

2. Radioaktive Stoffe aus Uranbergbauanlagen ***(Radioactive substances from uranium mining facilities)***

Bearbeitet vom Bundesamt für Strahlenschutz, Fachbereich Angewandter Strahlenschutz, Berlin

2.1 Allgemeine Angaben über die Sanierungsbetriebe der Wismut GmbH und die Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe ***(General data on the remediation facilities of the Wismut GmbH and the monitoring of discharges of radioactive substances)***

Nach Wiederherstellung der deutschen Einheit und Stilllegung der bis 1990 noch aktiven Uranerzbergbau- und Aufbereitungsbetriebe der SDAG Wismut wurden die zur SDAG Wismut gehörenden Betriebe in der Wismut GmbH in drei Sanierungsbetrieben zusammengeführt, deren Aufgabe in der Beseitigung der Hinterlassenschaften und der Sanierung der Betriebsflächen besteht. So befindet sich der Sanierungsbetrieb (SB) Aue mit den Betriebsteilen Schlema-Alberoda und Pöhla sowie der SB Königstein mit den Standorten Königstein und Gittersee im Freistaat Sachsen; der SB Ronneburg, zu dem die Betriebsteile Ronneburg, Seelingstädt und Crossen gehören, liegt im Freistaat Thüringen.

In der übertägigen Sanierungstätigkeit konzentrierte sich die Wismut GmbH auch im Jahre 2001 auf die Haldensanierung (z. B. Weiterführung der Arbeiten an der Halde Beerwalde und an der Halde 38neu/208 in Schlema), auf die Fortführung der Verfüllung des Tagebaurestloches bei Ronneburg, auf den Abbruch von Gebäuden und die Demontage von Anlagen, auf die Sanierung von kontaminierten Betriebsflächen und Absetzanlagen der Erzaufbereitung. Bei der Sanierung dieser Absetzanlagen wurden ca. 436 Hektar freigefallene Spülstrände mit einer Zwischenabdeckung versehen. Im Vorfeld dieser Arbeiten wurden im Jahr 2001 4,24 Mio. m³ Freiwasser entfernt, gereinigt und in die jeweiligen Vorfluter abgegeben.

Nachdem die untertägigen Sanierungsarbeiten in Thüringen bereits im Jahre 2000 weitestgehend beendet waren, wurde 2001 die Flutung der Grubenfelder fortgesetzt. Im westsächsischen Bergbauggebiet Aue/Schlema, in dem die Flutung bereits 1991 eingeleitet wurde, waren Ende 2001 rund 33 Mio. m³ Grubenhohlraum geflutet. Im ostsächsischen Bergbauggebiet bei Königstein wurde 2001 nach knapp zehnjährigen unter- und übertägigen Sanierungsarbeiten, die u. a. auch zum Schutz eines über der Lagerstätte befindlichen Grundwasserleiters erforderlich waren, mit der Flutung der Grube begonnen.

Bezogen auf den Gesamtumfang der Sanierungsarbeiten sind mit den im Jahr 2001 erreichten Fortschritten nunmehr:

- 97% der Grubenbaue abgeworfen,
- 96% der Schächte und Tagesöffnungen verfüllt,
- 86% der tagesnahen Grubenbaue verwahrt,
- 85% der Anlagen/Gebäude abgebrochen,
- 59% der Halden abgelagert/umgelagert,
- 42% der Halden abgedeckt,
- 60% des Tagebaus Lichtenberg verfüllt,
- 63% der Absetzanlagen zwischenabgedeckt,
- 35% der Flächen saniert.

Bei den Sanierungsarbeiten werden mit Genehmigung der zuständigen Behörden vor allem Radionuklide der Uran-/Radiumzerfallsreihe mit der Abluft oder den Abwettern bzw. mit den Schacht- oder Abwässern in die Umwelt abgeleitet. Die Genehmigungen enthalten sowohl Festlegungen über die bei den Ableitungen einzuhaltenden jährlichen Abgabemengen als auch einzuhaltende Maximalkonzentrationen für einzelne Radionuklide.

Die Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Abwettern/Abluft und Abwasser sowie die Überwachung der Konzentration dieser radioaktiven Stoffe in den Umweltmedien Luft, Boden, Lebens- und Futtermittel, Wasser und Sedimente erfolgt seit 1997 nach den Vorgaben der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung bei bergbaulichen Tätigkeiten (REI Bergbau). Die Kontrolle der Emissions- und

Immissionsüberwachung der Wismut GmbH wird von unabhängigen Messstellen vorgenommen, die von den zuständigen Landesbehörden beauftragt werden.

Über die Emissions- und Immissionsüberwachung nach der REI Bergbau hinaus führt die Wismut GmbH ein umfangreiches Monitoring durch, das an den jeweiligen Stand der Sanierungsarbeiten angepasst wird. Aufgabe dieses Monitorings ist sowohl die Überwachung der Schutzgüter Boden, Wasser und Luft als auch die Überwachung geotechnischer, bergschadenkundlicher und seismischer Besonderheiten in den betroffenen Regionen.

2.2 Ableitung radioaktiver Stoffe mit Abwettern/Abluft und Abwasser infolge der Tätigkeit der Wismut GmbH (Emissionen)

(Discharge of radioactive substances with exhaust air and waste water as a result of the activities of the Wismut GmbH - Emissions)

Bei den Ableitungen von radioaktiven Stoffen mit den Abwettern und der Abluft wurden die Genehmigungswerte auch 2001 nicht überschritten. In Tabelle 2.2-1 wurden die aus den Betrieben im Jahr 2001 insgesamt in die Atmosphäre abgeleiteten Mengen radioaktiver Stoffe zusammengestellt. Im Vergleich mit den Vorjahren haben sich die Ableitungen mit Abwetter- bzw. Abluft weiter verringert. Im Jahr 2001 stellte der Betriebsteil Ronneburg - wie im Vorjahr schon der Betriebsteil Seelingstädt - die Ableitung radioaktiver Stoffe mit Abwettern/Abluft ein.

Tabelle 2.2-1 Ableitung radioaktiver Stoffe mit Abwettern/Abluft in die Atmosphäre 2001
(Messwerte der Wismut GmbH, behördlich festgelegte Werte in Klammern)
(Discharge of radioactive substances into the atmosphere with exhaust air 2001 - Values measured by the Wismut GmbH; the official values are indicated in brackets)

Betriebsteile der Sanierungsbetriebe	Anzahl der Abwetterschächte und Wetterbohrlöcher	Abwetter- bzw. Abluftmengen (10 ⁹ m ³ /a)	Ableitung radioaktiver Stoffe			
			Rn-222 (TBq/a)		Langlebige α-Strahler (MBq/a)	
Schlema/Alberoda	1	1,4 (-)	96	(240)	2,6	(10)
Pöhl	2	0,466 (-)	0,31	(0,8)	0,7	(1,0)
Dresden-Gittersee	1	0,1 (-)	0,12	(1,6)	a)	(1,6)
Königstein	8	12,2 (-)	220	(315)	2	(88,5)
Ronneburg b)	-	- (-)	-	(-)	-	(-)
Seelingstädt c)	-	- (-)	-	(-)	-	(-)

a) Nach Auskunft der zuständigen Landesbehörde wurden diese Emissionen wegen Werten unter der Nachweisgrenze nicht bilanziert.

b) Ableitung mit Abwettern/Abluft im Jahr 2000 eingestellt

c) Ableitung mit Abwettern/Abluft im Jahr 2001 eingestellt

Die im Jahr 2001 insgesamt in die Vorfluter abgeleiteten Mengen radioaktiver Stoffe wurden in Tabelle 2.2-1 zusammengestellt. Die Jahrgenehmigungswerte wurden ausnahmslos eingehalten.

Tabelle 2.2-2 Ableitung radioaktiver Stoffe mit den Abwässern in die Oberflächengewässer 2001
(Messwerte der Wismut GmbH, behördlich festgelegte Werte in Klammern)
(Discharge of radioactive substances into surface waters with waste waters for the year 2001 - Values measured by the Wismut GmbH; the official values are indicated in brackets)

Betriebs- teile der Sanierungs- betriebe	Abwassermenge (10 ⁶ m ³ /a)		Ableitung radioaktiver Stoffe			
			Uran (t/a)		Ra-226 (GBq/a)	
Einleitung in Zwickauer Mulde,	7,839	(-)	2,1623	(7,385)	0,212	(4,054)
davon: Schlema/Alberoda	6,072	(-)	2,032	(7,21)	0,168	(3,791)
Crossen	1,594	(-)	0,126	(-)	0,028	(-)
Pöhla	0,173	(-)	0,0043	(0,175)	0,016	(0,263)
Einleitung in Elbe,	3,581	(5,957)	0,342	(3,2)	0,494	(11,0)
davon: Dresden-Gittersee	-	(-)	-	(-)	-	(-)
Königstein	3,581	(5,957)	0,342	(3,2)	0,494	(11,0)
Einleitung in Pleiße	0,212	(0,45)	0,0263	(0,195)	0,0061	(0,076)
Ronneburg	0,212	(0,45)	0,0263	(0,195)	0,0061	(0,076)
Einleitung in Weiße Elster,	2,65	(5,07)	0,2402	(2,299)	0,0073	(1,533)
Davon: Ronneburg	-	(-)	-	(-)	-	(-)
Seelingstädt	2,65	(5,07)	0,2402	(2,299)	0,0073	(1,533)

2.3 Überwachung der Konzentrationen radioaktiver Stoffe in den Umweltmedien in der Umgebung der Sanierungsbetriebe (Immissionen)

(Monitoring of the concentrations of radioactive substances in environmental media from areas in the vicinity of remediation facilities - Immissions)

Im Folgenden werden die Radon-222-Konzentrationen in der bodennahen Luft und die Urankonzentrationen und Radium-226-Aktivitätskonzentrationen in Oberflächengewässern betrachtet, die durch die Sanierungstätigkeiten der Wismut GmbH beeinflusst werden können.

2.3.1 Radon-222-Konzentrationen in der bodennahen Luft

(Radon-222 concentrations in air close to ground level)

Zur Überwachung der Luft werden Messstellen zur Ermittlung der Radon-222-Konzentration der bodennahen Atmosphäre betrieben. Die Messnetze gewährleisten nicht nur eine Kontrolle der Auswirkungen von Ableitungen, sie dienen auch zur Erfassung der aus Freisetzungen resultierenden Umweltkontamination und zur Kontrolle der Auswirkungen der Sanierungsarbeiten.

Für die Beurteilung der Gesamtstrahlenexposition in der Umgebung der Bergbauanlagen sind nicht nur die genehmigten Ableitungen von Radon zu betrachten, sondern auch das aus den deponierten Materialien freigesetzte Radon. Die aus den bergbaulichen Außenanlagen (vor allem Industrielle Absetzanlagen und Halden) freigesetzte Radonmenge kann aus der bekannten Ra-226-Konzentration der Materialien abgeschätzt werden.

Unter Zugrundelegung einer normierten Freisetzungsrates (1 Bq Rn-222/m² · sec pro Bq Ra-226/g Material) ergibt sich eine theoretisch mögliche Radonfreisetzung von ca. 2 · 10¹⁵ Bq pro Jahr. Es ist dabei zu beachten, dass diese Radonfreisetzung für die Situation vor Beginn der Sanierungstätigkeiten abgeschätzt wurde; sie hat sich infolge der bereits abgeschlossenen Maßnahmen verringert.

Die Langzeitmessungen zur Überwachung der Radonkonzentration (Rn-222) in der bodennahen Atmosphäre wurden in den Bergbaugebieten auch im Jahr 2001 fortgeführt. In Tabelle 2.3.1-1 sind die Ergebnisse der von der Wismut GmbH durchgeführten Überwachung an bergbaulich beeinflussten Messstellen zusammengefasst. Die hier aufgeführten teilweise hohen Maximalwerte der Rn-222-Konzentration sind auf die Tatsache zurückzuführen, dass sich einige Messpunkte auf oder in unmittelbarer Nähe von Anlagen (z. B. Abwetterschächten) und Betriebsflächen befinden.

Tabelle 2.3.1-1 Radon-222-Konzentration in der bodennahen Atmosphäre in Bq/m³ an bergbaulich beeinflussten Messstellen (Winter 2000/01 und Sommer 2001; Messwerte der Wismut GmbH)

(Radon-222 concentrations in the atmosphere close to ground level in Bq/m³ at sampling locations influenced by mining activities - Winter 2000/01 and summer 2001; Values measured by the Wismut GmbH)

Gebiet	Anzahl der Messstellen	Anzahl der Messstellen mit Werten			Maximum in Bq/m ³
		≤ 30 Bq/m ³	31 - 80 Bq/m ³	> 80 Bq/m ³	
Winter 2000/2001					
Schlema/Alberoda	64	14	37	13	490
Pöhla	15	9	6	0	66
Seelingstädt	25	10	15	0	60
Crossen	36	5	31	0	78
Königstein	14	10	4	0	50
Gittersee	19	17	2	0	42
Ronneburg	43	21	22	0	42
Sommer 2001					
Schlema/Alberoda	65	22	35	8	1500
Pöhla	17	14	2	1	190
Seelingstädt	25	11	14	0	66
Crossen	35	10	24	1	110
Königstein	16	11	4	1	190
Gittersee	20	13	7	0	47
Ronneburg	42	27	15	0	49

In Tabelle 2.3.1-2 sind die Ergebnisse der von der Wismut GmbH durchgeführten Überwachung der bergbaulich nicht beeinflussten Messstellen zusammengefasst. Die an diesen Messstellen ermittelten Rn-222-Konzentrationen repräsentieren den lokalen natürlichen Konzentrationspegel der jeweiligen Bergbaugebiete und können deshalb als Vergleichswerte zur Beurteilung des Sanierungserfolges herangezogen werden.

Tabelle 2.3.1-2 Radon-222-Konzentration in der bodennahen Atmosphäre in Bq/m³ an bergbaulich nicht beeinflussten Messstellen (Mittelwerte 1991 – 2001 und Schwankungsbreite der Mittelwerte der einzelnen Jahre; Messwerte der Wismut GmbH)

(Radon-222 concentrations in the atmosphere close to ground level in Bq/m³ at sampling locations not influenced by mining activities (mean values 1991 - 2001 and range of variation of the mean values for the individual years; Values measured by the Wismut GmbH)

Gebiet	Rn-222 (Bq/m ³)					
	Winter			Sommer		
	Minimum	Maximum	Mittelwert 1991 – 2001	Minimum	Maximum	Mittelwert 1991 – 2001
Schlema/Alberoda	23	40	30	27	47	34
Pöhla	14	35	21	19	28	24
Seelingstädt	18	39	25	19	37	26
Crossen	19	35	26	17	34	24
Königstein	14	31	21	17	36	26
Gittersee	18	33	26	24	43	32
Ronneburg	14	40	27	20	37	28

Für die Untersuchung der Strahlenexposition durch Radon-222 werden seit 1991 auch vom Bundesamt für Strahlenschutz Untersuchungen zur Ermittlung und Bewertung der Radon-222-Konzentrationen in der bodennahen Freiluft durchgeführt. Mit den Messungen sollen Aussagen darüber gewonnen werden, inwieweit die bergbaulichen Objekte durch Radon-222-Freisetzung das natürliche Konzentrationsniveau des Gebietes beeinflussen und zur Strahlenexposition der in der Umgebung lebenden Bevölkerung beitragen. In der Tabelle 2.3.1-3 sind die Ergebnisse der vom BfS durchgeführten Untersuchungen dargestellt. Berücksichtigt wurden hier nur die Messpunkte, die sich in ständig bewohnten Gebieten befinden. In diesen Gebieten sind auf Grund der geologischen Bedingungen (oberflächennah anstehende geologische Formationen mit einer höheren spezifischen Aktivität der Radionuklide der Uran-/Radiumzerfallsreihe) und wegen der orographischen Gliederung des Geländes (Tallagen) natürlicherweise auch über dem Landesdurchschnitt liegende Radonkonzentrationen in der bodennahen Luft zu erwarten. Die in den Gebieten Aue/Schlema, Freital, Johanngeorgenstadt und Lengenfeld gemessenen Maximalwerte stammen von Messpunkten, die sich in unmittelbarer Nähe bergbaulicher Anlagen befinden.

Tabelle 2.3.1-3 Halbjahreswerte der Radon-222-Konzentration in der bodennahen Atmosphäre in Siedlungsgebieten in Bq/m³ (Winter 2000/2001 und Sommer 2001)
(*Half-yearly values for radon-222 concentrations in the atmosphere close to ground level in residential areas in Bq/m³ in the winter of 2000/2001 and summer of 2001*)

Gebiet	Anzahl der Messungen	Rn-222 (Bq/m ³)		
		Minimum	Maximum	Medianwert
Annaberg-Buchholz	57	10	44	18
Aue/Schlema	56	10	79	23
Crossen	66	9	45	17
Dittrichshütte	18	7	36	16
Freiberg	50	8	26	15
Freital	43	10	120	22
Gottesberg	12	16	58	28
Johanngeorgenstadt	103	7	710	26
Königstein	28	8	30	15
Lengenfeld	47	9	84	22
Marienberg	57	7	45	14
Mechelgrün-Zobes	12	10	34	15
Ronneburg	76	11	32	18
Seelingstädt	44	11	53	20
Zwickau	3	19	25	20

Um den natürlichen Radonkonzentrationspegel in den Bergbaugebieten zu ermitteln und auf diese Weise den Einfluss der Radonfreisetzungen aus den bergbaulichen Anlagen auf die Strahlenexpositionssituation in den Bergbaugebieten besser abschätzen zu können, wurde in Gebieten, in denen der Einfluss des Bergbaus auf den Radongehalt in der bodennahen Luft ausgeschlossen werden kann und in denen oberflächennah sehr ähnliche geologische Formationen vorkommen, eine Bestimmung der natürlichen Radonkonzentrationen in der bodennahen Luft durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen führen zu dem Schluss, dass die natürlichen Konzentrationen in derartigen Gebieten im Jahresmittel einen Wert von 80 Bq/m³ nicht überschreiten.

Insgesamt ergibt sich aus den Messungen, dass in großen Teilen der Bergbaugebiete mittlere Radonkonzentrationen gemessen wurden, die zwar über den für große Gebiete Nord- und Mitteldeutschlands charakteristischen Aktivitätswerten von 10 bis 15 Bq/m³ liegen, die aber auch in den Gebieten ohne bergbaulichen Einfluss in ähnlicher Höhe festgestellt wurden und deshalb offensichtlich z. T. natürlichen Ursprungs sind. Bergbaubedingt erhöhte Konzentrationen treten in der unmittelbaren Nähe von Abwetterschächten, an großen Halden oder an Absetzanlagen der Erzaufbereitung auf. Durch Messungen wurde bestätigt, dass die Radonkonzentration in der bodennahen Luft mit zunehmender Entfernung von bergbaulichen Anlagen, aus denen Radon freigesetzt wird, rasch abnimmt. Über dem regionalen natürli-

chen Niveau liegende Radonkonzentrationen treten nur in einem eng begrenzten Gebiet um die bergbaulichen Anlagen auf.

Aus den in der Umgebung gemessenen Radonkonzentrationen ergibt sich eine Strahlenexposition, bei der nicht zwischen Beiträgen von bergbaulichen Anlagen und von natürlicherweise aus Böden und Gesteinen freigesetztem Radon unterschieden werden kann. Da die natürlicherweise auftretenden Konzentrationen vor Inbetriebnahme der Bergbaubetriebe nicht gemessen worden sind, kann der Nachweis, dass die gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerte der Strahlenexposition eingehalten worden sind, nur durch Berechnung aus den Ableitungen radioaktiver Stoffe erbracht werden. Diese Berechnungen ergaben, dass durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit den Abwettern nur Strahlenexpositionen unterhalb der zulässigen Grenzwerte resultieren, die sich aus den Übergangsbestimmungen der neuen StrlSchV § 118 zur Fortgeltung der VOAS bei Sanierungstätigkeiten ergeben.

2.3.2 Überwachung der Urankonzentrationen und Radium-226-Aktivitätskonzentrationen in Oberflächengewässern (Monitoring of uranium and radium-226 activity concentrations in surface waters)

Die Überwachung der Urankonzentrationen und Radium-226-Aktivitätskonzentrationen wird in allen Oberflächengewässern durchgeführt, in die radioaktive Ableitungen erfolgen. Zur Ermittlung des bergbaulichen Einflusses werden die Immissionsmessungen der Wismut GmbH vor und nach der betrieblichen Einleitung vorgenommen.

In wichtigen Vorflutern wurden die in Tabelle 2.3.2-1 angegebenen Werte bestimmt. In den übrigen durch die Ableitung radioaktiver Stoffe betroffenen Vorflutern liegen die Uran- und Radiumkonzentrationen in den gleichen Konzentrationsbereichen.

Tabelle 2.3.2-1 Medianwerte der jährlichen Uran- und Radiumkonzentrationen in den Vorflutern sächsischer und thüringischer Bergbauggebiete 2001 (Messwerte der Wismut GmbH)
(Median values for annual uranium and radium concentrations in the receiving streams of mining areas in Saxony and Thuringia in the year 2001; Values measured by the Wismut GmbH)

Betrieb	Probenahmestelle	Uran mg/l	Radium-226 mBq/l
Sächsische Bergbauggebiete			
Königstein	Quellgebiet Eselsbach	0,024	17
	Eselsbach nach Einmündung Teufelsgrundbach	0,177	17
	Elbe Rathen	0,002	10
Gittersee	Kaitzbach vor Halde	0,021	23
	Kaitzbach nach Einleitung	0,026	14
Aue	Zwickauer Mulde in Aue	0,002	15
	Zwickauer Mulde bei Hartenstein	0,010	17
Pöhla	Luchsbach vor Schachtanlage	0,001	10
	Luchsbach nach WBA-Auslauf	0,030	38
Crossen	Zwickauer Mulde Wehr Mühlgraben	0,010	13
	Zwickauer Mulde Brücke Schlunzig	0,014	14
	Helmsdorfer Bach	0,18	20
	Zinnborn	0,79	107
Thüringer Bergbauggebiete			
Seelingstädt	Weißer Elster aus dem Oberlauf	0,003	10
	Weißer Elster nach Einmündung Pöltzbach	0,007	10
	Lerchenbach	0,121	10
	Fuchsbach unterhalb IAA	0,046	10
	Weißer Elster nach Einmündung Fuchsbach	0,007	10
Ronneburg	Gessenbach	0,025	10
	Sprotte	0,009	10
	Wipse	0,019	12
	Weißer Elster	0,008	10

Mit Werten der Urankonzentration zwischen 1 und 3 µg/l und Aktivitätskonzentrationen zwischen 10 und 15 mBq/l für Radium-226 liegen die im Oberlauf von Wismut-Einleitungen gemessenen Werte im Bereich des allgemeinen geogenen Niveaus, das in Oberflächengewässern der Bundesrepublik Deutschland ermittelt wurde. Im Unterlauf von Wismut-Einleitungen wurden in den großen Vorflutern Elbe, Zwickauer Mulde und Weiße Elster Werte der Urankonzentration ermittelt, die gegenüber diesem allgemeinen geogenen Niveau um bis zu einer Größenordnung erhöht sind (2 - 14 µg/l). Die Werte der Radium-226-Aktivitätskonzentration liegen mit Werten zwischen 10 und 17 mBq/l im Bereich des allgemeinen geogenen Niveaus. In Unterlauf kleinerer Bäche, die eine wesentlich geringere Wasserführung aufweisen, wird das allgemeine geogene Niveau dagegen um bis zu einer Größenordnung (Radium-226; Werte zwischen 10 und 107 mBq/l) oder zwei Größenordnungen (Uran; Werte zwischen 9 und 790 µg/l) überschritten. Daraus resultiert jedoch keine Gefährdung, da weder das Wasser der Bäche noch der genannten Vorfluter für Trinkwasserzwecke genutzt wird.