

## **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)**

Radon und seine Zerfallsprodukte werden vom Menschen mit der Atemluft im Freien und in Gebäuden aufgenommen. Während das Edelgas Radon zum größten Teil wieder ausgeatmet wird, werden seine Zerfallsprodukte (dabei handelt es sich um die radioaktiven Schwermetalle Polonium-218, Wismut-214, Blei-214 und Polonium-214) im Atemtrakt abgelagert. Die dort beim radioaktiven Zerfall auftretende Strahlung führt zu einer Exposition, die in Deutschland zu einer mittleren effektiven Dosis von insgesamt 1,1 Millisievert pro Jahr (mSv/a) führt. Davon werden der Strahlenexposition durch Radon innerhalb von Gebäuden 0,9 mSv/a zugerechnet. Andere Organe werden durch Radon und seine Zerfallsprodukte nach derzeitiger Kenntnis weitaus weniger belastet.

In einer Reihe internationaler Studien wurde der Zusammenhang zwischen einer langjährigen Exposition durch Radon in Wohnungen und dem Auftreten von Lungenkrebs untersucht. Auf der Grundlage zusammenfassender Auswertungen dieser Studien in Europa und Nordamerika kommt die deutsche Strahlenschutzkommission [1] zu folgender Bewertung:

- Es zeigt sich ein klarer Anstieg des Lungenkrebsrisikos mit steigender Radonkonzentration.
- Dieser Zusammenhang ist auch für lebenslange Nichtraucher nachweisbar.
- Eine signifikante Risikoerhöhung wurde ab einem Konzentrationsintervall von 100 – 199 Bq/m<sup>3</sup> festgestellt.
- Die Expositions-Wirkungs-Beziehung ist linear ohne Schwellenwert. Das Lungenkrebsrisiko steigt um etwa 10% pro 100 Bq/m<sup>3</sup> Radonkonzentration in der Innenraumluft.

Die Radonkonzentration in Gebäuden variiert in Deutschland über einen weiten Bereich. Der bundesweite Jahresmittelwert in Wohnräumen beträgt ungefähr 50 Bq/m<sup>3</sup> Raumluft. Während die Mehrzahl der Messwerte unter diesem Wert liegt, kommen auch Häuser mit einigen Tausend Bq/m<sup>3</sup> 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 den tektonischen 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 bergmännischer Auffahrungen und Rissbildungen im Deckgebirge das Radonangebot aus dem Untergrund erhöht werden. Wenn am Baukörper Undichtigkeiten infolge von Senkungen des Baugrundes entstehen, muss zusätzlich noch mit einem höheren Radoneintritt in die betroffenen Gebäude gerechnet werden.

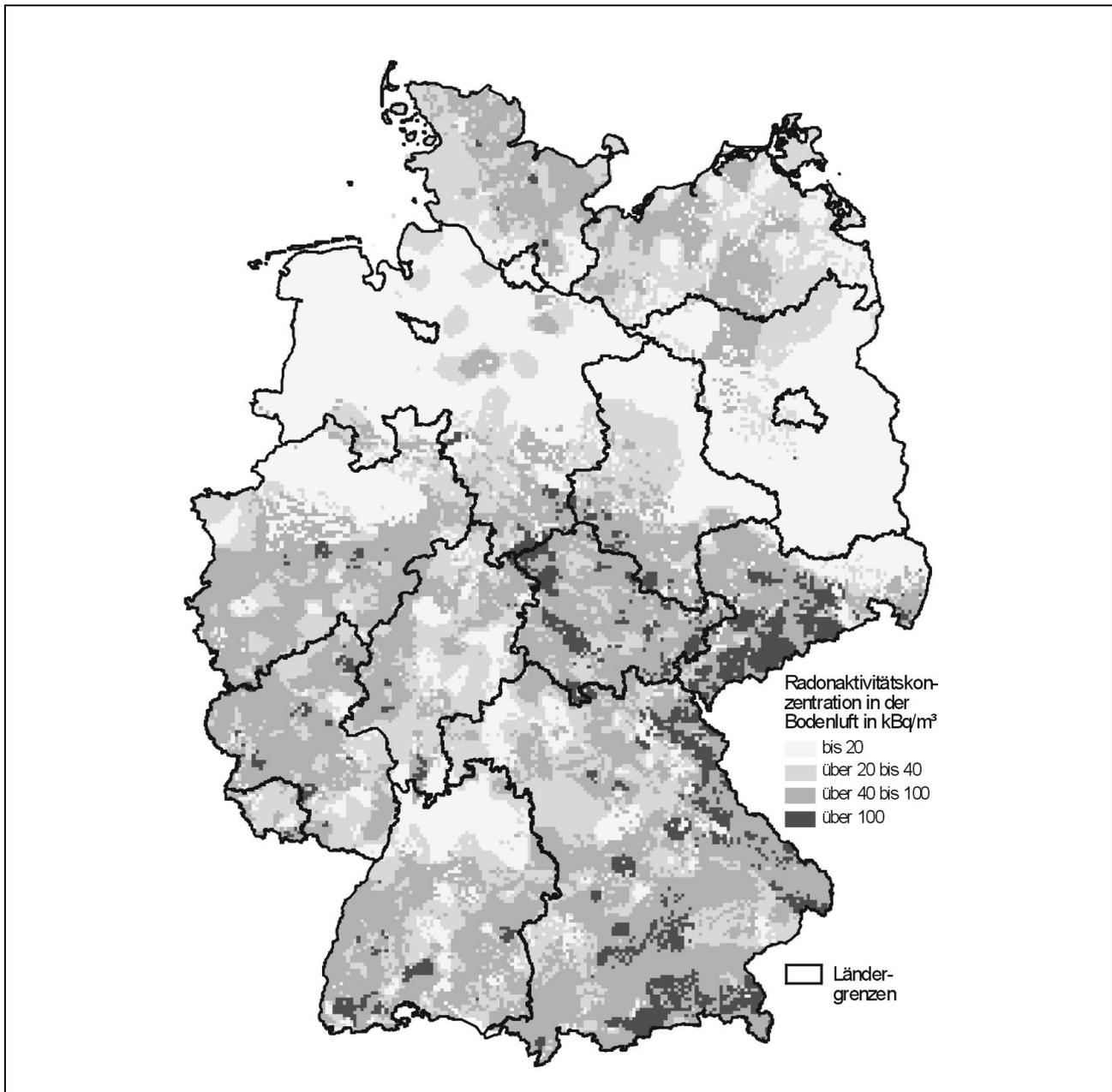
Unter Berücksichtigung der Stellungnahme der Strahlenschutzkommission sollten die Radonkonzentrationen in Aufenthaltsräumen grundsätzlich möglichst niedrig sein. Diesem Bestreben sind jedoch im allgemeinen praktische Grenzen dadurch gesetzt, dass der Beitrag des in der Außenluft vorkommenden Radons zur Innenraumkonzentration und die Radonfreisetzungen aus den Baumaterialien der bestehenden Häuser kaum beeinflussbar sind. Die Summe beider Komponenten liefert für Aufenthaltsräume einen Anteil, der üblicherweise maximal 100 Bq/m<sup>3</sup> erreicht. Höhere Radonkonzentrationen in Gebäuden werden in Deutschland vor allem durch das in der Bodenluft des Baugrundes vorhandene und in das Gebäude eindringende Radon bestimmt. Mehr als 100 Bq/m<sup>3</sup> in Aufenthaltsräumen können mit vertretbarem Aufwand beim Neubau vermieden und in bestehenden Häusern reduziert werden. In der Regel können damit Radonkonzentrationen in Aufenthaltsräumen unter 100 Bq/m<sup>3</sup> erreicht werden.

Sowohl die bisher in über 60.000 Häusern durchgeführten Radonmessungen als auch die Untersuchungen der Bodenluft zeigen, dass es große Gebiete gibt, in denen auf Grund der geologischen Verhältnisse keine erhöhten Radonkonzentrationen in Gebäuden vorkommen und in denen deshalb keine besonderen Maßnahmen gegen den Eintritt von Bodenradon erforderlich sind.

#### **Untersuchungen und Ergebnisse**

Im Rahmen verschiedener Forschungsvorhaben wurden in den vergangenen Jahren Messungen der Radonkonzentration in der Bodenluft und in Häusern durchgeführt.

Auf der Grundlage von Messungen an insgesamt 2346 Orten wurde eine bundesweite Übersichtskarte der regionalen Verteilung der Radonkonzentration in der Bodenluft erstellt (siehe Abbildung 2.1-1).



<b>BfS</b>	Übersichtskarte der Radonkonzentration in der Bodenluft in 1 m Tiefe <i>Overview of Radon concentration in soil air at 1 m depth</i>	<b>2.1-1</b>
------------	---	--------------

Die Untersuchungen des Einflusses von Bergbau und bergbaulichen Hinterlassenschaften auf die Radonkonzentration in Häusern wurden in zwei Gebieten des Westerzgebirges fortgesetzt. Mit Untersuchungen in 200 Häusern eines Steinkohlereviere in NRW wurde begonnen.

Zusammenfassend ist festzustellen:

Rein geologisch bedingt können in einzelnen Gebäuden Jahresmittelwerte von einigen Tausend Bq/m<sup>3</sup> Luft auftreten. Es ist jedoch wenig wahrscheinlich, dass in bergbaulich nicht beeinflussten Gebieten Langzeitmittelwerte der Radonkonzentration in Aufenthaltsräumen von mehr als 10.000 Bq/m<sup>3</sup> 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 über 20 kBq/m<sup>3</sup> sind insbesondere in Abhängigkeit von der Bauweise und dem Bauzustand erhöhte Radonkonzentration in einem Teil des Gebäudebestandes zu erwarten. Häuser älteren Baujahres, in Gebäuden ohne Fundamentplatte oder in Gebäuden mit offensichtlichen Undichtigkeiten der Gebäudehülle im erdberührten Bereich weisen überdurchschnittlich häufig erhöhte Radonkonzentrationen auf. In diesen Gebieten sind deshalb Radonmessungen zu empfehlen. Standorte von Neubauten sollten dort im Hinblick auf die Notwendigkeit von Vermeidungsmaßnahmen bewertet werden. Tabelle 2.1-1 zeigt die auf der Radonkonzentration in der Bodenluft basierende Abschätzung des Anteils und der Anzahl von Ein- und Zweifamilienhäusern mit über 100 Bq/m<sup>3</sup> liegenden Radonkonzentrationen in Aufenthaltsräumen.

**Tabelle 2.1-1** Geschätzte Anzahl von Ein- und Zweifamilienhäusern 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*

Radonkonzentration in Bq/m <sup>3</sup>	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

In Bergbaugebieten können über Klüfte und Risse im Deckgebirge oder über direkte Verbindungen zu Stollen oder Schächten Grubenwetter 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 in Bergbaugebieten wurden in Einzelfällen kurzzeitig deutlich über 100.000 Bq/m<sup>3</sup> und Jahresmittelwerte über 10.000 Bq/m<sup>3</sup> festgestellt.

Generell von 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.

#### Literatur

- [1] Strahlenschutzkommission: "Lungenkrebsrisiko durch Radonexposition in Wohnungen", verabschiedet auf der 199. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 21./22. April 2005

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

Zur vollständigen Bewertung der Strahlenexposition, die in Gebäuden auftreten kann, werden seit mehr als 20 Jahren in Deutschland Untersuchungen über den Gehalt natürlicher Radionuklide in Baumaterialien und industriellen Rückständen durchgeführt. Es wurden die spezifischen Aktivitäten 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 eine innere Strahlenexposition durch Inhalation von in die Raumluft freigesetztem Radon und den daraus entstehenden Zerfallsprodukten aus.

In Deutschland wird zunehmend die Verwendbarkeit von Rückständen in der Baustoffindustrie untersucht. Bestimmte Rückstände aus industriellen Verarbeitungsprozessen weisen häufig erhöhte Gehalte natürlicher Radionuklide auf. Bei Verwendung dieser Rückstände, z. B. bei 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) 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 [2] umgesetzt. Auf der Grundlage der Landesbauordnungen ist 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 Jahresbericht 2003 zusammengestellt.

Die spezifische Aktivität natürlicher Radionuklide variiert auch innerhalb der einzelnen Materialarten beträchtlich. 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 Wohngebäuden 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 erhöhte Radonkonzentration in Wohnungen sind. Der Beitrag von Baumaterialien zur Radonkonzentration in Wohnräumen beträgt im Median ca. 30 Bq/m<sup>3</sup> und ist meist kleiner als 70 Bq/m<sup>3</sup>.

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.

### **Literatur**

- [1] Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung - StrlSchV) vom 20. Juli 2001 (BGBl. I S. 1714, 2002 I S. 1459)
- [2] 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 Mitgliedsstaaten über Bauprodukte (Bauproduktengesetz - BauPG) vom 10. August 1992 (BGBl. I S. 149)