

# Radon – ein kaum wahrgenommenes Risiko

Der Mensch ist seit jeher von natürlichen radioaktiven Stoffen umgeben. Etwa 40 Prozent der dadurch verursachten Strahlenexposition ist auf das Gas Radon (Rn) in Innenräumen zurückzuführen. Wo Radon entsteht und wie es sich in Gebäuden anreichern kann, erfahren Sie in dieser Ausgabe der Reihe Strahlenschutz Konkret. Außerdem erhalten Sie Informationen dazu, welchen Beitrag Radon zur Erhöhung Ihres persönlichen Krebsrisikos leistet, wie die Radonverteilung in Deutschland ist und was Sie dafür tun können, Ihre persönliche Radonbelastung zu verringern.

## Radon entsteht im Erdboden

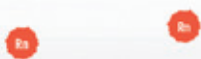
Die Erdkruste enthält seit Milliarden Jahren radioaktive Stoffe. Das in verschiedenen Gesteinen eingebundene Uran-238 ( $^{238}\text{U}$ ) ist stark verbreitet. Zerfällt der Atomkern des Uran-238, entstehen weitere Radionuklide, darunter das radioaktive Edelgas Radon ( $^{222}\text{Rn}$ ). Es ist besonders mobil, weil es mit anderen Elementen unter normalen Umständen keine chemischen Verbindungen eingeht. Ein Teil des entstehenden Radons wird in den Porenraum der Böden und in Gesteine freigesetzt. Von dort wandert es zur Erdoberfläche. Dieser Transport wird durch Spalten und Risse im Untergrund begünstigt. Dadurch kann es über Klüfte, Bergsenkungen oder an der Grenze zweier Gesteinsarten zu lokal erhöhten Radonkonzentrationen kommen. Darüber hinaus kann Radon auch im Grundwasser gelöst und mit diesem im geologischen Untergrund transportiert werden.

## Radon kann sich in Gebäuden anreichern

Radon steigt im Erdboden nach oben und gelangt schließlich in die Atmosphäre. Im Freien verdünnt sich das Gas sehr schnell. Die Konzentrationen unterliegen witterungsbedingt zeitlichen Veränderungen und sind regional unterschiedlich. Während im norddeutschen Tiefland nur geringe Konzentrationen auftreten, sind sie im Bergland und in größerem Abstand zu den Küsten meist höher. Die Jahresmittelwerte in der bodennahen Luft liegen gewöhnlich bei 5 Becquerel pro Kubikmeter ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ ) bis etwa  $30 \text{ Bq}/\text{m}^3$ . Kleinräumig kommen jedoch auch höhere Konzentrationen vor. In Gebäuden treten meist höhere Radonkonzentrationen als im Freien auf. In Deutschland ist die Hauptquelle für erhöhte Radonkonzentration in Häusern die jeweilige Radonkonzentration in der Bodenluft (vgl. Radonkarte S. 6/7). Radonfreisetzungen aus Baumaterialien oder aus Trinkwasser spielen dagegen eine untergeordnete Rolle.

In der bodennahen Atmosphäre wird Radon rasch verteilt. Die Radonkonzentration ist deshalb im Freien wesentlich niedriger als in Gebäuden.

Wertebereich  
Freiluft: 5 - 30  $\text{Bq}/\text{m}^3$



Wertebereich  
Bodenluft  
in 1 m Tiefe:  
5.000 - >100.000  $\text{Bq}/\text{m}^3$



Über durchlässige, insbesondere undichte Fundamentbodenplatten, Risse im Mauerwerk oder über Kabel- und Rohrdurchführungen kann Radon aus dem Baugrund in Gebäude gelangen und sich dann in der Raumluft anreichern. Die Radonkonzentration ist üblicherweise in bodenberührenden Gebäudebereichen (Keller und nicht unterkellerte Räume) am höchsten und nimmt dann von Stockwerk zu Stockwerk ab. In Deutschland beträgt der Jahresmittelwert der Radonkonzentration in Wohnräumen durchschnittlich etwa 50 Bq/m<sup>3</sup>.

Radon ist farblos,  
geruchlos  
und geschmackslos -  
mit unseren Sinnen  
können wir es nicht  
wahrnehmen.

Die Konzentrationen reichen allerdings von einigen Becquerel pro Kubikmeter Luft bis in Einzelfällen zu einigen tausend (zum Beispiel in früheren Bergbauregionen). Ungefähr 5–10 Prozent der Wohnungen in Deutschland weisen in Aufenthaltsräumen Werte über 100 Bq/m<sup>3</sup> und etwa 0,04 Prozent Werte über 1.000 Bq/m<sup>3</sup> auf.

### Bequerel

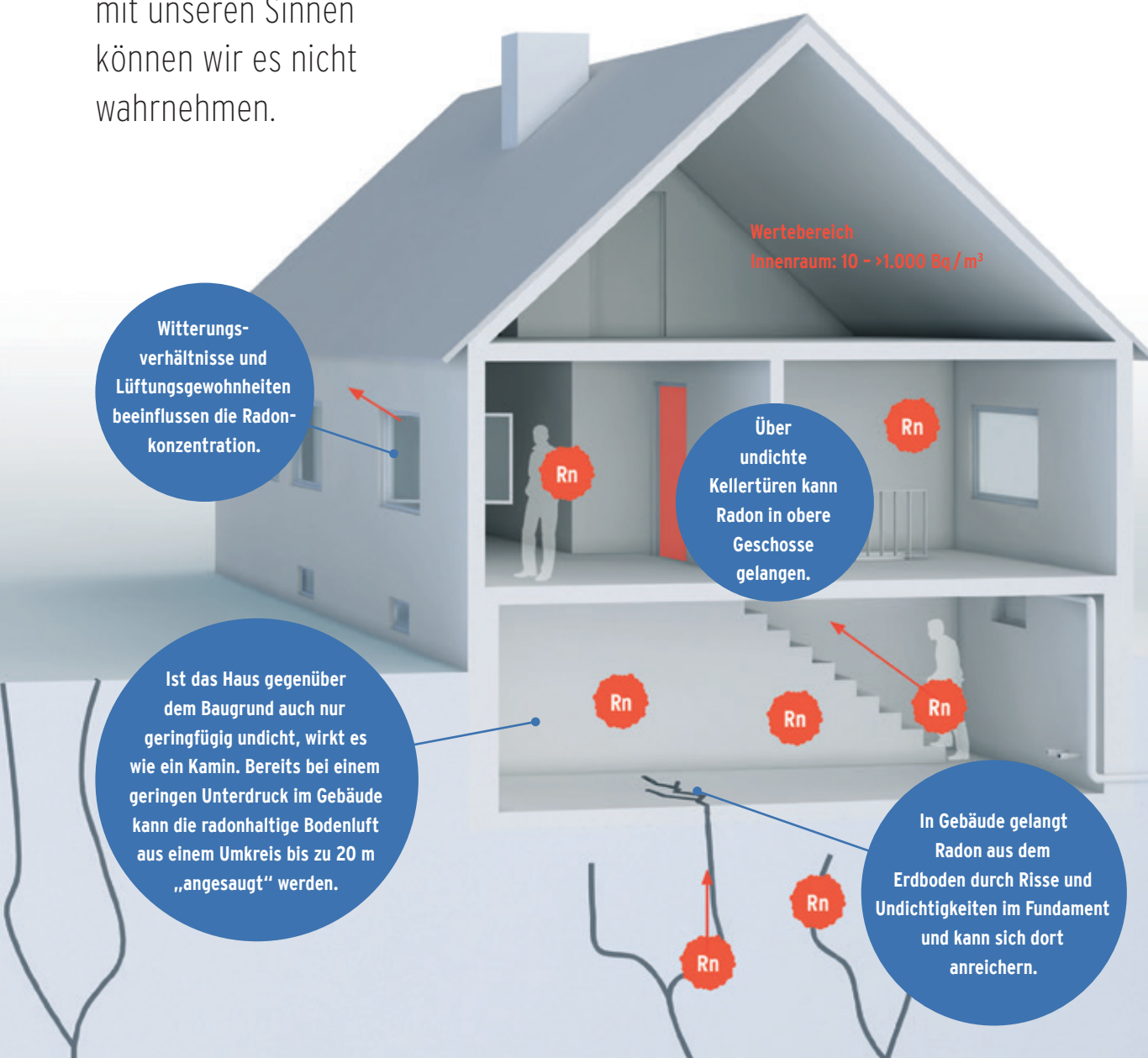
Ist die Maßeinheit der „Aktivität“ eines radioaktiven Stoffes und gibt an, wie viele Kernzerfälle pro Sekunde stattfinden.

1 Bq = 1 Kernzerfall / Sekunde

Die Einheit Bq alleine ist nicht ausreichend. Sie nimmt immer Bezug auf eine Menge, zum Beispiel „pro Kilogramm“ oder „pro Liter“.

### Verlässliche Informationen geben Messungen

Wegen der Vielzahl von Einflussfaktoren können die Radonkonzentrationen von Haus zu Haus schwanken. Verlässliche Aussagen über die Höhe der Radonkonzentration sind nur über Messungen möglich. Aufgrund der großen Tages- und Jahresschwankungen der Radonkonzentrationen sollten diese möglichst über einen Zeitraum von einem Jahr durchgeführt werden. Außerdem sind Messungen in häufig, über mehrere Stunden hinweg genutzten Räumen sinnvoll wie zum Beispiel Schlafzimmer, Wohnzimmer, Kinderzimmer.



In Deutschland beträgt die durchschnittliche Strahlenexposition durch Radon in Häusern circa 0,9 Millisievert (mSv)\* pro Jahr, im Freien circa 0,2 mSv pro Jahr. Mit insgesamt 1,1 mSv pro Jahr ist Radon damit für mehr als die Hälfte der natürlichen Strahlenbelastung verantwortlich.

### Natürliche Strahlenquellen

#### Zivilisatorisch veränderte natürliche Strahlenexposition



## Radon kann Krebs verursachen

Radon und seine Zerfallsprodukte werden vom Menschen mit der Atemluft aufgenommen. Die gesundheitliche Gefährdung geht weniger vom Radongas selbst aus, das zum größten Teil wieder ausgeatmet wird, als von seinen kurzlebigen Zerfallsprodukten. Dabei handelt es sich um die ebenfalls radioaktiven Schwermetalle Polonium (Po) und Wismut (Bi), die an festen oder flüssigen Schwebeteilchen in der Luft angelagert sind. Nach dem Einatmen werden sie im Atemtrakt abgelagert und zerfallen dort. Die dabei entstehende energiereiche Alphastrahlung trifft die strahlenempfindlichen Zellen des Lungengewebes und kann die Zellen schädigen und damit eine Lungenkrebs-erkrankung begünstigen.

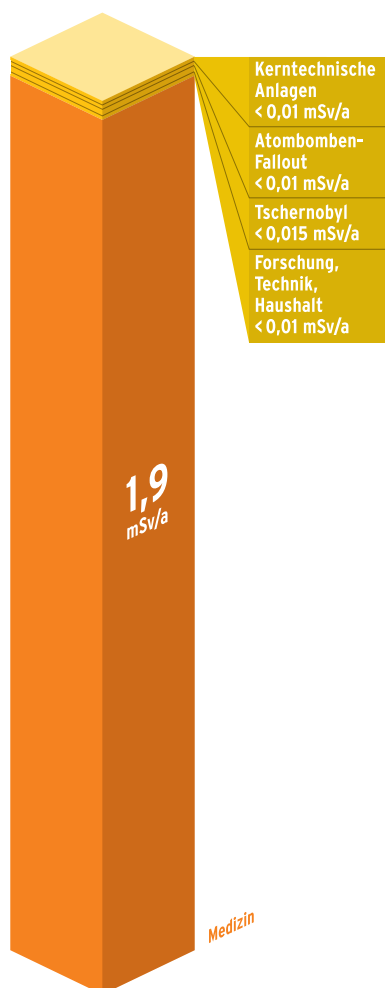
Ein ursächlicher Zusammenhang zwischen Radon und Lungenkrebs wurde bei Bergarbeitern, die unter Tage extrem hohen Radonbelastungen ausgesetzt waren, bereits vor vielen Jahrzehnten nachgewiesen. Radon wurde deshalb 1980 vom internationalen Krebsforschungszentrum der Weltgesundheitsorganisation (WHO) als für den Menschen krebserregender Stoff eingestuft.

### Ein weltweites Problem

Weltweit liefert Radon den mit Abstand größten Beitrag zur Strahlenbelastung der Bevölkerung. In Deutschland wird der Anteil von Radon jedoch noch durch das Röntgen und die Nuklearmedizin übertroffen. Zur Reduzierung der Gesundheitsgefahren durch Radon hat die Weltgesundheitsorganisation (WHO) 2005 das WHO International Radon Projekt gestartet. Von deutscher Seite war das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) als WHO-Kooperationszentrum an dieser Initiative maßgeblich beteiligt. Ziel war die Entwicklung von Verfahren (Messung, Sanierung, Risikokommunikation, nationale Radonprogramme) zur Reduzierung der Gesundheitsgefahren durch Radon.

### Künstliche Strahlenquellen

#### Zivilisatorische Strahlenexposition



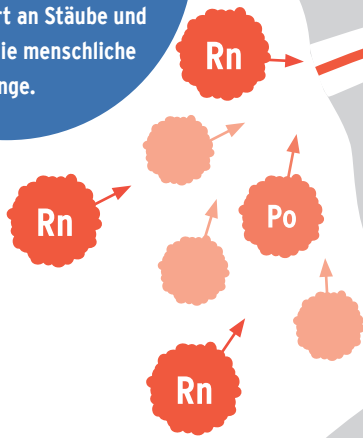
### Wie hoch ist das Krebsrisiko?

Die gemeinsame Auswertung mehrerer europäischer epidemiologischer Studien zu diesem Thema erbrachte folgende Erkenntnisse:

- Eine langjährige Radonbelastung, auch in niedrigeren Konzentrationen wie sie in Wohnungen vorkommen, kann Ursache für das Auftreten von Lungenkrebs sein. Es gibt keinen Hinweis für einen Schwellenwert, unterhalb dessen Radon ungefährlich ist.
- Mit zunehmender Radonkonzentration in den Aufenthaltsräumen steigt das Risiko für Lungenkrebs gleichermaßen (proportional) an.
- Radon und Rauchen verstärken wechselseitig ihre Wirkung. Deshalb haben Raucherinnen und Raucher ein besonders hohes Lungenkrebsrisiko durch Radon. Man geht davon aus, dass sich deren ohnehin hohes Lungenkrebsrisiko je 1.000 Bq/m<sup>3</sup> verdoppelt. Dies gilt entsprechend auch für das geringere Risiko bei Nichtraucher.
- Radon in Wohnungen gilt nach Rauchen als zweithäufigste Ursache von Lungenkrebs. Eine Studie aus dem Jahr 2006 schätzt, dass 5 Prozent der in Deutschland auftretenden Lungenkrebsfälle, etwa 1.900 von 37.000, dem Radon zugeschrieben werden können.

**1.**

Der größte Teil des Radons zerfällt bereits außerhalb der Lunge. Mit der Atemluft gelangen Radon und die Folgeprodukte (direkt oder angelagert an Stäube und Aerosole) in die menschliche Lunge.

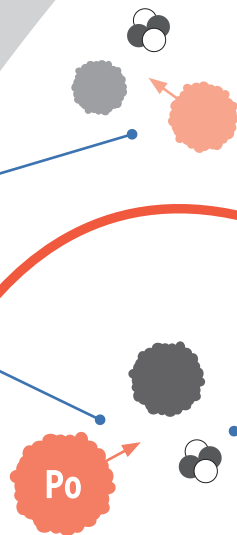


**2.**

Vom eingeatmeten Radon zerfällt auf Grund seiner kurzen Aufenthaltszeit und seiner im Vergleich langen Halbwertszeit vergleichsweise wenig in der Lunge.

**3.**

Beim Zerfall der eingeatmeten kurzlebigen Zerfallsprodukte, wie zum Beispiel Polonium, entsteht neben Beta- und Gammastrahlung biologisch besonders wirksame Alphastrahlung.



**4.**

Vor allem die Alphastrahlung kann das Erbgut in den strahlenempfindlichen Zellen des Lungengewebes schädigen und dadurch eine Krebserkrankung verursachen.





## Radonverteilung in Deutschland

Die Radonkarte Deutschlands liefert eine Übersicht über die Radonkonzentration in der Bodenluft in 1 m Tiefe unter der Erdoberfläche. In der Bodenluft sind Radonkonzentrationen in einem Bereich von weniger als 10.000 Bq/m<sup>3</sup> bis 100.000 Bq/m<sup>3</sup> üblich, lokal können aber auch deutlich höhere Konzentrationen vorkommen.

Abhängig von der Bodenluftkonzentration variiert die Radonkonzentrationen in Gebäuden ebenfalls beträchtlich. Während in der norddeutschen Tiefebene Konzentrationen über 100 Bq/m<sup>3</sup> nur selten vorkommen, weisen in Teilen der Mittelgebirge zahlreiche Gebäude Werte über 100 Bq/m<sup>3</sup> auf.

Radondrainagen und Abdichtung der Bodenplatte schützen in Neubauten vor erhöhter Radonkonzentration und sollten vor allem in Gebieten mit erhöhtem Radonpotential zum Einsatz kommen.

Die Radonkarte hat nur orientierenden Charakter. Für Städte, Gemeinden oder gar einzelne Neubaugebiete lassen sich daraus keine genauen Planungsdaten ableiten.

Auch Baustoffe können je nach Material und Herkunft unterschiedliche Konzentrationen an Radium enthalten und Radon absondern. Der Beitrag der Baustoffe zur Radonkonzentration in Häusern ist in Deutschland von untergeordneter Bedeutung.

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

<20.000

>100.000

# Bauliche Maßnahmen zum Schutz vor erhöhten Radonkonzentrationen in Gebäuden

Das BFS hat auf Basis der wissenschaftlichen Erkenntnisse bereits 2004 in Zusammenarbeit mit dem Bundesumweltministerium ein Konzept für Schutzmaßnahmen mit dem Ziel entwickelt, die Strahlenbelastung durch Radon in Aufenthaltsräumen zu vermindern. Damit sollen nicht nur Spitzenwerte gekappt, sondern die Radonkonzentrationen in Aufenthaltsräumen generell gesenkt werden.

## Was ist bei Neubauten zu beachten?

Das BFS empfiehlt: Neu zu errichtende Gebäude sollten so geplant werden, dass in den Aufenthaltsräumen Radonkonzentrationen von mehr als  $100 \text{ Bq/m}^3$  im Jahresmittel vermieden werden. Um dieses Ziel zu erreichen, sind bereits in vielen Fällen Isolierungsmaßnahmen ausreichend, die beim Bauen gemäß dem Stand der Technik ohnehin angewendet werden. Für Standorte mit hohen Radonkonzentrationen oder einer hohen Durchlässigkeit des Baugrundes sind aber auch zusätzliche Maßnahmen wie Radondrainagen sinnvoll. Um die im Einzelfall erforderlichen Maßnahmen auszuwählen, sollte im Rahmen des Baugrundgutachtens die lokale Radonsituation bewertet werden.

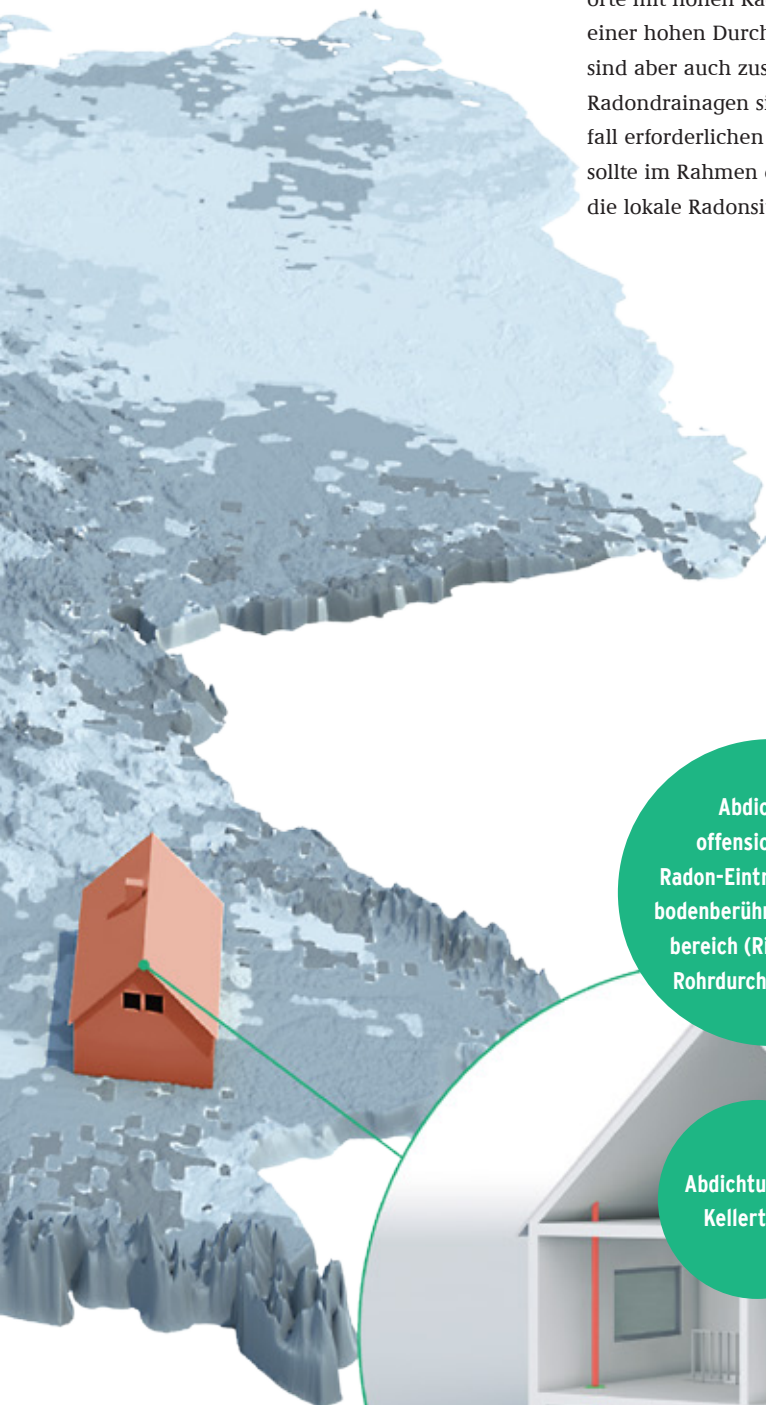
## Was ist in bestehenden Gebäuden zu beachten?

In der Regel treten im Winter in Gebäuden höhere Konzentrationen auf als in den wärmeren Jahreszeiten. Daher sollten Messungen der Radonkonzentration in Aufenthaltsräumen möglichst über den Zeitraum von einem Jahr durchgeführt werden. Momentanmessungen oder Messungen über einige Tage sind im Allgemeinen für Sanierungsentscheidungen ungeeignet.

## Abwägung von Aufwand und Nutzen einer Sanierung

Wird im Jahresmittel der Wert von  $100 \text{ Bq/m}^3$  überschritten, sollten Schritte ergriffen werden, um die Radonkonzentration zu senken. Einfache Maßnahmen wie zum Beispiel häufiges, intensives Lüften oder die Abdichtung von Radon-Eintrittspfaden im bodenberührenden Bereich (Risse, Fugen, Rohrdurchführungen) oder auch das Abdichten von Kellertüren können hier zum Erfolg führen.

Ergeben Messungen Radonkonzentrationen über  $1.000 \text{ Bq/m}^3$  sollten unbedingt bauliche Maßnahmen innerhalb von drei Jahren abgeschlossen werden. Das BFS empfiehlt, dass vor einer aufwändigeren Sanierung die Ursachen der erhöhten Radonkonzentrationen fachlich fundiert ermittelt werden und die bauliche Situation bewertet wird. Die verschiedenen Sanierungsmöglichkeiten sollten hinsichtlich ihres Aufwandes und ihrer Erfolgsaussichten gegeneinander abgewogen werden. Zunächst ist die Frage zu beantworten: Kann man auch auf einfache Weise eine ausreichende Senkung der Radonkonzentration erreichen? Sind ohnehin Um- oder Ausbauarbeiten vorgesehen, können dabei Sanierungsmaßnahmen einbezogen werden. Eine Übersicht über mögliche Maßnahmen und deren Effizienz gibt das Radonhandbuch Deutschland. Das BFS empfiehlt, den Erfolg durchgeführter Maßnahmen durch Messungen zu überprüfen.



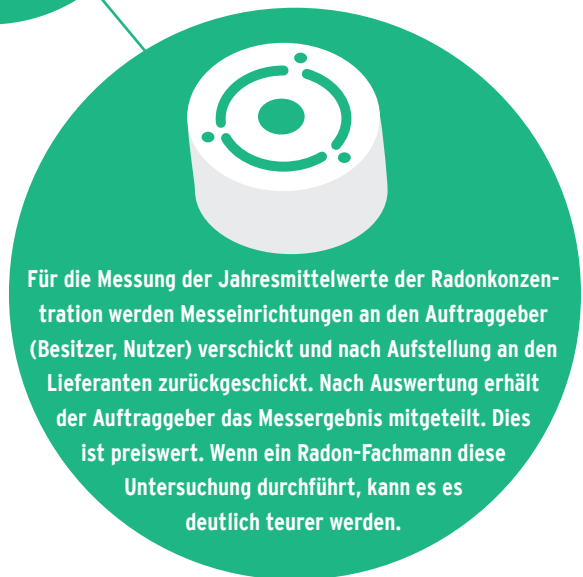
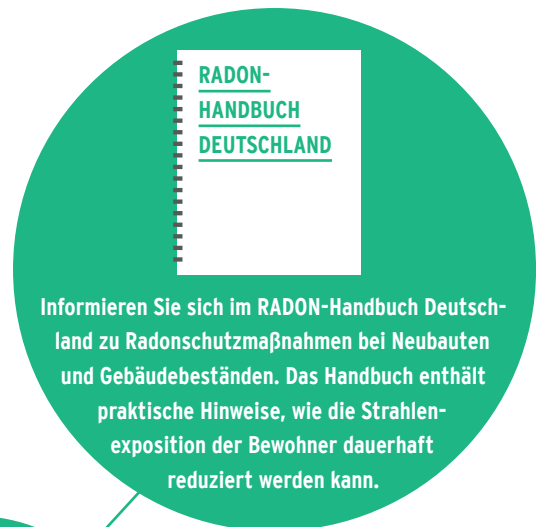
Abdichtung  
offensichtlicher  
Radon-Eintrittspfade im  
bodenberührenden Haus-  
bereich (Risse, Fugen,  
Rohrdurchführungen)

Abdichtung von  
Kellertüren

Häufiges  
und intensives  
Lüften



Weiterführende Informationen zum Thema Radon bietet die BfS-Internetseite unter: [www.bfs.de/radon](http://www.bfs.de/radon)



## Impressum

Bundesamt für Strahlenschutz  
Öffentlichkeitsarbeit  
Postfach 10 01 49  
D-38201 Salzgitter  
Telefon: +49 (0)3018 333-0  
Telefax: +49 (0)3018 333-1885  
E-Mail: [ePost@bfs.de](mailto:ePost@bfs.de)  
Internet: [www.bfs.de](http://www.bfs.de)

Redaktion: Melanie Bartholomäus  
Gestaltung: Quermedia GmbH, Kassel  
Druck: Bonifatius GmbH  
Stand: Juli 2016

ClimatePartner<sup>o</sup>  
Klimaneutral

Druck | ID: 53323-1607-1021