



Bundesamt  
für Strahlenschutz

# Radon in Innenräumen

STRAHLENSCHUTZSTANDPUNKT



**Radon in Innenräumen ist nach dem Rauchen eine der wichtigsten Ursachen für Lungenkrebs. Die Radon-Konzentration in Innenräumen – wo nötig – zu senken, kann Menschenleben retten. Doch ab welcher Konzentration sollte man über Schutzmaßnahmen nachdenken und ab welcher auf jeden Fall handeln? Im Zusammenhang mit der Konzentration von Radon in Innenräumen sind verschiedene Zahlen im Umlauf. Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) erläutert die Bedeutung der Werte für den Gesundheitsschutz der Bevölkerung sowie die Position des BfS.**

## Was ist Radon

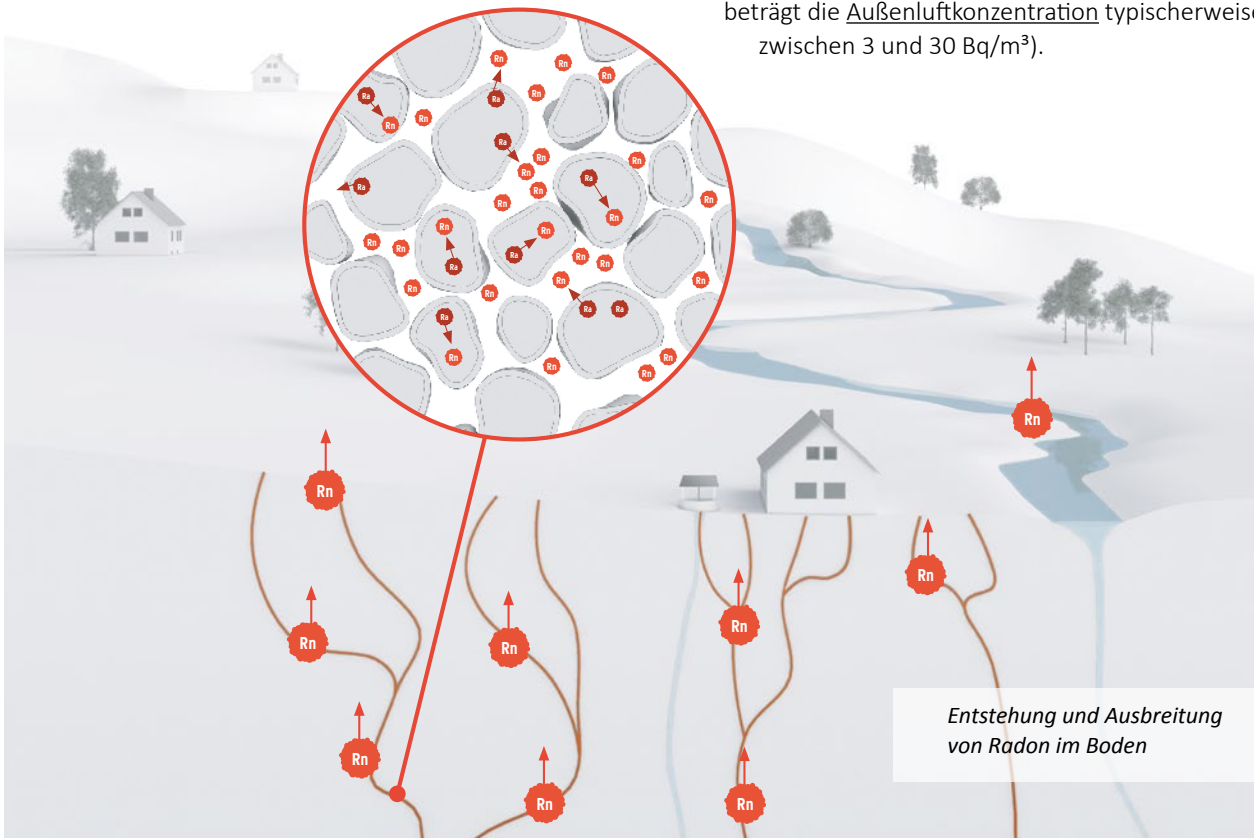
Radon-222 (kurz: Radon) ist Teil der Uran-238-Zerfallsreihe. Es entsteht in allen Böden und Gesteinen als Folgeprodukt von Radium-226. Die Radon-Konzentration im Boden variiert räumlich stark. Sie ist von Geologie und Bodeneigenschaften abhängig. In Deutschland weisen zum Beispiel Teile einiger Mittelgebirge eine erhöhte Radon-Konzentration im Boden auf (z. B. Erzgebirge, Bayerischer Wald, Oberpfälzer Wald, südlicher Schwarzwald).

Aus dem Boden kann Radon über undichte Stellen im Fundament (Risse und Spalten) in Gebäude eindringen und sich dort ansammeln. In Gebieten mit hohen Radon-Konzentrationen im Boden treten erhöhte Radon-Konzentrationen in Innenräumen gehäuft auf. In geringerem Ausmaß sind sie aber überall in Deutschland zu finden. Auch aus Baumaterialien sowie aus Trink- und Brauchwasser kann Radon in Gebäude gelangen.

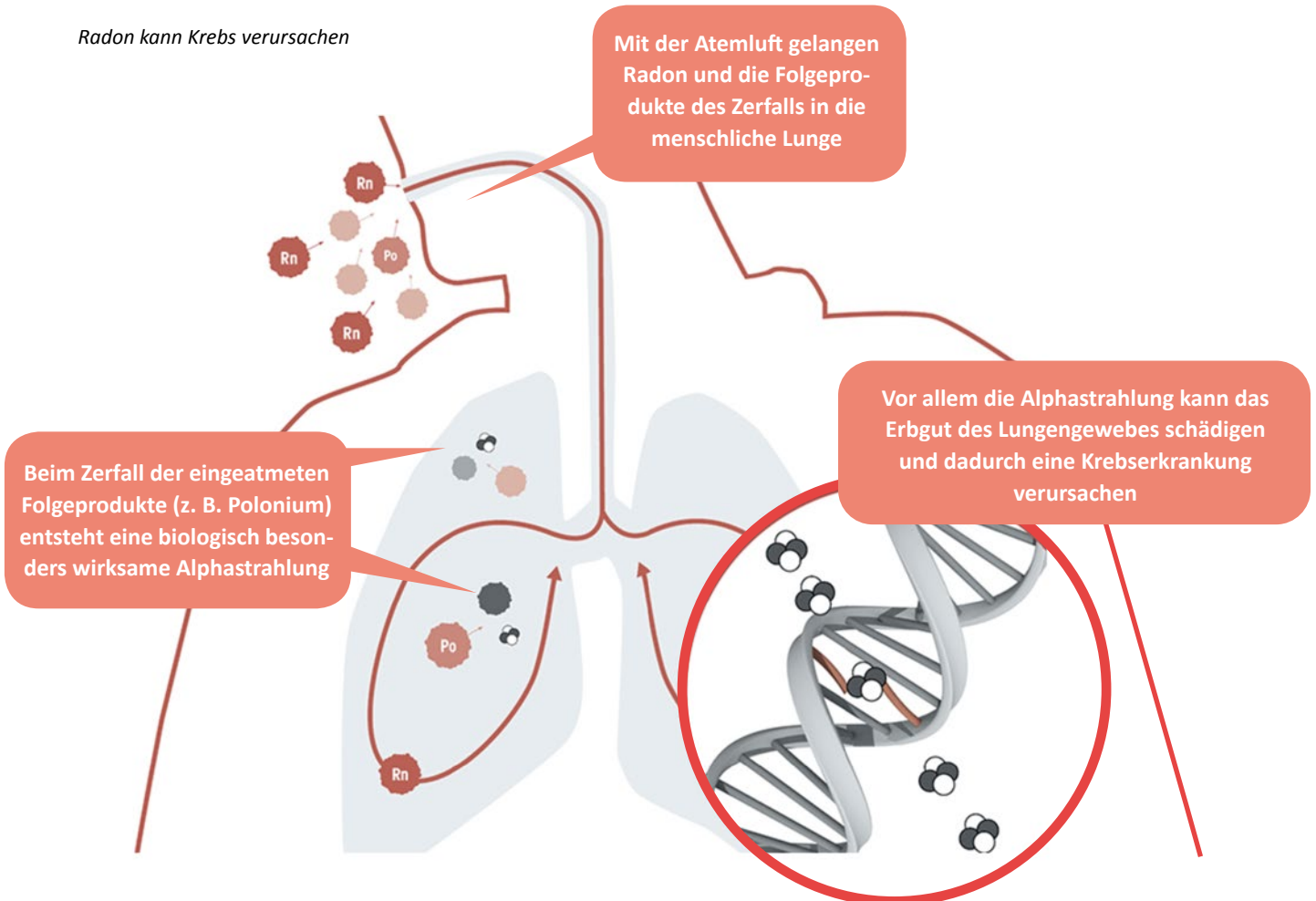
Radon und seine radioaktiven Folgeprodukte gelangen beim Atmen in die Lunge. Während man Radon größtenteils wieder ausatmet, lagern sich die Folgeprodukte in der Lunge an. Dort zerfallen sie. Dabei entsteht Alphastrahlung, die auf die strahlenempfindlichen Zellen der Lungen trifft. Alphastrahlung ist sehr energiereich. Sie kann die Lungenzellen schädigen und schließlich Lungenkrebs auslösen.

Die Radon-Konzentration in Gebäuden lässt sich durch eine funktionstüchtige Belüftung senken. Auch bauliche Maßnahmen, die das Eindringen von Radon in das Gebäude oder in die am häufigsten genutzten Räume so weit wie möglich verhindern, helfen gegen Radon. Bei Neubauten sollte ein effektiver Radon-Schutz schon in der Bauplanung berücksichtigt werden.

Dass Radon in Gebäude eintritt, lässt sich nicht vollständig verhindern. Als unterste erreichbare Grenze in Innenräumen ist das Außenluftniveau anzusehen (in Deutschland beträgt die Außenluftkonzentration typischerweise zwischen 3 und 30 Bq/m<sup>3</sup>).



## Radon kann Krebs verursachen



## Wie gefährlich ist Radon?

Radon erhöht nachweislich das Lungenkrebsrisiko. Ab den 1960er-Jahren wurden epidemiologische Studien an Bergarbeitern durchgeführt. Sie trugen wesentlich dazu bei, dass das internationale Krebsforschungszentrum IARC der Weltgesundheitsorganisation Radon im Jahr 1988 als nachgewiesen krebserregend für den Menschen einstufte. Das BfS und die deutsche Strahlenschutzkommission teilen diese Einschätzung. Fall-Kontroll-Studien zum Lungenkrebsrisiko durch Radon in Wohnungen in Europa (u. a. auch unter Beteiligung des BfS), Nordamerika und China haben gezeigt, dass auch Radon in Wohnräumen das Lungenkrebsrisiko erhöht.

Je mehr Radon in der Atemluft ist und je länger man es einatmet, desto höher ist das Lungenkrebsrisiko. Für Radon-Konzentrationen oberhalb von etwa  $100 \text{ Bq/m}^3$  ist die Erhöhung des Risikos statistisch signifikant nachgewiesen. Eine große gepoolte europäische Studie zu Radon in Wohnungen zeigte einen annähernd linearen Expositions-Wirkungs-Zusammenhang zwischen langjähriger Radon-Konzentration und Lungenkrebs. Dabei ließ sich der Expositions-Wirkungs-Zusammenhang mit einem Modell mit Schwellenwert nicht besser beschreiben als mit einem Modell ohne Schwellenwert. Daher ist kein

Wert bekannt, unterhalb dessen Radon mit Sicherheit ungefährlich ist. Pro  $100 \text{ Bq/m}^3$  Erhöhung der langjährigen Radon-Konzentration stieg das Risiko in dieser Studie um 16 %.

Rein rechnerisch erhöht sich damit das Lungenkrebsrisiko bei einer langjährigen Radon-Belastung von  $100 \text{ Bq/m}^3$  im Vergleich zu einer hypothetischen Belastung von  $0 \text{ Bq/m}^3$  um 16 %, bei  $200 \text{ Bq/m}^3$  um 32 %, bei  $300 \text{ Bq/m}^3$  um 48 % usw. Bei etwa  $600 \text{ Bq/m}^3$  verdoppelt sich das Lungenkrebsrisiko.

In absoluten Zahlen heißt das: Sterben ohne Radon-Exposition von 1.000 Personen, die nie geraucht haben, etwa vier Personen an Lungenkrebs, so erhöht sich deren Anzahl bei einer langjährigen Radon-Konzentration von  $100 \text{ Bq/m}^3$  auf 4,6 Personen und bei  $800 \text{ Bq/m}^3$  auf 9,3 Personen. Eine Person, die täglich 15 bis 24 Zigaretten raucht, hat generell etwa das 25-fache Lungenkrebsrisiko einer Person, die nie geraucht hat. Das bedeutet, dass in der Personengruppe ohne Radon-Exposition 100 von 1.000 Personen an Lungenkrebs sterben. Diese Anzahl würde sich bei einer Radon-Konzentration von  $100 \text{ Bq/m}^3$  auf 116 Personen und bei  $800 \text{ Bq/m}^3$  auf 216 erhöhen.

Ein im Auftrag des BfS durchgeführtes Forschungsprojekt ergab, dass rund 5 % aller Todesfälle durch Lungenkrebs in der deutschen Bevölkerung Radon in Wohnungen zugeschrieben werden können. Im Untersuchungszeitraum der Studie waren das rund 1.900 Todesfälle pro Jahr. Damit ist Radon in Deutschland einer der wichtigsten Risikofaktoren für Lungenkrebs. Radonbedingte Lungenkrebserkrankungen könnten teilweise (oder größtenteils) vermieden werden, wenn die Radon-Konzentration in den Gebäuden auf Außenluftniveau gesenkt würde.

## Welche Regelungen schützen uns vor Radon?

Strahlenschutzgesetz und Strahlenschutzverordnung haben zum Ziel, die langfristigen Risiken durch Radon an Arbeitsplätzen und Radon in Aufenthaltsräumen in Deutschland zu verringern. Die Radon-Exposition ist auf breiter Basis zu senken, um die Anzahl der darauf zurückgehenden Lungenkrebsfälle nachhaltig zu reduzieren.

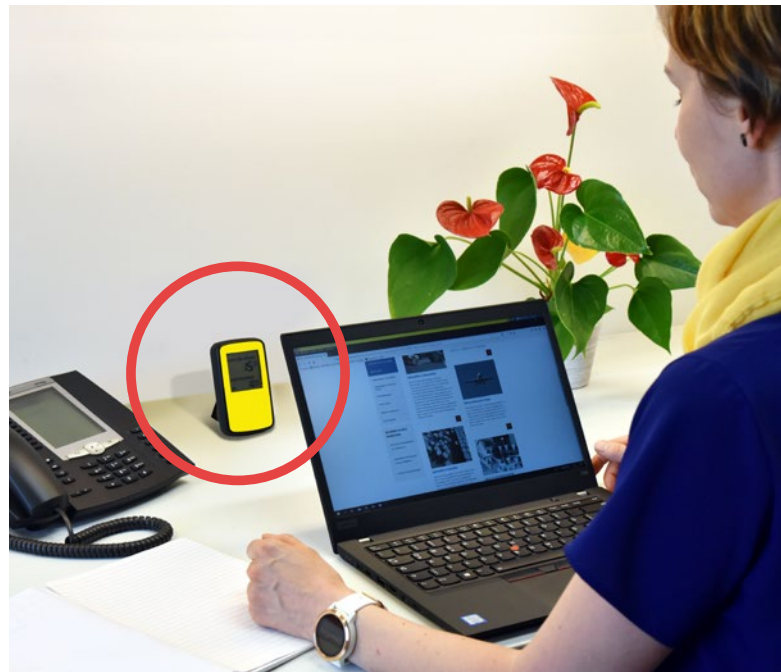
Dies erfordert eine strategische Herangehensweise, um effizient und zielorientiert vorgehen zu können. Es ist vorgesehen,

- gezielt Aufenthaltsräume und Arbeitsplätze mit hohen Radon-Konzentrationen in der Luft zu identifizieren,
- Maßnahmen zu treffen, um die mittlere Radon-Konzentration in der Raumluft der Gebäude in Deutschland zu senken und
- das Vorgehen regelmäßig auf seine Wirksamkeit zu überprüfen.

Zwei wesentliche Instrumente einer raschen und zielgerichteten Umsetzung dieser Strategie sind:

- die Ausweisung von Radon-Vorsorgegebieten, in denen Maßnahmen zum Schutz vor Radon prioritär geboten sind,
- sowie Referenzwerte für die Radon-Konzentration in Aufenthaltsräumen und an Arbeitsplätzen.

Vorsorgegebiete und Referenzwerte entfalten ihre volle Schutzwirkung erst durch Maßnahmen gegen erhöhte Radon-Konzentrationen. Die Gesamtstrategie zum Schutz vor Radon sieht eine Überprüfung der Wirksamkeit und der Angemessenheit der eingeleiteten Maßnahmen nach zehn Jahren vor.



Radon-Messung an einem Büroarbeitsplatz (Beispiel)

## Was ist der Radon-Referenzwert?

Der Referenzwert ist ein festgelegter Wert, der als Maßstab für die Prüfung der Angemessenheit von Maßnahmen dient. In Deutschland gibt es je einen Referenzwert für Arbeitsplätze sowie einen für Aufenthaltsräume. Beide sind auf 300 Bq/m<sup>3</sup> Raumluft festgelegt.

Bei Überschreitung des Referenzwertes an Arbeitsplätzen sind nach Maßgabe des Strahlenschutzrechts verbindliche Maßnahmen zu ergreifen. An Arbeitsplätzen ist der Schutz vor Radon als Stufenkonzept angelegt. Nur wenn die Maßnahmen einer Stufe nicht ausreichen, greifen die aufwendigeren Maßnahmen der nächsthöheren Stufe. Dabei ist eine Überschreitung des Referenzwertes – anders als bei einem Grenzwert – unter bestimmten Voraussetzungen zulässig.

An allen Arbeitsplätzen im Erd- und Kellergeschoss in Radon-Vorsorgegebieten und an Arbeitsplätzen in bestimmten Arbeitsfeldern, in denen hohe Radon-Konzentrationen zu erwarten sind, besteht eine Messpflicht. Wird der Referenzwert überschritten, sind Maßnahmen zu ergreifen.



*Die Radon-Konzentration ist in Aufenthaltsräumen, die sich im Keller oder Erdgeschoss befinden, zu messen*

renzwert überschritten, sind Maßnahmen zur Senkung der Radon-Konzentration umzusetzen. Bleibt die Radon-Konzentration dennoch oberhalb des Referenzwertes, greift die nächste Stufe des Schutzkonzepts: Arbeitgeber müssen dafür sorgen, dass die Radon-Belastung der Beschäftigten trotz der Überschreitung des Referenzwertes so gering wie möglich bleibt. Eine vergleichsweise einfache Möglichkeit dafür ist, die Arbeitszeit in betroffenen Räumen zu verkürzen und – wo möglich – auf andere Räume auszuweichen.

Bei privat genutzten Bestandsgebäuden setzen Bund und Länder auf Eigenverantwortung. Sie regen dazu an, die Radon-Konzentration zu ermitteln und abhängig vom Messergebnis Maßnahmen gegen Radon zu ergreifen. Für private Neubauten besteht für Bauherren die Pflicht, durch bauliche Maßnahmen weitgehend zu verhindern, dass Radon in das Gebäude eindringen kann.

Der Referenzwert gibt der Bevölkerung einen Maßstab zur Einordnung der Radon-Situation in ihrem privaten Umfeld und unterstützt damit ein eigenverantwortliches Handeln. Er verdeutlicht, dass bei Radon-Konzentrationen über  $300 \text{ Bq/m}^3$  in jedem Fall Maßnahmen zur Senkung der Radon-Konzentration angebracht sind.

Wenn der Referenzwert in Aufenthaltsräumen nach Ausführung geeigneter Maßnahmen nur mit weiteren, mit unangemessenem Aufwand umsetzbaren Maßnahmen erreichbar wäre, kann eine Überschreitung des Referenzwertes auch aus Sicht des Strahlenschutzes akzeptiert werden. Der Referenzwert soll nicht dazu führen, dass Menschen ihr privates Eigenheim nicht mehr nutzen können oder historische Gebäude abgerissen werden müssen.

Nach dem Optimierungsprinzip im Strahlenschutz gilt: Unter Berücksichtigung aller Umstände des Einzelfalls ist anzustreben, die Exposition auch unterhalb des Referenzwertes so gering wie möglich zu halten. Auch unterhalb einer Radon-Konzentration von  $300 \text{ Bq/m}^3$  ist es daher sinnvoll zu prüfen, ob die Radon-Konzentration durch einfache Maßnahmen weiter gesenkt werden kann. Bei der Festlegung der Höhe des Referenzwertes waren Gesichtspunkte des Gesundheitsschutzes sowie der Anwendbarkeit des Referenzwertes in der Praxis maßgeblich. Zudem waren die regionale Ungleichverteilung des Radon-Potenzials sowie Fragen der wirtschaftlichen Angemessenheit zu berücksichtigen.

Der Referenzwert stellt ein Maß dar, unterhalb dessen die weitere Reduzierung in der Eigenverantwortung der Bevölkerung bzw. der Arbeitgeber\*innen liegt.

Als Messgröße für den Referenzwert wird das Jahresmittel der Radon-Aktivitätskonzentration genutzt. Die Radon-Aktivitätskonzentration ist hierfür besonders geeignet, weil sie messtechnisch einfach zu erfassen ist.

Radon-Konzentrationen im Bereich des Referenzwertes sind eindeutig und mit akzeptabler Unsicherheit messtechnisch nachweisbar und Ursachen zuzuordnen. Davon abgeleitete Reduzierungsmaßnahmen sind somit mit höherer Wahrscheinlichkeit erfolgreich. Der Referenzwert schafft deshalb ein hohes Maß an Rechtssicherheit.

Der Referenzwert von  $300 \text{ Bq/m}^3$  erfüllt die für Deutschland verbindlichen Vorgaben der Europäischen Atomgemeinschaft: Er entspricht den in Artikel 54 Absatz 1 und Artikel 74 Absatz 1 der Richtlinie 2013/59/Euratom vorgegebenen Werten für Aufenthaltsräume und Arbeitsplätze.

### Der Referenzwert bewegt sich auch im Rahmen der Empfehlungen weiterer relevanter internationaler Institutionen:

- **Weltgesundheitsorganisation (World Health Organisation, WHO)<sup>i</sup>:**



Die Weltgesundheitsorganisation WHO sieht den Referenzwert als maximal akzeptierte Radon-Konzentration in Wohnungen und als eine wichtige Komponente für nationale Programme zur Reduzierung des Radon-Risikos. Die WHO empfiehlt, dass nationale Referenzwerte so gering sein sollen, wie sie vernünftigerweise erreichbar sind. Die WHO schlägt einen nationalen Referenzwert von 100 Bq/m<sup>3</sup> vor, da damit eine effektive Reduzierung des Gesundheitsrisikos durch Radon erwartet wird. Wenn ein Wert von 100 Bq/m<sup>3</sup> unter den länderspezifischen Bedingungen nicht erreichbar ist, kann er auch höher sein. Der Referenzwert sollte laut WHO 300 Bq/m<sup>3</sup> nicht überschreiten.

- **Internationale Strahlenschutzkommission (International Commission on Radiological Protection, ICRP)<sup>ii</sup> und Internationale Atomenergie-Organisation (International Atomic Energy Agency, IAEA)<sup>iii</sup>**



Für die ICRP und die IAEA entspricht der Referenzwert einem Risikoniveau, dessen geplantes Auftreten als unangemessen angesehen wird und unterhalb dessen Optimierungsmaßnahmen geplant werden sollen. Der Wert von 300 Bq/m<sup>3</sup> wird als oberer Referenzwert festgelegt mit der Begründung, dass die damit typisch verbundenen Dosen je nach Szenario in dem Bereich 1-20 mSv/Jahr liegen.

Dieser Bereich ist als angemessen für bestehende Expositionssituationen anzusehen. In ICRP-Publikation 126 werden nationale Behörden nachdrücklich aufgefordert, ein national abgeleitetes Referenzniveau (national derived reference level) im Bereich von 100 bis 300 Bq/m<sup>3</sup> festzulegen, das so niedrig zu halten ist, wie es unter Berücksichtigung wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Faktoren vernünftigerweise erreichbar ist.

- **Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR)<sup>iv</sup>**

Der AIR besteht aus Fachleuten des Bundes und der Länder, die auf Mandat der Arbeitsgemeinschaft der Obersten Landesgesundheitsbehörden benannt werden. Er legt zur Beurteilung der Innenraumluftqualität in öffentlichen und privaten Gebäuden bundeseinheitliche gesundheitsbezogene Richtwerte für toxische Stoffe sowie für kanzerogene Stoffe hygienische Leitwerte fest, wenn eine belastbare Exposition-Risiko-Beziehung (ERB) verfügbar ist. Bei der Festlegung eines Leitwertes ist das 95 %-Perzentil der in Deutschland vorkommenden Innenraum-Schadstoffkonzentration von zentraler Bedeutung. Der vom AIR festgelegte vorläufige Leitwert ist als ein rein technischer Wert anzusehen. Bei Konzentrationen oberhalb dieses vorläufigen Leitwertes eines krebserzeugenden Stoffes sollten grundsätzlich expositionsmindernde Maßnahmen ergriffen werden.<sup>v</sup>

Das 95 %-Perzentil der Radon-Konzentration in Aufenthaltsräumen liegt nach gegenwärtigen Erkenntnissen bei rund 100 Bq/m<sup>3</sup>. Aus Sicht des AIR sollten deshalb bei Radon-Konzentrationen über 100 Bq/m<sup>3</sup> expositionsmindernde Maßnahmen ergriffen werden.

Da bisher noch keine bevölkerungsrepräsentative Untersuchung vorliegt, hat der AIR noch keinen Leitwert für Radon festgelegt und empfohlen, repräsentative Wahrscheinlichkeitsverteilungen für Wohnungen und wohnungsähnliche Arbeitsplätze<sup>vi</sup> zu ermitteln. Zurzeit ermittelt ein Forschungsvorhaben im Auftrag des BfS die Radon-Konzentrationen in mehr als 6.000 nach bevölkerungsrepräsentativen Kriterien ausgewählten Wohnungen in Deutschland.

i Zeeb H, Shannoun F, World Health Organization. WHO handbook on indoor radon: a public health perspective. Genf, 2009. Verfügbar unter: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44149>

ii ICRP. Radiological protection against radon exposure. ICRP Publication 126. Ann. ICRP 43(3), 2014

iii International Atomic Energy Agency. Protection of the public against exposure indoors due to radon and other natural sources of radiation. Wien, 2015. Verfügbar unter: <https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1651Web-62473672.pdf>

iv Ergebnisprotokoll der 2. Sitzung des Ausschusses für Innenraumrichtwerte(AIR)am 26.und 27.November2015 in Berlin

v Gesundheitliche Bewertung krebserzeugender Verunreinigungen der Innenraumluft – erste Ergänzung zum Basisschema. Bundesgesundheitsbl 2015 · 58:769–773DOI 10.1007/s00103- 015-2175-9Online publiziert: 28. Mai 2015

vi Ergebnisprotokoll der 4. Sitzung des Ausschusses für Innenraumrichtwerte (AIR) am 2. und 3. November2016 in Berlin

# Zusammenfassende Bewertung des BfS

Es ist wissenschaftlich zweifelsfrei belegt, dass Radon in Gebäuden ein Gesundheitsrisiko darstellt. Zur Reduzierung des radonbedingten Lungenkrebsrisikos sieht das Strahlenschutzgesetz strategisch ineinandergreifende Maßnahmen vor. Der im Strahlenschutzgesetz festgelegte Referenzwert von 300 Bq/m<sup>3</sup> für die Radon-Konzentration an Arbeitsplätzen und in Aufenthaltsräumen ist Teil dieser Gesamtstrategie.

Das BfS misst dem Referenzwert innerhalb des Gesamtkonzeptes zur langfristigen Reduzierung der Radon-Konzentration in der Innenraumluft eine große Bedeutung bei:

- **An Arbeitsplätzen ergänzt der Referenzwert die Instrumente des Arbeitsschutzes und bildet einen Bezugspunkt für die Beurteilung der Qualität der Innenraumluft unter Gesichtspunkten des Strahlenschutzes.**
- **Der Bevölkerung gibt der Referenzwert einen Maßstab zur Einordnung der Situation in ihrem privaten Umfeld und unterstützt damit ein eigenverantwortliches Handeln.**

Im Sinne des präventiven Gesundheitsschutzes sollte der Referenzwert beachtet werden. Dies gilt auch außerhalb von Radon-Vorsorgegebieten und jenseits von Messpflichten. Das BfS empfiehlt, auf freiwilliger Basis Radon-Messungen von anerkannten Stellen durchführen zu lassen und bei Überschreitung des Referenzwertes Maßnahmen einzuleiten.

Da kein Wert bekannt ist, unterhalb dessen ein Risiko sicher ausgeschlossen werden kann, sollten Maßnahmen gegen Radon immer zum Ziel haben, die Radon-Konzentration nicht nur unter den Referenzwert zu senken, sondern so weit zu reduzieren, wie dies mit einem angemessenen Aufwand erreichbar ist. Aus dem gleichen Grund ist angeraten, bei Messergebnissen unterhalb des Referenzwertes zu prüfen, ob mit vertretbarem Aufwand eine weitere Verringerung der Radon-Konzentration möglich ist.

Aus Sicht des BfS sollte das Prinzip der Optimierung perspektivisch auch unterhalb des Referenzwertes in seine gesetzliche Definition einfließen. Die nach einer Frist von spätestens zehn Jahren vorgesehene Evaluierung der Gesetzgebung zum Schutz vor Radon sollte eine Überprüfung des Referenzwertes einschließen.

## **Impressum**

Bundesamt für Strahlenschutz  
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit  
Postfach 10 01 49  
38201 Salzgitter  
Tel.: +40 3018 333-0  
Fax: +49 3018 333-1885  
E-Mail: [ePost@bfs.de](mailto:ePost@bfs.de)  
[www.bfs.de](http://www.bfs.de)

Redaktion: Melanie Bartholomäus  
Gestaltung: Orca Affairs  
Fotos: Titel, Seite 4 (Gettyimages)  
alle Weiteren BfS  
Stand: März 2021