

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

Bearbeitet vom Bundesamt für Strahlenschutz, Fachbereich Angewandter Strahlenschutz, Berlin und Fachbereich Strahlenhygiene, Oberschleißheim

### 2.1 Radon in Gebäuden (*Radon in buildings*)

Die regionale Verteilung der Radonkonzentration in Gebäuden wird primär bestimmt durch das Radonangebot aus dem Baugrund, d. h. die Geologie des Grundgebirges, die Art und Mächtigkeit der Bedeckung und tektonische Störungen. Wesentlichster modifizierender Faktor ist die Bauweise, vor allem die Dichtheit der Häuser gegenüber dem Baugrund, die innere Strukturierung der Gebäude und das technisch vorgegebene sowie individuell bestimmte Heizungs-/Lüftungsregime.

Durch Bergbau kann über vermehrte Wegsamkeiten in Form von bergmännischen Auffahrungen und Rissen im Deckgebirge sowohl das Radonangebot aus dem Untergrund erhöht werden als auch der Radoneintritt in die Gebäude über am Baukörper entstehende Undichtigkeiten infolge Senkungen des Baugrundes vergrößert werden.

Gemäß der europäischen "Empfehlung zum Schutz der Bevölkerung vor Radonexposition innerhalb von Gebäuden" sollen die Jahresdurchschnittswerte der Radonkonzentration in existierenden Wohnräumen den Referenzwert von  $400 \text{ Bq/m}^3$  nicht überschreiten und in neu zu errichtenden Wohnräumen unter dem Planungswert von  $200 \text{ Bq/m}^3$  liegen [1].

Aus den oben genannten Gründen existieren in Deutschland beträchtliche regionale Unterschiede der Radonkonzentration in Häusern. Sowohl die bisher in mehr als 50 000 Häusern durchgeführten Radonmessungen als auch die Untersuchungen der Bodenluft zeigen, dass es Gebiete gibt, in denen Radon in Gebäuden gemäß der europäischen Bewertung keine für den Strahlenschutz relevante Bedeutung hat. In den anderen Gebieten (Radongebiete) ist ein gestaffeltes System von Schutzmaßnahmen gegen erhöhte Radonexposition zu empfehlen.

Bei der Identifikation von Radongebieten wird in Deutschland der gesamte Komplex der die Radonkonzentration beeinflussenden Faktoren in Betracht gezogen. Vorrangig sind dies die Ergebnisse vorliegender und noch durchzuführender Radonmessungen in Häusern, die geologischen Gegebenheiten und das Radonpotenzial im Baugrund.

Bisher erfolgten die Messungen der Radonkonzentration in Häusern auf Grund der verschiedenen Zielstellungen mit unterschiedlichen Methoden, bei verschiedenen Messbedingungen und Messdauern sowie regional extrem unterschiedlicher Messpunktdichte. So existieren Gebiete, in denen wegen Ihrer geologischen Bedingungen zwar erhöhte Radonkonzentrationen zu erwarten sind aber bisher keine oder zu wenig Radonmessungen durchgeführt wurden. Solche Regionen sind durch weitere Messungen in Gebäuden zu validieren. Validierungsmessungen mit Pilotcharakter erfolgen derzeit in insgesamt 6000 Wohnhäusern in den Bundesländern Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Saarland, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen.

### Untersuchungen und Ergebnisse

Im Rahmen eines vom BMU geförderten Forschungsvorhabens wurden im Zeitraum 1998 bis 2001 Untersuchungen über den Transfer des Radons aus dem Gebäudeuntergrund in die Häuser durchgeführt. Das Verhältnis der Radonkonzentration im Gebäude zu der Radonkonzentration im Baugrund wird durch den Transferfaktor beschrieben. Ein Transferfaktor von 1‰ bedeutet z. B., dass bei einer Aktivitätskonzentration von  $100 \text{ kBq/m}^3$  in der Bodenluft Werte im Bereich von  $100 \text{ Bq/m}^3$  in der Raumluft des Gebäudes erwartet werden. Die Medianwerte der Transferfaktoren liegen bei 1,4‰ für das Erdgeschoss und 2,3‰ für den Keller, die 90-Perzentile bei 5,3‰ bzw. 9,3‰ [2]. Der Transferfaktor reduziert sich deutlich in Häusern mit vorhandenen Feuchteschutzmaßnahmen gegenüber Häusern ohne diesen Schutz. Im Rahmen des Umwelt-Forschungsplanes wurde im Jahre 2001 in einem Projekt die Radondurchlässigkeit von verschiedenen Gebäudebeschichtungen untersucht, die zum Schutz gegen Bodenfeuchte im erdberührten Bereich ange-

bracht werden. Es zeigte sich, dass der Radon-Transferfaktor bei vollständiger und fachmännisch ausgeführter Isolierung nur noch 0,1‰ bis 0,2‰ beträgt [3].

Es wurde ein "Prognoseverfahren" zur Identifizierung von Gebieten entwickelt, in denen mit einem erhöhten Auftreten radonbelasteter Häuser zu rechnen ist. Die Prognose basiert auf der Verteilung der Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft und Messungen der Radonkonzentration in einer für den Wohngebäudebestand der Gemeinden repräsentativen Stichprobe. Mittels dieser Prognosemethode können aber auch Gebiete ausgegrenzt werden, in denen mit keiner oder nur sehr geringer Überschreitungshäufigkeit der europäischen Empfehlungswerte gerechnet wird.

Die Untersuchungen des Radonpotentials im Boden und die Ergebnisse der Radonmessungen in Häusern zeigen:

- Die in Häusern der Bundesrepublik Deutschland gemessenen Radonkonzentrationen sind vergleichbar mit denen, die auch in anderen Ländern Mitteleuropas angetroffen werden.
- Rein geologisch bedingt können Jahresmittelwerte von einigen kBq/m<sup>3</sup> auftreten. Es ist jedoch wenig wahrscheinlich, dass in bergbaulich nicht beeinflussten Gebieten Langzeit-Mittelwerte der Radonkonzentration in Wohnräumen von mehr als 10 000 Bq/m<sup>3</sup> vorkommen. Die höchsten auf geologische Ursachen zurückführbaren Radonkonzentrationen hat man in Häusern gemessen, die auf Graniten errichtet wurden.
- Aktuelle Abschätzungen ergeben, dass auf ca. 8,8% der Fläche Deutschlands Radonkonzentrationen über 80 kBq/m<sup>3</sup> in der Bodenluft vorkommen (vergleiche Abbildung 2.1-1). In diesen Gebieten sind insbesondere in älteren Häusern gehäuft Überschreitungen der europäischen Richtwerte für die Radonkonzentration in Wohnungen anzutreffen. Neubauten sollten an Standorten mit derart hohen Radonkonzentrationen im Baugrund radongeschützt errichtet werden.
- Auf ca. 20,5% der Fläche Deutschlands treten auf Grund der geologischen Bedingungen Radonkonzentrationen unter 10 kBq/m<sup>3</sup> in der Bodenluft auf. Dort sind unabhängig von der Bauweise erhöhte Radonkonzentrationen in Häusern wenig wahrscheinlich. Dies betrifft vor allem große Teile des norddeutschen Tieflandes.

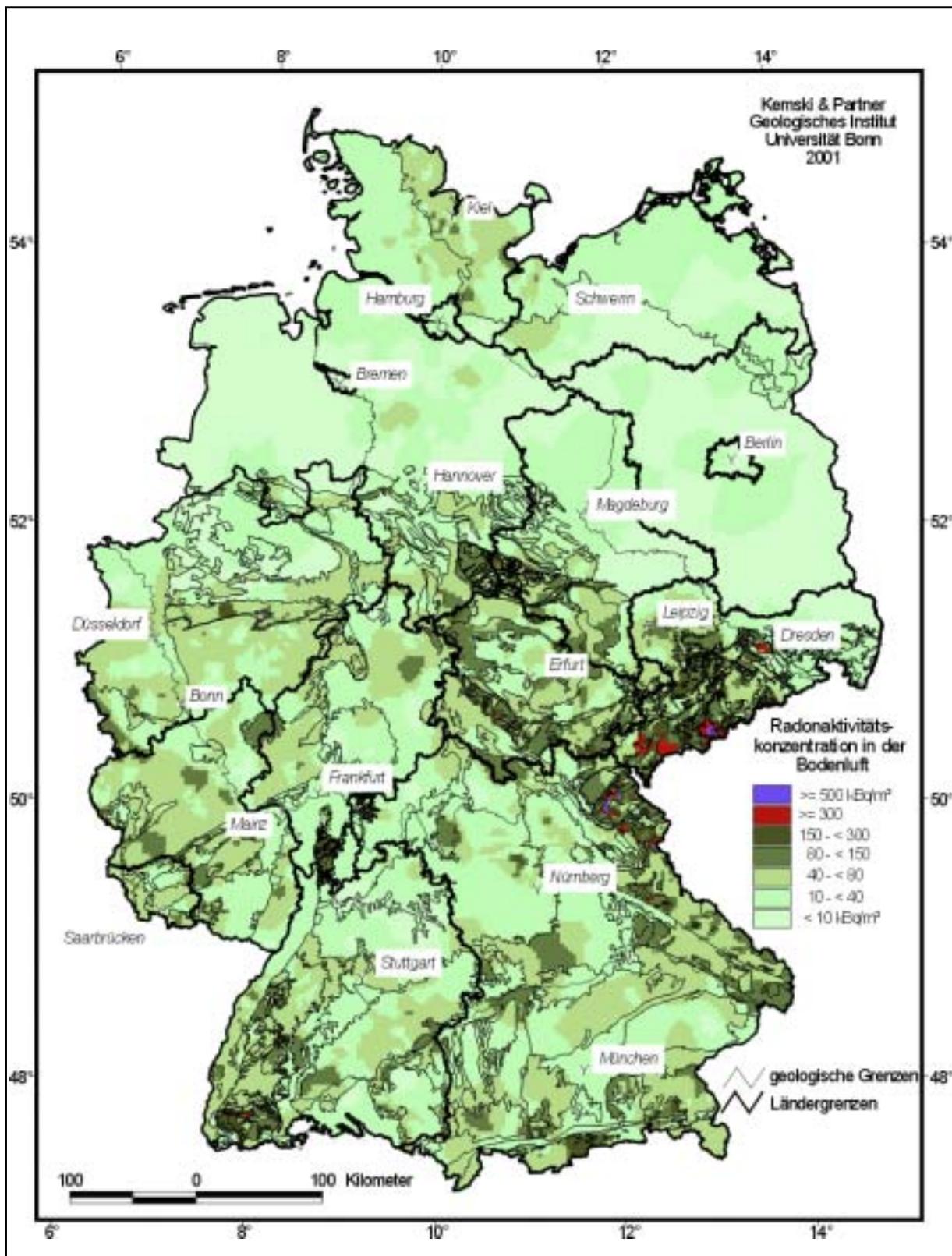
Für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland gibt Abbildung 2.1-1 eine orientierende Übersicht über die Radonkonzentration in der Bodenluft in 1 m Tiefe.

In Bergbaugebieten können über Klüfte und Risse im Deckgebirge oder über direkte Verbindungen zu Stollen oder Schächten Grubenwetter mit sehr hoher Radonkonzentration in die Gebäude gelangen. In Häusern der Bergbaugebiete wurden in Einzelfällen kurzzeitig bis zu 600 kBq m<sup>3</sup> und Jahresmittelwerte über 15 kBq m<sup>3</sup> festgestellt. Auf Grund der in einigen Lagerstätten vorhandenen paragenetischen Uranvererzungen, aber auch wegen der im Allgemeinen hohen Permeabilität von geschüttetem Material sollten Halden als Flächen mit erhöhtem Radonpotential eingestuft werden und im Allgemeinen nicht bebaut werden.

Baumaterialien sind selten die Ursache erhöhter Konzentrationen. In Einzelfällen wurden durch die Verwendung von Baumaterial erhöhte Radonkonzentrationen in Häusern solcher Gebiete gemessen, in denen hinsichtlich der natürlichen Radioaktivität besondere Rohstoffe gewonnen oder verarbeitet wurden.

Von untergeordneter Bedeutung für die Radonkonzentrationen in Gebäuden ist in Deutschland das Radon, welches in Wasser gelöst und bei dessen Anwendung in die Raumluft freigesetzt wird. Wesentliche Erhöhungen der Radon-Raumluftkonzentration wurden in Wasserwerken festgestellt. Vereinzelt auftretende signifikante Beeinflussungen der Radonkonzentration in Wohnräumen sind auf eng begrenzte Gebiete und Situationen (z. B. Nutzung individueller Brunnen in Granitgebieten) beschränkt.

In Erdöl und Erdgas gelöstes und bei seiner Verwendung freigesetztes Radon spielt nach derzeitigem Kenntnisstand in Deutschland keine Rolle für die Strahlenexposition der Bevölkerung.



<p><b>BfS</b></p>	<p><b>Radonkonzentration in der Bodenluft (in kBq/m<sup>3</sup>)</b> (Radon concentration in soil air - in kBq/m<sup>3</sup>)</p>	<p><b>2.1-1</b></p>
-------------------	---	---------------------

## Literatur

- [1] Kommission der Europäischen Gemeinschaften: Empfehlung der Kommission zum Schutz der Bevölkerung vor Radonexposition innerhalb von Gebäuden. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 80/26 vom 27.03.1990
- [2] Kemski, J.; Klingel, R.; Siehl, A.; Stegemann, R.; Valdivia-Manchego, M.: Ermittlung einer Transferfunktion für die Radonkonzentration in der Bodenluft und der Wohnraumluft incl. Radonmessungen in Häusern zur Validierung des geologisch induzierten Radonpotenzials. Abschlussbericht zu den Forschungsvorhaben St.Sch, 4186 und 4187, Universität Bonn (4186), Kemski & Partner (4187), Bonn, 7.12.2001
- [3] Keller, G.; Hoffmann, B.: "Durchlässigkeit von Baumaterialien" Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Forschung zum Problembereich "Radon", Bonn, Januar 2002

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

Zum Schutz der Bevölkerung gegen ionisierende Strahlen werden seit mehr als 25 Jahren in der Bundesrepublik Deutschland Untersuchungen und Bewertungen der Strahlenexposition durch radioaktive Stoffe in Natursteinen, Baustoffen und Rückständen industrieller Prozesse durchgeführt. In mehr als 1500 Proben dieser Materialien wurden die spezifischen Aktivitäten des Radium-226, Thorium-232 und Kalium-40 bestimmt. Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 2.2-1 zusammengestellt.

Die spezifische Aktivität natürlicher Radionuklide variiert innerhalb der einzelnen Materialarten in einem großen Bereich. Unter den Natursteinen besitzen kieselsäurereiche Magmageseine, insbesondere Granit, vergleichsweise hohe spezifische Aktivitäten natürlicher Radionuklide.

Die radiologische Relevanz der einzelnen Materialien für die Strahlenexposition der Bevölkerung hängt neben der Radionuklidkonzentration auch von anderen Faktoren, z. B. der Materialstruktur und der Art der Verwendung ab. Somit ist bei Materialien, die in der Baustoffproduktion Verwendung finden, letztendlich die vom fertigen Bauprodukt ausgehende Strahlenexposition für die Bevölkerung entscheidend. Die speziellen Einbaubedingungen und die Bedeutung des Materials im Vergleich zu anderen Ursachen der Strahlenexposition in den betreffenden Gebäuden sind zu beachten.

Der Mittelwert der von den Baustoffen ausgehenden Gamma-Ortsdosisleistung (ODL) in Gebäuden Deutschlands beträgt rund 80 nSv/h. Werte über 200 nSv/h sind selten.

Das durch radioaktiven Zerfall aus Radium-226 entstehende Radon-222 ist aus der Sicht des Strahlenschutzes von besonderem Interesse. In den wichtigen Baustoffen Beton, Ziegel, Porenbeton und Kalksandstein wurden allerdings Radium-226-Konzentrationen gemessen, die in der Regel nicht die Ursache für Überschreitungen der europäischen Richtwerte für die Radonkonzentration in Wohnungen sind. Der Beitrag von Baumaterialien zur Radonkonzentration in Wohnräumen beträgt im Durchschnitt ca. 30 Bq/m<sup>3</sup> und ist meist deutlich kleiner als 100 Bq/m<sup>3</sup>.

In einigen Rückständen aus industriellen Verarbeitungsprozessen reichern sich natürliche radioaktive Stoffe an. Bei unkontrollierter Verwendung dieser Rückstände, z. B. ihrem Einsatz als Sekundärrohstoff im Bauwesen, sind erhöhte Strahlenexpositionen der Bevölkerung nicht auszuschließen. Teil 3 der seit Juli 2001 geltenden Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) [1] enthält Regelungen zu deren Begrenzung. In Anlage XII (zu §§ 97 bis 102) werden Rückstände genannt, bei deren Verwertung im Hausbau die Einhaltung einer speziellen Überwachungsgrenze geprüft werden muss. Durch die Regelungen wird gesichert, dass der für Einzelpersonen der Bevölkerung geltende Richtwert der effektiven Dosis von 1 mSv pro Jahr nicht überschritten wird. Dies ist bei der Zulassung von Baustoffen zu beachten, denen solche Rückstände zugesetzt werden. Mit der neuen Regelung wird der Bauproduktenrichtlinie [2] und dem Bauproduktengesetz [3] entsprochen, wonach in den Mitgliedstaaten der Europäischen Union ein Bauprodukt nur dann in Verkehr gebracht werden darf, wenn es unter anderem die wesentlichen Anforderungen an Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz erfüllt.

**Tabelle 2.2-1 Spezifische Aktivität natürlicher Radionuklide in Baustoffen und Industrieprodukten**  
*(Specific activity of natural radionuclides in building materials and industrial products)*

Baustoffe und sonstige Materialien	Radium-226		Thorium-232		Kalium-40	
	Mittelwert (Bereich)		Mittelwert (Bereich)		Mittelwert (Bereich)	
Spez. Aktivität (Bq/kg TM)						
<b>Baustoffe natürlichen Ursprungs</b>						
Granit	100	(30 - 500)	120	(17 - 311)	1000	(600 - 4000)
Granodiorit	56	(40 - 73)	44	(37 - 104)	850	(380 - 990)
Syenit	30		31		670	
Dolerit	20	(10 - 29)	30	(8 - 44)	290	(22 - 380)
Gneis	75	(50 - 157)	43	(22 - 50)	900	(830 - 1500)
Diabas	16	(10 - 25)	8	(4 - 12)	170	(100 - 210)
Basalt	26	(6 - 36)	29	(9 - 37)	270	(190 - 380)
Granulit	10	(4 - 16)	6	(2 - 11)	360	(9 - 730)
Grauwacke	41	(26 - 51)	35	(13 - 46)	760	(700 - 780)
Phonolit	56		104		1270	
Amphibolit	8		9	(8 - 9)	260	(180 - 310)
Serpentinit	3		7		180	
Quarzporphyr	54	(15 - 86)	77	(53 - 98)	1300	(1000 - 2100)
Porphyrtuff	47	(44 - 52)	206	(130 - 240)	720	(22 - 1700)
Orthophyr	17		22		1300	
Lamprophyr	17	(6 - 30)	12	(7 - 21)	270	(130 - 330)
Augitporphyr	55	(46 - 61)	67	(57 - 79)	1100	(1000 - 1300)
Hornblendeschiefer	13		14		380	
Frucht-/Phycodenschiefer	38	(34 - 45)	59	(56 - 73)	780	(760 - 930)
Oolit	19		31		580	
Augit	65		51		970	
Kalkstein/Marmor	24	(4 - 41)	5	(2 - 20)	90	(< 40 - 240)
Travertin	4		19		20	
Sandstein, Quarzit	20	(13 - 70)	25	(15 - 70)	500	(< 40 - 1100)
Kies, Sand, Kiessand	15	(1 - 39)	16	(1 - 64)	380	(3 - 1200)
Gips, Anhydrit	10	(2 - 70)	7	(1 - 100)	70	(6 - 380)
Flintstein	6		1		1	
Kaolin	90	(30 - 200)	100	(70 - 200)	600	(200 - 1000)
Lava	42	(20 - 70)	42	(25 - 60)	720	(490 - 890)
Tuff, Bims	100	(<20 - 200)	100	(30 - 300)	1000	(500 - 2000)
Ton, Lehm	40	(<20 - 90)	60	(18 - 200)	1000	(300 - 2000)
<b>Finalbaustoffe, Bindemittel</b>						
Ziegel/Klinker	50	(10 - 200)	52	(12 - 200)	700	(100 - 2000)
Beton	30	(7 - 92)	23	(4 - 71)	450	(50 - 1300)
Kalksandstein, Porenbeton	15	(6 - 80)	10	(1 - 60)	200	(40 - 800)
Leichtbeton (nicht spezifiziert)	30	(<20 - 90)	30	(< 20 - 80)	1100	(700 - 1600)
Leichtbetonsteine mit Zuschlag aus:						
Bims	80	(20 - 200)	90	(30 - 300)	900	(500 - 2000)
Blähton, Blähschiefer	30	(< 20 - 80)	30	(< 20 - 60)	400	(40 - 700)
Schlacke	100	(20 - 700)	100	(20 - 200)	500	(300 - 1000)
Ziegelsplitt	40	(30 - 70)	60	(30 - 100)	500	(400 - 600)
Hohlblocksteine	40	(15 - 59)	25	(4 - 52)	320	(60 - 800)
Holzwohle-Leichtbauplatten	21	(19 - 25)	12	(11 - 14)	210	(50 - 360)
Wandfliesen	50	(15 - 100)	55	(25 - 130)	560	(250 - 1000)
Asbestzement	20	(< 20 - 40)	20	(11 - 40)	100	(< 40 - 300)
Schamotte	60	(20 - 100)	70	(40 - 200)	400	(200 - 600)
Ofenkacheln	74		70		310	
Schlackenwolle	94		31		110	

(Fortsetzung Tabelle)

Baustoffe und sonstige Materialien	Radium-226 Mittelwert (Bereich)		Thorium-232 Mittelwert (Bereich)		Kalium-40 Mittelwert (Bereich)	
	Spez. Aktivität (Bq/kg TM)					
Schlämmerkreide	9		2		26	
Zement (nicht spezifiziert)	97	(23 - 330)	20	(11 - 37)	320	(110 - 500)
Portlandzement	30	(10 - 50)	20	(10 - 40)	200	(100 - 700)
Hüttenzement	60	(20 - 100)	80	(30 - 200)	100	(< 40 - 200)
Tonerdenschmelzzement	150	(100 - 200)	150	(100 - 200)	40	
Kalk, Kalkhydrat	30	(13 - 60)	41	(2 - 93)	150	(20 - 600)
Fertigmörtel, Fertigputz	30	(< 20 - 100)	30	(< 20 - 100)	300	(< 40 - 500)
<b>Mineralische Roh- und industrielle Abfallstoffe, sonstige Materialien</b>						
Schlacken						
Cu-Schlacke, alte Produktion	1500	(860 - 2100)	48	(18 - 78)	520	(300 - 730)
Cu-Schlacke, neue Produktion	770	(490 - 940)	52	(41 - 60)	650	(530 - 760)
P-Schlacke	53	(32 - 86)	74	(65 - 82)	170	(58 - 270)
Ni-Schlacke	52		78		76	
Ni-Mn-Schlacke	311		37		710	
Al-Schlacke	14	(12 - 16)	8	(6 - 9)	750	(360 - 960)
Fe-Cr-Si-Schlacke	9		6		10	
Sn-Schlacke	1100	(1000 - 1200)	300	(230 - 340)	330	
Siemens-Martin-Schlacke	20		7		22	
Pb-Schlacke	270		36		200	
S-Schlacke	12	(8 - 15)	< 10		58	(30 - 85)
Frischschlacke	19	(17 - 23)	6	(5 - 8)	20	(10 - 34)
Thomasschlacke (Belgien)	19		-		-	
Stahlschlacke	10	(6 - 13)	4	(1 - 7)	11	(1 - 21)
Kupolofenschlacke	110		47		210	
Verblasofenschlacke	1000	(980 - 1100)	286	(260 - 310)	-	
Kesselschlacke	68	(24 - 110)	54	(7 - 120)	200	(20 - 330)
Hochofenschlacke	100	(40 - 200)	100	(30 - 300)	500	(200 - 1000)
Bergbauabraum	700	(36 - 5900)	70	(27 - 100)	700	(40 - 1200)
Aufbereitungsrückstände (Nichturanindustrie)	170	(9 - 310)	84	(3 - 250)	130	(1 - 280)
Braunkohlenfilterasche (Ostdeutschland)	82	(4 - 200)	51	(6 - 150)	147	(12 - 610)
Flugasche (nicht spezifiziert)	200	(26 - 1110)	100	(14 - 300)	700	(170 - 1450)
Chemiegips aus:						
Apatit	60	(40 - 70)	< 20		-	
Phosphorit	550	(300 - 1100)	20	(< 4 - 160)	110	(< 40 - 300)
Rauchgasentschwefelung	8	(3 - 70)	6	(4 - 20)	50	(< 20 - 80)
Flussspat	35		8		280	
Schwerspat	180		17		350	
Feldspat	60	(40 - 100)	100	(70 - 200)	3000	(2000 - 4000)
Bauxit (Ungarn)	170		100		< 20	
Bauxit (Zaire)	240		120		< 30	
Bauxit (Guayana)	33		170		66	
Bauxit (Rotschlamm)	200	(< 20 - 800)	400	(50 - 1000)	400	(< 20 - 1000)
Eisenerz (Brasilien)	22		4		-	
Eisenerz (Indien)	21		2		27	
Rohphosphat (nicht spezifiziert)	1000	(100 - 2000)	40	(< 20 - 100)	500	(< 40 - 900)
Apatit (GUS)	30		60		100	
Phosphorit (GUS)	390		25		230	
Phosphat (Marokko)	1800		26		-	
Phosphat (GUS - Kola)	59		64		-	
Magnetit (Erzgebirge)	44		3		52	
Mikrolithkonzentrat (Mosambique)	120000		11000		-	

(Fortsetzung Tabelle)

Baustoffe und sonstige Materialien	Radium-226 Mittelwert (Bereich)		Thorium-232 Mittelwert (Bereich)		Kalium-40 Mittelwert (Bereich)	
	Spez. Aktivität (Bq/kg TM)					
Tantalitkonzentrat (Mosambique)	14000		3900		-	
Monazitsand (Indien, Sri Lanka)	600	(30 - 1000)	2000	(50 - 300)	40	(< 40 - 70)
Monazitkonzentrat (Mosambique)	36000		84000		-	
Silberkonzentrat (Erzgebirge)	140		150		5200	
Blähton und Blähschiefer	40	(< 20 - 70)	70	(30 - 90)	600	(70 - 800)
Hüttenbims	170	(110 - 230)	43	(24 - 62)	190	(180 - 190)
Porensinter	37		51		690	
Düngemittel (nicht spezifiziert)	400	(< 20 - 1000)	20	(< 20 - 30)	4000	(< 40 - 8000)
Superphosphate						
(Deutschland)	375	(230 - 520)	30	(15 - 44)	96	(52 - 140)
(USA)	785	(780 - 790)	34	(20 - 48)	-	
(GUS)	110		44		120	
(Belgien)	910		< 25		< 180	
PK-Dünger (Deutschland)	370		15		5900	
PN-Dünger						
(Deutschland)	310		30		41	
(GUS)	460	(100 - 820)	29	(10 - 48)	-	
(USA)	115	(20 - 210)	39	(15 - 63)	-	
NPK-Dünger						
(Deutschland)	270		15		5200	
(GUS)	9		54		1200	
(Belgien)	210		< 15		5900	
Koks	30	(20 - 30)	< 20		70	(40 - 80)
Steinkohle	32	(5 - 150)	21	(5 - 63)	225	(7 - 700)
Braunkohle	10	(< 1 - 51)	8	(< 1 - 58)	22	(< 4 - 220)
Bitumen, Teer	< 20		< 20		110	(37 - 260)

### Literatur

- [1] Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung - StrlSchV) vom 20. Juli 2001 (BGBl.1 S. 1714)
- [2] Lutz, H.; Springborn, M.: Die Bauproduktenrichtlinie Gegenüberstellung und Abweichungen, Ernst & Sohn, Verlag für technische Wissenschaften GmbH, Berlin
- [3] Gesetz über das Inverkehrbringen von und den freien Warenverkehr mit Bauprodukten zur Umsetzung der Richtlinie 89/106 EWG des Rates vom 21. Dezember 1988 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten über Bauprodukte (Bauproduktengesetz - BauPG) vom 10. August 1992 (BGBl. 1 S. 1495)

### 2.3 Zivilisatorisch bedingte Erhöhung der Strahlenexposition durch natürliche Strahlenquellen (Technologically enhanced levels of radiation exposure from natural radiation sources)

Obwohl die durch natürliche Strahlenquellen verursachte Strahlenexposition sich im strengen Sinne nicht in eine vom Menschen unbeeinflusste "natürliche" und in eine "zivilisatorisch erhöhte" unterteilen lässt, zeigt sich, dass eine Reihe industrieller Prozesse und anderer Arbeiten bei Anwesenheit natürlich radioaktiver Stoffe zu zusätzlichen Strahlenexpositionen von Beschäftigten und zur Veränderung der Umweltradioaktivität führen können.

Relevante Erhöhungen der natürlichen Strahlenexposition wurden u. a. in folgenden Bereichen festgestellt:

- bei der Stilllegung und Sanierung des Uranerzbergbaus und der Uranerzaufbereitung (Sanierungsbetriebe der Wismut GmbH),

- in untertägigen Bereichen außerhalb der Uranindustrie und der Rohstoffgewinnung, z. B. in Schauhöhlen,
- in Teilanlagen der Wasserwirtschaft und in Radonbädern,
- beim Umgang mit thorierten Schweißelektroden,
- beim Umgang mit Thoriumglühstrümpfen,
- bei der Phosphatverarbeitung (Herstellung und Anwendung von Phosphatdüngemitteln),
- infolge der Verwendung industrieller Reststoffe als Baumaterial,
- infolge der Verwendung von Reststoffen der Kohleverbrennung.

Nähere Angaben enthält z. B. eine Stellungnahme der Strahlenschutzkommission "Strahlenexposition an Arbeitsplätzen durch natürliche Radionuklide" vom Juli 1997 [1].

Bei Flügen in größeren Höhen treten beim fliegenden Personal erhöhte Strahlenexpositionen auf.

### **2.3.1 Berufliche Strahlenexposition aus zivilisatorisch veränderten natürlichen Strahlenquellen (Occupational radiation exposure from technologically enhanced natural radiation sources)**

#### **Stilllegung und Sanierung des Uranerzbergbaus und der Erzaufbereitung**

Die berufliche Strahlenexposition bei der Urangewinnung in Sachsen und Thüringen und bei den ab 1991 durchgeführten Stilllegungs- und Sanierungsarbeiten ist im Teil III 1.4 dargestellt. Ursache der dabei auftretenden beruflichen Strahlenexposition sind die Nuklide der Uran-Radium-Zerfallsreihe. Die spezifische Aktivität dieser Nuklide in den bergbaulichen Materialien ist deutlich höher als in Böden und Baumaterialien (Haldenmaterial/Bergematerial im Bereich bis zu 1000 Bq/kg, Rückstände der Uranerzaufbereitung - Tailings - im Bereich von 5 000 bis 15 000 Bq/kg). Die Strahlenexposition wird aber vor allem durch Radon und die kurzlebigen Radonzerfallsprodukte verursacht. Die mittlere jährliche effektive Dosis für die Beschäftigten der Wismut GmbH lag 2001 bei 0,63 mSv (bei Berechnung der effektiven Dosis nach der Dosisumrechnungskonvention auf der Grundlage der ICRP Empfehlung Nr. 65 [2], siehe auch Teil III 1.4).

#### **Untertägige Bereiche und Anlagen außerhalb der Uranindustrie, Rohstoffgewinnung**

In vielen Arbeitsbereichen des Nichturanerzbergbaus, der Bergsicherung, der Schauhöhlen und -bergwerke können ebenfalls hohe Konzentrationen von Radon und Radonzerfallsprodukten auftreten. Die Strahlenexpositionen für beschäftigte Personen im Nichturanbergbau lagen im Mittel bei 1,59 mSv, in Betrieben der Bergsicherung bei 1,48 mSv und in Schauhöhlen und Schaubergwerken bei 1,98 mSv. Einzelheiten dazu werden im Teil III 1.4 beschrieben.

#### **Anlagen der Wasserwirtschaft und Radiumbäder**

Wasser enthält in Abhängigkeit von den geologischen Formationen des Wassereinzugsgebietes Radionuklide aus der Uran-Radium- und Thoriumreihe in unterschiedlichen Konzentrationen. Wegen der guten Löslichkeit des Radons in Wasser können in den Rohwässern sehr hohe Radonkonzentrationen auftreten (siehe Teil I 1.3). Bei der Wasseraufbereitung des Rohwassers in Wasserwerken kann es durch die Freisetzung von Radon aus dem Wasser z. T. zu erheblichen Strahlenexpositionen der Beschäftigten kommen. Aufbereitungsart und Radongehalt im Wasser beeinflussen gleichermaßen die Radonaktivitätskonzentration in der Luft der Betriebsräume. Durch Lüftungstechnische Maßnahmen kann man jedoch die Radonkonzentrationen in der Raumluft merklich reduzieren.

In den westsächsischen Wasserwerken werden seit Mitte der 80er Jahre Strahlenschutzüberwachungen der dort Beschäftigten und erforderlichenfalls Maßnahmen zur Senkung der Strahlenexposition (Sanierungsmaßnahmen) durchgeführt. Die mittlere effektive Dosis der Beschäftigten dieser Betriebe konnte in den letzten Jahren wesentlich gesenkt werden. Im Jahr 2001 betrug sie 1,60 mSv (siehe Teil III 1.4). Derartige Untersuchungen wurden in der Folgezeit auch in anderen Gebieten durchgeführt.

Erhöhte Strahlenexpositionen durch Radon können weiterhin in Radiumbädern und sonstigen übertägigen Arbeitsplätzen, in Büros, Schulen, Geschäften und Werkstätten auftreten. Die mittlere effektive Dosis für Beschäftigte in Radiumbädern betrug im Jahr 2001 3,19 mSv.

### Langstreckenflüge in großen Höhen

Erhöhte Strahlenexpositionen treten durch die kosmische Strahlung bei Flügen in großen Höhen auf. Die Höhe der Strahlenexposition wird vor allem durch die Flughöhe, die Dauer des Fluges, die geomagnetische Breite der Flugroute und die Sonnenaktivität bestimmt.

In einer Stellungnahme der SSK (1994) zur Strahlenexposition des fliegenden Personals wurden neuere Messergebnisse dargestellt und Abschätzungen der Strahlenexposition vorgenommen [3]. Für einen Langstreckenflug bei einer Reiseflughöhe zwischen 8,8 und 12,5 km ergibt sich eine über die Flughöhe gewichtete Umgebungs-Äquivalentdosisleistung von 6,6  $\mu\text{Sv}$  pro Stunde. Die Umgebungs-Äquivalentdosis schätzt die effektive Dosis im Flugzeug konservativ ab und wird als Messgröße verwendet. Bei Berücksichtigung der maximalen kosmischen Strahlenexposition, die in Zeiten minimaler Sonnenaktivität vorliegt, beträgt die Umgebungs-Äquivalentdosis (Qualitätsfaktor nach ICRP-Publikation 26 [4]) 8,6  $\mu\text{Sv}$  pro Stunde. Daraus ergibt sich für die Zeiten, die für den Aufenthalt in Reiseflughöhe angenommen werden (875 Stunden im Jahr) eine jährliche effektive Dosis von 7,5 mSv. Bei Anwendung der Qualitätsfaktoren von ICRP-Publikation 60 [5] erhöhen sich die Werte der Umgebungs-Äquivalentdosis, je nach Annahme der Zusammensetzung des Strahlenfeldes, bis auf 8,3 mSv. Eine solche Jahresdosis wird wegen der konservativen Annahmen in der Praxis nicht erreicht, und bei Flügen ausschließlich zur Südhalbkugel sind bei sonst gleichen Annahmen die Jahresdosen um den Faktor 2 bis 3 geringer (siehe Teil III 1.5).

### Umgang mit thorierten Schweißelektroden

Durch den Thoriumgehalt von Wolframelektroden kann es beim Wolfram-Inertgasschweißen (WIG-Schweißen) zu Strahlenexpositionen kommen. Beim Schweißvorgang und beim Elektrodenanschliff können vor allem durch die Inhalation von Stäuben, die Th-232 und seine Zerfallsprodukte enthalten, erhöhte Strahlenexpositionen verursacht werden. Abschätzungen und Berechnungen durch den TÜV Bayern-Sachsen 1993 ergaben für WIG-Handschweißer und Hilfsarbeiter beim Arbeiten ohne Luftabsaugung eine effektive Dosis bis zu 20 mSv pro Jahr. Der Fachausschuss "Eisen und Metall I" empfiehlt deshalb Schutzmaßnahmen anzuwenden, die im Merkblatt "Umgang mit thoriumhaltigen Wolframelektroden beim Wolfram-Inertgasschweißen (WIG)" der Berufsgenossenschaft Feinmechanik und Elektronik und der Berufsgenossenschaft Chemische Industrie enthalten sind. Insbesondere lassen sich durch Lüftungstechnische Maßnahmen (Absaugung und Entstaubung), deren Wirksamkeit durch personengebundene Messungen beim Schweißen mit Wechselstrom nachzuweisen ist, sowie durch Einhaltung arbeitshygienischer Maßnahmen die Strahlenexpositionen deutlich unter 1 mSv/a senken.

### Umgang mit Thoriumglühstrümpfen

Bei der Herstellung, der Verteilung und beim Umgang mit Glühstrümpfen und Glühkörpern für Gaslampen, die Thorium enthalten, ergeben sich äußere und innere Strahlenexpositionen. Für die äußere Strahlenexposition von Lager- und Transportarbeitern wurde eine effektive Dosis von bis zu 10 mSv pro Jahr errechnet. Bei den Beschäftigten des Reparatur- und Wartungsdienstes von Gasleuchten ist eine Aufnahme des Thoriums durch Inhalation nicht auszuschließen. Aus diesem Grund wurde dieses Arbeitsfeld in den Geltungsbereich der novellierten StrlSchV aufgenommen (s. Anlage XI Teil B) und Abschätzungen der Strahlenexposition der in diesem Arbeitsfeld Beschäftigten gefordert, ggf. sind Maßnahmen zur Begrenzung der Exposition einzuleiten.

### Verwendung von Phosphatdüngemitteln

Die in Deutschland eingeführten Rohphosphate, die vorwiegend aus den USA, Nordafrika und Israel kommen, weisen je nach Herkunft gegenüber Vergleichswerten der mittleren spezifischen Aktivität der Böden einen bis zu fünfzigfach erhöhten Gehalt an U-238 und Ra-226 auf.

Die spezifischen Aktivitäten der daraus hergestellten mineralischen Phosphatdünger betragen für U-238 280 - 920 Bq/kg (Triplesuperphosphat max. 3000 Bq/kg), für Radium-226 160 - 520 Bq/kg (Triplesuperphosphat max. 1150 Bq/kg) und für K-40 30 - 6200 Bq/kg. Bei der Handhabung, der Lagerung und dem Umgang mit mineralischen Phosphatdüngemitteln, z. B. beim Ausbringen des Düngers in der Landwirtschaft, kann es deshalb zu einer erhöhten Strahlenexposition kommen. Messungen ergaben für Lagerarbeiter Strahlenexpositionen von 2,3 mSv pro Jahr und für das Ausbringen der Düngemittel in der Landwirtschaft maximal 1 mSv pro Jahr.

## Verwendung industrieller Reststoffe als Baumaterial

### Haldenmaterial aus dem Erzbergbau

Das beim Uranerzbergbau in den neuen Bundesländern angefallene "taube" Gestein (Haldenmaterial) weist eine mittlere spezifische Aktivität von etwa 700 Bq Ra-226 pro kg (Bereich bis 1000 Bq/kg) auf. Die spezifische Aktivität von Haldenmaterialien aus dem sonstigen Erzbergbau liegt meist in der gleichen Größenordnung, teilweise aber auch deutlich höher. In der Vergangenheit wurde das Material häufig für Straßenbau, Geländeaufschüttungen, manchmal jedoch auch zur Gebäudehinterfüllung und für sonstige Bauzwecke verwendet.

Auf Flächen oder Straßen, bei denen die Deckschicht aus derartigen Haldenmaterialien besteht, wurden Werte der  $\gamma$ -Ortsdosisleistung bis etwa 500 nSv pro Stunde gemessen. Bereits in den 60er Jahren wurde mit einer Überwachung der Verwendung von Haldenmaterial begonnen und später im DDR-Strahlenschutzrecht eine Genehmigungspflicht für Material mit mehr als 200 Bq/kg eingeführt. Die Genehmigungen waren häufig mit Auflagen zur Abdeckung des Materials verbunden, um auf derartigen Flächen den natürlichen Strahlungspegel zu gewährleisten. Die Anwendung für den Wohnungsbau war nicht statthaft. Jedoch können illegale Verwendungen im Wohnungsbau nicht ausgeschlossen werden.

Beim Bergbau von Erzen (Silber, Kupfer, Kobalt u.a.) mit Uranparagenese im sächsischen Erzgebirge seit dem frühen Mittelalter fiel Abraum mit sehr unterschiedlicher spezifischer Radioaktivität an. Dieser wurde in Siedlungsnähe abgelagert, z. T. überbaut oder als Baumaterial benutzt. In Einzelfällen führte dies zu hohen Radonkonzentrationen in Gebäuden. Derartige Fälle können nur durch flächendeckende Messungen in Gebäuden identifiziert werden, die allerdings die Bereitschaft der Bewohner voraussetzen.

### Schlacke des Mansfelder Kupferschiefers

Die Schlacke aus der Verhüttung des Mansfelder Kupferschiefers wurde seit Jahrhunderten für Straßen- und Wasserbau und andere Bauzwecke verwendet, z. T. auch im Wohnungsbau. Seit den 80er Jahren war auch die Verwendung dieser Materialien genehmigungspflichtig und an Auflagen gebunden. Die Schlacke enthält pro Kilogramm im Mittel 700 Bq Ra-226 (Bereich bis 2500 Bq/kg). Je nach Schlackenanteil wurden im Freien wie in Häusern, bei denen Schlackesteine zum Bau verwendet worden waren, Ortsdosisleistungen von 75 bis 750 nSv pro Stunde (Medianwert 250 nSv pro Stunde) gemessen. Bei Annahme realistischer Aufenthaltszeiten ergeben sich dadurch effektive Dosiswerte von 1 mSv, maximal bis zu 3,2 mSv pro Jahr. Die Radonkonzentration in diesen Räumen ist auf Grund der geringen Exhalationsrate der Schlacke nicht erhöht, so dass sich durch Inhalation für die Bewohner kaum über dem Durchschnitt liegende Strahlenexpositionen ergeben.

Die SSK hat 1992 zur "Bewertung der Verwendung von Kupferschlacken aus dem Mansfelder Raum" empfohlen, auf die Verwendung von Schlackesteinen sowie von Schlacken als Zusatzstoff beim Neubau von Häusern zu verzichten [6]. Bei den bestehenden Häusern, bei Straßen und Wegen, die mit Schlackesteinen gebaut worden sind, wird aber kein Handlungsbedarf gesehen.

## Verwendung von Reststoffen der Kohleverbrennung

Für den Gehalt der Rohkohlen an Radionukliden der Uran-Radium-Reihe wurden weite Bereiche ermittelt: Der Mittelwert liegt bei 20 Bq Ra-226 pro kg Trockenmasse (Bereich 1-1000 Bq/kg). In den in der Bundesrepublik Deutschland verwendeten und hier auch zum großen Teil geförderten Steinkohlen wurden im Mittel 33 Bq Ra-226 pro kg Trockenmasse (Bereich 4,7-145 Bq/kg) ermittelt. Ca. 22 % der in Deutschland verwendeten Kohle werden aus Südafrika, USA und Australien importiert. In diesen Kohlen können bis zu 10-fach höhere Uran- und Thoriumgehalte vorkommen. In der ostdeutschen Braunkohle wurden 1 - 13 Bq Ra-226 pro kg Trockenmasse bestimmt.

Durch Verbrennung erfolgt eine Konzentration der Radioaktivität in der Asche bis auf das 10-fache, 0,4 - 8% der Asche können in Abhängigkeit von der Anlage als Flugasche freigesetzt werden. Die Exposition durch Inhalation, Ingestion und externe Bestrahlung liegt im  $\mu$ Sv-Bereich.

Wegen der Uranparagenese der im Raum Freital (Sachsen) abgebauten Steinkohlen weisen die Rückstände dieser Kohle besonders hohe spezifische Aktivitätswerte auf. In Schlacken und Aschen wurden 400 bis 4000 Bq/kg Ra-226 gemessen. Durch die Verwendung für Baugründungen, Verfüllungen und als Bauzuschlagsstoffe treten erhöhte Strahlenexpositionen beim Aufenthalt auf Flächen und in Gebäuden auf. Sie werden im Zusammenhang mit dem zu Bauzwecken verwendeten Haldenmaterial untersucht.

Die Verwendung von Asche aus der Kohleverbrennung als Bauzuschlagstoff führt in Deutschland bei mittleren spezifischen Aktivitäten von ca. 150 Bq Ra-226 pro kg nur zu einer geringen Erhöhung der externen Strahlenexposition in Gebäuden. Eine signifikante Erhöhung der Radonkonzentration in der Luft konnte nicht nachgewiesen werden.

### **2.3.2 Begrenzung der Strahlenexposition der Bevölkerung durch zivilisatorisch veränderte natürliche Strahlenexposition** *(Limitation of the radiation exposure to the population due to technologically enhanced natural radiation exposure)*

Erhöhte Strahlenexpositionen der Bevölkerung aus natürlichen Strahlenquellen z. B. die Strahlenexposition durch Radon und seine Zerfallsprodukte in bestehenden Wohnungen, Strahlenexpositionen durch Hinterlassenschaften des Bergbaus können nur durch nachträgliche Sanierungsmaßnahmen reduziert werden. Die SSK hat in den 1994 veröffentlichten Empfehlungen "Strahlenschutzgrundsätze zur Begrenzung der Strahlenexposition durch Radon und seine Zerfallsprodukte in Gebäuden" [7] den Bereich über 1000 Bq/m<sup>3</sup> als Sanierungsbereich ausgewiesen (siehe Teil I 2.1). Werden derartige Konzentrationen festgestellt, muss im Einzelfall entschieden werden, mit welcher Maßnahme eine zuverlässige Reduzierung der Radonkonzentration erreicht werden kann.

Vorbeugend kann eine Strahlenexposition durch erhöhte Radonkonzentrationen bei Neubauten in Gebieten mit erhöhtem Radonvorkommen durch Standortwahl und radongeschützte Bauweise vermieden werden.

Durch natürliche Radioaktivität im Trinkwasser werden keine nennenswerten Strahlenexpositionen verursacht (nur einige µSv). Nur im selten auftretenden Fall von Radonkonzentrationen im Bereich von 500 Bq/l könnte sich über den Ingestionspfad eine jährliche effektive Dosis von ca. 0,25 mSv ergeben, die praktisch zu einer Verdoppelung der inneren Strahlenexposition durch die Ingestion führen würde.

Bei Besuchen von Höhlen und Schaubergwerken sowie bei Kuraufenthalten in Radon-Heilbädern und Heilstollen tritt wegen der gegenüber den Beschäftigten wesentlich kürzeren Expositionszeiten für die Bevölkerung keine wesentlich erhöhte Strahlenexposition auf. Die Besucher sind deshalb von einer Strahlenschutzkontrolle ausgenommen.

Anders als beim Flugpersonal überschreitet auch bei häufig fliegenden Passagieren die jährliche effektive Dosis 0,3 mSv nicht.

Bei Nutzung industrieller Reststoffe, der Verarbeitung von Mineralien und Erzen und der Verwendung von mineralischen Phosphatdüngern ist bei durchschnittlichen spezifischen Aktivitäten natürlicher Radionuklide im Allgemeinen nur eine geringe individuelle Exposition zu erwarten.

#### **Literatur**

- [1] SSK: Strahlenexpositionen an Arbeitsplätzen durch natürliche Radionuklide. Stellungnahme der SSK. Berichte der Strahlenschutzkommission (SSK) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Heft 10, Gustav Fischer Verlag 1997
- [2] ICRP: Protection against radon-222 at home and at work. Annals of the ICRP 23(2). ICRP Publication 65, Pergamon Press Oxford
- [3] SSK: Die Ermittlung der durch kosmische Strahlung verursachten Strahlenexposition des fliegenden Personals. Stellungnahme der Strahlenschutzkommission. Berichte der Strahlenschutzkommission (SSK) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Heft 1, Gustav Fischer Verlag 1997
- [4] ICRP: Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Annals of the ICRP 1(3). ICRP Publication 26, Pergamon Press Oxford
- [5] ICRP. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Annals of the ICRP 21(1-3). ICRP Publication 60, Pergamon Press Oxford

- [6] SSK: Bewertung der Verwendung von Kupferschlacke aus dem Mansfelder Raum. Empfehlung der Strahlenschutzkommission. Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission Band 31, S. 1, Gustav Fischer Verlag 1997
- [7] SSK: Strahlenschutzgrundsätze zur Begrenzung der Strahlenexposition durch Radon und seine Zerfallsprodukte in Gebäuden. Empfehlungen der Strahlenschutzkommission. Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission Band 36, S. 23, Gustav Fischer Verlag 1997

#### **2.4 Bergbauliche Hinterlassenschaften Sachsens, Thüringens und Sachsen-Anhalts (*Mining relics of Saxony, Thuringia, and Saxony-Anhalt*)**

Nach § 11 Abs. 8 Strahlenschutzvorsorgegesetz obliegt dem Bund im Bereich der neuen Bundesländer die Ermittlung der Umweltradioaktivität aus bergbaulicher Tätigkeit in Gegenwart natürlicher radioaktiver Stoffe. Das für diese Aufgabe zuständige Bundesamt für Strahlenschutz hat hierzu von 1991 bis 1999 das Projekt "Radiologische Erfassung, Untersuchung und Bewertung bergbaulicher Altlasten (Altlastenkataster)" durchgeführt. Mit dem Projekt wurden die Hinterlassenschaften des Altbergbaus und diejenigen Hinterlassenschaften des Uranbergbaus, die sich nicht mehr im Besitz der Wismut GmbH befinden, systematisch untersucht und bewertet.

Die im Rahmen des Projektes durchgeführten Arbeiten, in die ca. 8000 bergbauliche Objekte und Flächen in Sachsen, Thüringen und Sachsen-Anhalt einbezogen waren, haben wesentlich zur Klärung der Strahlenschutzsituation in den betroffenen Bergbauregionen beigetragen. Die für den Strahlenschutz zuständigen Landesbehörden wurden bereits während der Laufzeit des Projektes über wichtige Ergebnisse unterrichtet. Ein Beispiel sind Informationen über mögliche Expositionsschwerpunkte, die umgehend weitergeleitet wurden, damit erforderlichenfalls kurzfristig Schutzmaßnahmen eingeleitet werden konnten.

Im Ergebnis des Projektes hat sich gezeigt, dass die untersuchten Verdachtsflächen zum weitaus überwiegenden Teil frei von bergbaubedingter radioaktiver Kontamination sind. Von den untersuchten bergbaulichen Objekten, bei denen es sich in der Mehrzahl um Halden handelt, müssen lediglich für ca. 20% Sanierungsmaßnahmen oder Nutzungseinschränkungen erwogen werden. Die Entscheidungen hierüber müssen für jeden Einzelfall auf der Grundlage standortspezifischer Untersuchungen und Expositionspfadanalysen getroffen werden. Die im Projekt gewonnenen Daten und Informationen sind dafür eine wesentliche Grundlage.

Die Daten und Informationen sowie die Ergebnisse der auf der Grundlage von Empfehlungen der Strahlenschutzkommission (SSK) vorgenommenen radiologischen Bewertung wurden in Datenbanksystemen gespeichert, die auch von den Landesbehörden genutzt werden können. Im Jahr 2001 hat das BfS die Auswertung der Untersuchungen fortgesetzt. Die Ergebnisse werden in ausführlichen, auf Verdachtsflächen bezogenen Berichten zusammengefasst, die den zuständigen Behörden zur Verfügung gestellt werden. Mit der öffentlichen Präsentation der Ergebnisse wurde 2001 begonnen.