

## TEIL B AKTUELLE DATEN UND DEREN BEWERTUNG

*(CURRENT DATA AND THEIR EVALUATION)*

### I NATÜRLICHE UMWELTRADIOAKTIVITÄT *(NATURAL ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY)*

Bearbeitet vom Bundesamt für Strahlenschutz

**1. Natürliche Umweltradioaktivität  
(Natural environmental radioactivity)**

Die natürliche Strahlenexposition in Deutschland zeigt große regionale Unterschiede. Diese sind bedingt durch die unterschiedlichen Gehalte des Erdbodens an Uran, Thorium und K-40 (terrestrische Strahlung), durch die unterschiedliche Meereshöhe (kosmische Strahlung), durch die unterschiedlichen Konzentrationen des radioaktiven Edelgases Radon in der Atemluft und die regional unterschiedliche Aufnahme natürlich radioaktiver Stoffe mit der Nahrung und dem Trinkwasser. Dies führt, wie in Teil A - I erläutert, insgesamt zu einer jährlichen Exposition von etwa 2 bis 3 mSv. Gegenüber den regionalen Schwankungen sind die Unterschiede der Exposition von Jahr zu Jahr gering. Im Berichtsjahr wurden keine Untersuchungen unternommen, die die natürliche Komponente der Strahlenexposition weiter differenzieren.

**2. Zivilisatorisch veränderte natürliche Umweltradioaktivität  
(Technologically enhanced natural environmental radioactivity)**

**2.1 Hinterlassenschaften und Rückstände aus Bergbau und Industrie  
(Relics and residues of mining and industry)**

**Hinterlassenschaften der Uranproduktion in Sachsen und Thüringen**

Bei den Sanierungsarbeiten der Wismut GmbH werden mit Genehmigung der zuständigen Behörden vor allem Radionuklide der Uran-/Radiumzerfallsreihe mit der Fortluft bzw. mit den Schacht- oder Abwässern in die Umwelt abgeleitet. Nachfolgend wird ein Überblick über die Emissions- und Immissionsituation in den betroffenen Regionen gegeben, der auf ausgewählten Daten aus der Umweltüberwachung nach der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung bei bergbaulichen Tätigkeiten (REI-Bergbau) beruht.

Detailinformationen über die Sanierungstätigkeit und die Ergebnisse der Umweltüberwachung geben die jährlichen Umweltberichte der Wismut GmbH ([www.wismut.de](http://www.wismut.de)).

**2.1.1 Ableitung radioaktiver Stoffe mit Fortluft<sup>1</sup> 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)**

In Tabelle 2.1.1-1 sind die Fortluftmengen und die Ableitungen radioaktiver Stoffe aller Wismut-Sanierungsbetriebe in den Jahren von 1998 bis 2008 zusammengestellt. Die Tabelle zeigt, dass die Ableitungen mit der Fortluft insgesamt seit Jahren deutlich unter den - in Klammern angegebenen - genehmigten Werten liegen und kontinuierlich abnehmen. Der 2008 zu verzeichnende Anstieg der Rn-222-Ableitungen ist auf erhöhte Ableitungen am Standort Schlema/Alberoda zurückzuführen.

In Tabelle 2.1.1-2 ist diese Gesamtentwicklung für die Jahre 2007 und 2008 auf die einzelnen Standorte der Wismut-Sanierung aufgeschlüsselt. Es wurden die aus den Betrieben in den beiden Jahren insgesamt in die Atmosphäre abgeleiteten Mengen radioaktiver Stoffe zusammengestellt. Während in Dresden-Gittersee und Königstein die Ableitungen auf dem Niveau des Vorjahres liegen, hat sich am Standort Schlema/Alberoda die Jahresableitung an Radon gegenüber dem Vorjahr um etwa 30% erhöht. Ursache hierfür ist die vollständige Anbindung des östlichen/nordöstlichen Grubenfeldes einschließlich des Markus-Semmler-Stollens an den Abwetterschacht 382 nach der Beendigung der Aufwältigungs- und Rekonstruktionsarbeiten in diesem Gebiet im Dezember 2007. An den Thüringer Standorten Ronneburg, Seelingstädt und im sächsischen Pöhla konnten die Ableitungen völlig eingestellt werden. Die gesamten Ableitungen sowohl von Rn-222 als auch der langlebigen  $\alpha$ -Strahler werden fast ausschließlich von den Standorten Schlema/Alberoda und Königstein verursacht.

**Tabelle 2.1.1-1 Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft in die Atmosphäre im Zeitraum 1998 bis 2008 (Messwerte der Wismut GmbH)  
(Discharge of radioactive substances into the atmosphere with exhaust air during the period from 1998 to 2008 – Values measured by the Wismut GmbH)**

Zeitraum	Fortluftmengen in $10^9 \text{ m}^3/\text{a}$	Gesamte Ableitung radioaktiver Stoffe			
		Rn-222 in TBq/a *		Langlebige $\alpha$ -Strahler in MBq/a *	
1998	22,1	664,7	(1.201,1)	31,3	(137,1)
1999	20,8	491,3	(926,2)	30,3	(107,4)
2000	18,3	380,4	(798,2)	10,0	(99,9)
2001	14,2	316,4	(557,4)	5,3	(101,1)
2002	11,8	260,5	(447,4)	13,9	(101,1)

<sup>1</sup> Hier sind im Wesentlichen Abwetter von Untertage gemeint

Zeitraum	Fortluftmengen in 10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /a	Gesamte Ableitung radioaktiver Stoffe			
		Rn-222 in TBq/a *		Langlebige α-Strahler in MBq/a *	
2003	8,6	168,4	(298,4)	13,2	(83,1)
2004	8,3	147,3	(268,1)	14,0	(82,9)
2005	7,9	105,3	(298,1)	14,7	(79,9)
2006	6,2	80,3	(268,0)	6,53	(78,3)
2007	5,0	65,2	(269,0)	5,4	(78,4)
2008	3,6	92,9	(267,6)	4,9	(77,8)

\* Genehmigungswerte in Klammern

**Tabelle 2.1.1-2 Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft in die Atmosphäre in 2007 und 2008 (Messwerte der Wismut GmbH)**  
*(Discharge of radioactive substances into the atmosphere with exhaust air in 2007 and 2008 - Values measured by the Wismut GmbH)*

Betriebs- teile der Sanierungs- betriebe	Anzahl der Abwet- terschächte und Wetterbohr- löcher		Abwetter- bzw. Abluftmengen in 10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /a		Ableitung radioaktiver Stoffe			
					Rn-222 in TBq/a *		Langlebige α-Strahler in MBq/a *	
	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007
Schlema/Alberoda	2	2	1,41	1,44	85 (100)	59 (101)	2,6 (5,7)	2,4 (5,84)
Pöhla	-	1***	-	0,174	-	0,06 (0,4)	-	-** (0,5)
Dresden-Gittersee	1	1	0,12	0,13	0,10 (1,6)	0,10 (1,6)	-** (1,6)	-** (1,6)
Königstein	3	3	2,1	3,3	6,2 (166)	6 (166)	2,3 (70,5)	3 (70,5)

\* Genehmigungswerte in Klammern

\*\* Emissionen mit Konzentrationen unter der Nachweisgrenze wurden nicht bilanziert

\*\*\* Ableitungen am 22.05.2007 eingestellt

Die Ableitungen radioaktiver Stoffe mit den Abwässern in die Oberflächengewässer (Vorfluter), die in Tabelle 2.1.1-3 zusammengestellt sind, liegen ebenfalls seit Jahren deutlich unter den Genehmigungswerten. Die Abwassermenge ist trotz der geringen Niederschlagsmengen im Jahr 2008 auf Grund der verstärkt angefallenen Wässer aus der Flutung der Grube Ronneburg angestiegen. Dies hat jedoch nicht zur verstärkten Freisetzung von Radionukliden geführt.

Im Vergleich zum Vorjahr verringerte sich 2008 die Menge des insgesamt abgeleiteten Ra-226 und Uran leicht, jedoch mit unterschiedlicher Entwicklung an den einzelnen Betriebsteilen, siehe Tabelle 2.1.1-4. Die gegenüber dem Jahr 2007 erhöhten Ableitungen in Weiße Elster und Elbe sind auf die stark gestiegenen zu behandelnden Wassermengen beim Grubengebäude in Ronneburg (Weiße Elster) und auf erforderliche Reinigungsarbeiten in Königstein (Elbe) zurückzuführen. Die Ableitungen in die Zwickauer Mulde und die Pleiße verringerten sich jedoch witterungsbedingt.

Die Genehmigungswerte wurden jeweils aus der genehmigten Wassermenge (Pöhla: 20 m<sup>3</sup>/h, Königstein: 650 m<sup>3</sup>/h, Ronneburg: 700 m<sup>3</sup>/h bis 750 m<sup>3</sup>/h, Seelingstädt: 300 m<sup>3</sup>/h) multipliziert mit der Maximalkonzentration (Pöhla: 0,2 mg Uran/l, 0,3 Bq Ra-226/l, WBA Ronneburg: 0,3 mg Uran/l bzw. 0,2 Bq Ra-226/l) bzw. mit dem genehmigten Jahresmittelwert der Konzentration (Königstein 0,3 mg Uran/l, 0,4 Bq Ra-226/l, Seelingstädt: 0,3 mg Uran/l bzw. 0,2 Bq Ra-226/l) errechnet.

**Tabelle 2.1.1-3 Ableitung radioaktiver Stoffe mit den Abwässern in die Oberflächengewässer im Zeitraum 1998 bis 2008 (Messwerte der Wismut GmbH)**  
*(Discharge of radioactive substances into surface waters with waste waters during the period from 1998 to 2008 – Values measured by the Wismut GmbH)*

Zeitraum	Abwassermenge in 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /a	Gesamte Ableitung radioaktiver Stoffe			
		Uran in t/a*		Ra-226 in GBq/a*	
1998	14,7	3,8	(12,8)	4,8	(14,8)
1999	14,7	3,8	(9,4)	2,7	(13,6)
2000	16,1	4,1	(11,3)	3,6	(15,4)
2001	14,3	2,8	(13,1)	0,7	(16,7)
2002	18,4	4,5	(8,4)	0,8	(7,0)
2003	14,6	3,1	(8,2)	0,3	(6,8)

Zeitraum	Abwassermenge in 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /a	Gesamte Ableitung radioaktiver Stoffe			
		Uran in t/a*		Ra-226 in GBq/a*	
2004	13,9	2,8	(8,2)	0,2	(6,7)
2005	14,8	2,2	(8,0)	0,3	(6,7)
2006	16,3	2,4	(9,0)	0,3	(7,9)
2007	19,2	3,1	(9,0)	0,4	(8,2)
2008	20,2	3,0	(9,1)	0,3	(8,4)

\* Genehmigungswerte in Klammern

**Tabelle 2.1.1-4 Ableitung radioaktiver Stoffe mit den Abwässern in die Oberflächengewässer 2007/2008 (Messwerte der Wismut GmbH)**  
*(Discharge of radioactive substances into surface waters with waste waters for the years 2007/2008 - Values measured by the Wismut GmbH)*

VORFLUTER Betriebssteile der Sanierungsbetriebe	Abwassermenge in 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /a*		Ableitung radioaktiver Stoffe			
			Uran in t/a *		Ra-226 in GBq/a *	
	2008	2007	2008	2007	2008	2007
ZWICKAUER MULDE (SACHSEN)	8,307 (-)	8,466 (-)	2,230 (5,939)	2,637 (5,939)	0,1267 (4,3110)	0,186 (4,311)
Schlema/Alberoda	7,701 (-)	7,208 (-)	2,061 (5,904)	2,471 (5,904)	0,1240 (4,2580)	0,185 (4,258)
Crossen	1,030 (-)	1,134 (-)	0,167 (-)	0,164 (-)	0,0025 (-)	0,0004 (-)
Pöhla	0,127 (-)	0,124 (-)	0,002 (0,035)	0,002 (0,035)	0,0002 (0,0530)	0,0006 (0,053)
ELBE (SACHSEN)	4,172 (5,885)	4,131 (5,869)	0,119 (1,713)	0,078 (1,708)	0,1210 (2,2840)	0,145 (2,278)
Königstein	4,172 (5,885)	4,131 (5,869)	0,119 (1,713)	0,078 (1,708)	0,1210 (2,2840)	0,145 (2,278)
PLEIßE (THÜRINGEN)	0,082 (0,150)	0,157 (0,15)	0,006 (0,015)	0,012 (0,015)	0,0016 (0,0300)	0,004 (0,030)
Ronneburg	0,082 (0,150)	0,157 (0,150)	0,006 (0,015)	0,012 (0,015)	0,0016 (0,0300)	0,004 (0,030)
WEIßE ELSTER (THÜRINGEN)	7,618 (9,073)	6,461 (7,963)	0,668 (1,435)	0,401 (1,321)	0,0854 (1,815)	0,0460 (1,5930)
Ronneburg (WBA)	5,410 (6,438)	4,333 (5,333)	0,386 (0,644)	0,227 (0,533)	0,0626 (1,2880)	0,0430 (1,0670)
Seelingstädt	2,208 (2,635)	2,128 (2,628)	0,282 (0,791)	0,174 (0,788)	0,0228 (0,5270)	0,0030 (0,5260)

\* Genehmigungswerte in Klammern

### 2.1.2 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)*

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

#### Rn-222-Konzentrationen in der bodennahen Luft

Zur Überwachung der Luft werden nach der „Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung bei bergbaulichen Tätigkeiten (REI-Bergbau)“ Messstellen zur Ermittlung der Rn-222-Konzentration der bodennahen Atmosphäre betrieben. Die Messnetze gewährleisten nicht nur eine Kontrolle der Auswirkungen von Ableitungen über die dafür vorgesehenen technischen Einrichtungen wie z. B. Lüfter; sie dienen auch zur Erfassung der aus diffusen Freisetzungen, beispielsweise aus Haldenoberflächen, resultierenden Umweltkontamination sowie zur Kontrolle der Auswirkungen der Sanierungsarbeiten. Für die Beurteilung der Gesamtstrahlenexposition in der Umgebung der Bergbauanlagen sind alle genannten Prozesse von Bedeutung. Die freigesetzte Rn-222-Menge aus den in industriellen Absetzanlagen und Hal-

den deponierten Materialien kann dabei in der Größenordnung der jährlichen Ableitungsmengen nach Tabelle 2.1.1-2 liegen.

In Tabelle 2.1.2-1 sind die Ergebnisse der von der Wismut GmbH durchgeführten Überwachung an bergbaulich beeinflussten Messstellen im Zeitraum Winter 2007/ 2008 bis Sommer 2008 zusammengefasst. Die teilweise hohen Maximalwerte der Rn-222-Konzentration resultieren aus der Lage einiger Messpunkte auf oder in unmittelbarer Nähe von Anlagen (z. B. Abwetterschächten) und Betriebsflächen.

**Tabelle 2.1.2-1 Rn-222-Konzentration in der bodennahen Atmosphäre an bergbaulich beeinflussten Messstellen (Winter 2007/2008 und Sommer 2008; Messwerte der Wismut GmbH)**  
(*Radon-222 concentrations in the atmosphere close to ground level at sampling locations influenced by mining activities - Winter 2007/2008 and summer 2008; Values measured by the Wismut GmbH*)

Gebiet	Anzahl der Messstellen	Anzahl der Messstellen mit Werten			Maximum in Bq/m <sup>3</sup>
		≤ 30 Bq/m <sup>3</sup>	31 - 80 Bq/m <sup>3</sup>	> 80 Bq/m <sup>3</sup>	
<b>Winter 2007/2008</b>					
Schlema/Alberoda	68	23	41	4	160
Pöhla	7	6	1	0	43
Seelingstädt	24	22	2	0	48
Crossen	35	29	6	0	40
Königstein	11	11	0	0	28
Gittersee	9	9	0	0	24
Ronneburg	36	35	1	0	57
<b>Sommer 2008</b>					
Schlema/Alberoda	70	15	38	17	220
Pöhla	5	5	0	0	25
Seelingstädt	24	14	10	0	77
Crossen	36	25	11	0	69
Königstein	8	6	2	0	34
Gittersee	8	7	1	0	39
Ronneburg	34	33	1	0	37

In Tabelle 2.1.2-2 sind die Ergebnisse der von der Wismut GmbH durchgeführten Überwachung an 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 herangezogen werden.

**Tabelle 2.1.2-2 Rn-222-Konzentration in der bodennahen Atmosphäre an bergbaulich nicht beeinflussten Messstellen (Mittelwerte 1991 – 2008 und Schwankungsbreite der Mittelwerte der einzelnen Jahre; Messwerte der Wismut GmbH)**  
(*Radon-222 concentrations in the atmosphere close to ground level at sampling locations not influenced by mining activities - mean values 1991 - 2008 and range of variation of the mean values for the individual years; Values measured by the Wismut GmbH*)

Gebiet	Winter (Bq/m <sup>3</sup> )			Sommer (Bq/m <sup>3</sup> )		
	Minimum	Maximum	Mittelwert 1991 – 2008	Minimum	Maximum	Mittelwert 1991 – 2008
Schlema/Alberoda	21	40	28	27	48	35
Pöhla	14	35	20	18	29	24
Seelingstädt	11	39	23	19	37	26
Crossen	16	35	25	17	37	25
Königstein	11	31	20	17	36	25
Gittersee	18	33	25	24	43	33
Ronneburg	14	40	24	20	37	27

Entsprechend der „Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung bei bergbaulichen Tätigkeiten (REI-Bergbau)“ wurden von unabhängigen Messstellen im Auftrag der jeweiligen zuständigen Landesbehörde zusätzlich Kontrollmessungen an ausgewählten Messpunkten des von der Wismut GmbH betriebenen Messnetzes zur Überwachung der Rn-222-Konzentration in der bodennahen Atmosphäre durchgeführt. Die Ergebnisse stimmen unter Berücksichtigung der jeweiligen Messunsicherheiten größtenteils überein.

Auch durch das Bundesamt für Strahlenschutz wurden seit 1991 in den Bergbaugebieten umfangreiche Untersuchungen zur Ermittlung und Bewertung der Rn-222-Konzentrationen in der bodennahen Freiluft durchgeführt.

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 Konzentrationswerten von 10 bis 15 Bq/m<sup>3</sup> liegen, aber auch in den Gebieten ohne bergbaulichen Einfluss in ähnlicher Höhe festgestellt wurden und deshalb offensichtlich z. T. natürlichen Ursprungs sind. Messtechnisch nachweisbare, bergbaubedingt erhöhte Konzentrationen treten vor allem in der unmittelbaren Nähe von Abwetterschächten, an großen Halden oder an Absetzanlagen der Erzaufbereitung auf. Die Verringerung der Radonexposition der Bevölkerung aus solchen Hinterlassenschaften ist weiterhin eines der Ziele der Wismut-Sanierung.

#### Überwachung der Urankonzentrationen und Ra-226-Aktivitätskonzentrationen in Oberflächengewässern

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

In wichtigen Vorflutern wurden die in Tabelle 2.1.2-3 angegebenen Werte bestimmt. In den übrigen durch die Ableitung radioaktiver Stoffe betroffenen Vorflutern liegen die Uran- und Radiumkonzentrationen in den gleichen Konzentrationsbereichen.

**Tabelle 2.1.2-3 Medianwerte der jährlichen Uran- und Radiumkonzentrationen in den Vorflutern sächsischer und thüringischer Bergbaugebiete in 2007 und 2008 (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 years 2007 and 2008 - Values measured by the Wismut GmbH*)

Betrieb	Probennahmestelle	Messpunkt	Uran in mg/l		Ra-226 in mBq/l	
			2008	2007	2008	2007
<b>Sächsische Bergbaugebiete</b>						
Königstein	Quellgebiet Eselsbach	k-0018	0,019	0,015	19	14
	Eselsbach nach Einmündung Teufelsgrundbach	k-0024	0,050	0,058	15	13
	Elbe Rathen	k-0028	0,001	0,001	18	13
Gittersee	Kaitzbach vor Halde	g-0076	0,013	0,013	18	17
	Kaitzbach nach Einleitung	g-0077	0,060	0,065	17	14
Aue	Zwickauer Mulde in Aue	m-131	0,002	0,002	12	14
	Zwickauer Mulde bei Hartenstein	m-111	0,011	0,008	12	13
Pöhla	Luchsbach vor Schachtanlage	m-115	< 0,001	< 0,001	11	10
	Luchsbach nach WBA-Auslauf	m-165	0,025	0,022	14	12
Crossen	Zwickauer Mulde Wehr Mühlgraben	M-201	0,008	0,006	13	16
	Zwickauer Mulde Brücke Schlunzig	M-205	0,009	0,008	14	14
	Helmsdorfer Bach	M-204	0,160	0,110	15	13
	Zinnborn	M-232	0,210	0,420	101	98
<b>Thüringer Bergbaugebiete</b>						
Seelingstädt	Weißer Elster aus dem Oberlauf	E-312	0,002	0,001	10	< 10
	Weißer Elster nach Einmündung Pöltschbach	E-314	0,005	0,004	10	< 10
	Lerchenbach	E-369	0,110	0,100	10	< 10
	Fuchsbach unterhalb IAA (Industrielle Absetz-Anlagen)	E-383	0,039	0,039	10	< 10
	Weißer Elster nach Einmündung Fuchsbach	E-321	0,005	0,005	< 10	< 10
Ronneburg	Gessenbach	e-416	0,046	0,024	18	21
	Sprotte	s-609	0,004	0,004	< 10	< 10
	Wipse	e-437	0,039	0,036	12	15
	Weißer Elster	e-419	0,005	0,004	10	< 10

Die im Jahr 2008 ermittelten Werte der Uran- und Radiumkonzentration in den großen Vorflutern Elbe, Zwickauer Mulde und Weißer Elster weisen im Vergleich zum Vorjahr keine nennenswerten Veränderungen auf.

Im Oberlauf von Wismut-Ableitungen wurden an den Messpunkten m-131, m-115 und E-312 Urankonzentrationen bis zu einer Höhe von 2 µg/l und Aktivitätskonzentrationen bis zu einer Höhe von 12 mBq/l für Ra-226 ermittelt. Diese Werte liegen im Bereich des allgemeinen geogenen Niveaus, das in Oberflächengewässern der Bundesrepublik Deutsch-

land ermittelt wurde. Die in bergbaulich unbeeinflussten Oberflächengewässern in Deutschland festgestellten Aktivitätskonzentrationen überschreiten den Wert von 3 µg/l für U-238 und von 30 mBq/l für Ra-226 nicht und beinhalten mit den ebenfalls in Oberlauf von Wismut-Einleitungen gelegenen Messpunkten g-0076 und M-201 auch den Einfluss lokaler geologischer Besonderheiten oder des Altbergbaus.

In kleineren Bächen, die eine geringe Wasserführung aufweisen, wird das o. a. geogene Niveau im Unterlauf von Wismut-Einleitungen bei Ra-226 etwa bis zum Faktor 3 überschritten und reicht von Werten unter der Nachweisgrenze (<10 mBq/l) bis zu 101 mBq/l, während es bei Uran um etwa zwei Größenordnungen erhöht ist und Werte zwischen 4 und 210 µg/l aufweist (vgl. Messpunkte k-0018, k-0024, g-0077, m-165, M-204, M-232, E-369, E-383, e-416, s-609 und e-437).

Diese kleinen Bäche unterliegen stark dem Einfluss der Sanierungsarbeiten und führen bei fortschreitender Verwitterung von Halden und Industriellen Absetzanlagen zu einer deutlichen Verringerung (M-232) oder bei steigenden Flutungswässern zu einer Erhöhung (e-416) der Urankonzentration.

In den großen Vorflutern wurden an den Messpunkten k-0028, m-111, E-314, E-321, M-205 und e-419 im Unterlauf von Wismut- Ableitungen Werte der Urankonzentration ermittelt, die gegenüber dem o. a. geogenen Niveau bis etwa zum Dreifachen erhöht sind (1 - 9 µg/l). Mit Werten von unterhalb der Nachweisgrenze bis zu 18 mBq/l liegen die Ra-226-Aktivitätskonzentrationen dagegen im Bereich des o. a. geogenen Niveaus.

Aus der Sicht des gesundheitlichen Strahlenschutzes stellen die infolge von radioaktiven Ableitungen der Wismut GmbH erhöhten Werte der Urankonzentration und der Ra-226-Aktivitätskonzentration weder in den Bächen noch in den Vorflutern Zwickauer Mulde, Elbe, Pleiße und Weiße Elster ein Problem dar, da deren Wasser nicht für Trinkwasserzwecke genutzt wird und somit keine nennenswerten Strahlenexpositionen entstehen.

## 2.2 Radon in Gebäuden (Radon in buildings)

### Untersuchungen und Ergebnisse

Im Rahmen verschiedener Forschungsvorhaben wurden in den vergangenen Jahren Messungen der Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft und in Gebäuden durchgeführt. Der Jahresmittelwert der Radonkonzentration in Aufenthaltsräumen liegt in Deutschland bei 50 Bq/m<sup>3</sup>. Dies entspricht bei einer durchschnittlichen Aufenthaltszeit in den Räumen von ca. 19 Stunden pro Tag einer mittleren jährlichen effektiven Dosis von ca. 0,9 mSv. In Einzelfällen wurden Höchstwerte von bis zu 10.000 Bq/m<sup>3</sup> festgestellt. Bereits bei Radonkonzentrationen über 100 Bq/m<sup>3</sup> zeigt sich eine signifikante Erhöhung des Lungenkrebsrisikos um etwa 10% pro 100 Bq/m<sup>3</sup>. Welche Radonkonzentrationen in einzelnen Gebäuden anzutreffen sind, hängt vom geologischen Untergrund am Gebäudestandort und der Radondichtheit der Gebäudehülle ab, da in den überwiegenden Fällen das in der Bodenluft vorkommende und durch erdberührende Wände und der Bodenplatte in das Haus eindringende geogene Radon die Ursache für eine erhöhte Radoninnenraumkonzentration ist.

Auf der Grundlage der vorliegenden Ergebnisse an insgesamt 2.346 Messpunkten wurde eine bundesweite Übersichtskarte der regionalen Verteilung der Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft erstellt (siehe Abbildung 2.2-1).

Im Ergebnis ist festzustellen, dass die gemessenen Radonaktivitätskonzentrationen in der Bodenluft einen Bereich von ca. 5 kBq/m<sup>3</sup> bis 1.000 kBq/m<sup>3</sup> überstreichen. Lokal hängt die Höhe vom jeweiligen geologischen Untergrund ab. In ca. 30% der Fläche Deutschlands und davon überwiegend in Gebieten der Norddeutschen Tiefebene liegt die Bodenluftkonzentration im Bereich unterhalb von 20 kBq/m<sup>3</sup>. Werte über 100 kBq/m<sup>3</sup> sind nur in einigen eng begrenzten Gebieten zu erwarten. Diese sind in der Regel durch das Vorkommen von Graniten oder granitähnlichen Gesteinen nahe der Erdoberfläche gekennzeichnet.

In Gebieten mit Radonaktivitätskonzentrationen in der Bodenluft bis 20 kBq/m<sup>3</sup> sind Radonaktivitätskonzentrationen in Aufenthaltsräumen über 100 Bq/m<sup>3</sup> selten. Grundsätzlich kann in diesen Gebieten davon ausgegangen werden, dass ein fachgerechter Schutz der Gebäude gegen von außen angreifende Bodenfeuchte nach dem Stand der Technik ausreichend Schutz vor erhöhten Radonkonzentrationen im Gebäude bietet.

Bei Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft von mehr als 20 kBq/m<sup>3</sup> und in Abhängigkeit von der Bauweise und dem Bauzustand sind erhöhte Radonkonzentrationen in Gebäuden häufiger zu erwarten. Überdurchschnittlich häufig werden erhöhte Radonkonzentrationen in Häusern älteren Baujahres gefunden, insbesondere dann, wenn die Häuser keine Fundamentplatte oder Undichtigkeiten der Gebäudehülle im erdberührten Bereich aufweisen. Infolge der Geologie des Bauuntergrundes können in einzelnen Gebäuden Jahresmittelwerte von einigen Tausend Becquerel pro Kubikmeter auftreten. In den Regionen mit einer Bodenluftkonzentration von mehr als 20 kBq/m<sup>3</sup> sind Messungen der Radonaktivitätskonzentration in der Innenraumluft zu empfehlen, um die tatsächliche Strahlenexposition betroffener Personen durch Radon bewerten und gegebenenfalls angemessene Schutzmaßnahmen ergreifen zu können. Bei der Planung neuer Gebäude sind Maßnahmen zur Begrenzung des Radoneintritts aus dem Boden in das Gebäude in Betracht zu ziehen, deren Umfang sich an den Standortbedingungen orientieren sollte. Insbesondere bei Radonkonzentrationen in der Bodenluft von über 100 kBq/m<sup>3</sup> ist auch bei neu errichteten Gebäuden ohne Radonschutzmaßnahmen häufig mit Radonkonzentrationen über 100 Bq/m<sup>3</sup> zu rechnen. Tabelle 2.2-1 zeigt die auf der Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft beruhende Abschätzung (Stand 2007) der Anzahl von Ein- und Zweifamilienhäusern mit Radonaktivitätskonzentrationen in Aufenthaltsräumen oberhalb von 100 Bq/m<sup>3</sup>.

In Bergbaugebieten können über Klüfte und Risse im Deckgebirge oder über direkte Verbindungen von Stollen oder Schächten Grubenwetter in die Gebäude gelangen. In diesen Fällen werden die eindringende Radonmenge und die

daraus resultierende Radonkonzentration meist von der Bewetterung der untertägigen Hohlräume beeinflusst. In Häusern von Bergbaugebieten wurden in Einzelfällen kurzzeitig deutlich über  $100.000 \text{ Bq/m}^3$  gemessen.

Der Einfluss der Radonabgabe aus mineralischen Baumaterialien wird im Vergleich zum geogenen Radon allgemein als gering angesehen. Im Zuge einer Diskussion um eine mögliche Einbeziehung der Radonabgabe eines Baustoffes als Zulassungskriterium in der Bauproduktrichtlinie und um die vorhandene Datenbasis zu aktualisieren, wird die Radonabgabe von in Deutschland aktuell üblichen Produkten in einem laufenden Projekt untersucht (siehe Kap. 2.3).

Generell von untergeordneter Bedeutung für die Radonkonzentrationen in Innenräumen ist in Deutschland das in Wasser gelöste Radon, welches bei dessen Anwendung in die Raumluft freigesetzt wird.

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) weist in einer Publikation aus dem Jahr 2001 erneut darauf hin, dass Radon ein wichtiges Gesundheitsproblem darstellt und für den Menschen krebserregend ist. Ferner wird festgestellt, dass die Unsicherheit bei der Risikoabschätzung geringer ist als bei anderen krebserregenden Stoffen. Im Jahre 2005 startete die WHO ein internationales Radonprojekt, um die Gesundheitsaspekte einer Radonexposition zu analysieren und Empfehlungen für Messungen und Sanierungen sowie Leitfäden zur administrativen Regelung in den Mitgliedsstaaten zu formulieren. Der Abschluss des Projektes mit Veröffentlichung der Ergebnisse ist für Ende 2009 vorgesehen.

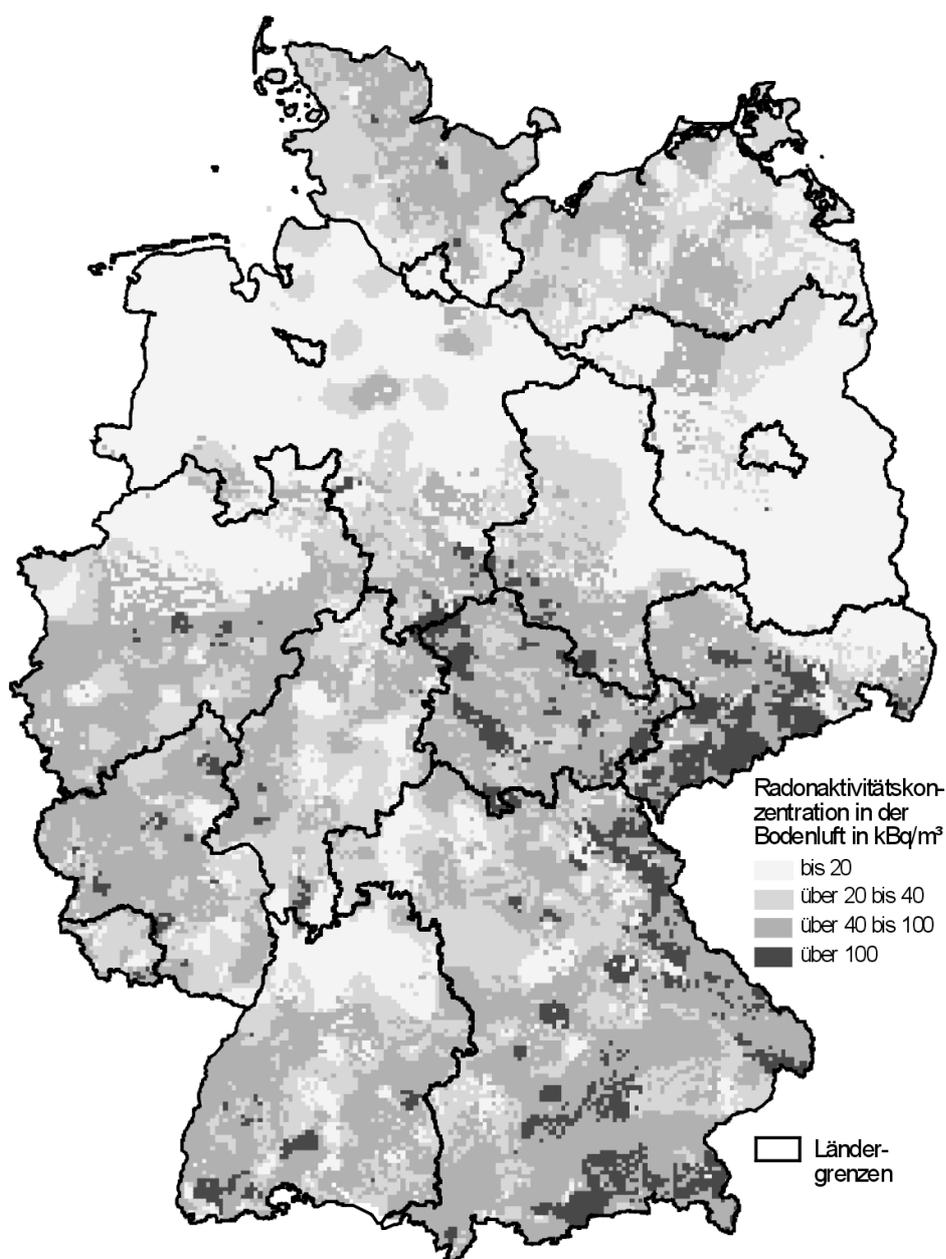


Abbildung 2.2-1 Übersichtskarte der Radonkonzentration in der Bodenluft in 1 m Tiefe (nach Daten von 2001)  
(Overview of Radon concentration in soil air at 1 m depth - data from 2001)

Radonkonzentration in Bq/m <sup>3</sup>	Relative Häufigkeit in %	tausend Häuser
> 100	10 – 12	1.300 – 1.600
> 200	1,6 – 3,1	220 – 420
> 400	0,3 – 0,9	40 – 140
> 1.000	0,03 – 0,2	4 – 25

**Tabelle 2.2-1**  
**Geschätzte Anzahl der Ein- und Zweifamilien-**  
**häuser mit Radonkonzentrationen über ver-**  
**schiedenen Schwellenwerten in**  
**Aufenthaltsräumen**  
*(Estimated number of one- and two-family*  
*houses with radon concentration above vari-*  
*ous threshold values in living rooms)*

### 2.3 Radioaktive Stoffe in Baumaterialien und Industrieprodukten *(Radioactive substances in building material and industrial products)*

#### Untersuchungen und Ergebnisse

Die von den Baustoffen ausgehende Gammastrahlung führt zu einer mittleren Äquivalentdosisleistung in Wohngebäuden von rund 0,6 mSv/a, was einer jährlichen effektiven Dosis von 0,3 mSv entspricht.

Das durch radioaktiven Zerfall aus Ra-226 entstehende Rn-222 ist aus der Sicht des Strahlenschutzes von besonderem Interesse. In den wichtigen mineralischen Baustoffen Beton, Ziegel, Porenbeton und Kalksandstein sowie in den Naturwerksteinen wurden allerdings Ra-226-Konzentrationen gemessen, die in der Regel nicht die Ursache für im Sinne des Strahlenschutzes relevante Radonkonzentration in Wohnungen sind (siehe Kapitel 2.2).

Im Zuge einer Diskussion um eine mögliche Einbeziehung der Radionuklidkonzentration und der Radonabgabe eines Baustoffes als Zulassungskriterium in der Bauproduktrichtlinie und um die vorhandene Datenbasis zu aktualisieren, wird in einem laufenden Projekt in Zusammenarbeit mit dem Bundesverband Baustoffe - Steine und Erden e.V. (bbs) die Nuklidkonzentration und Radonexhalation von über 100 in Deutschland aktuell üblichen, repräsentativen Innenraumprodukten untersucht. Abschließende Ergebnisse sowie eine Bewertung werden für das Jahr 2009 erwartet.

Wegen der zunehmenden Verwendung von Naturwerksteinen im häuslichen Bereich kommt der von diesen Materialien ausgehenden Strahlenexposition für die Bevölkerung besondere Bedeutung zu. Deshalb wurden mit Unterstützung des Deutschen Naturwerkstein-Verbandes e.V. in den letzten Jahren eine Reihe marktgängiger Fliesen und anderer Plattenmaterialien unterschiedlichster Herkunft untersucht. Die spezifische Aktivität natürlicher Radionuklide (Ra-226, Th-232 und K-40) variiert auch innerhalb der einzelnen Materialarten in einem großen Bereich. Unter den Natursteinen besitzen vor allem kieselsäurereiche Magmasteine infolge natürlicher Radionuklide vergleichsweise hohe spezifische Aktivitäten.