

Radioaktivität auf die menschliche Gesundheit machten ihn zu einem nachhaltigen Kritiker der Internationalen Strahlenschutzkommission ICRP.

Auf dem Arbeitsgebiet der Wirkung niedriger Strahldosen sind besonders die Ergebnisse über den Dosiswirkungszusammenhang bei den japanischen Atombombenüberlebenden hervorzuheben, die er zusammen mit dem Kernphysiker Rudi H. Nussbaum gewann. Die Autoren wiesen nach, daß sich im Be-

reich niedriger Dosis ein überlinearer Verlauf ergibt, das heißt die Wirkungen im Bereich niedriger Dosen relativ (pro Dosisseinheit) höher sind als bei höheren Strahldosen.

Auf die notwendigen Folgen für den Strahlenschutz haben beide im Kontext anderer Argumente unermüdlich hingewiesen. Durch diese Thematik und sein gesellschaftliches Engagement, das ihn zu zahlreichen wissenschaftlichen Fortbildungsveranstaltungen und populärwissenschaftlichen

Vorträgen veranlaßte, ferner zur Gestaltung und Organisation mehrerer wissenschaftlicher Kongresse, wurde Köhnlein zu einer Leitfigur der wissenschaftlichen Strahlenschutzkritik in Deutschland. Auch als Bürger wurde er durch zahlreiche Aktivitäten zu einem Vorbild für andere, zum Beispiel durch seine Beteiligung an der Errichtung von Windkraftanlagen im Münsterland. Wolfgang Köhnlein ist Mitglied der Atom- und Strahlenkommission des BUND für Umwelt und Naturschutz

Deutschland. 2009 verlieh ihm der Bundespräsident für sein Engagement im Umweltschutz das Bundesverdienstkreuz.

Wolfgang Köhnlein steht Strahlentelex mit Rat und Tat seit vielen Jahren ebenfalls zur Seite. Dafür danken wir ihm herzlich und wünschen ihm weiterhin viel Kraft und Gesundheit für weiteres Engagement.

Thomas Dersée und  
Sebastian Pflugbeil ●

## Anerkennung beruflicher Strahlenbelastungen

# Strahlenexpositionen für Beschäftigte in den Objekten 02, 03 und 09 des Uranerzbergbaus der WISMUT

## Frage an die Leser: Sind Artefakte bei Strahlenexpositionen geeignet für den Einsatz in Anerkennungsverfahren von Berufskrankheiten und in der Forschung?

Von Gerd Georg Eigenwillig

### 1 Einleitung

Bis 1990 liegen öffentlich keine verwendbaren Individualdosen für die Beschäftigten der WISMUT vor. Bis 1990 wurden die Strahlenexpositionen wie folgt ermittelt (Abschnitt 2.1, Abbildung):

- Aus vorliegenden Messungen, die lückenhaft waren, oder Modellen wurden die Strahlenexpositionen für Hauer durch eine schrittweise vorgenommene, mehrfache arithmetische Mittelwertbildung abgeleitet.

- Die Strahlenexpositionen für andere Berufsgruppen untertage wurden aus denen der Hauer durch Schätzung von Wichtungsfaktoren ermittelt.

Die so rechnerisch gewonnenen Strahlenexpositionen werden wiederum in Anerkennungsverfahren von Berufskrankheiten und in der Forschung – z.B. Epidemiologie – einzelnen Personen zugeord-

net. Unsicherheiten, die auf diese Weise festgelegten Strahlenexpositionen von den Beschäftigten der WISMUT, wurden nicht ermittelt und bewertet. Daher sind die Ergebnisse der Anerkennungsverfahren von Berufskrankheiten und der Forschung nicht belastbar. (Abschnitt 2.3 und 3)

Basis für die Strahlenexpositionen von den Beschäftigten der WISMUT ist die Job-Exposure-Matrix (JEM), die für einzelne Kalenderjahre jeweils einen Mittelwert für Hauer und das gesamte Objekt angibt. Daher können die durch nachfolgende Differenzierungen abgeleiteten Strahlenexpositionen für einzelne Beschäftigte der WISMUT als Artefakte angesehen werden. (Abschnitt 2.2, Abbildung)

Für französische Uranbergarbeiter ist offensichtlich die Bewertung von Unsicherheiten bei den individuellen

Strahlenexpositionen geklärt. Daraus folgt eine Empfehlung für Recherchen in den Archiven der WISMUT zur Verbesserung der Datenbasis. (Abschnitt 3)

## 2 Angaben zu den Strahlenexpositionen der WISMUT-Beschäftigten

### 2.1 Daten der Job-Exposure-Matrix

Vor 1954 wurden keine Messungen von Radon (Rn) in der Grubenluft durchgeführt. Die Strahlenexposition durch Rn wurde retrospektiv durch ein Modell ermittelt. Die Messungen von Rn ab 1954 wurden überwiegend im Objekt 09 und selten im Objekt 02 durchgeführt. Vom Objekt 03 sind keine Messungen zur Zeit der WISMUT bekannt. Die Rn-Messungen erfolgten im Objekt 09 bis 1981 parallel zu den Messungen der Rn-Zerfallsprodukte (RnZP), die ab 1966 regelmäßig durchgeführt wurden. Jedes der drei Objekte bestand aus mehreren Schächten (WISMUT-Bezeichnung für Bergwerke). Rn und RnZP wurden nur in wenigen Schächten – d.h. nicht in allen Schächten – eines Objekts gemessen. Messfehler wurden nicht ermittelt.

Die Messergebnisse wurden in mehreren Schritten arithmetisch gemittelt: Drei Teilbereiche der Konzentrationen, jede vermessene Sohle, alle vermessenen Sohlen im Schacht, alle vermessenen Schächte ei-

nes Objekts.<sup>1</sup> (Kasten 1 in der Abbildung)

Ermittelt wurden die Strahlenexpositionen für Hauer. Dabei wurden die Strahlenexpositionen von Hauern bei Ausrichtung, Vorrichtung und Abbau wiederum arithmetisch gemittelt. Diese Strahlenexpositionen werden fälschlicherweise als Strahlenexpositionen für Hauer auf dem Abbau bezeichnet.<sup>2</sup> (Kasten 2 in der Abbildung)

Bei den Messergebnissen für die Rn- und RnZP-Konzentrationen sind innerhalb der Berufsgruppe der Hauer in demselben Schacht und Objekt zu derselben Zeit Abweichungen bis zu und mehr als einem Faktor zehn um den Mittelwert möglich.<sup>3</sup>

Zur Feststellung der potenziellen Alpha-Energiekonzent-

<sup>1</sup> Tabelle 5.2.2.1.2.1 auf der Seite 51 und Tabelle 4.2.1.2 auf den Seiten 436 ff im Anhang von Lehmann et al. 1998; Tabellen 8 und 9 in Eigenwillig 2011

<sup>2</sup> Tabelle 2.1.1.9/1 auf den Seiten 220 ff und Tabelle 4.2.1.2 auf den Seiten 436 ff im Anhang von Lehmann et al. 1998; Tabelle 4.3/2 in Lehmann 1999; siehe auch Tabelle 1.8.2-11 in WISMUT 1999 und Lehmann 2004.

<sup>3</sup> Tabelle 4.2.1.2 auf den Seiten 436 ff im Anhang von Lehmann et al. 1998; Tabelle 1.8.2-11 in WISMUT 1999; Tabelle 4.4/2 in Lehmann 1999; Seite 11 in Eigenwillig et al. 2000; Tabellen 9 und 11 in Eigenwillig 2011

tration der RnZP wird ein Gleichgewichtsfaktor zwischen Rn und RnZP abgeschätzt.<sup>4</sup> (Kasten 3 in der Abbildung)

Messungen von langlebigen Radionukliden (LRN) im Schwebstaub und äußerer Gamma-Strahlung können nicht für die Ermittlung der Strahlenexpositionen genutzt werden. Verwendet werden die Ergebnisse von Modellen.<sup>5</sup> Angegeben werden für die Objekte die Strahlenexpositionen für Hauer auf dem Abbau im Kalenderjahr.

Die Strahlenexpositionen für andere Berufsgruppen untertage, wie z.B. Betonierer, Geologen, Markscheider und Steiger, wurden von den Strahlenexpositionen der Hauer durch Schätzung von Wichtungsfaktoren abgeleitet.<sup>6</sup> (Kasten 6 in der Abbildung)

Das Resultat ist die JEM-1<sup>7</sup> (Kasten 4 in der Abbildung). Die JEM-1 ist die Basis für weitere JEMs (z.B. JEM-2;<sup>8</sup> Kasten 5 in der Abbildung). Die Angaben in der jeweiligen JEM werden mit persönlichen Daten von Beschäftigten der WISMUT (z.B. Arbeitsort und Arbeitsdauer) verknüpft (Kasten 7 in der Abbildung). Das Ergebnis sind keine Individualdosen. Darauf haben schon die Verfasser der JEM-1 hingewiesen, wie noch zitiert wird. Diese Strahlenexpositionen sind Artefakte.

Die in der JEM-1 ermittelten Strahlenexpositionen sind Grundlage in Anerkennungsverfahren von Berufskrankheiten und in der Forschung. In den Veröffentlichungen von Forschungsvorhaben wird überwiegend die JEM-1 zitiert, obwohl die Texte der

Veröffentlichungen Hinweise enthalten, dass häufig die nicht veröffentlichte JEM-2 verwendet wird.

Unzulässig ist, dass Strahlenexpositionen vom Objekt 09 ab 1957 für das Objekt 03 und ab 1959 für das Objekt 02 verwendet werden.<sup>9</sup>

Für die Beschäftigten der WISMUT werden in der JEM-1 die Konzentrationen von radioaktiven Stoffen in der Atemluft (Inhalation) und die äußeren Gamma-Dosisleistungen angegeben. Expositionsdaten für die Ingestion radioaktiver Stoffe fehlen in der JEM-1 und weiteren JEMs, die damit für die Erfassung von Strahlenexpositionen unvollständig sind.<sup>10</sup>

Zur Ermittlung der Strahlenexpositionen, die bis 1990 keine Individualdosen sind, wird von den Verfassern der JEM-1 folgendes ausgeführt:<sup>11</sup>

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

*Vertrauensbereichen abgesehen.“*

Es gibt eine weitere Information:<sup>12</sup>

*„Bei der heutigen Verwendung der Messergebnisse ist zu beachten, dass die Strahlenschutzüberwachung der SDAG WISMUT primär darauf ausgerichtet war, sich mittels Erhebungs- und Kontrollmessungen einen ständigen Überblick über die Strahlenschutzsituation in den Grubenbetrieben zu verschaffen (Dadurch konnte die Einhaltung von abgeleiteten Grenzwerten überprüft bzw. abgesichert werden). Im Ergebnis dieser Messungen wurden nachfolgend Maßnahmen des Strahlenschutzes eingeleitet. Die Messergebnisse wurden auch als Grundlage für die Bestimmung der Strahlenexposition der Beschäftigten genutzt. Weitergehende Anwendungen u.a. für epidemiologische Forschungen waren nicht vorgesehen. Daher erfolgte zum damaligen Zeitpunkt auch keine statistischen Auswertungen der Messdaten unter Nennung von definierten Vertrauensbereichen. Da die Messwerte in den Strahlenschutzberichten der SDAG WISMUT nur als Mittelwerte nach Konzentrationsbereichen (zum Teil mit Angaben des Maximalwertes) angegeben wurden und Einzelmessdaten nicht verfügbar sind, ist auch retrospektiv eine statistische Auswertung dieser Messdaten nicht möglich.“*

Die Genauigkeit der gemessenen Strahlenexpositionen ist auch wegen der Mess- und Betriebsbedingungen unrealistisch. Das zeigen die folgenden Zitate:<sup>13</sup>

*„... kann ein Energieausfall u.U. zu einer stundenlangen Störung (Wetterstillstand,*

*Wetterumkehr u.a.)<sup>14</sup> führen. Die meisten wettertechnischen Störungen (Mängel und Verstöße) führen zu ungenügender Wetterzuführung zu einem oder mehreren Grubenbetriebspunkten. Damit verbunden ist eine Erhöhung der RnFP-Konzentration [GGE: RnFP = Radon-Folgeprodukte] innerhalb kurzer Zeit (je nach Bedingungen kann die Konzentration im Abbau bei Ausfall der Sonderbewetterung innerhalb von mehreren Minuten auf das 10- bis 20fache ansteigen). Selbst bei einem Normalbetrieb ist es nicht möglich, Arbeitsorte ununterbrochen zu bewettern, auch hier treten unvermeidbare Einflüsse, z.B. durch Unterbrechung der Sonderbewetterung zum Instandhalten bzw. Verlängerung der Luttentour, zum Lüfterwechsel und bei vielfältigen anderen Gegebenheiten, sowie vermeidbare Einflüsse (z.B. Abschalten des Luttentüfters beim Rolle ziehen, Materialhängen, Reparaturarbeiten an zerstörten Luttentouren) u.a. auf.*

*Die damit verbundenen erhöhten RnFP-Konzentrationen sind bei den Mittelwertbildungen nur zum Teil enthalten.“*

*„... Mängel und Verstöße in der Wetterführung waren maßtechnisch nur zum Teil erkennbar und nur sehr schwierig bzw. zeitaufwendig behebbar. Bei den Mängeln waren die Kriterien Hintereinanderbewetterung, lange Wetterwege, ungenügende Hermetisierung relativ hoch vertreten. ...“*

2011 führte eine Studie über die WISMUT zu Strahlenexpositionen folgendes aus:<sup>15</sup>

*„Ein zusätzliches Problem bei den Werten in der Abbildung zur RFP-Konzentration [GGE: RFP = Radon-Folgeprodukte]*

<sup>4</sup> Seite 82 in Lehmann et al. 1998 (z.B. für Objekt 09)

<sup>5</sup> Lehmann et al. 1998; Seite 43 in Eigenwillig 2011

<sup>6</sup> Seite 108 und Tabellen im Kapitel 2.3 auf den Seiten 256 ff im Anhang von Lehmann et al. 1998

<sup>7</sup> Lehmann et al. 1998

<sup>8</sup> Lehmann 2004

<sup>9</sup> Lehmann et al. 1998; Lehmann 2004; Kapitel 3 und 5.2 in Eigenwillig 2011

<sup>10</sup> Eigenwillig 2011

<sup>11</sup> Seite 26 in Lehmann et al. 1998

<sup>12</sup> Seite 38 in Lehmann 1999; siehe auch Seite 10 von Kapitel 1.8.2 in WISMUT 1999.

<sup>13</sup> Richter 1994 zitiert auf Seite 78 in Lehmann 1999.

<sup>14</sup> „Wetter“ ist der bergbautechnische Ausdruck für Belüftung von Stollen.

<sup>15</sup> Seiten 291, 293 und 327 in Schramm 2011

besteht darin, dass es sich dabei lediglich um Durchschnittswerte eines ganzen Betriebes [GGE: Objektes] handelt. Die Werte liefern also hinsichtlich der tatsächlichen Belastung nur eine grobe Orientierung, da sie einen Durchschnitt aus stark und gering belasteten Betriebspunkten abbilden. In der Tat kam es auch in der zweiten Hälfte der siebziger und in den achtziger Jahren in einzelnen Grubenbereichen immer wieder zu Überschreitungen der zulässigen Grenzwerte, was bei der ausschließlichen Betrachtung der Durchschnittswerte keine Berücksichtigung findet. Hier einige Beispiele: ...“

„Dass die Schätzung der Personendosis ein Problem darstellte, war den Verantwortlichen in der Wismut bekannt. Als die Generaldirektion 1988 auf Anforderung des SAAS [GGE: SAAS = Staatliches Amt für Atomsicherheit und Strahlenschutz] versuchte, die Kollektivdosis der Beschäftigten abzuschätzen, musste sie einräumen, dass trotz 67000 Einzelmessungen im Jahr 1987 die nur kurze Zeit belegten Arbeitsorte des Hilfsprozesses unvollständig kontrolliert worden waren. Die Abschätzung der Personendosis sei deswegen >mit erheblichen Unsicherheiten verbunden<. Auch die Hochrechnung von einer Fünf-Minuten-Messung auf die Arbeitszeit eines Monats stellte eine gravierende Fehlerquelle dar, mit einem Fehlerbereich von bis zu 300 Prozent bei Hilfsprozessen.“

„Der gezielte Schutz der Beschäftigten vor ionisierender Strahlung begann bei der SDAG Wismut erst in der zweiten Hälfte der fünfziger Jahre, obwohl die gesundheitsgefährdende Wirkung der Strahlung schon vorher bekannt war. Vorher durchgeführte Maßnahmen zur Staubbekämpfung reduzierten die Strahlenbelastung, ohne es zu beabsichtigen. Ab Mitte der fünfziger Jahre wurde vor al-

lem die Radonkonzentration in der Luft gemessen, später auch die RFP-Konzentration. Eine personendosimetrische Überwachung fand bis 1991 nicht statt, so dass quantitative Aussagen über konkrete Belastungen mit großer Unsicherheit behaftet sind. Insgesamt dürften die Belastungen in der Anfangszeit sehr hoch und später hoch gewesen sein. Die Strahlenbelastung war kein ausschließliches Problem der Anfangszeit. Erst ab Mitte der siebziger Jahre kam es nur noch vereinzelt zu Grenzwertüberschreitungen.“

Die WISMUT konnte 1988 die Anforderung des SAAS nicht erfüllen, die Kollektivdosis der Beschäftigten für 1987 abzuschätzen, weil die Hilfsprozesse unvollständig kontrolliert worden waren. Das weist auf ein generelles Problem der WISMUT hin. Daher wurde wohl in der JEM-1 der Weg gewählt, ausgehend von gemittelten Strahlenexpositionen für Hauer mit Hilfe der Schätzung von Wichtungsfaktoren Strahlenexpositionen für Beschäftigte anderer Berufsgruppen abzuleiten, die nicht auf Messungen in Nebenprozessen beruhen.

Die Unsicherheiten der Strahlenexpositionen wurden nicht ermittelt. Zuverlässigkeitsanalysen für die Anwendbarkeit dieser Strahlenexpositionen in Anerkennungsverfahren von Berufskrankheiten und in der Forschung liegen nicht vor.<sup>16</sup>

## 2.2 Missverständliche Angaben zu Beschäftigten

Wie im Abschnitt 2.1 dargestellt, liegen bis 1990 öffentlich keine verwendbaren Individualdosen für die Beschäftigten der WISMUT vor. Die Strahlenexpositionen sind Artefakte. Es werden aber in Veröffentlichungen Angaben gemacht – z.B. zu persönlichen Daten von Beschäftigten

der WISMUT (Kasten 7 in der Abbildung), die zu dem Missverständnis führen können, dass Individualdosen verwendet werden. Dazu folgen einige Beispiele aus der Forschung.

**Kreuzer et al. 2002:** “The selection of cohort members was based on three personnel files of the Wismut company, which consisted of some 130,000 workers and provided personal and occupational data of sufficient detail for a followup and for estimation of exposure. In these files information on sex, year of first employment, the main place of work (underground or milling/processing or surface), and the location of the mining facility (Thuringia or Saxony) was stored, whereas the corresponding detailed job histories had to be extracted from the original pay rolls and entered into the computer. ...

From 1946 to 1955, there was no dosimetric recording of radon by the Wismut company. In 1955, radon gas monitoring started. Measurement of radon and its progeny was introduced in 1966 in Saxony and in 1975 in Thuringia, respectively. ... To improve the estimation of radon exposure a working group of experts convened in 1993 to develop a job exposure matrix (JEM), which was finished and published in 1998 (Lehmann et al. 1998) [GGE: JEM-1]. Radon concentrations in the time period from 1946 to 1954 were estimated retrospectively based on the first available radon measurements in 1955. These estimates take into account previous working conditions in the mines, mine architecture, historical measurements, and data gathered by the Czech ore mining industry. Based on these estimates and the available measurements since 1955, the annual exposure values for radon and its progeny, longlived radionuclides, and external gamma radiation have been evaluated

for each calendar year of employment between 1946 and 1989, each mining facility, and each place of work (underground, milling or processing, open pit mining, or surface). This evaluation was done with respect to a reference job for each place of work (e.g., hewer for underground workers), while the exposure of other types of jobs (more than 200) were derived by using weighing factors in relation to the specific reference job (ranging from 1.0 to 0.0). ...

For nearly all cohort members complete information on the type of job and type of mining facility was available on a daily basis, and, additionally, information on periods of absence. The cumulative exposure to radon and its progeny was calculated as the sum of the annual radon exposures estimated by the JEM weighted by the duration of work in days.”

## Grosche und Kreuzer 2003:

„Grundlage für die Expositionsabschätzung eines jeden Kohortenmitglieds ist eine möglichst taggenaue Arbeitsanamnese. Mittels dieser Arbeitsanamnesen (Vorgeschichten) und einer von der Bergbau-Berufsgenossenschaft entwickelten Job-Exposure-Matrix (JEM) für Radonfolgeprodukte, langlebige Radionuklide und für Gammastrahlung wird dann die Strahlenexposition für jede Person der Kohorte abgeschätzt. In der JEM wird die Tätigkeit einer Person, der Ort, an dem diese ausgeführt wurde (z.B. der jeweilige Schacht oder Aufbereitungsbetrieb) und das Jahr berücksichtigt. So hat ein Hauer im gleichen Schacht und im gleichen Jahr eine höhere Exposition als etwa ein Sprengmittelausgeber oder Lokomotivführer. Die JEM, die ursprünglich für Zwecke der Berufskrankheitenanerkennungsverfahren entwickelt worden war [GGE: JEM-1], wurde für die wissenschaftlichen Studie weiterentwickelt

<sup>16</sup> Eigenwillig 2011; Allodji et al. 2012

[GGE: JEM-2]. Im Wesentlichen wurden dabei bei der Expositionsabschätzung nicht nur die verschiedenen Objekte, sondern auch die einzelnen Schächte, in den die Personen beschäftigt waren, berücksichtigt.“

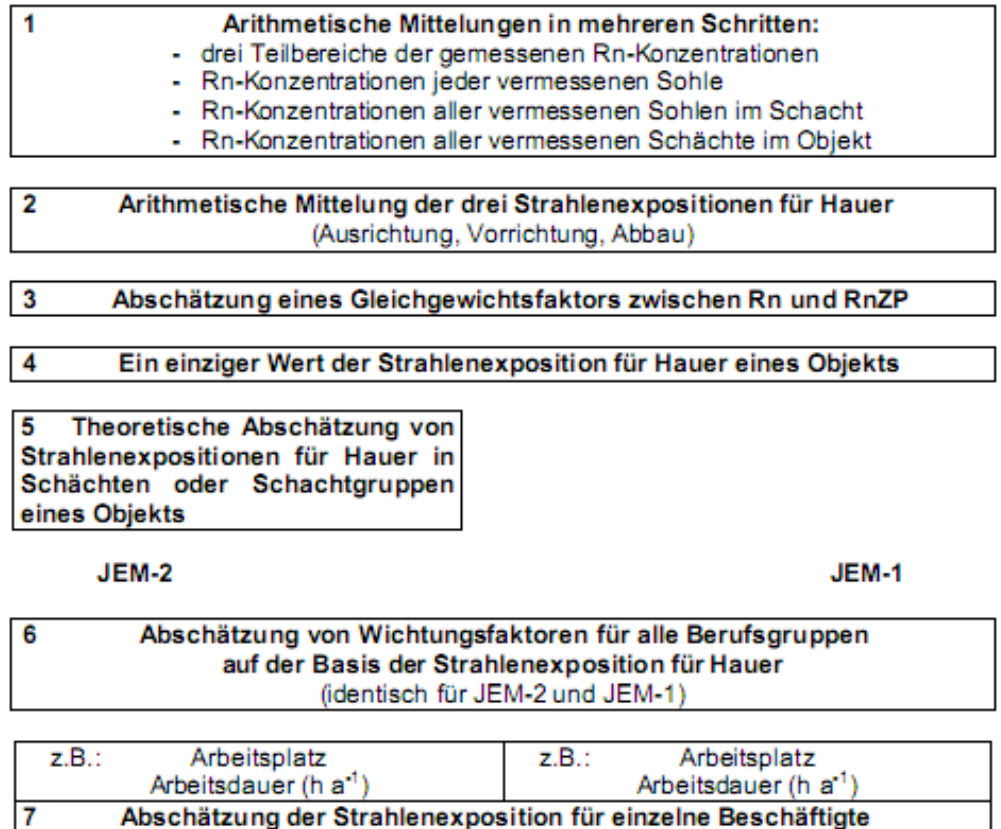
**Brüske-Hohlfeld et al. 2006:** „The early period of mining at WISMUT during 1946-1955 was characterized by dry drilling underground and no artificial ventilation, which probably led to a very high exposure to dust and alpha radiation (Autorenkollektiv 1999)<sup>17</sup>, but no measurements of radon concentrations exist for this period. They were assessed retrospectively based on the earliest available radon gas measurements from 1955 and taking into account uranium deposit and delivery, ventilation, and mine architecture over time. In 1966, regular measurements of radon decay products were introduced in Saxony and in 1975 in Thuringia. Based on the early estimates and the available measurements since 1955, the annual exposure to radon and its decay products was evaluated for each calendar year between 1946 and 1989, and for each mining facility and each place of work (above ground, underground, open pit mining, and ore processing) by an expert group of the “Bergbau-Berufsgenossenschaft” (Lehmann et al. 1998) [GGE: JEM-1]. They developed a job-exposure-matrix (JEM) that determines the exposure to radon decay products for each mining object and calendar year and multiplies it with a weighing factor for the number of exposed working days and a job-specific weighing factor (0 to 1), which takes into account the proportion of time spent in contact with radiating ore and the ventilation rate compared to a reference job. ...

<sup>17</sup> Autorenkollektiv 1999 = WISMUT 1999

Abbildung

Ermittlung der jährlichen Strahlenexpositionen durch Radon (Rn) für Beschäftigte der WISMUT

(Schema)



JEM-2: Lehmann 2004

JEM-1: Lehmann et al. 1998

For most study participants (97.6% of controls and 52.3% of cases), a complete working history could be gathered from ZeBWis<sup>18</sup>. If it was not existent or not complete, the occupational details from the questionnaire were used instead and coded according to the ZeBWis standard.“

**Kreuzer et al. 2006:** „The JEM provides annual dose values for each calendar year of employment between 1946 and 1989, each place of work and each type of job. More than 900 different jobs and several mining facilities have been evaluated. Measurements of radon or longlived alpha-emitters, and of external gamma radiation, are available only from 1955 to

<sup>18</sup> ZeBWis = Zentrale Betreuungsstelle Wismut

1967 onwards, respectively. For the time periods without measurements, concentrations were estimated based on the first available measurements taking into account ventilation rate, uranium vein space, uranium content, etc. ... For all cohort members complete information on the type of job and type of mining facility was available on a daily basis, and additionally, information on periods of absence. Thus, the annual exposure values by type of job and type of mining facility estimated by the JEM were individually weighted with the actual duration of work in days per year, for each miner.“

**Grosche et al. 2006:** „In brief, the selection of cohort members was based upon three personnel files of the Wismut Company which consisted of

130 000 workers and provided personal and occupational data of sufficient detail for followup and for exposure estimation. In these files information on gender, year of first employment, the predominant place of work (underground, milling and processing, or surface) and the location of the mining facility (Thuringia or Saxony) were stored, whereas the corresponding detailed job histories were extracted from the original pay rolls. A stratified random sample of 64 311 workers was drawn.“

**Möhner et al. 2008:** “Detailed information on the occupational history of each study subject is a prerequisite for the application of the JEM. Therefore, the corresponding occupational records, stored in the personnel de-

partment of Wismut GmbH, have been processed and coded by ZeBWis. As well as the start and end dates of each occupational phase, the subject's job title and detailed information on the workplace/mining shaft were also captured. Finally, using software developed by BBG and DGUV<sup>19</sup>, annual exposure to the following materials was estimated for each subject and calendar year on the basis of the JEM: ...

The primary exposure estimate was calculated for he-wers, the job with the highest exposure level. The level of exposure for other mining jobs was estimated as a percentage in relation to a he-wer's exposure level. In total, the JEM provides exposure estimates for more than 500 workplaces and 750 job titles for up to 44 calendar years."

**Kreuzer et al. 2010:** „Radiation exposure was estimated by using a detailed job-exposure matrix (JEM) (Lehmann et al. 1998 [GGE: JEM-1]; HVBG and BBG 2005). The JEM includes information on exposure to radon and its progeny in working level month (WLM), external  $\gamma$  radiation in mSv and long lived radionuclides in kBq h m<sup>-3</sup> for each calendar year, each place of work (surface, open pit mining, underground, milling), each mining facility and each type of job."

**Möhner et al. 2010:** „Subsequently, this JEM [GGE: JEM-1] has been modified for scientific purposes (HVBG and BBG 2005). In the final version it covers annual exposure estimates not only to radon and its shortlived progeny, but also to longlived radionuclides (235U, 238U), their decay products, and to external gamma radiation. In total, the JEM provides annual exposure estimates for more than 500 workplaces

and 750 job titles for up to 44 calendar years (...). Different types of work were carried out at different locations (workplaces) with a wide range of exposure scenarios and exposure concentrations. ...

The application of this JEM requires detailed information on the occupational history of each study subject. This information was gathered from the corresponding occupational records, including start and end dates of each occupational phase, the subject's job title, and detailed information on the workplace/mining shaft. Finally, using the JEM, annual exposures to the three radiation components were estimated for each subject and calendar year."

Trotz dieser Angaben liegen, wie im Abschnitt 2.1 ausgeführt, bis 1990 öffentlich keine verwendbaren Individualdosen vor (Abbildung). Alle Strahlenexpositionen, die auf der jeweiligen JEM beruhen, sind Artefakte. Das gilt sowohl für Anerkennungsverfahren von Berufskrankheiten als auch für Forschungsvorhaben.

### 2.3 Empfehlungen zur Überprüfung von Expositionsdaten

Bender & Blettner gaben 2002 in einem Fachgespräch bei der Strahlenschutzkommission (SSK) zur Messfehlerproblematik der JEM folgende Stellungnahme ab:<sup>20</sup>

„Bei der Datenanalyse der WISMUT-Kohortenstudie spielen aufgrund der Expositionsberechnung über eine JEM Messfehler sowohl des klassischen wie auch des Berkson-Typs eine Rolle. Die Adäquatheit der in der JEM verwendeten mittleren Dosiswerte lassen sich nur über Sensitivitätsanalysen geeignet untersuchen. Hierfür ist ein

<sup>20</sup> Bender & Blettner 2002; siehe auch Seite 26 in Lehmann et al. 1998 und Seite 38 in Lehmann 1999, zitiert in Kapitel 5.1.1.2 von Eigenwillig 2011.

direkter Zugriff auf die JEM notwendig. Zur Berücksichtigung der Berkson-Fehler sollte ein praktikables Messfehlermodell entwickelt werden. Dazu sind weitere Untersuchungen notwendig, für die eine enge Zusammenarbeit von Statistikern und Experten der Dosimetrie erforderlich ist. Zur Validierung des Modells werden dringend die individuellen Expositionsmessungen in der Einheit WLM benötigt."

Die SSK empfahl 2003 für die Kohortenstudie bei Uranbergarbeitern der WISMUT:<sup>21</sup>

„Eine wesentliche Basis der Auswertung der Kohortenstudie stellt die Verwendung der durch den HVBG [GGE: HVBG = Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften] erstellten Job-Exposure-Matrix ‚Strahlung‘ (JEM) dar. Diese JEM beinhaltet derzeit keinerlei Angaben zur Unsicherheit der Abschätzungen.

Es wird daher die Einrichtung eines Expertengremiums empfohlen, das Informationen zur Unsicherheit der JEM erarbeitet bzw. Richtlinien zum Umgang damit entwickelt."

Diese Empfehlungen wurden bisher nicht befolgt.

### 3 Beispielhafte Aussagen in der internationalen Literatur zur Ermittlung von Strahlenexpositionen der Uranbergleute

Während die Strahlenexpositionen der WISMUT-Beschäftigten je Projekt durch arithmetische Mittelungen über mehrere Stufen für Hauer sowie Wichtungsfaktoren für andere Berufsgruppen festgelegt wurden, hat man die Strahlenexpositionen der französischen Bergleuten von vornherein individuell ermittelt.

Für die Kohorte der französischen Uranbergarbeiter wurden die Strahlenexpositionen

durch Rn und RnZP von 1946 bis 1955 retrospektiv von einer Expertengruppe geschätzt. Von 1956 bis 1982 wurden die RnZP-Expositionen für jeden Bergmann monatlich dokumentiert. Basis waren die am Aufenthaltsort und am Arbeitsplatz wöchentlich gemessenen Rn-Konzentrationen sowie geschätzte Gleichgewichtsfaktoren zwischen Rn und RnZP und die Aufenthaltszeit. Seit 1983 trug jeder Bergmann ein Gerät (Personendosimeter), mit dem für jeden Monat die RnZP-Exposition individuell bestimmt werden konnte.<sup>22</sup>

Bekannt ist, dass Unsicherheiten bei Strahlenexpositionen und Einflüsse dieser Unsicherheiten auf Risikoabschätzungen bewertet werden müssen.<sup>23</sup> Das wurde für die Strahlenexpositionen der Beschäftigten bei WISMUT unterlassen.<sup>24</sup> Auf unzureichende Versuche haben Allodji et al. 2012 hingewiesen:<sup>25</sup>

„Heidenreich et al (2004) also investigated uncertainties in the Colorado Plateau cohort. In the German cohort of uranium miners, Bender et al (2005) and Küchenhoff et al (2007) also examined the effects of uncertainty, but they considered cumulative RDP [GGE: RDP = radon decay product] exposure estimates only and not uncertainty associated with yearly exposure. Heidenreich et al (2004), Bender et al (2005), and Küchenhoff et al (2007) had no actual information about the magnitude of uncertainty and thus assumed arbitrary values. The actual size of uncertainty is thus unknown."

<sup>22</sup> Allodji et al. 2012

<sup>23</sup> Dory & Corkill 1984; DSMA Atcon 1985; SENES Consultants 1989; Dosemeci et al. 1990; Heinemann et al. 1992; Lubin et al. 1994

<sup>24</sup> z.B. Lehmann et al. 1998; Fußnote 2 auf Seite 33 und Fußnote 1 auf Seite 34 in Eigenwillig 2011

<sup>25</sup> Allodji et al. 2012; zitierte Autoren siehe Literaturverzeichnis.

<sup>19</sup> BBG = Bergbau-Berufsgenossenschaft; DGUV = Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung

<sup>21</sup> Punkt (4) in SSK 2003



Diese Kritik ist auch auf Veröffentlichungen von Möhner et al. 2008 und 2010 anwendbar.<sup>26</sup> Ferner unterstellten Möhner et al. 2010, die Profile der Strahlenexpositionen der WISMUT-Bergleute seien denen der Bergleute in den USA ähnlich, die im Uranerzbergbau des Colorado Plateaus arbeiteten. Das ist nur eine Vermutung der Autoren.

Allodji et al. erwähnen zahlreiche Studien, bei denen Unsicherheiten in bezug auf Abschätzungen der Strahlenexpositionen von Uranbergleuten nicht vorgenommen wurden. Zu diesen Studien gehören u.a. Veröffentlichungen, die die Bergleute der WISMUT betreffen: Grosche et al. 2006, Kreuzer et al. 2010, Schnelzer et al. 2010, Leuraud et al. 2011, van Dillen et al. 2011 und Walsh et al. 2011.<sup>27</sup>

Diese Aussage zu einigen Studien gilt allgemein für die Ergebnisse der Anerkennungsverfahren von Berufskrankheiten und der Forschung, da in jedem Fall die gleiche Basis für die JEM verwendet wird.

Allodji et al. nennen sechs Ursachen für Unsicherheiten in bezug auf Strahlenexpositionen durch Rn und RnZP, die bewertet werden müssen:

„Six primary sources contributing to the overall uncertainty in RDP exposure have been identified, namely: (1) natural variations of airborne radon gas concentrations; (2) precision of the measurement device; (3) approximation of equilibrium factor; (4) human error; (5) estimation of working time; and (6) recordkeeping and data transcription. The effects of some of these factors depend greatly on the dosimetric method used for exposure assessment, ...”

Diese sechs Ursachen für Unsicherheiten in bezug auf die

Strahlenexpositionen von französischen Uranbergarbeitern konnten von Allodji et al. bewertet werden.

Entsprechende Bewertungen liegen für die Strahlenexpositionen der Beschäftigten von WISMUT nicht vor. Daher sind die Ergebnisse der Anerkennungsverfahren von Berufskrankheiten und der Forschung nicht belastbar.

Deswegen ist in den Archiven der WISMUT eine detaillierte Sichtung und Bewertung der Messungen von Rn- und RnZP-Konzentrationen in der Grubenluft und der Strahlenexpositionen von WISMUT-Beschäftigten unbedingt notwendig. Es liegen offensichtlich detailliertere Datensätze vor, als bisher öffentlich bekannt sind; denn in der Chronik der WISMUT wird ausgeführt:<sup>28</sup>

„In der WISMUT existiert daher eine umfangreiche Datenbasis, die es gestattet, wichtige Informationen und Hinweise für die Einschätzung der Strahlenexposition auch der früheren Jahre zu erhalten. Für die ersten Jahre sind Übersichten zu den Betrieben vorhanden, mit Angaben der Radonkonzentrationen, differenziert nach Sohlen, unterteilt nach Ausrichtung, Vorrichtung und Abbau.“

„In den Angaben enthalten sind: Anzahl der Messungen, maximaler/minimaler Wert, arithmetisches Mittel. Allerdings lassen sich aus diesen Angaben allein nur grobe Abschätzungen der tatsächlichen individuellen Strahlenexposition in der betreffenden Zeit ableiten. Für die Zeit ab den 70er Jahren ist die individuelle Belastungskartei der gesicherte Fundus für die Einschätzung der Strahlenexposition.“

#### Literatur

Allodji RS, Leuraud K, Bernhard S, Henry S, Bénichou J, Laurier D (2012) Assessment of uncer-

tainty associated with measuring exposure to radon and decay products in the French uranium miners cohort. Journal of Radiological Protection 32, pages 85-100

Bender R, Blettner M (2002) Diskussion der Messfehlerproblematik durch die Verwendung einer Job-Exposure-Matrix (JEM). In: Stand der Forschung zu den „Deutschen Uranbergarbeiterstudien“, 1. Fachgespräch am 7./8. Mai 2001 in Sankt Augustin. SSK-Heft 32, Seiten 98-105 (2002). Herausgeber: Geschäftsstelle der Strahlenschutzkommission (SSK). Urban und Fischer Verlag, München. ISSN 0948-308X, ISBN 3-437-22167-1

Bender R, Augustin T, Blettner M (2005) Generating survival times to simulate Cox proportional hazards models. Statistics in Medicine 24, pages 1713-1723

Brüske-Hohlfeld I, Schaffrath Rosario A, Wölke G, Heinrich J, Kreuzer M, Kreienbrock L, Wichmann H.-E. (2006) Lung cancer risk among former uranium miners of the Wismut Company in Germany. Health Physics 90 (3), pages 208-216

Dory AB, Corkill DA (1984) Practical approach to retrospective estimation of radon daughter concentration in the underground mining environment. Occupational Radiation Safety in Mining, Volumes 1 and 2, Canadian Nuclear Association, Toronto, Canada, pages 182-188

Dosemeci M, Wacholder S, Lubin JH (1990) Does nondifferential misclassification of exposure always bias a true effect towards the null value? American Journal of Epidemiology 132 (4), pages 746-748

DSMA Atcon Limited (1985) Elliot Lake Study: Factors affecting the uranium mine working environment prior to the introduction of current ventilation practices. Atomic Energy Control Board, Ottawa, Canada. Info0154

Eigenwillig GG, Arndt D, Friedrich K, Haufe F, Korte KG, Lutze H, Wolf F (2000) Strahlenexposition und strahleninduzierte Berufskrankheiten am Beispiel WISMUT. Herausgeber: Eigenwillig GG, Ettenhuber E. Darlegung des Arbeitskreises Uranbergbau und radioaktive Altlasten (AKURA) des Fachverbandes für Strahlenschutz (FS). TÜV-Verlag GmbH, Köln. FS-00-112-AKURA, ISSN 1013-4506, ISBN 3- 8249-0610-4

Eigenwillig GG (2011) Der Uran

erzbergbau im Erzgebirge – die dadurch bedingten Strahlenexpositionen und Erkrankungen der Bergleute. Eine kritische Bewertung. Eigenverlag, Frankfurt. ISBN 978-3-00-031743-9

Grosche B, Kreuzer M (2003) Untersuchungen zum Gesundheitsrisiko durch Radon. Jahresbericht 2003 des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS), Seiten 13-16

Grosche B, Kreuzer M, Kreischer M, Schnelzer M, Tschense A (2006) Lung cancer risk among German male uranium miners: a cohort study, 1946-1998. British Journal of Cancer 95, pages 1280-1287

Heidenreich WF, Luebeck EG, Moolgavkar SH (2004) Effects of exposure uncertainties in the TSCE model and application to the Colorado miners data. Radiation Research 161(1), pages 72-81

Heinemann L, Martin K, Conrady J, Dahlke D, Hoeltz J, Potthoff P, Lehmann R, Möhner M, Stabenow R, Enderlein G (1992) Gesundheitsrisiken durch Strahlenexposition in den Südbezirken der ehemaligen DDR. Herausgeber: Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn. BMU-1992-354, ISSN 0724-3316

HVBG (Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften), BBG (Bergbau-Berufsgenossenschaft) (2005) Belastung durch ionisierende Strahlung, Staub und Arsen im Uranerzbergbau der ehemaligen DDR (Version 08/2005). BBG, Gera; HVBG, Sankt Augustin. (CD-Rom) – (nicht veröffentlicht)

Kreuzer M, Brachner A, Lehmann F, Martignoni K, Wichmann H.-E., Grosche B (2002) Characteristics of the German uranium miners cohort study. Health Physics 83 (1), pages 26-34

Kreuzer M, Kreischer M, Kandel M, Schnelzer M, Tschense A, Grosche B (2006) Mortality from cardiovascular diseases in the German uranium miners cohort study, 1946-1998. Radiation and Environmental Biophysics 45 (3), pages 159-166

Kreuzer M, Grosche B, Schnelzer M, Tschense A, Dufey F, Walsh L (2010) Radon and risk of death from cancer and cardiovascular diseases in the German uranium miners cohort study: followup 1946-2003. Radiation and En-

<sup>26</sup> Möhner et al. 2008 und 2010

<sup>27</sup> Allodji et al. 2012; zitierte Autoren siehe Literaturverzeichnis.

<sup>28</sup> Seiten 20 und 21 von Kapitel 1.8.2 in WISMUT 1999

Environmental Biophysics 49 (2), pages 177-185

Küchenhoff H, Bender R, Langner I (2007) Effects of Berkson measurement error on parameter estimates in Cox regression models. *Livetime Data Anal.* 13, pages 261-272

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

Lehmann F (1999) 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

Lehmann F (2004) JOB-EXPOSURE-MATRIX „Ionisierende Strahlung im Uranerzbergbau der ehemaligen DDR“ [Version 06/2003] – Erläuterungen zu einer lagerstätten- bzw. schachtbezogenen Spezifizierung – (nicht veröffentlicht)

Leuraud K, Schnelzer M, Tomasek L, Hunter N, Timarche M, Grosche B, Kreuzer M, Laurier D (2011) Radon, smoking and lung cancer risk: results of a joint analysis of three European case-control studies among uranium miners. *Radiation Research* 175, pages 375-387

Lubin JH, Boice JD, Edling C, Hornung RW, Howe G, Kunz E, Kusiak RA, Morrison HI, Radford EP, Samet JM, Timarche M, Woodward A, Xiang YS, Pierce DA (1994) Radon and lung cancer risk: A joint analysis of 11 underground miner studies. US Department of Health and Human Services, National Institutes of Health: NIH Publication No. 94-3644

Möhner M, Lindtner M, Otten H (2008) Ionizing radiation and risk of laryngeal cancer among German uranium miners. *Health Physics* 95 (6), pages 725-733

Möhner M, Gelissen J, Marsh JW, Gregoratto D (2010) Occupational and diagnostic exposure to ionizing radiation and leukemia risk among German

uranium miners. *Health Physics* 99 (3), pages 314-321

Richter S (1994) Einfluss von Mängeln/Verstößen in Wetterführung und Strahlenschutz auf die Strahlenexpositionen unter Tage. Liegt vor bei der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI) (früher: Bergbau-Berufsgenossenschaft – BBG), Gera – (nicht veröffentlicht)

Schnelzer M, Hammer GP, Kreuzer M, Tschense A, Grosche B (2010) Accounting for smoking in the radon-related lung cancer risk among German uranium miners: Results of a nested case-control study. *Health Physics* 98 (1), pages 20-28

Schramm M (2011) Strahlenschutz im Uranbergbau. In: Boch R, Karlsch R (Herausgeber), Uranbergbau im Kalten Krieg – Die Wismut im sowjetischen Atomkomplex, Band 1. Ch. Links Verlag, Berlin. ISBN 978-3-86153-653-6

SENEC Consultants Limited (1989) Uncertainty in exposure of underground miners to radon daughters and the effect of uncertainty on risk estimates. Atomic Energy Control Board, Ottawa, Canada. Info-0334

SSK (Strahlenschutzkommission) (2003) Zum Stand der Auswertung der Deutschen Kohortenstudie bei Uranbergarbeitern der Wismut. – Stellungnahme der Strahlenschutzkommission. Verabschiedet auf der 188. Sitzung der SSK am 02./03.12.2003. Veröffentlichungen der SSK, Band 52, Seiten 297-301, Elsevier Urban & Fischer, München. ISBN 3-437-22326-7

van Dillen T, Dekkers F, Bijwaard H, Kreuzer M, Grosche B (2011) Lung cancer from radon: a two-stage model analysis of the WISMUT Cohort, 1955-1998. *Radiation Research* 175, pages 119-130

Walsh L, Dufey F, Möhner M, Schnelzer M, Tschense A, Kreuzer M (2011) Differences in baseline lung cancer mortality between the German uranium miners cohort and the population of the former German Democratic Republic (1960-2003). *Radiation and Environmental Biophysics* 50, pages 57-66

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

# Strahlentelex mit ElektrosmogReport

## ✂ ABONNEMENTSBESTELLUNG

An Strahlentelex mit ElektrosmogReport  
Th. Dersee, Waldstr. 49, D-15566 Schöneiche b. Berlin

Name, Adresse:

**Bitte teilen Sie Adressenänderungen künftig rechtzeitig selbst mit, und verlassen Sie sich bitte nicht auf die Übermittlung durch die Post. Vielen Dank.**

Ich möchte zur Begrüßung kostenlos folgendes Buch aus dem Angebot (siehe unter [www.strahlentelex.de/Abonnement.htm](http://www.strahlentelex.de/Abonnement.htm)):

Ich/Wir bestelle/n zum fortlaufenden Bezug ein Jahresabonnement des **Strahlentelex mit ElektrosmogReport** ab der Ausgabe Nr. \_\_\_\_\_ zum Preis von EURO 78,00 für 12 Ausgaben jährlich frei Haus. Ich/Wir bezahlen nach Erhalt der ersten Lieferung und der Rechnung. Dann wird das **Strahlentelex mit ElektrosmogReport** weiter zugestellt. Im Falle einer Adressenänderung darf die Deutsche Bundespost - Postdienst meine/unsere neue Anschrift an den Verlag weiterleiten.  
Ort/Datum, Unterschrift:

**Vertrauensgarantie:** Ich/Wir habe/n davon Kenntnis genommen, daß ich/wir das Abonnement jederzeit und ohne Einhaltung irgendwelcher Fristen kündigen kann/können.  
Ort/Datum, Unterschrift:

**Strahlentelex mit ElektrosmogReport** • Informationsdienst • Th. Dersee, Waldstr. 49, D-15566 Schöneiche b. Berlin, ☎ 030 / 435 28 40, Fax 030 / 64 32 91 67. eMail: [Strahlentelex@t-online.de](mailto:Strahlentelex@t-online.de), <http://www.strahlentelex.de>

**Herausgeber und Verlag:** Thomas Dersee, Strahlentelex.

**Redaktion Strahlentelex:** Thomas Dersee, Dipl.-Ing. (verantw.), Dr. Sebastian Pflugbeil, Dipl.-Phys.

**Redaktion ElektrosmogReport:** Isabel Wilke, Dipl.-Biol. (verantw.), c/o Katalyse e.V. Abt. Elektrosmog, Volksgartenstr. 34, D-50677 Köln, ☎ 0221/94 40 48-0, Fax 0221/94 40 48-9, eMail: [i.wilke@katalyse.de](mailto:i.wilke@katalyse.de), <http://www.elektrosmogreport.de>

**Wissenschaftlicher Beirat:** Dr.med. Helmut Becker, Berlin, Dr. Thomas Bigalke, Berlin, Dr. Ute Boikat, Bremen, Prof. Dr.med. Karl Bonhoeffer, Dachau, Prof. Dr. Friedhelm Diel, Fulda, Prof. Dr.med. Rainer Frentzel-Beyme, Bremen, Dr.med. Joachim Großhennig, Berlin, Dr.med. Ellis Huber, Berlin, Dipl.-Ing. Bernd Lehmann, Berlin, Dr.med. Klaus Lischka, Berlin, Prof. Dr. E. Randolph Lochmann †, Dipl.-Ing. Heiner Matthias †, Dr. Werner Neumann, Altenstadt, Dr. Peter Plieninger, Berlin, Dr. Ernst Rößler, Berlin, Prof. Dr. Jens Scheer †, Prof. Dr.med. Roland Scholz †, Priv.-Doz. Dr. Hilde Schramm, Berlin, Jannes Kazuomi Tashiro, Kiel.

**Erscheinungsweise:** Jeden ersten Donnerstag im Monat.

**Bezug:** Im Jahresabonnement EURO 78,- für 12 Ausgaben frei Haus. Einzelexemplare EURO 7,80, Probeexemplar kostenlos.

**Druck:** Bloch & Co. GmbH, Prinzessinnenstraße 26, 10969 Berlin.

**Vertrieb:** Datenkontor, Ewald Feige, Körtestraße 10, 10967 Berlin.

Die im Strahlentelex gewählten Produktbezeichnungen sagen nichts über die Schutzrechte der Warenzeichen aus.

© Copyright 2013 bei Thomas Dersee, Strahlentelex. Alle Rechte vorbehalten. ISSN 0931-4288