

Radon in Wohnhäusern: Unterschätzte Krebsgefahr

Nach dem Tabakrauch gilt Radon im Innenraum als der zweithäufigste Risikofaktor für Lungenkrebs: Jährlich sterben fast 2000 Menschen in Deutschland aufgrund von Radon an dieser Krebsart. Weltweit werden zehntausende Lungenkrebssterbefälle pro Jahr durch Radon verursacht. Ein Großteil der Fälle könnte mit einfachen Vorsorgemaßnahmen vermieden werden.



Der Untergrund ist die Hauptquelle erhöhter Radonkonzentration in Häusern. Das radioaktive Edelgas Radon-222 kann durch Risse und Fugen, Abwasser- und Entlüftungsrohre, Rohr- und Kabeldurchführungen aus dem Erdboden in Gebäude übertreten, sich dort anreichern und zu einem erhöhten Lungenkrebsrisiko für die Bewohner führen. Grafik: GSF/u.s.design

Doch das Problem ist noch zu wenig bekannt, wie Experten auf einer internationalen Fachtagung unter Beteiligung des Bundesumweltministeriums in diesem Frühjahr und auf einer Krebstagung des GSF-Forschungszentrums im Mai feststellten. Sie fordern deshalb mehr Aufklärung.

Mit dieser Hintergrundinformation will der FLUGS-Fachinformationsdienst des GSF-Forschungszentrums zur besseren Aufklärung beitragen: FLUGS gibt einen Überblick über aktuelle Daten zur Gesundheitsgefahr durch Radon, über das Vorkommen in Wohnräumen und Möglichkeiten zur Messung und Sanierung.

1. Was ist Radon?

Das radioaktive Edelgas Radon kommt natürlicher Weise in Gesteinen und im Erdreich vor. Es ist nicht sichtbar, geruchs- und geschmacklos. Über Undichtigkeiten im erdberührten Bereich eines Hauses kann Radon aus dem Untergrund in unsere Wohnräume eindringen und sich dort anreichern. Dabei gibt es – aufgrund der unterschiedlichen Beschaffenheit des Untergrundes – regionale Belastungsschwerpunkte. Ob die Radonkonzentration dann auch in den Wohnungen hoch ist, hängt von der Bausubstanz ab. Schlecht isolierte Altbauten oder gar Häuser ohne Grundplatte sind besonders gefährdet.



Radon bildet eine Reihe kurzlebiger Zerfallsprodukte, die sich an Aerosolpartikel anlagern und in die Lunge gelangen können. Grafik: GSF.

Die radioaktive Strahlung des Radon beruht auf dem Zerfall seines Atomkerns. Radon bildet eine Reihe kurzlebiger Zerfallsprodukte, die sich an Aerosolpartikeln anlagern und mit der Atemluft in der Lunge deponiert werden. Radon selbst ist auch ein Zerfallsprodukt, und zwar des Uran. Man findet Uran, und infolge dessen auch Radon, in allen Böden der Erde – allerdings in unterschiedlichen Konzentrationen. So weisen granitische und vulkanische Landstriche eher hohe Uran-Gehalte auf, Schotter- und Muschelkalkgebiete eher niedrigere. Radon ist das einzige gasförmige Zwischenprodukt der Uran-Zerfallsreihe.

Es kann aus Gesteinen und Böden relativ leicht entweichen. Über die Luft oder in Wasser gelöst breitet sich das Gas über größere Entfernungen aus. Die radioaktive Strahlung wird dabei verteilt.

Die Radioaktivität des Radon wird in der Einheit Becquerel (Bq) angegeben. Ein Becquerel entspricht einem radioaktiven Zerfall pro Sekunde.

2. Wie wirkt Radon auf die Gesundheit?

Radon ist nach dem Tabakrauch die wichtigste Ursache für Lungenkrebs. Über die Atmung nehmen wir Radon und die an winzige Partikel gehefteten Folgeprodukte auf. In der Lunge führt der radioaktive Zerfall zur Bestrahlung der Lungenzellen. Je höher die Radonkonzentration in der Raumluft ist, und je länger wir uns dort aufhalten, desto höher wird das Risiko, an Lungenkrebs zu erkranken. Besonders gefährlich sind die an Partikel gebundenen Folgeprodukte: Die jeweilige Lebensdauer der Zerfallprodukte und die Verweilzeit im Atemtrakt beeinflussen die Krebsentstehung. Der Ort der Ablagerung und Anreicherung der Folgeprodukte ist entscheidend dafür, wo sich gegebenenfalls Lungenkrebs entwickelt. Bis zum tatsächlichen Ausbruch der Krankheit können jedoch Jahrzehnte vergehen.

Dass Radon Krebs erzeugen kann, ist seit langem bekannt: Bald nach Entdeckung des Elements (um 1900), wurde Radon in den Bergbaustollen im Erzgebirge nachgewiesen. Genaue Messungen in den zwanziger Jahren des 20. Jahrhunderts führten zu der Hypothese, dass Radon die Ursache für den Lungenkrebs unter Arbeitern im Erzbergbau war – ein Krebs, der seit dem 19. Jahrhundert unter der Bezeichnung „Schneeberger Krankheit“ bekannt war. In den fünfziger Jahren zeigten Tierexperimente und Studien an Arbeitern in Uranbergwerken, dass insbesondere Radon-Zerfallsprodukte Lungenkrebs verursachen können. Wenige Jahre später erkannte man, dass auch für die allgemeine Bevölkerung ein Risiko durch Radon in Wohnräumen besteht. Seit den achtziger Jahren geben Messprogramme in West- und Ostdeutschland Aufschluss darüber, welche Radon-Konzentrationen in der Bodenluft und in Wohnräumen vorliegen. Daneben haben epidemiologische Studien genaue Abschätzungen des radonbedingten Lungenkrebsrisikos der Allgemeinbevölkerung ergeben.



Messungen Anfang des 20. Jahrhunderts legten die Vermutung nahe, dass Radon die Ursache für den Lungenkrebs unter Arbeitern im Erzbergbau war. Foto: Wismut AG.

Es muss allerdings darauf hingewiesen werden, dass akute gesundheitliche Beschwerden, wie z. B. Kopfschmerzen und Asthma, nicht durch Radon verursacht werden.

Deutsche Radon-Studie

Das GSF-Institut für Epidemiologie hat in Kooperation mit der Ludwig-Maximilians-Universität München in Teilen West- und Ostdeutschlands zwei epidemiologische Studien zum Zusammenhang zwischen Radon in Wohnhäusern und Lungenkrebs vorgenommen. Sie werden als deutsche Radon-Studie zusammengefasst und geben deutliche Hinweise auf einen Anstieg des Lungenkrebsrisikos in Abhängigkeit von der Höhe der Radonkonzentration in Wohnungen. Die Studien umfassen insgesamt fast 3.000 Lungenkrebspatienten und eine Bevölkerungsstichprobe von über 4.000 nicht an Lungenkrebs erkrankten Kontrollpersonen. In über 9.000 Wohnungen, die von den Studienteilnehmern entweder zum Zeitpunkt der Studie oder früher bewohnt worden waren, wurde die Höhe der Radonkonzentration gemessen. Die Risikoanalyse berücksichtigte unter anderem die Radonkonzentration in den letzten fünf bis 35 Jahren und das lebenslange Rauchverhalten.

Ergebnisse der Studie: Das Lungenkrebsrisiko stieg pro 100 Bq pro Kubikmeter Luft um zehn Prozent an, was einer Verdoppelung bei einer Radonkonzentration von 1.000 Bq/m³ entspricht. Höhere Schätzungen für das relative Risiko wurden für den Subtyp des kleinzelligen Bronchialkarzinoms beobachtet, der mit einer besonders ungünstigen Krankheitsprognose einhergeht. Für die höchste Radonkategorie (140–3.000 Bq/m³, Mittelwert 252 Bq/m³) ergab sich im Vergleich zur Referenzkategorie (0–50 Bq/m³, Mittelwert 38 Bq/m³) ein um 40 Prozent erhöhtes Lungenkrebsrisiko. Diese Schätzung ist statistisch signifikant.

Radon-Studien in Europa

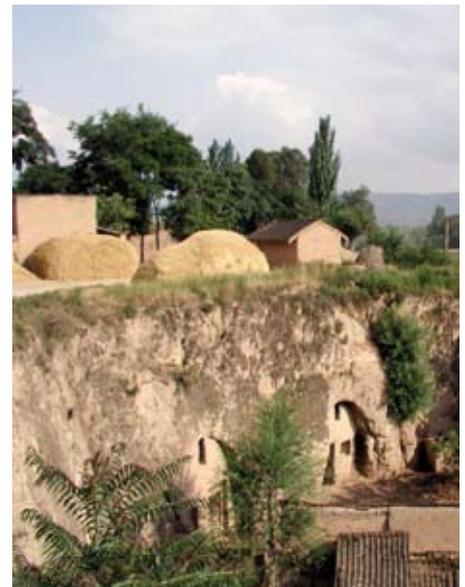
Die gemeinsame Auswertung von dreizehn epidemiologischen Fall-Kontroll-Studien in Europa erlaubt eine noch präzisere quantitative Abschätzung des Lungenkrebsrisikos durch Radon. Die Studien wurden in Deutschland (zwei Teilstudien), England, Schweden (drei Teilstudien), Finnland (zwei Teilstudien), Frankreich, Italien, Spanien, Österreich und der tschechischen Republik durchgeführt. Die individuellen Daten aller Probanden wurden nach einem einheitlichen Schema erfasst. Es wurden Daten zu den Rauchgewohnheiten erhoben sowie zur Radonexposition, basierend auf Langzeitmessungen der Radongaskonzentration.

Das zusätzliche Risiko für Lungenkrebs lag bei acht Prozent pro 100 Bq/m³-Zunahme der beobachteten mittleren Radonkonzentration. Berücksichtigt man im Modell die zufälligen Unsicherheiten in der Messung der Radonkonzentration, bleibt die Dosis-Wirkungs-Beziehung linear, und die geschätzte Zunahme des relativen Risikos pro 100 Bq/m³ steigt auf 16 Prozent.

Die Daten zeigen deutlich, dass die Exposition gegenüber Radon in Wohnungen ein erhöhtes Lungenkrebsrisiko für die Allgemeinbevölkerung darstellt.

Risiko für die Bevölkerung

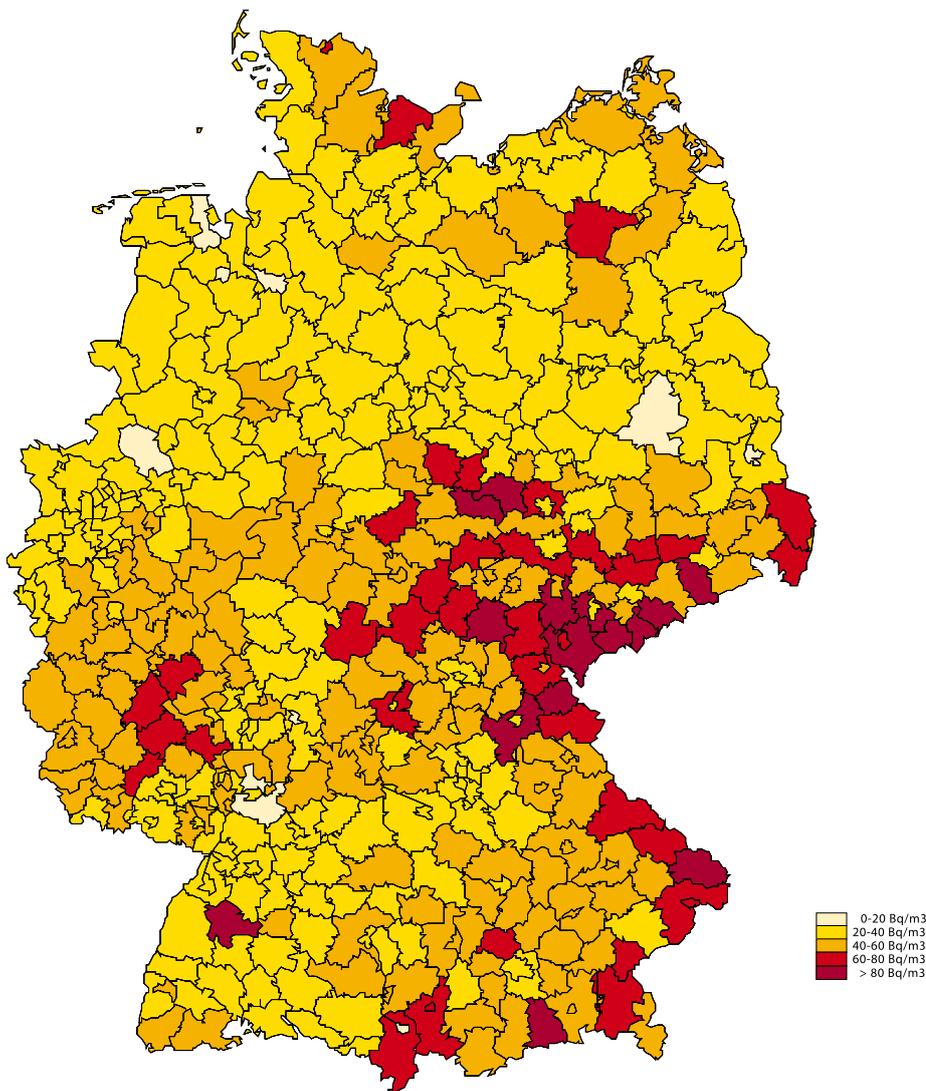
Abschätzungen, die auf den Studien basieren, ergeben, dass circa fünf Prozent aller Lungenkrebstodesfälle in Deutschland auf Radon in Wohnungen zurückzuführen sind. Das entspricht etwa 1900 Lungenkrebstoten pro Jahr. Die zugrunde liegende Berechnung basiert auf dem Modell einer linearen Dosis-Wirkungsbeziehung.



In den Höhlenwohnungen der zentralchinesischen Region Gansu werden aufgrund des Gesteinmaterials und der fehlenden Lüftungsmöglichkeiten hohe Konzentrationen verschiedener Radon-Isotope gemessen. Lungenkrebserkrankungen treten hier deutlich häufiger auf. Foto: Jochen Tschiersch/GSF.

Absolutes Risiko...		
...bis zum Alter von 75 Jahren an Lungenkrebs zu versterben für:		
	0 Bq/m ³	800 Bq/m ³
Lebenslange Nichtraucher	0,4 %	0,7 %
Raucher (15-24 Zigaretten pro Tag bis zum 30. Lebensjahr)	2,3 %	3,7 %
Raucher (15-24 Zigaretten pro Tag bis zum 50. Lebensjahr)	4,3 %	7,2 %
Raucher (15-24 Zigaretten pro Tag bis zum 75. Lebensjahr)	10,4 %	16,9 %

Aus: Brüske-Hohlfeld 2006



Durchschnittliche Radon-Konzentration in Wohnungen in der Bundesrepublik Deutschland (aus Menzler et al. 2006, aus: Brüske-Hohlfeld, I. et al: Lungenkrebs durch Radon, mensch+umwelt spezial 18. Ausgabe 2006)

3. Wo und in welchen Konzentrationen kommt Radon vor?

Die mittlere Radonkonzentration in Wohnungen liegt in Westdeutschland (im Studiengebiet West der deutschen Radon-Studie) bei 50 Bq pro Kubikmeter Luft, in Ostdeutschland (im Studiengebiet Ost der Radon-Studie) bei 75 Bq. Fast sieben Prozent der Aufenthaltsräume weisen Werte über 100 Bq/m³ auf.

Die Karte gibt einen Überblick über besonders betroffene Regionen: So liegen die Radon-Konzentrationen im Erzgebirge und in Teilen des Bayerischen Waldes, sowie in Teilen des Saarlands höher als in vielen anderen Gebieten Deutschlands. Die Karte korrespondiert recht gut mit den Radon-Konzentrationen in der Bodenluft, die ebenfalls in diesen Gebieten erhöht sind. Das liegt an der unterschiedlichen geologischen Beschaffenheit und dem unterschiedlichen Uran-Gehalt des Bodens.

In der Karte sind durchschnittliche Werte verzeichnet. Zu betonen ist aber der große Schwankungsbereich in den einzelnen Wohnungen, der von wenigen bis zu einigen Tausend Becquerel pro Kubikmeter Luft reicht. Das liegt darin begründet, dass nicht nur der Untergrund, sondern weitere Faktoren Einfluss auf die Radon-Konzentration im Haus nehmen.

Vor allem:**Zustand des Gebäudes:**

Sehr entscheidend ist, wie gut ein Gebäude im erdberührten Bereich gegenüber Radon abgedichtet ist. Eindringmöglichkeiten gibt es beispielsweise über Spalten und Risse im Fundament und Mauerwerk, ebenso entlang von Kabel- und Rohrdurchführungen.

Lüftung:

Ob sich Radon anreichern kann, wird auch dadurch bestimmt, ob genügend gelüftet wird. So eignet sich regelmäßiges Lüften, um die Radon-Konzentrationen etwas zu senken. Ein Problem: Im Zuge von Energiesparmaßnahmen wurden viele Gebäude besser isoliert – aber dabei auch von der Außenluft abgeschirmt. Besonders im Winter, wenn weniger gelüftet wird, um die Heizenergie nicht zu verlieren, kommt es dann oft zu hohen Radon-Konzentrationen in Häusern.

Kamineffekt im Haus:

Wenn warme Luft im Haus aufsteigt, entsteht im Keller ein kaum spürbarer Unterdruck. Dieser hat eine Sogwirkung zur Folge: Kalte, radonhaltige Luft aus dem Untergrund wird in das Gebäude gesaugt. Über Treppen, Aufzüge oder Kaminschächte erreicht Radongas dann auch die höher liegenden Etagen. Die Konzentrationen sind in den höheren Geschossen aber niedriger als im Erdgeschoss oder im Keller.

Aufgrund dieser Einflussfaktoren sind die Radon-Konzentrationen von Haus zu Haus und von Wohnung zu Wohnung verschieden. Der regionale Standort und der Zustand des Gebäudes geben einen Hinweis darauf, wo eine Messung sinnvoll sein könnte. Eine verlässliche Aussage über die tatsächliche Radonkonzentration erlaubt nur die Messung im Haus.

4. Wie wird Radon gemessen?

Über eine mögliche Radonbelastung in der Wohnung kann nur eine Messung Klarheit verschaffen. Für die Radon-Messung stehen prinzipiell viele unterschiedliche Verfahren zur Verfügung. Für Haushalte gibt es einfach handhabbare, preiswerte Radon-Dosimeter nach dem Kernspurmessverfahren (DIN 25706-1). Sie eignen sich besonders gut zur Bestimmung von Radon-Konzentrationen in Innenräumen. Solche Dosimeter werden in Deutschland von mehreren Institutionen angeboten. Die Messstelle sollte zertifiziert oder vom Bundesamt für Strahlenschutz anerkannt sein.

Dazu gehört beispielsweise die Auswertungsstelle für Strahlendosimeter des GSF-Forschungszentrums, die eine Akkreditierung gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2000 besitzt. Die GSF-Auswertungsstelle sendet die Radon-Dosimeter auf Anfrage zu, sie werden dann von den Betroffenen selbst über einen längeren Zeitraum im Haus ausgelegt, so bleibt die Messung von den gewöhnlich hohen Schwankungen im Tages- und Jahresverlauf unbeeinflusst. Die Radon-Dosimeter sind etwa Handteller große Geräte. Sie enthalten keine giftigen oder gar radioaktiven Substanzen.

Die Messung ist denkbar einfach: Man platziert das Dosimeter über drei bis zwölf Monate an verschiedenen Stellen im Haus. Eine 3-Monatsmessung sollte innerhalb der Heizperiode liegen, weil im Sommer häufiger gelüftet wird, und die Messungen deshalb weniger aussagekräftig sind. Gemessen werden sollte möglichst im untersten Geschoss und in den Räumen, die am häufigsten genutzt werden, etwa in Wohn- oder Schlafzimmern. Für das Ausmessen eines Einfamilienhauses werden mindestens zwei Dosimeter empfohlen.



Passives Radonmessgerät mit Kernspurdetektor. Fotos: Haninger, mvdh.

Dosimeter-Bestellung z.B. bei:

GSF - Auswertungsstelle
 Radon-Messdienst
 Ingolstädter Landstr. 1
 85764 Neuherberg
 Tel.: 089/ 3187-2220
 Email: AWST-Bestellung@gsf.de

Kosten der Messung inklusive Auswertung: 32 Euro.

Weitere Anbieter von Radonmessungen können über das Internet ermittelt werden. Eine Liste von Messstellen, die mit ihren Radon-Dosimetern an einer Vergleichsprüfung beim Bundesamt für Strahlenschutz teilgenommen haben, findet sich zum Beispiel unter: http://www.tlug-jena.de/content/frs/fach_07/radon/64_01010_01_messstellen.html

Darüber hinaus bieten weitere private Firmen oder auch Verbraucherorganisationen wie die Stiftung Warentest Messungen an. Die Verbraucherzentralen verfügen ebenfalls über Informationen zu Radonmessstellen.

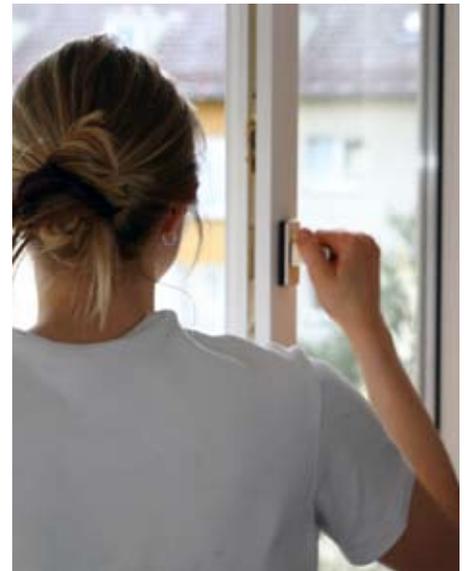
5. Welche Richtwerte bestehen?

Obwohl schon lange über ein Radonschutzgesetz diskutiert wird, gibt es in Deutschland bislang keine gesetzlichen Regelungen, die Radon-Messungen oder bestimmte Grenzwerte für Radon in Wohngebäuden vorschreiben. Das wissenschaftliche Beratungsgremium des Bundesumweltministeriums, die Strahlenschutzkommission, hat mit seiner Stellungnahme vom 12. Mai 2005 nach Auswertung aller vorliegenden Gesundheitsstudien zum Radon festgestellt, dass ab dem Bereich von 100 bis 200 Bq/m³ eine statistisch signifikante Erhöhung der Lungenkrebsrate durch Radon gegeben ist. Der Gedanke der Vorsorge verlangt Maßnahmen zum Schutz vor Radon unterhalb dieser Schwelle der Signifikanz. Das Bundesumweltministerium hat deshalb bereits 2004 einen Entwurf für ein Radonschutzgesetz mit einem Zielwert von 100 Bq/m³ in Aufenthaltsräumen vorgelegt. Bisher haben sich die Bundesländer jedoch noch nicht zur Unterstützung eines solchen Gesetzes entscheiden können. Oberhalb von 100 Bq/m³ sollten immer Maßnahmen zur Senkung der Radonkonzentration in Betracht gezogen werden. Den Zielwert von 100 Bq/m³ empfiehlt auch die Weltgesundheitsorganisation WHO.

6. Wie lässt sich die Radon-Belastung reduzieren?

Bei erhöhtem Radon-Gehalt der Raumluft gibt es verschiedene Methoden, den Gehalt zu reduzieren. Die einfachste Maßnahme ist häufiges und stoßweises Lüften. Wenn das Lüften allein nicht ausreicht, kommt die Beseitigung von Undichtigkeiten in Betracht. Mögliche Eintrittsstellen für Radon wie Risse und Fugen in Boden und Wänden, Rohrdurchführungen, auch Leitungskanäle und -rohre sollten mit radondichtem Material abgedichtet werden. Wenn auch diese Maßnahmen nicht zum Erfolg führen, sollten aufwändigere bautechnische Verfahren in Erwägung gezogen werden. Der Radoneintritt kann zum Beispiel durch den Einbau von Kunststoffolien, Beschichtungen und Bitumenbahnen im Fundamentbereich verringert werden. Das Ziel dabei ist, eine radondichte Sperrschicht zwischen Untergrund und Gebäude oder zumindest zwischen Keller und Wohnbereich einzuführen.

Besonders wichtig ist, im Neubau bereits den Radonschutz zu berücksichtigen – das gilt besonders in Regionen, in denen hohe Radon-Konzentrationen häufiger auftreten.



Das Lüftungsverhalten hat einen großen Einfluss auf die Radonkonzentration in Wohnungen und Häusern. Foto: mvdh.

Mögliche präventive Maßnahmen im Neubau:

- > eine durchgehende Bodenplatte und radondichte Folie unter die Bodenplatte
- > sorgfältiges Abdichten von Leitungen
- > zwischen Kellerräumen und Wohnräumen dichte Türen einfügen
- > Planung abgeschlossener Treppenhäuser.

Eine Planungshilfe für Maßnahmen zum Schutz vor Radon – bei Neubau und Sanierung – bieten die Merkblätter und das Radon-Handbuch des Bundesumweltministeriums (siehe Literaturempfehlung).

Laut Bundesumweltministerium liegen die zusätzlichen Kosten für den Radonschutz beim Bau eines Einfamilienhauses im Bereich von 20 Euro pro überbautem Quadratmeter. Bei Altbauten lassen sich mit rund 3000 Euro in sehr vielen Fällen bereits gute Sanierungsergebnisse erzielen.

7. Empfehlungen

In Regionen, in denen hohe Radonkonzentrationen in der Bodenluft und in Wohnungen (siehe Karte) häufiger auftreten, ist die Aufklärung der Bevölkerung über die Risiken des Radons und Möglichkeiten der Prävention und der Messung und Sanierung besonders wichtig. Verantwortliche in Behörden, Umwelt- und Gesundheitsberater, Ärzte und andere Multiplikatoren sollten ihre Möglichkeiten nutzen, um auf das Problem aufmerksam zu machen und auf die zahlreichen Möglichkeiten der Information – über die unten genannten Literatur- und Internetstellen – hinzuweisen. Denn solange keine verbindlichen Grenzwerte existieren, sind Aufklärung und freiwillige Maßnahmen wie Messen und gegebenenfalls Sanieren die einzigen Mittel, um den Schutz vor Radon zu verbessern.

Internet

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit:
<http://www.bmu.de/strahlenschutz/aktuell/aktuell/1782.php>

Bundesamt für Strahlenschutz:
<http://www.bfs.de/ion/radon>

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz: Gesundheitsgefahren durch Radon in Innenräumen
http://www.vis.bayern.de/technik/fachinformationen/technik_chemie_basis/radon_gesundheitsgefahren.htm

GSF – Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Auswertungsstelle:
Informationen zu Radonmessungen
<http://awst.gsf.de/>

GSF – Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Institut für Epidemiologie
http://www.gsf.de/epi/de/index_ag_epi_luftsch.htm

Hauptverband der Berufsgenossenschaften: Radon am Arbeitsplatz
<http://www.hvbg.de/d/bia/fac/strahl/radon.pdf>

Stiftung Warentest, Radon-Informationen
http://www.stiftung-warentest.de/online/gesundheit_kosmetik/meldung/1240823/1240823.html

Literatur:

Brüske-Hohlfeld, I., Kreienbrock, L., Wichmann, H.E.: Lungenkrebs durch Radon, mensh+umwelt spezial 18. Ausgabe 2006
http://www.gsf.de/flugs/neu/pdf/Radon_m_u_spezial.pdf

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Radon – ein Edelgas belastet das Wohnen. Themenpapier, 2007
http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/radon_themenpapier.pdf

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Radon - Merkblätter zur Senkung der Radonkonzentration in Wohnhäusern, Bonn 2004
http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/radon_merkblaetter.pdf

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Radon-Handbuch Deutschland. Praxishandbuch mit genauen Sanierungsvorschlägen. Bestellung über: Wirtschaftsverlag NW, <http://www.nw-verlag.de>

Gerken, M. Kreienbrock, L., Wichmann, H.E.: Radon in Wohnungen. In Wichmann, H.E., Schlipkötter H.W., Fülgraff, G (Hrsg) Handbuch der Umweltmedizin, Kapitel VII-2.3.3. Ecomed-Verlag Landsberg 2007

Menzler, S., Schaffrath-Rosario, A., Wichmann, H.E., Kreienbrock, L.: Abschätzung des attributablen Lungenkrebsrisikos in Deutschland durch Radon in Wohnungen. Ecomed-Verlag Landsberg 2006

Stellungnahme der Strahlenschutzkommission, April 2005: Lungenkrebsrisiko durch Radonexpositionen in Wohnungen
<http://www.ssk.de/werke/kurzinfo/2005/ssk0504.htm>

Stand:

12. Juli 2007

Redaktion:

Britta Barlage, FLUGS-Fachinformationsdienst, GSF-Forschungszentrum

Wissenschaftliche Beratung:

Prof. Dr. Dr. H.-Erich Wichmann,
Institut für Epidemiologie des
GSF – Forschungszentrums für Umwelt und Gesundheit