

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

Bearbeitet vom Bundesamt für Strahlenschutz, Fachbereich Strahlenschutz und Umwelt, Berlin

2.1 Radon in Gebäuden *(Radon in buildings)*

Die Radonkonzentration in Gebäuden variiert in Deutschland in einem breiten Bereich. Der bundesweite Jahresmittelwert in Wohnräumen beträgt ungefähr 50 Bq pro m³ Raumluft. Während die Mehrzahl der Messwerte unter diesem Wert liegt, kommen auch Häuser mit einigen Tausend Bq/m³ vor.

Regionale Unterschiede der Radonkonzentration in Gebäuden werden vor allem durch das Radonangebot des Baugrundes bestimmt, das von der Geologie des Grundgebirges, der Art und Mächtigkeit der Bedeckung und tektonische Störungen abhängig ist. Ein Maß für das Radonangebot ist die Radonkonzentration in der Bodenluft. Die letztendlich im einzelnen Gebäude vorkommende Radonkonzentration hängt von der Bauweise, vor allem von der Dichtheit des Hauses gegenüber dem Baugrund, der inneren Strukturierung des Gebäudes und dem technisch vorgegebenen sowie individuell bestimmten Heizungs- / Lüftungsregime ab.

Durch Bergbau kann über vermehrte Wegsamkeiten in Form von bergmännischen Auffahrungen und Rissbildungen im Deckgebirge das Radonangebot aus dem Untergrund erhöht werden. Wegen der am Baukörper entstehenden Undichtigkeiten infolge von Senkungen des Baugrundes muss zusätzlich noch mit einem höheren Radoneintritt in die betroffenen Gebäude gerechnet werden.

Unter Berücksichtigung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse über das Gesundheitsrisiko durch die Inhalation von Radon und seinen kurzlebigen Zerfallsprodukten sollte die Radonkonzentrationen in Aufenthaltsräumen grundsätzlich möglichst niedrig sein. Diesem Bestreben sind jedoch im Allgemeinen Grenzen dadurch gesetzt, dass der Beitrag der Radonkonzentration in der Außenluft zur Innenraumkonzentration und die Radonfreisetzungen aus den Baumaterialien nur in begrenztem Maße beeinflussbar sind.

Radonkonzentrationen von mehr als 100 Bq/m³ in Aufenthaltsräumen werden in Deutschland vor allem durch das in der Bodenluft des Baugrundes natürlicherweise vorhandene Radon bestimmt. In den letzten Jahren wurden zahlreiche Maßnahmen entwickelt und in der Praxis erprobt, mit denen der Radoneintritt aus dem Baugrund in ein Gebäude weitgehend vermieden werden kann (Vermeidungsmaßnahmen) oder mit denen eine nennenswerte Senkung der Radonkonzentration in Gebäuden zu erreichen ist (Sanierungsmaßnahmen). Unter Berücksichtigung des Grundsatzes der Verhältnismäßigkeit ist aus dem Spektrum der verfügbaren Maßnahmen die für den Einzelfall geeignete auszuwählen.

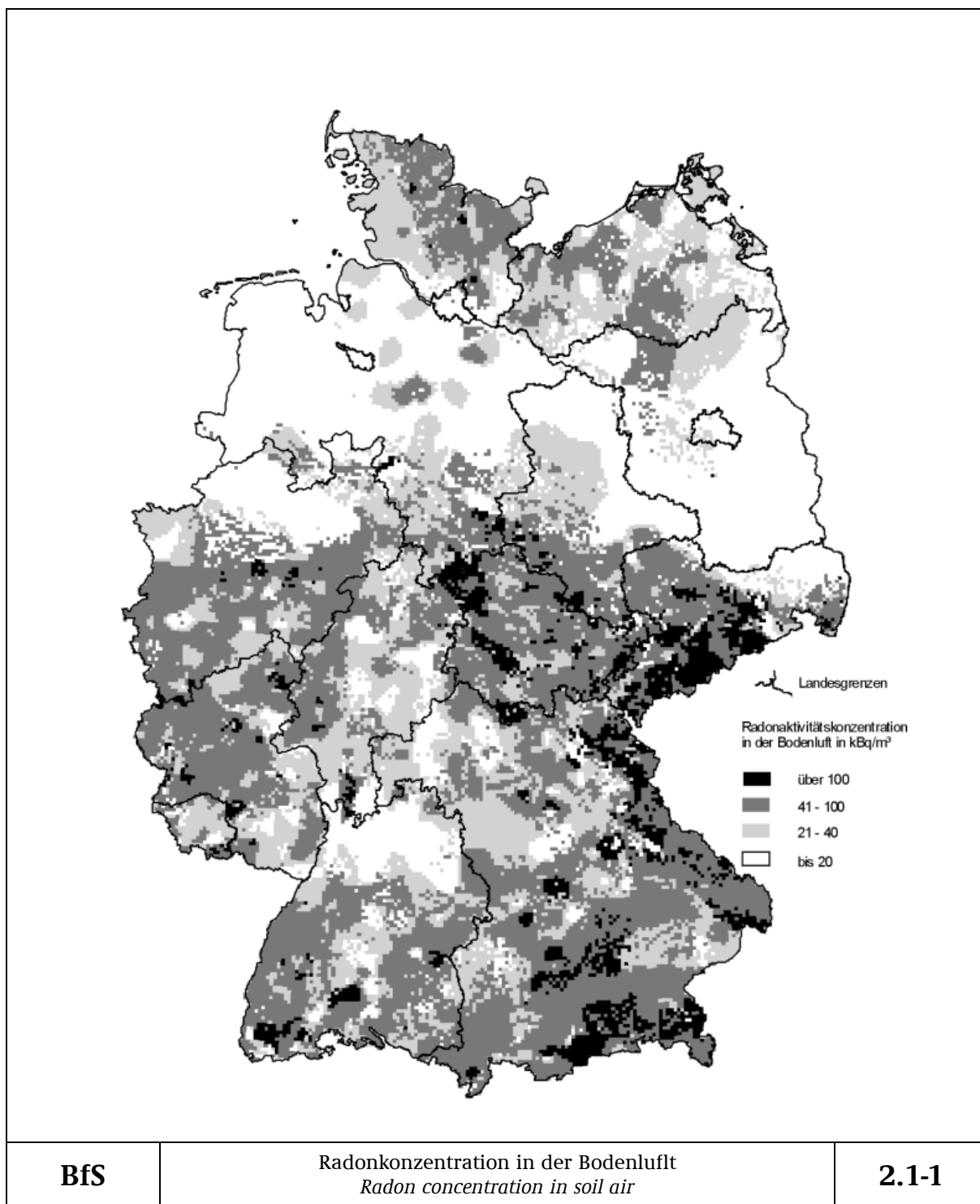
Sowohl die bisher in über 60.000 Häusern durchgeführten Radonmessungen als auch die Untersuchungen der Bodenluft zeigen, dass es große Gebiete gibt, in denen keine erhöhten Radonkonzentrationen in Gebäuden vorkommen und in denen keine Maßnahmen erforderlich sind.

Untersuchungen und Ergebnisse

Im Rahmen vom BMU geförderten Forschungsvorhaben wurden im Jahre 2003 Radonmessungen in Häusern durchgeführt. Die Messdauer betrug überwiegend ein Jahr. Schwerpunkte der Untersuchungen waren bestimmte Regionen in den Bundesländern Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Saarland, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen, in denen auf Grund geologisch begründeter Prognosen oder besonderer bergbaulicher Situationen häufiger erhöhte Radonkonzentrationen in Häusern zu erwarten waren. Die Zielstellung der Messungen war vor allem eine Validierung der geologisch prognostizierten regionalen Verteilung der Radonkonzentration in Häusern unter Berücksichtigung der Bauweise.

Die bundesweite Übersichtskarte der regionalen Verteilung der Radonkonzentration in der Bodenluft wurde durch ergänzende Messungen präzisiert (siehe Abbildung 2.1-1).

In Bergbaugebieten wurden die Untersuchungen des Einflusses der Grubenbewetterung auf die Radonkonzentration in Häusern fortgesetzt.



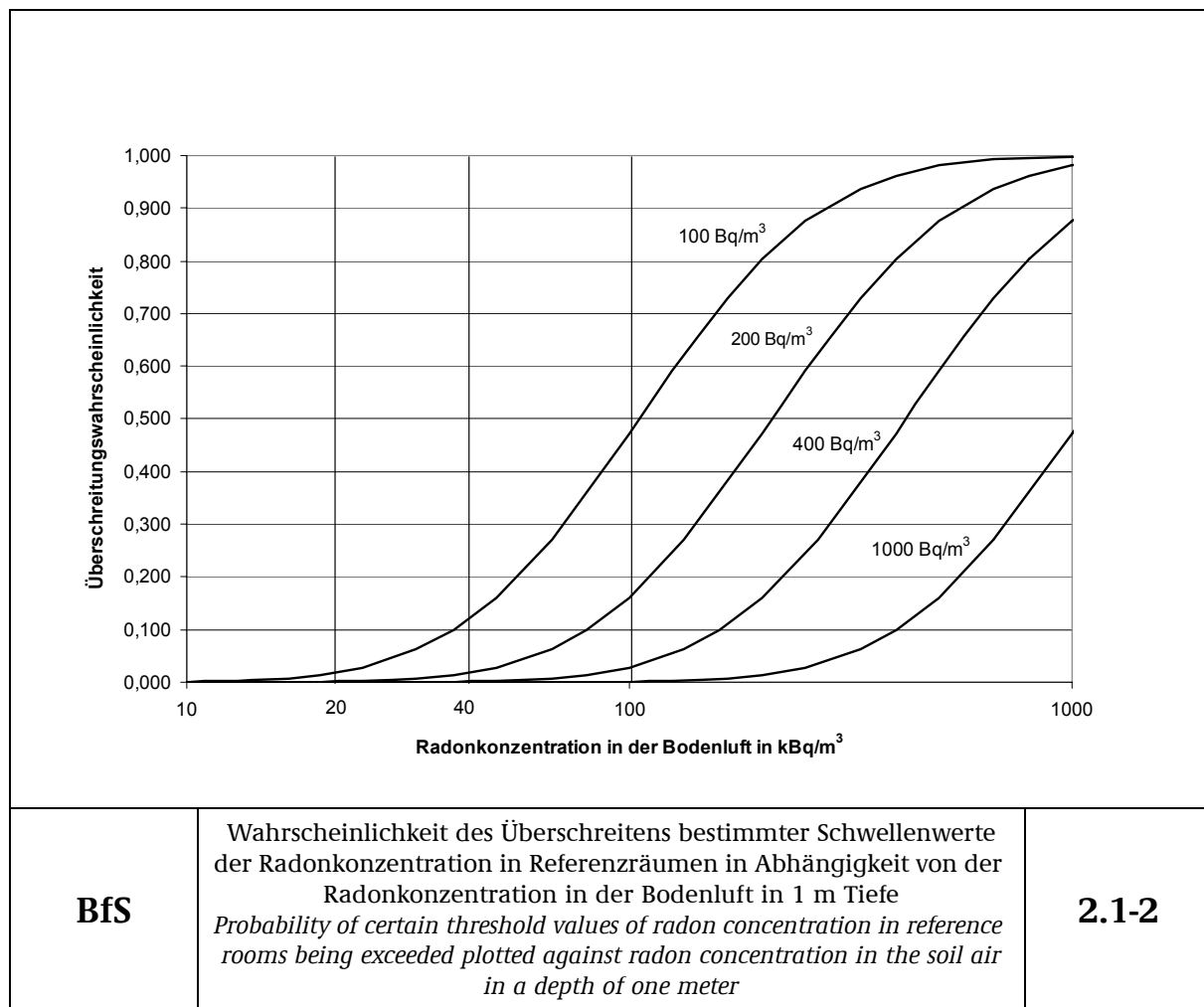
Zusammenfassend ist festzustellen:

Rein geologisch bedingt können in einzelnen Gebäuden Jahresmittelwerte von einigen Tausend Bq/m auftreten. Es ist jedoch wenig wahrscheinlich, dass in Deutschland rein geologisch bedingte Jahresmittelwerte der Radonkonzentration in Aufenthaltsräumen von mehr als 10.000 Bq/m^3 vorkommen. Die höchsten auf geologische Ursachen zurückführbare Radonkonzentrationen hat man in Häusern gemessen, die über Graniten oder in ihrer Zusammensetzung ähnlichen Gesteinen errichtet wurden.

In ca. 30% der Fläche Deutschlands sind auf Grund der geologischen Bedingungen bei einem fachgerechten Schutz der Gebäude gegen von außen angreifende Bodenfeuchte erhöhte Radonkonzentrationen in Häusern wenig wahrscheinlich. Dies betrifft vor allem große Teile des norddeutschen Tieflandes.

In Gebieten mit Radonkonzentrationen in der Bodenluft ab 20 kBq/m^3 sind insbesondere in Abhängigkeit von der Bauweise und dem Bauzustand erhöhte Radonkonzentration in Gebäuden zu erwarten. In Abbildung 2.1-2

ist die von der Radonkonzentration in der Bodenluft abhängige Wahrscheinlichkeit dargestellt, mit der in unterkellerten Aufenthaltsräumen, die unter Verwendung von Beton errichtet wurden (Referenzräume), Radonkonzentration über verschiedenen Schwellenwerten zu erwarten sind. Die Ergebnisse einer Abschätzung der Anzahl Ein- und Zweifamilienhäuser mit über diesen Schwellenwerten liegenden Radonkonzentrationen in Aufenthaltsräumen zeigt Tabelle 2.1-1. Besonders in Häusern älteren Baujahres, in Häusern ohne Fundamentplatte oder Häusern mit offensichtlichen Undichtigkeiten der Gebäudehülle im erdberührten Bereich sind in diesen Gebieten Radonmessungen zu empfehlen. Standorte von Neubauten sollten dort speziell bewertet und erforderlichenfalls Vermeidungsmaßnahmen vorgesehen werden.



Radonkonzentration in Bq/m ³	Relative Häufigkeit in %	Tausend Häuser
> 100	10,2 – 11,8	1400 – 1600
> 200	3,6 – 4,4	500 – 600
> 400	1,3 – 1,6	170 – 210
> 1000	0,27 – 0,32	37 – 44

Tabelle 2.1-1 Geschätzte Anzahl Ein- und Zweifamilienhäuser mit Radonkonzentrationen über verschiedenen Schwellenwerten in Aufenthaltsräumen
Estimated number of one-and two-family houses with radon concentrations above various threshold values in living rooms

In Bergbaugebieten können über Klüfte und Risse im Deckgebirge oder über direkte Verbindungen von Stollen oder Schächten Grubenwetter mit häufig sehr hoher Radonkonzentration in die Gebäude gelangen. In diesen Fällen wird 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 Bq/m³ und Jahresmittelwerte über 10.000 Bq/m³ festgestellt.

Baumaterialien sind in Deutschland selten die Ursache für erhöhte Radonkonzentrationen in Gebäuden. Auch durch die zunehmende Verwendung von Fliesen und anderen Elementen aus Granit im Hausinneren konnte bislang keine dadurch erhöhte Radonkonzentration nachgewiesen werden. Zu beachten ist die Verwendung von Haldenmaterial oder von bestimmten Rückständen zu Bauzwecken. Infolge einer unkontrollierten Verwendung solcher Materialien als Baustoff wurden in Einzelfällen Jahresmittelwerte von Radonkonzentrationen bis einige Tausend Bq/m³ gemessen. Diese Fälle sind auf kleine Gebiete beschränkt, in denen in der Vergangenheit der Bergbau umgegangen ist. Seit 2001 ist die Verwertung relevanter Rückstände überwachungsbedürftig und im Teil 3 der Strahlenschutzverordnung [1] gesetzlich geregelt.

Von generell untergeordneter Bedeutung für die Radonkonzentrationen in Wohngebäuden ist in Deutschland das Radon, welches in Wasser gelöst und bei dessen Anwendung in die Raumluft freigesetzt wird. Vereinzelt auftretende signifikante Beeinflussungen der Radonkonzentration in Aufenthaltsräumen sind auf eng begrenzte Gebiete und Situationen (z. B. Nutzung individueller Brunnen in Granitgebieten) beschränkt. Wesentliche Erhöhungen der Radon-Raumluftkonzentration wurden in Anlagen der Wassergewinnung, -aufbereitung und -verteilung festgestellt, weshalb diese in die gesetzlichen Regelungen des Teiles 3 der Strahlenschutzverordnung [1] aufgenommen wurden.

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 20 Jahren in der Bundesrepublik Deutschland Untersuchungen und Bewertungen der Strahlenexposition durch radioaktive Stoffe in Baumaterialien, in industriellen Rest- und Abfallstoffen durchgeführt. Es wurde die spezifische Aktivität des Radium-226, Thorium-232 und Kalium-40 in mehr als 1500 Proben von Natursteinen, Baustoffen und Industrieprodukten bestimmt.

Von den natürlichen Radionukliden in Baumaterialien geht im wesentlichen eine äußere Exposition durch Gammastrahlung und innere Strahlenexposition durch Inhalation von in die Raumluft freigesetztem Radon und seinen Zerfallsprodukten aus.

In Deutschland wird zunehmend die Verwendbarkeit von Abfällen und Reststoffen in der Baustoffindustrie untersucht.

In einigen Rückständen aus industriellen Verarbeitungsprozessen reichern sich die natürlichen radioaktiven Stoffe an. Bei Verwendung dieser Rückstände, z. B. ihrem Einsatz als Sekundärrohstoff im Bauwesen, sind erhöhte Strahlenexpositionen der Bevölkerung nicht auszuschließen. Um dies zu vermeiden werden im Teil A der Anlage XII der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) [1] die Rückstände genannt, bei deren Verwendung oder Deponierung Gesichtspunkte des Strahlenschutzes beachtet werden sollten. Durch die ebenfalls in Anlage XII der StrlSchV festgelegten Überwachungsgrenzen für die Verwertung dieser Materialien wird gesichert, dass der für Einzelpersonen der Bevölkerung geltende Richtwert der effektiven Dosis von 1 mSv pro Jahr nicht überschritten wird.

Mit den Festlegungen der StrlSchV wird ein wichtiges Instrumentarium zum Vollzug des Strahlenschutzes im Rahmen der Baugesetzgebung zur Verfügung gestellt. Gemäß der Bauproduktenrichtlinie (89/106/EWG) [2] darf in den Mitgliedstaaten der Europäischen Union ein Bauprodukt nur dann in Verkehr gebracht werden, wenn es unter anderem die wesentlichen Anforderungen an Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz erfüllt. Diese Richtlinie wird mit dem Bauproduktengesetz [3] umgesetzt. Auf der Grundlage der Landesbauordnungen ist die Verwendbarkeit der Bauprodukte geregelt.

Untersuchungen und Ergebnisse

Die in Natursteinen, Bindemitteln, Finalbaustoffen und sonstigen Industrieprodukten sowie in industriellen Rohstoffen gemessenen spezifischen Aktivitäten des Radium-226, Thorium-232 und Kalium-40 sind in Tabelle 2.2-1 im Vorjahresbericht (S. 44) zusammengestellt.

Die spezifische Aktivität natürlicher Radionuklide variiert innerhalb der einzelnen Materialarten in einem großen Bereich. Unter den Natursteinen besitzen vor allem kieselsäurereiche Magmagesteine vergleichsweise hohe spezifische Aktivitäten natürlicher Radionuklide.

Der Mittelwert der von den Baustoffen ausgehenden Gamma-Ortsdosisleistung (ODL) in Gebäuden Deutschlands beträgt rund 80 nSv/h. ODL 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 Ra-

donkonzentration in Wohnräumen beträgt im Median ca. 30 Bq/m³ und ist meist deutlich kleiner als 100 Bq/m³.

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

2.3 Zivilisatorisch bedingte Erhöhung der Strahlenexposition durch natürliche Strahlenquellen - Strahlenexpositionen bei Arbeiten

(Technologically enhanced levels of radiation exposure from natural radiation sources - radiation exposures due to work activities)

2.3.1 Erhöhte Strahlenexpositionen für Arbeitnehmer

(Increased radiation exposure to workers)

In Anlage XI der StrlSchV werden die Arbeitsfelder genannt, bei denen durch das Vorhandensein natürlicher Radionuklide für Arbeitnehmer erhöhte Strahlenexpositionen auftreten können. Es handelt sich einerseits um Arbeiten, bei denen erhöhte Strahlenexpositionen durch Radon auftreten (Anlage XI Teil A) und andererseits um Arbeiten, bei denen erhöhte Strahlenexpositionen durch Uran und/oder Thorium möglich sind (Anlage XI Teil B).

Für den beruflichen Strahlenschutz der Beschäftigten bei der Sanierung von Hinterlassenschaften früherer Tätigkeiten oder Arbeiten in den neuen Bundesländern gelten ebenfalls die im Teil 3 der StrlSchV getroffenen Regelungen.

Für den beruflichen Strahlenschutz der Beschäftigten bei der Stilllegung und Sanierung der Betriebsanlagen und Betriebsstätten der Wismut GmbH gelten die im § 118 Abs. 2 genannten Regelungen des Teils 2 der StrlSchV.

Über die Ergebnisse der Abschätzung und Ermittlung der Strahlenexpositionen für die Beschäftigten wird im vorliegenden Bericht im Teil III dieses Berichts unter Punkt 1.4 berichtet.

Für den Schutz des fliegenden Personals vor Expositionen durch kosmische Strahlung werden ebenfalls im Teil III Regelungen getroffen. Über die Ergebnisse der Ermittlung der Strahlenexpositionen für diesen Regelungsbe-
reich wird im Teil III dieses Berichts unter Punkt 1.5 berichtet.

2.3.2 Erhöhte Strahlenexpositionen für einzelne Personen der Bevölkerung

(Increased radiation exposure to single persons of the population)

Aus umfangreichen Untersuchungen, die in den zurück liegenden Jahren durchgeführt worden sind und deren Ergebnisse in den vorangegangenen Berichten dargestellt wurden, geht hervor, dass für Personen der allgemeinen Bevölkerung erhöhte Strahlenexpositionen nur dann auftreten können, wenn Rückstände mit erhöhter spezifischer Aktivität verwertet oder beseitigt werden. Handlungen, bei denen solche Rückstände entstehen, fallen auch unter die im Teil 3 der StrlSchV getroffenen Regelungen (§§ 97 bis 102). Die Anlage XII Teil A enthält eine Liste der technologischen Prozesse und der in diesen Prozessen anfallenden Rückstände, die grundsätzlich zu berücksichtigen sind. Bei der Verwertung oder Beseitigung dieser Rückstände sind die Regelungen des Teils 3 der StrlSchV zu beachten, es sei denn, dass sie in den dort genannten technologischen Prozessen wiederum als Rohstoffe eingesetzt werden oder die spezifische Aktivität jedes Nuklids der Nuklidketten U-238 oder Th-232 unter 0,2 Bq/g liegt. Es handelt sich vor allem um Rückstände aus bergbaulichen und industriellen Prozessen, bei denen wegen der geologischen Bedingungen oder infolge der Verarbeitung im Vergleich mit dem normalen Aktivitätsbereich in Böden und Gesteinen erhöhte spezifische Aktivitäten auftreten können. Weitere Einzelheiten zu den gesetzlichen Regelungen für die Verwertung und Beseitigung von Rückständen finden sich in den Vorjahresberichten.

2.4 Hinterlassenschaften früherer Tätigkeiten oder Arbeiten

(Residues of past practices or work activities)

Nach § 11 Abs. 8 des Strahlenschutzvorsorgegesetzes obliegt dem Bund im Bereich der Neuen Bundesländer die Ermittlung der Umweltradioaktivität aus bergbaulicher Tätigkeit in Gegenwart natürlicher radioaktiver Stoffe.

Das für die Aufgabe zuständige Bundesamt für Strahlenschutz hat hierzu von 1991 bis 1999 das Projekt "Radiologische Erfassung, Untersuchung und Bewertung bergbaulicher Altlasten (Altlastenkataster)" durchgeführt. In 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. Nach der begrifflichen Systematik der StrlSchV handelt es sich dabei um Hinterlassenschaften früherer Tätigkeiten (Hinterlassenschaften des frühen Uranbergbaus) oder Arbeiten (Hinterlassenschaften des Altbergbaus).

Die Berichterstattung über die Ergebnisse des Projektes wurde 2002 abgeschlossen. Die Berichte mit den Untersuchungsergebnissen und deren Bewertung wurden den Landesbehörden übergeben. Ihnen steht auch das Fachinformationssystem zur bergbaubedingten Umweltradioaktivität (FbU), das im Rahmen des Projektes entwickelt worden ist, zur Verfügung.

In den neuen Bundesländern gelten nach § 118 der StrlSchV für die Sanierung der Hinterlassenschaften aus früheren Tätigkeiten oder Arbeiten folgende Rechtsvorschriften fort: die Verordnung über die Gewährleistung von Atomsicherheit und Strahlenschutz vom 11. Oktober 1989, die Durchführungsbestimmung zu dieser Verordnung und die Anordnung über die Gewährleistung des Strahlenschutzes bei Halden und industriellen Absetzanlagen und bei der Verwendung darin abgelagerter Materialien vom 17. November 1980.

In den alten Bundesländern erfolgte noch keine systematische Erfassung der Hinterlassenschaften des Altbergbaus. Nach bisherigen Recherchen in ausgewählten Bundesländern ist jedoch davon auszugehen, dass dort ebenfalls potenziell radiologisch relevante Bergbauhalden vorhanden sind. Tabelle 2.4-1 zeigt eine Auswertung dieser Ergebnisse. Für weitere Altbergbaustandorte in den übrigen alten Bundesländern ist derzeit keine qualitative Bewertung möglich.

Tabelle 2.4-1 Radiologisch relevante Hinterlassenschaften des Altbergbaus in alten Bundesländern
(*Relics of former mining activities relevant to radiology in the former federal Laender*)

Bergbau	Halden	
	Anzahl	Masse in t
Baden-Württemberg		
Eisen / Mangan	33	20000
Buntmetalle	15	21000
Steinkohle	3	20000
Ölschiefer	1	800000
Uran	3	37000
Bayern		
Uran	6	120000
Flussspat	1	150000
Zinn	1	10000
Silber / Eisen	1	100000
Zinngranit	3	-

Auch in anderen Bereichen und nicht nur in den neuen Bundesländern muss mit Hinterlassenschaften früherer Tätigkeiten oder Arbeiten gerechnet werden, für die Sanierungsmaßnahmen aus der Sicht des Strahlenschutzes in Betracht gezogen werden müssen. Eine allgemeine Übersicht zu industriellen Hinterlassenschaften gibt die Tabelle 2.4-2. des Vorjahresberichtes auf Seite 51.

Literatur

- [1] Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung - StrlSchV) vom 20. Juli 2001 (BGBl. I S. 1714)
- [2] Richtlinie des Rates vom 21. Dezember 1988 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten über Bauprodukte (89/106/EWG). Amtssblatt der Europäischen Gemeinschaften, Nr. L 040 vom 11. Februar 1989, S. 0012 - 0026
- [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. I S. 1495)