

UmweltWissen

Radon in Gebäuden



Seit jeher sind wir natürlichen Strahlenquellen ausgesetzt. Neben der kosmischen Höhenstrahlung und der Strahlung der natürlichen radioaktiven Stoffe in Böden und Gesteinen nimmt der Mensch auch über die Atmung und Nahrung natürliche radioaktive Stoffe auf. Dabei spielt das Edelgas Radon eine zentrale Rolle. In höheren Konzentrationen in der Atemluft erhöht es das Risiko, an Lungenkrebs zu erkranken.

1 Entstehung und Vorkommen

Radon ist ein natürlich vorkommendes radioaktives Edelgas. Es ist unsichtbar, geruch- und geschmacklos. Es entsteht im Boden durch radioaktiven Zerfall des ebenfalls überall natürlich vorkommenden Urans.

Radon entweicht aus Gesteinen und Böden und breitet sich über die Bodenluft oder gelöst im Wasser aus. Die Höhe der Radonkonzentration in der Bodenluft wird von der geologischen Beschaffenheit und der Durchlässigkeit des Untergrunds bestimmt. Radon kommt vermehrt in Gebieten mit erhöhten Urangehalten vor. Deshalb werden hauptsächlich in den Mittelgebirgen aus Granitgestein erhöhte Radongehalte in der Bodenluft gemessen.

Die Einheit, in der Radioaktivität gemessen wird, ist das Becquerel (1 Bq entspricht einem Zerfall pro Sekunde). Die Aktivitätskonzentration von Radon wird als Becquerel pro Kubikmeter Luft angegeben. Die Aktivitätskonzentration von Radon in der Bodenluft schwankt zwischen wenigen kBq/m^3 bis zu mehreren Tausend kBq/m^3 (1 kBq/m^3 entspricht 1.000 Bq/m^3).

Im Freien ist die Radonkonzentration normalerweise gering. Sie beträgt im Mittel nur etwa 10 Bq/m^3 ($= 0,01 \text{ kBq/m}^3$), weil das radioaktive Gas durch die Luftbewegung im Freien sehr schnell verdünnt wird.

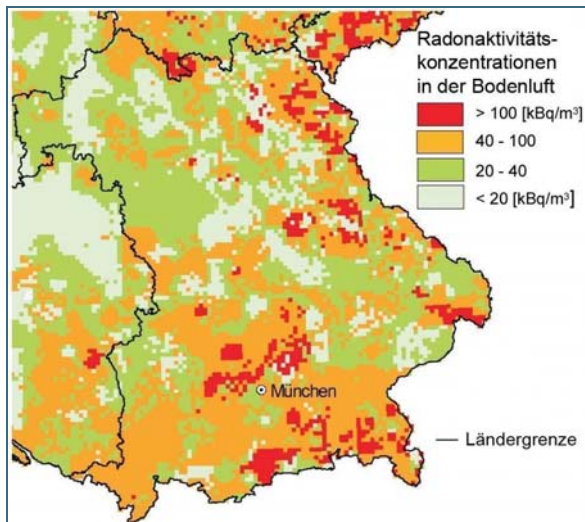


Abb. 1:
Auf der Basis von über 4.000 repräsentativen Messungen in Deutschland wurde eine Karte zur Abschätzung der regionalen Radonkonzentrationen in der Bodenluft erstellt.

Radonkonzentrationen können räumlich bereits auf kurzen Distanzen sehr stark schwanken. Deswegen kann die Radonkarte (dargestellt ist hier der Ausschnitt für Bayern) nur als Planungsgrundlage und Orientierungshilfe verwendet werden. Sie soll der Prognose im regionalen Maßstab dienen. Eine exakte Ableitung des Radonpotenzials in einer Gemeinde sowie eine Entscheidung zu konkreten Baugebieten oder gar eines einzelnen Hauses sind mit Hilfe dieser Karte nicht möglich.

(Quelle: Kemski & Partner, 2007)

Problematisch ist es, wenn vermehrt Radon aus der Bodenluft durch Fugen oder Risse in Keller- oder Erdgeschoßräume eines Gebäudes eindringt. Auf Grundlage der Radonkarte Deutschland bietet ► [Radon-Info](#) eine landkreisbezogene Prognose der Radonbelastung in Erdgeschoßräumen an. Die Prognosen beruhen auf einer Bewertung der Wahrscheinlichkeit, mit der eine Radonkonzentration über 100 Bq/m^3 in der Raumluft auftritt.

2 Radon in Innenräumen

In geschlossenen Räumen werden im Allgemeinen höhere Radonkonzentrationen gemessen als in der Außenluft. In Wohnräumen in Deutschland beträgt die durchschnittliche Aktivitätskonzentration von Radon etwa 50 Bq/m^3 . Insgesamt schwanken die Werte, die in Deutschland gemessen wurden, zwischen wenigen Becquerel und einigen Tausend Becquerel pro Kubikmeter Luft.

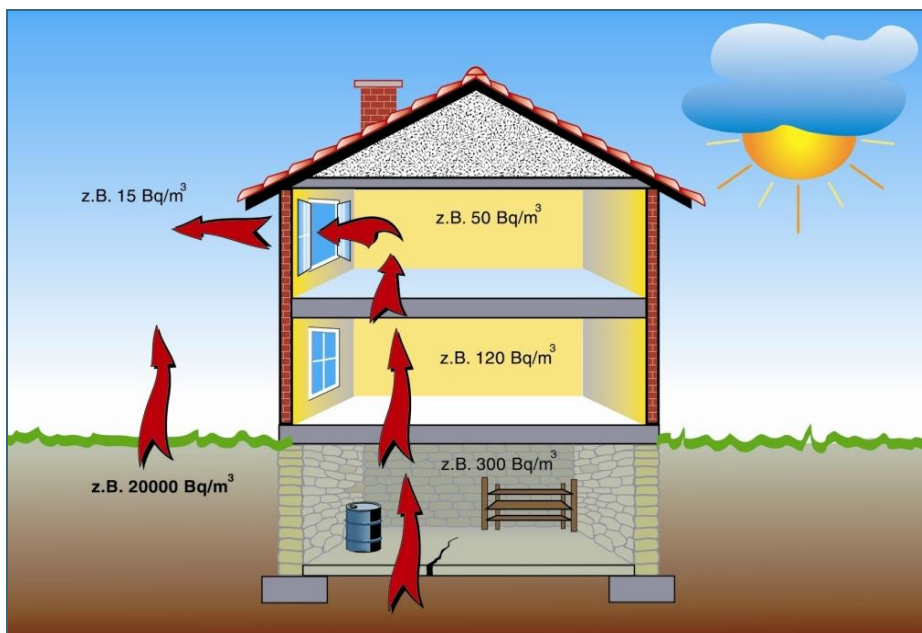


Abb. 2:
In der Bodenluft ist die Radonkonzentration am höchsten. In diesem Beispiel dringt Radon durch Risse und Fugen in Kellerräume ein und vermischt sich dort mit der Raumluft. In den oberen Etagen wird das Radon immer mehr in der Raumluft verdünnt, so dass die Radonkonzentrationen dort geringer sind.

Die geringsten Radonkonzentrationen werden im Freien gemessen.

Die Höhe der Radonkonzentration im Gebäude hängt von mehreren Faktoren ab. Die **Beschaffenheit des Untergrunds** spielt dabei eine wichtige Rolle. Der natürliche Urangehalt von Boden und Gestein bestimmt, wie viel Radon im Untergrund gebildet wird. Das Radon kann sich leicht in durchlässigem beziehungsweise klüftigem Material ausbreiten und ins Gebäude eindringen.

Ganz entscheidend ist der **Gebäudezustand**, vor allem die Durchlässigkeit des Fundaments gegenüber Radon. Radon dringt beispielsweise über Spalten und Risse in Fundament oder Kellerwänden sowie entlang von Kabel- und Rohrdurchführungen ein. Aufgrund der Temperaturunterschiede im Haus (Kamineffekt) oder durch Winddruck kann im Keller ein Unterdruck entstehen. Dadurch wird radonhaltige Bodenluft aus dem Untergrund in den Keller gesaugt. Ist der Kellerbereich gegenüber den anderen Stockwerken offen, breitet sich Radon besonders leicht nach oben aus.

Durch regelmäßiges **Lüften** kann die Radonkonzentration merklich gesenkt werden. **Baustoffe** tragen in der Regel nur in sehr geringem Umfang zur Radonkonzentration in Innenräumen bei. **Trinkwasser** enthält je nach geologischer Region unterschiedlich hohe Radonkonzentrationen. Der Beitrag zur Radonkonzentration in der Raumluft durch die Nutzung des Wassers ist in den meisten Fällen jedoch unbedeutend.

Aufgrund der Vielzahl der Einflussmöglichkeiten kann die Radonkonzentration in Innenräumen nur durch eine Messung zuverlässig bestimmt werden (► [Labore und Messstellen](#)).

3 Messungen in Innenräumen

Es gibt verschiedene Methoden, Radon in Innenräumen zu messen. Für den Normalfall haben sich einfach zu handhabende, passive Messgeräte, sogenannte Radon-Exposimeter, bewährt. Die Exposimeter, manchmal auch als Dosimeter bezeichnet, sind sehr klein und die Durchführung der Messung ausgesprochen einfach.



Abb. 3: Radon-Exposimeter. Die Exposimeter und eine genaue Gebrauchsanweisung erhalten Sie von der jeweiligen ► [Labore und Messstelle](#).

Für die Messung in einem Einfamilienhaus werden mindestens zwei Exposimeter empfohlen. Sie werden im untersten Wohngeschoss in den Räumen aufgestellt, die am häufigsten genutzt werden, zum Beispiel im Wohn- und Schlafzimmer. Wenn auch im Kellergeschoss Räume liegen, in denen man sich oft aufhält, sollte dort ebenfalls gemessen werden. Optimal ist eine Messdauer von einem Jahr, um die jahreszeitlichen Schwankungen zu berücksichtigen. Steht diese Zeit nicht zur Verfügung, sollte die Messdauer wenigstens zwei bis drei Monate betragen und vorzugsweise in der Heizperiode liegen. Die Kosten für ein Exposimeter inklusive Auswertung betragen je nach Labor etwa 20 bis 40 €.

4 Auswirkungen auf die Gesundheit

Über die Luft eingeatmetes Radongas wird zum überwiegenden Teil gleich wieder ausgeatmet. Die größte gesundheitliche Gefährdung geht nicht vom radioaktiven Radon selbst aus, sondern von seinen Zerfallsprodukten. Diese Zerfallsprodukte sind kurzlebige, ebenfalls radioaktive Nuklide der

Schwermetalle Blei, Wismut und Polonium. Sie lagern sich leicht an Oberflächen oder an Staubteilchen in der Luft ab.

Durch die Atmung gelangen Staubteilchen mit anhaftenden Zerfallsprodukten des Radons in die Lunge und setzen sich dort ab. Ihre radioaktive Strahlung (Alpha-Strahlung) kann das unmittelbar umgebende Lungengewebe schädigen. Nach neuesten Abschätzungen werden dadurch etwa 5 % der Sterbefälle durch Lungenkrebs verursacht. Aus epidemiologischen Studien wird abgeleitet, dass sich das Lungenkrebsrisiko um 10 % erhöht, wenn die Radonkonzentration der Raumluft um 100 Bq/m³ zunimmt.

Bei Betrachtung des Risikos an Lungenkrebs zu erkranken, darf das Rauchen nicht außer Acht gelassen werden. Rauchen ist für bis zu 90 % der Sterbefälle durch Lungenkrebs verantwortlich. Aus den epidemiologischen Studien geht hervor, dass das Lungenkrebsrisiko durch Radon bei gleichzeitigem Rauchen erhöht wird. In absoluten Zahlen betrachtet, treten die meisten radonbedingten Lungenkrebsfälle bei Rauchern auf.

Tab. 1: Wahrscheinlichkeit bis zum 75. Lebensjahr an Lungenkrebs zu sterben in Abhängigkeit von der Radonkonzentration und Rauchverhalten (Quelle: Darby et al., 2005).

Radonkonzentration in Bq/m ³	Todesfälle je 1000 Nichtraucher	Todesfälle je 1000 Raucher*
0	4,1	101
100	4,7	116
200	5,4	130
400	6,7	160
800	9,3	216

5 Richtwerte und Empfehlungen

Nationale und internationale Strahlenschutzbehörden beschäftigen sich seit vielen Jahren mit der Bewertung der Radonkonzentrationen in Gebäuden und haben entsprechende Empfehlungen bzw. Richtwerte erarbeitet. In Deutschland existieren zurzeit keine gesetzlichen Regelungen mit einem verbindlichen Grenzwert.

Tab. 2: Die unterschiedlichen Empfehlungen nationaler und internationaler Gremien zur Begrenzung der Radonexposition verdeutlichen, wie schwierig das tatsächliche Risiko zu fassen ist.

Institution	Anmerkung	Radonkonzentration im Jahresmittel (Bq/m ³)
Deutsche Strahlenschutzkommission (SSK)*	keine Maßnahmen einfache Maßnahmen Sanierungsmaßnahmen empfohlen	bis 250 250 bis 1.000 über 1.000
Europäische Kommission (EU)	Referenzwert für bestehende Gebäude Planungswert für Neubauten	200 400
Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP)	Wohnungen Arbeitsplätze	600 1.500
Weltgesundheitsorganisation (WHO)	Einfache Minderungsmaßnahmen	ab 250

* SSK-Empfehlung 2005: Bei Entscheidung über konkrete Maßnahmen sollte auch der Bereich unter 250 Bq/m³ beachtet werden.

6 Maßnahmen zur Verringerung der Radonkonzentration

Wenn durch eine Messung eine erhöhte Radonkonzentration in der Raumluft nachgewiesen ist, gibt es verschiedene Lüftungs- und bautechnische Methoden, um diese zu reduzieren. Bevor mit Sanierungsmaßnahmen begonnen wird, sollte geprüft werden, ob nicht mit einfachen Mitteln und in Selbsthilfe bereits eine wirksame Verringerung der Radonkonzentration erzielt werden kann.

6.1 Einfache Maßnahmen

Regelmäßiges **Lüften** senkt unmittelbar die Radonkonzentration in Innenräumen.

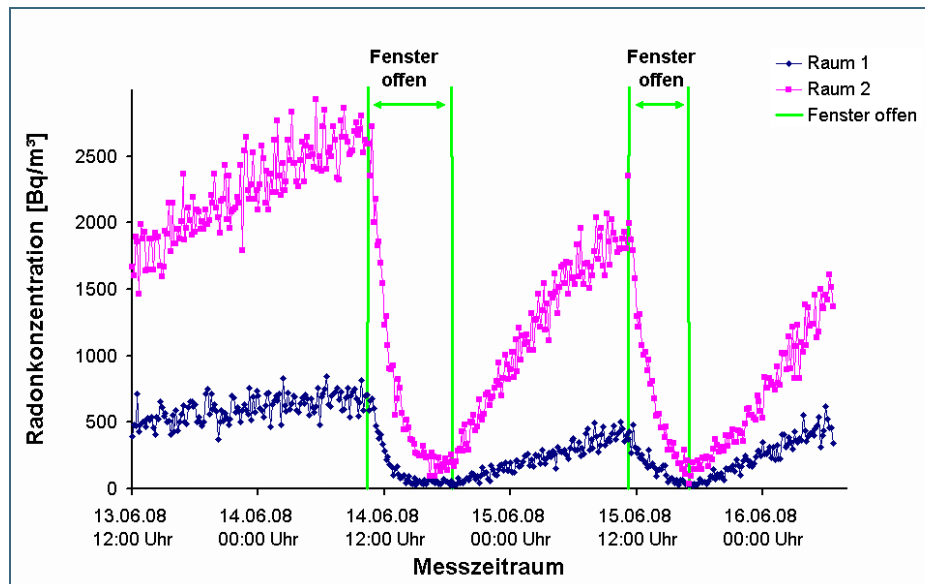


Abb. 4:
Messungen bestätigen,
dass einfaches Öffnen
der Fenster die
Radonkonzentration
schnell und wirksam
verringert.
(Quelle: LfU, 2008)

Wirksam und einfach ist es, die **Eintrittsstellen für Radon abzudichten**. Risse und Fugen in der Bodenplatte und in den Wänden des Kellers oder die Durchführungen von Rohren und Leitungen können mit geeignetem Material (zum Beispiel mit Silikon) verfüllt werden. Auch kleine Spalten, die beispielsweise um einen Bodensiphon entstehen, müssen berücksichtigt werden, da durch diese erhebliche Mengen Radon in den Keller gelangen können.

Durch den Einbau dichter Türen und durch Abdichten von Leitungsdurchführungen kann die **Ausbreitung von Radon** aus dem Keller in die Wohnräume **unterbunden** werden.

6.2 Aufwendigere Maßnahmen

Wenn einfache Maßnahmen nicht ausreichen:

Einbau einer radondichten Sperrschicht zwischen Untergrund und Gebäude oder zumindest zwischen Keller und Wohnbereich mittels Kunststofffolien, Beschichtungen und Bitumenbahnen im Fundamentbereich.

Absaugen der radonhaltigen Bodenluft durch Verlegung einer Drainage unterhalb des Fundaments.

Installation eines Radonbrunnens mit geeigneter Entlüftung in der Nähe des Hauses, um die radonhaltige Bodenluft von den erdberührten Wänden des Hauses fernzuhalten. Dadurch wird der Eintritt des Radons in das Gebäude verhindert.

Vor einer Sanierung können keine eindeutigen Aussagen über die zu erwartende Minderung der Radonkonzentration getroffen werden. Daher sollte die Wirksamkeit der Sanierung durch eine weitere Kontrollmessung nach der Sanierung überprüft werden.

6.3 Maßnahmen bei erhöhter Radonkonzentration im Kellerbereich

In Kellerräumen können erhöhte Radonkonzentrationen auftreten, auch wenn im Wohnbereich keine erhöhten Konzentrationen gemessen werden. Bei einer Radonkonzentration im Kellerraum von über 1.000 Bq/m³ sind Vorsichtsmaßnahmen ratsam:

1. Automatischen Türschließer montieren.
2. Türdichtungen einbauen.
3. Installationskanäle abdichten.
4. Keller natürlich belüften (Fenster öffnen).
5. Keller eventuell mechanisch mit Ventilatoren oder Lüftungsanlagen belüften.

7 Radonsicheres Bauen und Sanieren

Besonders in Regionen mit hohen Radonkonzentrationen in der Bodenluft kann es bei konventioneller Bauweise unter Umständen zu erhöhten Radonkonzentrationen im Haus kommen. Deshalb bieten sich bei Neubauten präventive Maßnahmen an, um den Eintritt von Radon ins Gebäudeinnere zu unterbinden.

7.1 Präventive Maßnahmen bei Neubauten

1. Durchgehende Bodenplatte statt Streifenfundament.
2. Mechanische Luftabführung im Unterbau bzw. unter dem Gebäude.
3. Leitungsdurchführungen (Wasser, Elektrizität, TV, Erdsonden etc.) ins Erdreich sorgfältig abdichten, eventuell oberirdisch verlegen.
4. Eventuell eine radondichte Folie unter der Bodenplatte auslegen.
5. Dichte Türen zwischen Kellerräumen und Wohnräumen anbringen.
6. Abgeschlossene Treppenhäuser.

Die Punkte 1, 2 und 3 stellen bereits einen sehr guten Schutz gegen Radon dar. Ausführliche Hinweise liefert z. B. das ► [Radon-Handbuch Deutschland](#).

7.2 Vorgehensweise bei geplanten energetischen Gebäudeabdichtungen

Nach den Vorgaben der Energieeinsparverordnung (EnEV 2007) sollen Gebäude besser abgedichtet werden. Dadurch wird, vor allem durch den Einbau dichter Türen und Fenster oder Abdichtungen der Fassade, der Luftaustausch deutlich gesenkt. Wenn durch Spalten und Risse im Keller Radon eintritt, dann kann die Radonkonzentration in Innenräumen nach der Sanierung erheblich ansteigen. Entsprechende Maßnahmen, insbesondere die Abdichtung von im Fundament vorhandenen Radoneintrittswegen und der Einbau einer Lüftungsanlage zur Erhöhung der Luftwechselrate, sind dann zu ergreifen.



Damit Gebäudeabdichtungen zur Energieeinsparung nicht zu einem Radonproblem im Haus führen, sollte vor Beginn der Sanierung die Radonsituation im Haus untersucht werden. Ausführliche Informationen liefert das LfU-Merkblatt

► [Einfluss von Gebäudeabdichtungen auf die Radonkonzentration in Innenräumen](#).

8 Weiterführende Publikationen des LfU

UmweltWissen

- ▶ [Labore und Sachverständige für Schadstoffuntersuchungen in Innenräumen](#)
- ▶ [Luftschadstoffe – Wirkungen auf Ökosysteme](#)
- ▶ [Radioaktivität und Strahlung – Grundbegriffe](#)
- ▶ [Umweltmedizin – Ambulanzen und Beratungsstellen](#)

Fachabteilung Strahlenschutz

- ▶ [Einfluss von Gebäudeabdichtungen auf die Radonkonzentration in Innenräumen](#)
- ▶ [Radon in Gebäuden](#)
- ▶ [Radon in Trinkwasserversorgungsanlagen](#)

Auf unseren Internetseiten gibt es weitere Beiträge zu ▶ [Strahlung und Radioaktivität](#) sowie Fachinformationen zum ▶ [Strahlenschutz](#).

Haben Sie Interesse an aktuellen Informationen zum Umweltschutz im Alltag? Dann bestellen Sie doch unseren **Newsletter**. Schicken Sie einfach eine E-Mail an: umweltwissen@lfu.bayern.de

9 Literatur

BUNDESAMT FÜR STRAHLENSCHUTZ (2008): ▶ [Gesundheitliche Auswirkungen von Radon in Wohnungen](#). (Stand vom 21.08.2008).

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT UND BUNDESAMT FÜR STRAHLENSCHUTZ [Hrsg] (2001): Radon-Handbuch Deutschland. ▶ [Verlag für Neue Wissenschaft](#) GmbH, Bremerhaven.

DEUTSCHE STRAHLENSCHUTZKOMMISSION (1994): Strahlenschutzgrundsätze zur Begrenzung der Strahlenexposition durch Radon und seine Zerfallsprodukte in Gebäuden. In: Bundesanzeiger Nr. 155, 18. August 1994.

DEUTSCHE STRAHLENSCHUTZKOMMISSION (2004): Stellungnahme „Auswertung der vorliegenden Gesundheitsstudien zum Radon“, 24. Juni 2004.

DEUTSCHE STRAHLENSCHUTZKOMMISSION (2005): Stellungnahme „Lungenkrebsrisiko durch Radonexpositionen in Wohnungen“, 21./22. April 2005.

MENZLER S., SCHAFFRATH-ROSARIO A., WICHMANN H.E., KREIENBOCK L. (2006): Abschätzung des attributalen Lungenkrebsrisikos in Deutschland durch Radon in Wohnungen. Ecomed-Verlag. Landsberg.

DARBY, S. ET AL. (2005): Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. British Medical Journal 330: Seiten 223–227.

10 Radon, Strahlung und Radioaktivität im Internet

Bayerisches Landesamt für Umwelt: ▶ [Strahlenschutz](#).

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz: ▶ [Strahlenschutz in Bayern](#).

- ▶ [Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit](#) (Stichwort Radon).
- ▶ [Radonmerkbblätter](#) des Bundesamts für Strahlenschutz.
- ▶ [Radon-Info](#) der Geologen Kemski & Partner.

11 Ansprechpartner

Für Einzelfallberatungen bei konkreten Anliegen zum Umwelt- und Gesundheitsschutz vor Ort oder in Ihrer Nachbarschaft sind in der Regel Ihr Landratsamt bzw. Ihre Stadt- oder Gemeindeverwaltung zuständig. Bitte fragen Sie dort nach dem passenden Ansprechpartner.

Adressen von Fachfirmen für Gebäudesanierung und Entsorgung erhalten Sie von Ihrem Gewerbeaufsichtsamt, der Industrie- und Handelskammer, Ihrer Stadtverwaltung oder Ihrem Landratsamt.

Private Anfragen an das Bayerische Landesamt für Umwelt richten Sie bitte an unser Bürgerbüro:

E-Mail: oeffentlichkeitsarbeit@lfu.bayern.de

Fragen und Anregungen zu Inhalten, Redaktion und Themenwahl der Publikationen von UmweltWissen sowie Anfragen bezüglich Recherche und Erstellung von Materialien für die Umweltbildung und Umweltberatung richten Sie bitte an:

UmweltWissen am Bayerischen Landesamt für Umwelt:

Telefon: 0821 / 9071 - 5671

E-Mail: umweltwissen@lfu.bayern.de

Internet: www.lfu.bayern.de/umweltwissen

Impressum:

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg

Telefon: (0821) 90 71 – 0

Telefax: (0821) 90 71 – 55 56

E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de

Internet: www.lfu.bayern.de

Postanschrift:

Bayerisches Landesamt für Umwelt
86177 Augsburg

Bearbeitung:

UmweltWissen
Ref. 41 / Dr. Christiane Reifenhäuser
Ref. 12 / Peter Miehle, Birgit Haas

Stand:

September 2008

Bildnachweis:

Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter: Seite 2u.

Kemski & Partner, Bonn: Seite 2 oben.

LfU: Seite 3 rechts, 3 links, 5 und 6.

Diese Veröffentlichung wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Sofern auf Internetangebote Dritter hingewiesen wird, sind wir für deren Inhalte nicht verantwortlich.

Die jeweils aktuellste Ausgabe dieser Publikation finden Sie im Internet unter:

► www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/uw_57_radon.pdf oder

► www.lfu.bayern.de: UmweltWissen > Strahlung > Radon