. Ein solches Vorgehen ist nicht ungewöhnlich.

Ausgehend von epidemiologischen Befunden über das Bronchialkrebsrisiko, insbesondere von Uranbergleuten in den USA, in Kanada und in der CSFR und von bereits bestehenden Modellen zur Abschätzung dieses Risikos /10/ wird z.Z. ein relatives Risiko-Modell diskutiert, das den Gegebenheiten bei der Wismut besser angepaßt sein soll /33/. Es wird von einer proportionalen Beziehung zwischen der beruflichen Exposition durch Radon-Folgeprodukte und dem zusätzlichen relativen Bronchialkrebsrisiko ausgegangen. Dabei wird berücksichtigt, daß der relative Risikokoeffizient, d.h. das zusätzliche relative Risiko pro Einheit der kumulierten Exposition durch Radon-Folgeprodukte, vom Alter des Beschäftigten zur Zeit der Exposition und vom Alter bei der Diagnose abhängt. Für die zeitliche Risikoprojektion wird als wesentliche Variable die Zeit nach der Exposition betrachtet.

Das Festellungsverfahren für eine Berufskrankheit stellt grundsätzlich auf den Einzelfall ab. Für den Einzelfall sind die Kausal-Zusammenhänge zwischen beruflicher Tätigkeit und schädigender Einwirkung einer Noxe einerseits und schädigender Einwirkung und Erkrankung andererseits zu prüfen. Die einschlägigen Grenzwerte von Strahlenschutzbestimmungen zielen auf prophylaktische Maßnahmen der Unfall- und Berufskrankheitenverhütung und sie dürfen nicht als Ablehnungs- oder Anerkennungskriterien im Feststellungsverfahren für Berufskrankheiten verwendet werden (/3/, /15/, /31/ und /32/).

Grundlage der Anerkennung von strahlenbedingtem Bronchialkrebs als Berufskrankheit ist in jedem Fall die Ermittlung der individuellen Strahlenexposition. Die dazu notwendigen Messungen bei der Wismut haben folgende Historie

- bis 1954:
  Keine Radon-Messungen (Messungen der Gamma-Strahlung zur Erkundung und Sortierung von Uranerz).

- ab 1955:
  Radon-Messungen mittels einzelner Wetterproben an Arbeitsorten. Diese Messungen wurden nach 1964 nach Umfang und Zielstellung verändert.

- ab 1964:
  Messung der potentiellen Alpha-Energie-Konzentration der Radon-Folgeprodukte an Arbeitsorten (Markov-Methode).

- zusätzlich ab 1971:
  Ortsdosimetrie (Berechnung und Erfassung der individuellen Strahlenexposition aus der Konzentration von Radon-Folgeprodukten vor Ort bzw. im Arbeitsbereich multipliziert mit der Aufenthaltszeit).

- zusätzlich ab 1991:
  Einsatz von Personendosimetern (Luftaktivität und Gamma-Dosis).

Bei den Meßergebnissen für die Konzentration von Radon und Radon-Folgeprodukten sind Abweichungen bis zu einem Faktor zehn um den Mittelwert möglich. Das betrifft insbesondere Zeiten sehr hoher Strahlenexpositionen, also die Jahre vor 1960. Da für den Zeitraum vor 1970 über die Arbeitsorte der Beschäftigten keine ausreichenden und über die Konzentrationen an solchen Arbeitsorten ungenügende Kenntnisse vorhanden sind, ist es unmöglich, individuelle Strahlenexpositionen für diesen Zeitraum zu berechnen. Jede Abschätzung führt zu Kollektivmittelwerten, ggf. nach Bergwerken und Tätigkeitsgruppen differenziert. Nachträglich werden detaillierte Meßdaten größtenteils nicht mehr zu beschaffen sein, weil wichtige Betriebsbedingungen verändert wurden. Zum Beispiel wurde die Bewetterung verstärkt, um die Konzentration der Radon-Folgeprodukte in der Luft zu verringern, das Naßbohrverfahren bei der Erzgewinnung wurde eingeführt, um die Staubentwicklung zu reduzieren, und die Abbaumethode führt zum weitgehenden Versetzen der Abbauräume in den Bergwerken.

Erst mit der Einführung einer individuellen Belastungskartei über die Ortsdosimetrie ab 1971 werden individuelle Strahlenexpositionen berechnet und dokumentiert. Bei der Ortsdosimetrie wird die Konzentration der Radon-Folgeprodukte durch Luftprobenahme im Arbeitsbereich der Beschäftigten ermittelt. Bei sonderbelüfteten Arbeitsplätzen wird zusätzlich die Vorbelastung der vom Lüfter angesaugten Luft bestimmt. Beschäftigte, die keinen festen Arbeitsplatz haben (z.B. Steiger), werden in Tätigkeitsgruppen zusammengefaßt und ihnen wird entsprechend ihrem Bewegungsbereich (Bergabteilung, Grubenbereich oder Gesamtgrube) ein Durchschnittswert zugeordnet. Eingesetzt werden jeweils monatliche mittlere Ortswerte. Wegen der bekannten Probleme derartiger Verfahren (z.B. Bewertung von Betriebsstörungen) sind die Ergebnisse aber nicht ohne Prüfung und Bewertung verwendbar.

Für die Strahlenexposition der in den Gruben Beschäftigten werden folgende Schwankungsbereiche angegeben /34/:

	bis 1955	30	-	300	WLM/a
1956	bis 1960	10	-	100	WLM/a
1961	bis 1965	5	-	50	WLM/a
1966	bis 1970	3	-	25	WLM/a
1971	bis 1975	2	-	10	WLM/a
	ab 1976	1	-	4	WLM/a

Die hohen Strahlenexpositionen vor mehr als dreißig Jahren hatten ihre Ursache in der geringen Bewetterung der Bergwerke, die bis in die fünfziger Jahre hinein auf natürlicher Bewetterung beruhte. Ab Mitte der fünfziger Jahre wurden Hauptgrubenlüfter installiert. Dadurch wurden die Wettermengen wesentlich erhöht und die Schadstoffkonzentrationen deutlich erniedrigt. Strahlenschutz im Uranbergbau ist wesentlich über die Verbesserung der Wetterführung erreichbar. Durch eine geeignete Wahl der Wetterrichtung wurde zunehmend sichergestellt, daß den belegten Arbeitsplätzen insbesondere im Abbau und im Vortrieb nur Wetter mit möglichst geringer Vorbelastung zugeführt wurden. Dem Austritt von Radon aus abgeworfenen Grubenbauen in den Frischwetterbereich und damit in den Aufenthaltsbereich der in der Grube Beschäftigten wurde entgegengewirkt durch Hermetisierungsmaßnahmen, durch Überdruckbewetterung, soweit dies in begrenztem Umfang möglich war, und durch Drainagebewetterung. Drainagebewetterung ähnelt der Methanabsaugung im Steinkohlebergbau. Die Tendenz dieser Maßnahmen zeigte sich in den stetig abnehmenden Strahlenexpositionen für die Beschäftigten.

4 Unterlagen

/1/ W. Schüttmann
Die Anerkennung der Schneeberger Lungenkrankheit als Berufskrankheit in der ersten Berufskrankheitenverordnung von 1925
Z. gesamte Hyg. 33 (12), Seiten 662 - 665 (1987)

/2/ E. Lorenz
Radioactivity and Lung Cancer; a Critical Review of Lung Cancer in the Miners of Schneeberg and Joachimsthal
J. Natl. Cancer Inst. 5 (1), pp. 1 - 15 (August 1944)

/3/ W. Jacobi
Lungenkrebs nach Bestrahlung: Das Radon-Problem
Naturwissenschaften 73, Seiten 661 - 668 (1986)

/4/ E.P. Radford, K.G. St. Clair Renard
Lung Cancer in Swedish Iron Miners Exposed to Low Doses of Radon Daughters
N. Engl. J. Med. 310, pp. 1485 - 1494 (June 7, 1984)

/5/ J. Sevc, E. Kunz, L. Tomasek
Cancer in Man after Exposure to Rn Daughters
Health Physics 54 (1), pp. 27 - 46 (January 1988)

/6/ M. Tirmarche, A. Raphalen, F. Allin et al.
Lung Cancer Mortality of Uranium Miners in France
Australian Radiation Protection Society,
Proceedings of the 7th International Congress of IRPA,
April 10 - 17, 1988; Sydney, pp. 171 - 175

/7/ J.M. Samet
Review: Radon and Lung Cancer
J. Natl. Cancer Inst. 81 (10), pp. 745 - 757 (May 22, 1989)

/8/ J.H. Lubin, Y. Qiao, Ph. Taylor et al.
Quantitative Evaluation of the Radon and Lung Cancer Association in a Case Control Study of Chinese Tin Miners
Cancer Research 50 (1), pp. 174 - 180 (January 1, 1990)

/9/ W. Jacobi
Radiation Exposure from Natural Sources: The Radon Problem
in: Institut für Strahlenschutz der BG FuE und BG Ch, Proceedings "Risk Estimates for Radiation Carcinogenesis"
Bad Münstereifel (FRG), 28./29. September 1989, pp. 21 - 31

/10/ US Department of Energy (DOE)
Radon Epidemiology - A Guide to the Literature
DOE/ER-0399, DE89-006398, December 1988

/11/ International Commission on Radiological Protection (ICRP)
Radiation Protection in Uranium and Other Mines
ICRP Publication 24 (March 1976)
Pergamon Press

/12/ International Commission on Radiological Protection (ICRP)
Limits of Inhalation of Radon Daughters by Workers
ICRP Publication 32 (March 1981)
Pergamon Press

/13/ International Commission on Radiological Protection (ICRP)
General Principles of Monitoring for Radiation Protection of Workers
ICRP Publication 35 (March 1982)
Pergamon Press

/14/ International Commission on Radiological Protection (ICRP)
Radiation Protection of Workers in Mines
ICRP Publication 47 (July 1985)
Pergamon Press

/15/ International Commission on Radiological Protection (ICRP)
1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection
ICRP Publication 60 (November 1990)
Pergamon Press

/16/ International Atomic Energy Agency (IAEA)
Basic Safety Standards for Radiation Protection - 1982 Edition
IAEA, Safety Series No. 9, Vienna 1982

/17/ International Atomic Energy Agency (IAEA)
Radiation Protection of Workers in Mining and Milling of Radioactive Ores - 1983 Edition
IAEA, Safety Series No. 26, Vienna 1983

/18/ International Atomic Energy Agency (IAEA)
Application of the Dose Limitation System to the Mining and Milling of Radioactive Ores
IAEA, Safety Series No. 82, Vienna 1987

/19/ International Atomic Energy Agency (IAEA)
Radiation Monitoring in the Mining and Milling of Radioactive Ores
IAEA, Safety Series No. 95, Vienna 1989

/20/ Verordnung über die Gewährleistung von Atomsicherheit und Strahlenschutz
vom 11. Oktober 1984 (DDR, GBl.I Nr. 30, Seiten 341 ff, 21. November 1984)

/21/ Durchführungsbestimmung zur Verordnung über die Gewährleistung von Atomsicherheit und Strahlenschutz
vom 11. Oktober 1984 (DDR, GBl.I Nr. 30, Seiten 348 ff, 21. November 1984)

/22/ Einigungsvertrag
Vertrag zwischen der Bundesrepublik Deutschland und der Deutschen Demokratischen Republik über die Herstellung der Einheit Deutschlands
vom 31. August 1990 (BGBl. II, Seite 889, 1062)

/23/ Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung - StrlSchV) vom 13. Oktober 1976 (BGBl. I, Seite 2905, 1977, Seite 184, 269) in der Fassung der2. Ände-rungsverordnung vom 18. Mai 1989 (BGBl. I, Seite 943) und neu bekanntgemacht am 30. Juni 1989 (BGBl. I, Seite 1321) und berichtigt am 16. Oktober 1989 (BGBl. I, Seite 1926)

/24/ M.J. Wright, L.W. Gerard, A. Kanabe et al.
Are the Current Dose Limits for Uranium Miners too High?
in: H. Stocker (ed.)
Proceedings of the International Conference "Occupational Radiation Safety in Mining"
Toronto, Canada, 14-18 October 1984
Canadian Nuclear Association, Toronto, Canada (1985), pp. 137-143

/25/ J. Breuer
Die Last der Wismut - eine Herausforderung für die Berufsgenossenschaften
Die BG (9), Seite 508 - 518 (September 1991)

/26/ Verordnung über das Betriebsgesundheitswesen und die Arbeitshygieneinspektion
vom 11. Januar 1978 (DDR, GBl. I, Nr. 4, Seiten 61 ff)

/27/ Verordnung über die Verhütung, Meldung und Begutachtung von Berufskrankheiten
vom 26. Februar 1981 (DDR, GBl. I, Nr. 12, Seiten 137 ff)

/28/ Erste Durchführungsbestimmung zur Verordnung über die Verhütung, Meldung und Begutachtung von Berufskrankheiten - Liste der Berufskrankheiten
vom 21. April 1981 (DDR, GBl. I, Nr. 12, Seiten 139 ff)

/29/ Reichsversicherungsordnung (RVO)
Fassung der Neubekanntmachung der RVO vom 15. Dezember 1924 (RGBl. I, Seite 779) einschließlich aller Änderungsgesetze bis zum 9. Juli 1990 (BGBl. I, Seite 1354)

/30/ Berufskrankheiten-Verordnung (BKVO)
Fassung vom 20. Juni 1968 (BGBl. I, Seite 721) - Geändert durch Verordnung vom 8. Dezember 1976 (BGBl. I, Seite 3329) und Verordnung vom 22. März 1988 (BGBl. I, Seite 400)

/31/ Ch. Leichsenring, D. Petermann
Ermittlungs- und Beweisschwierigkeiten bei Berufskrankheiten
Die BG (8), Seiten 517 - 521, August 1989

/32/ Strahlenschutzkommission (SSK)
Empfehlung zur Begrenzung der beruflichen Strahlenexposition
Verabschiedet auf der 80. Sitzung am 11. Dezember 1987
Bundesanzeiger, Nr. 5, 9. Januar 1988

/33/ W. Jacobi
Verursachungswahrscheinlichkeit von Lungenkrebs durch die berufliche Strahlenexposition von Uran-Bergarbeitern der Wismut AG
Herausgeber: Institut für Strahlenschutz der BGFuE und BG Ch
Anfang 1992

/34/ S. Richter
Grundlagen und Gesichtspunkte einer Aufarbeitung der Strahlenbelastung in der SAG/SDAG Wismut
Beitrag zur Tagung "Der Uranbergbau in der DDR und seine Folgen"
Ronneburg, 20. bis 23. September 1990