

# Gesundheitsrisiko infolge natürlicher Radioaktivität in Wohn- und Aufenthaltsräumen

Andreas Guhr und Bernd Leißring

Neuere Gesundheitsstudien zum Lungenkrebsrisiko der Bevölkerung beim Aufenthalt in Gebäuden haben deutlich höhere Gesundheitsrisiken ergeben, als bislang angenommen. Von jährlich 40.000 Neuerkrankungen an Lungenkrebs in Deutschland sind allein 3.000 auf die Inhalation des radioaktiven Edelgases Radon in Gebäuden zurückzuführen. Im Ergebnis von Modernisierungsmaßnahmen an Gebäuden, beispielsweise gemäß den Vorgaben der Energieeinsparverordnung EnEV 2002, mit dem Ziel der effizienteren Nutzung von Energie, steigt die Radonkonzentration in etwa der Hälfte der Fälle um den Faktor 2 bis 8 an. Mit Hilfe des neuartigen Expertensystems SAORIS lässt sich erstmals bereits vor Beginn einer geplanten Modernisierungsmaßnahme zur Energieeinsparung die zu erwartende Radonkonzentration nach Abschluss der Bauarbeiten prognostizieren. Durch geeignete präventive Maßnahmen unter Einbeziehung des Prinzips der Optimierung können potenzielle Gesundheitsgefahren infolge steigender Radonkonzentrationen vermieden werden.

## Einführung

Die neusten wissenschaftlichen Erkenntnisse hinsichtlich der umweltmedizinischen Bedeutung des radioaktiven Edelgases Radon, d.h. eine Neubewertung der Gesundheitsgefährdung der Bevölkerung beim Aufenthalt in Wohn- und Arbeitsräumen, wurden im Dezember 2004 im Ergebnis einer gepoolten Gesundheitsstudie publiziert (1). Diese Veröffentlichung hatte die Zusammenfassung der in den letzten Jahren zu diesem Thema publizierten Studien zum Inhalt. Die Abbildung 1 zeigt das

geschätzte radonbedingte Lungenkrebsrisiko der Bevölkerung beim Aufenthalt in Gebäuden (2).

Die geschätzten Risiken variieren zwar unter den einzelnen Studien, jedoch kann ein Anstieg der Lungenkrebsrate um mindestens 10 Prozent angegeben werden, wenn sich die Radon-

### Kontakt:

Dr. Andreas Guhr  
Kompetenzzentrum für Radonsicheres Bauen und Sanieren e.V. (KORA)  
Dr. habil Bernd Leißring  
Akademie zur Erforschung und Abwehr von Umweltschäden und zur Biologischen Regeneration e.V. (AUR)

### Korrespondenzanschrift:

Dr. Andreas Guhr  
Dorothea-Viehmänn.Str. 28  
12524 Berlin  
Tel.: 030/67989737  
E-Mail: Guhr.ALTRAC@t-online.de

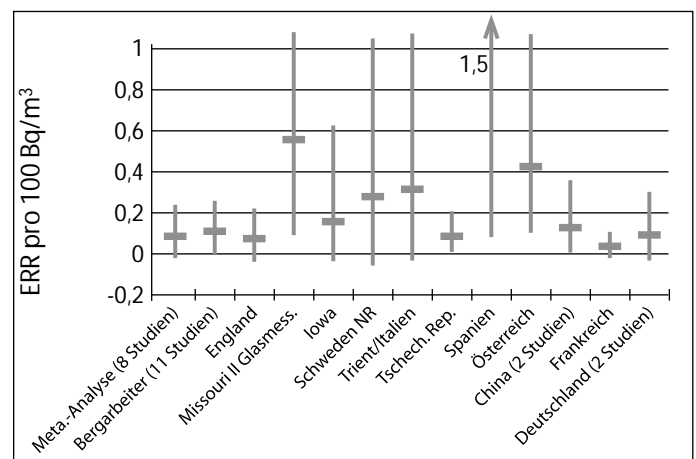


Abb.1: Kreuzer, M; Zusätzliches relatives Risiko ERR pro 100 Bq/m³ mit Angabe des 95%-Vertrauensbereiches (2)

### Summary

Newer health-studies to the lung-cancer-risk of the population through the radon-exposition in buildings has yielded clearly higher lung cancer risk as previously estimated. By annually 40000 new lung-cancer-cases in Germany, 3000 are attributed to the inhalation of the radon in buildings. The rebuilding of these buildings to the purpose of energy-saving according to the EnEV 2002, is responsible for a two- to eighfold increase of the radon exposure in nearly 50 % of the reconstructed buildings. In some cases a factor of 10 or 12 was found. A special software, SAORIS, was developed in order to predict in the advance of the planned reconstruction the most probable change of the radon concentration. In the case of a prediction of to high values of the radon concentration now the reconstruction-measure can be optimized on this basis so that no health-endangering radon-exposition originates.

konzentration in der Wohnraumluft um jeweils  $100 \text{ Bq/m}^3$  erhöht. Geht man von dieser Abhängigkeit aus, resultiert eine Verdopplung des Lungenkrebsrisikos bei einer Konzentration von  $1.000 \text{ Bq/m}^3$ . Ergebnisse neuerer amerikanischer Studien deuten sogar darauf hin, dass sich die Lungenkrebsrate um 15 Prozent je  $100 \text{ Bq/m}^3$  Radon erhöht (3).

## Das Radonproblem

Der Mensch ist ständig einer Exposition aus natürlichen Strahlungsquellen ausgesetzt. Insbesondere in Böden, Gesteinen und Baumaterialien sind natürliche radioaktive Stoffe (z.B. Uran, Thorium und Radium) enthalten, wobei aus Radium das besonders mobile radioaktive Edelgas Radon entsteht. Das gasförmige Radon gelangt über Porenräume in die Freiluft, in Gebäude bzw. löst sich im Grundwasser und ist somit allgegenwärtig.

Radon ist in allen Häusern und somit allen Wohn- und Aufenthaltsräumen in unterschiedlichen Konzentrationen messbar. Der

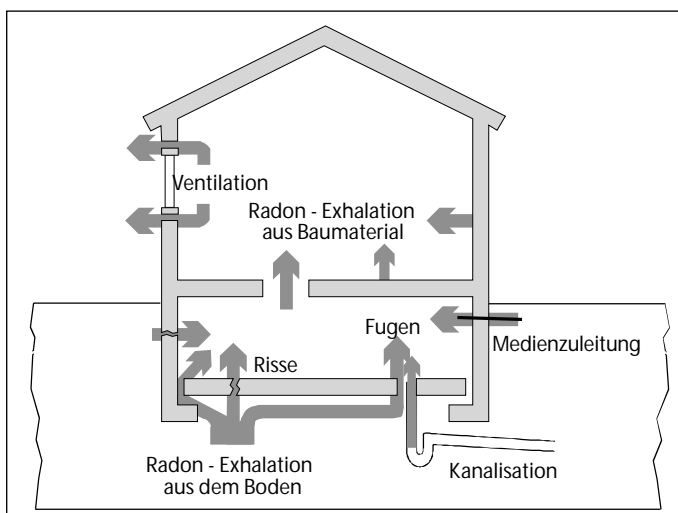


Abb.2: Eintrittspfade für Radon in ein Gebäude

Jahresmittelwert der Radonkonzentration beträgt in Wohnungen in Deutschland etwa  $50 \text{ Bq/m}^3$  (pro Kubikmeter Luft zerfallen jede Sekunde 50 Atome des radioaktiven Edelgases Radon). In einigen Regionen wurden in Wohnungen Einzelwerte von weit mehr als  $10.000 \text{ Bq/m}^3$  festgestellt.

Über die Atemwege gelangen Radon und seine radioaktiven Zerfallsprodukte in die Lunge. Als gesichert galt bis 2004, dass Radonkonzentrationen über  $1.000 \text{ Bq/m}^3$  bei Dauerexpositionen in zunehmendem Maße Lungenkrebs verursachen können. Nach den neusten wissenschaftlichen Erkenntnissen zeigen bereits Werte oberhalb  $150 \text{ Bq/m}^3$  eine nachweisbare Erhöhung der Lungenkrebsrate infolge Radon. Nach dem Rauchen ist Radon die häufigste Ursache für die Erkrankung an Lungenkrebs.

Radon und seine ebenfalls radioaktiven Zerfallsprodukte verursachen im Mittel etwa 30 % der Strahlenexposition der deutschen Bevölkerung. Von den jedes Jahr neu diagnostizierten 40.000 Lungenkrebsfällen in Deutschland sind allein 3.000 Erkrankungen auf Radon und seine Zerfallsprodukte zurückzuführen.

Lungenkrebs führt bei über 90 % der Betroffenen innerhalb kurzer Zeit zum Tod. Radon in Gebäuden stellt nach dem neuesten Erkenntnisstand das höchste umweltbedingte radiologische Risiko dar. Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit - BMU (5) sowie die Strahlenschutzkommission haben in Ihrer Stellungnahme nach Auswertung aller vorliegenden Gesundheitsstudien zum Radon festgestellt, dass sich ab einer Radonkonzentration von  $150 \text{ Bq/m}^3$  eine statistisch signifikante Erhöhung der Lungenkrebsrate infolge Radon zeigt und es deshalb folgerichtig ist, einen Zielwert von  $100 \text{ Bq/m}^3$  zum Schutz der Bevölkerung vor Radon vorzusehen.

## Die Situation

Im Ergebnis von Sanierungs- bzw. Modernisierungsmaßnahmen an bestehenden Objekten mit dem Ziel der Energieeinsparung können deutlich höhere Werte der Radonkonzentration resultieren als vor Baubeginn, wenn das Radonproblem bei der Projektierung dieser Maßnahmen nicht beachtet wird. Im Ergebnis eines kürzlich beendeten und von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten Forschungsvorhabens wurde u.a. festgestellt, dass sich die Radonkonzentration in Folge der Verringerung der Luftaustauschrate in Gebäuden in etwa der Hälfte der Fälle um den Faktor 2 bis 8 erhöht. Allein der Einbau neuer Fenster kann zu einer deutlichen Erhöhung der Radonkonzentration in Wohn- und Aufenthaltsräumen führen. Der zusätzliche Einbau dicht schließender Zimmertüren, die Dämmung der Außenfassade, der Einbau einer neuen Heizung bzw. die Wärmedämmung des Daches können diesen Effekt noch signifikant verstärken (6).

Eine Bauwerksabdichtung gemäß den Vorgaben der Energieeinsparverordnung EnEV 2002 (7) und die damit verbundene zum Teil deutliche Senkung des Luftaustausches kann neben der Bildung von Schimmelpilzen und dem Auftreten von Bauschäden auch zu einem Anstieg der Radonkonzentration bis in Bereiche führen, wo eine signifikante Gesundheitsgefährdung besteht.

Betroffen sind vor allem Bewohner von Häusern, die auf Baugrund mit geologisch bedingt erhöhter Radonkonzentration errichtet wurden.

Die Radonkonzentration kann in Gebäuden dieser so genannten Radonverdachtsgebiete ein Vielfaches des Mittelwertes der Normalkonzentration (50 Bq/m<sup>3</sup>) betragen (3). Die in Deutschland ermittelten Radonverdachtsgebiete finden sich in Teilen von Sachsen, Bayern, Baden-Württemberg, Thüringen aber auch in Niedersachsen, Schleswig-Holstein und anderen Regionen. Insgesamt leben in diesen Gebieten mehrere Millionen Menschen in Wohnungen mit erhöhter Radonkonzentration.

Beispiele für Faktoren, die zu erhöhten Radonkonzentrationen in Gebäuden führen können:

- Fehlende oder nur teilweise Unterkellerung;
- Nichtbetonierte Kellerböden aus Naturstein oder Lehm;
- Geschossdecken ohne Sperren;
- Einbau neuer Fenster;
- Aufbringen einer Fassadendämmung;
- Einbau dicht schließender Zimmertüren;
- Einbau einer neuen Heizung;
- Wärmedämmung des Daches.

Einzelne oder mehrere dieser Faktoren treffen insbesondere auf Häuser älterer Bauart zu. In der Regel beschränken sich Modernisierungsmaßnahmen an Altbauten häufig auf einzelne Maßnahmen hinsichtlich einer effizienteren Energieeinsparung. Hier wäre an erster Stelle der Austausch der alten und in der Regel gut luftdurchlässigen Fenster gegen neue, vergleichsweise dicht schließende Fenster zu nennen. Die Abbildung 3 zeigt dies exemplarisch am Beispiel eines Hauses, das 1998 mit neuen Fenstern ausgestattet wurde.

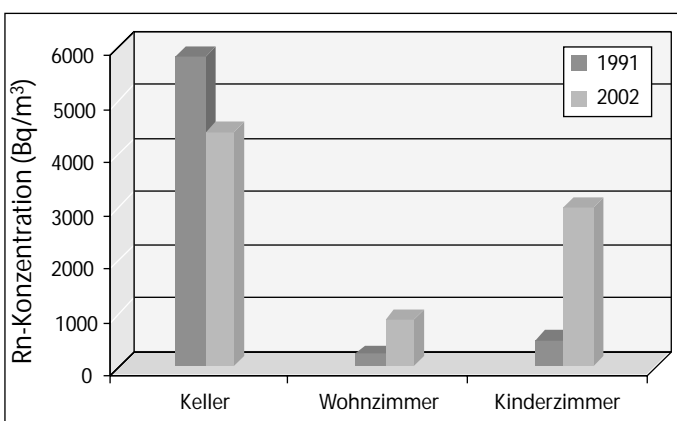


Abb.3: Beispiel für Veränderung der Radonkonzentration nach Einbau neuer Fenster

Die Grafik zeigt die Veränderung der Radonkonzentration von 1991 zu 2002 nach Einbau neuer Fenster im Jahr 1998 (6). Trotz des leichten Abfalls der Radonkonzentration im Keller, ist im Wohnbereich ein Anstieg der Radonkonzentration um das Vier- bis Sechsfache eingetreten. Auf der Grundlage heutiger Erkenntnisse würde das Lungenkrebsrisiko der Bewohner signifikant ansteigen. Das hier augenfällige Optimierungsproblem kann im

Sinne des Strahlenschutzes und der Energieeinsparung nur durch die Auswahl geeigneter präventiver Maßnahmen gelöst werden.

Im Ergebnis der Vorgaben der EnEV 2002 sowie im Resultat der EU-Richtlinie zum Nachweis der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (8), die im Januar 2006 in Kraft tritt, ist infolge der erforderlichen Energieeinsparmaßnahmen auch in Gebieten Deutschlands mit deutlich erhöhten Radonexpositionen in Gebäuden zu rechnen, die nicht in die derzeitigen Verdachtsgebiete fallen. Die Ursache hierfür sind erhöhte Freisetzungsraten von Radon bei bestimmten Baustoffen bei gleichzeitig verringertem Luftwechsel im Gebäude. Das betrifft sowohl Bestandsobjekte als auch Neubauten.

## Die Lösung

In der Konsequenz der hier dargelegten Situation ergibt sich für Bauwerksplaner, Architekten, Energieberater und Behörden die Aufgabe, sowohl bei Umbaumaßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz bestehender Objekte als auch während der Planungsphase neu zu errichtender Gebäude dem Umstand der Erhöhung des Lungenkrebsrisikos durch steigende Radonexposition infolge sinkender Luftaustauschraten Rechnung zu tragen.

Mit Hilfe eines durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt geförderten Forschungsvorhabens wurde ein Expertensystem entwickelt mit dessen Hilfe bereits im Vorfeld anstehender Maßnahmen zur energieeffizienten Modernisierung bestehender Häuser vergleichsweise genaue Prognosen hinsichtlich der nach Abschluss der Arbeiten zu erwartenden Radonkonzentration getroffen werden können (6).

Im Ergebnis einer Prognose mit dem Expertensystem **SAORIS** steht die Aussage, mit welcher Wahrscheinlichkeit die Radonkonzentration nach erfolgter Sanierung einen bestimmten Wert annimmt; Beispielsweise soll ein bestehendes Gebäude mit einem neuen, zentralen Heizungssystem sowie neuen Fenstern ausgestattet werden. Auf der Basis eines vorliegenden Messwertes der Radonkonzentration **vor** Beginn der Modernisierungsmaßnahme wird mit dem Expertensystem unter Einbeziehung gebäudespezifischer Variablen der Wert der Radonkonzentration **nach** der Sanierung prognostiziert.

Die nachfolgende Gleichung zeigt die vereinfachte Darstellung der mathematischen Form des Expertensystems. Die Berechnung des Faktors der prognostizierten Änderung der Radonkonzentration erfolgt über

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + \dots + a_nx_n$$

- mit y: Faktor der Konzentrationsabnahme / Zunahme  
 x: Einflussgrößen / Variablen  
 a<sub>0</sub>: Schnittpunkt mit der y-Achse  
 a<sub>n</sub>: Koeffizient, mit dem die einzelnen Variablen/Einflussgrößen multipliziert werden  
 x: z.B. Einbau neuer Fenster und/oder Heizung; Dach- und/oder Fassadendämmung; Betonierung Kellerfußboden etc.

Im Fall der Prognostizierung erhöhter Werte der Radonkonzentration können mit Hilfe des Expertensystems zusätzliche Maßnahmen, beispielsweise die Planung des Einbaus von Fenstern mit einem mechanisch gesteuerten Lüftungssystem vorgeschlagen werden, die eine Verringerung der erhöhten Radonkonzentration zum Ergebnis haben. Derartige Lüftungssysteme lassen sich auch an bereits erneuerten Fenstern mit vergleichsweise geringem Aufwand nachrüsten<sup>1</sup>.

Auch beim Neubau von Gebäuden muss angestrebt werden, Jahresmittelwerte der Radonkonzentration in Wohn- und Aufenthaltsräumen über 100 Bq/m<sup>3</sup> zu vermeiden. Zu diesem Zweck sind bereits bei der Erstellung der Bodenplatte von Neubauten in Radonverdachtsgebieten zusätzliche Maßnahmen erforderlich, da insbesondere in diesen Regionen der Radoneintrag über den Untergrund in das Gebäudeinnere besonders hoch sein kann. Zur Reduzierung dieser möglichen Zusatzkosten, die im Wesentlichen durch das Aufbringen von radondichten Materialien im Bereich der Ankopplung des Gebäudes an den Untergrund verursacht werden, bieten sich im Vorfeld Messungen der Radonkonzentration in der Bodenluft in einem Meter Tiefe des Baugrundes an<sup>2</sup>.

Wertvolle Hinweise für Baufachleute zur Vermeidung oder Reduzierung erhöhter Strahlenexpositionen der Bevölkerung durch Radon werden detailliert im „Radon-Handbuch Deutschland“ gegeben (4).

## Regelungen

Ein an der Gesundheitsvorsorge orientiertes Schutzkonzept zur Begrenzung der Strahlenbelastung der Bevölkerung wird zukünftig auch eine grundsätzliche Senkung der Radonkonzentration in Aufenthaltsräumen zum Ziel haben müssen. Als Aufenthaltsräume sind Räume zu betrachten, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Personen bestimmt sind, also u. a. auch vermietete Wohn- und Arbeitsräume, Kindergärten und Schulen.

Um sicher unterhalb einer Radonkonzentration zu bleiben, oberhalb der Gesundheitsschäden nachweisbar sind ist geplant, in Aufenthaltsräumen den Wert von 100 Bq/m<sup>3</sup> als Zielwert für die maximal zulässige Radonkonzentration anzusetzen. Diesbezügliche Regelungen sind vorgesehen. In diesem Zusammenhang empfiehlt beispielsweise auch die Weltgesundheitsorganisation WHO die Reduzierung der Radonkonzentration in Gebäuden auf weniger als 100 Bq/m<sup>3</sup> in der Raumluft (3).

In Gebieten mit vergleichsweise niedrigen Radonkonzentrationen in der Bodenluft (< 20.000 Bq/m<sup>3</sup> in 1m Tiefe) kann die Höhe der Radonkonzentration in der Raumluft der betreffenden Gebäude auch durch die Freisetzung von Radon aus den verwendeten Baumaterialien beeinflusst werden. Beim Neubau von Gebäuden sollte daher auf die Art des verwendeten Baumaterials

geachtet werden (9). Diesbezügliche Regelungen sind ebenfalls vorgesehen.

### Nachweise

- (1) DARBY, S., HILL, D., AUVINEN, A. 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: 223-228
- (2) ETTENHUBER, E., JUNG, T., KIRCHNER, G. et al. (2005): Begrenzung der Strahlenexposition durch Radon in Aufenthaltsräumen, *Strahlenschutzpraxis*, Heft 1/2005: 52-58
- (3) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2004): Radon - Ein Edelgas belastet das Wohnen, [www.bmu.de](http://www.bmu.de)
- (4) LEHMANN, R., LANDFERMANN, H., JUNKERT, A. & SCHÖPPLER, U. (2001): Radon-Handbuch Deutschland, *Wirtschaftsverlag NW-Verlag für neue Wissenschaften*, Bremerhaven
- (5) BMU (2004): Begrenzung von Radon in Gebäuden; Erläuterungspapier des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; 15.07. 2004
- (6) Modelllösung für die Vermeidung erhöhter Werte von Wohnungsradon durch bauliche Energiesparmaßnahmen, Förderprojekt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, AZ 17349
- (7) Energieeinsparverordnung (EnEV 2002)
- (8) Richtlinie 2002/91/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 16.12. 2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden; *Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften*; 4.1. 2003
- (9) GELLERMANN, R. & SCHULZ, H. (2004): Erhöhte natürliche Radioaktivität in Baugrund und Baustoffen - neue Anforderungen an die Ingenieurplanung; *PLANEN UND BAUEN Beratende Ingenieure* Sept. 2004, Springer-VDI-Verlag: 26-31

Anzeige

**DAS grüne BRANCHENBUCH**  
Natürlich einkaufen und genießen

**Neu Nordrhein-Westfalen**  
ISBN 3-305593-17-8 - 3 Euro

**Hamburg/Schleswig-Holstein**  
ISBN 3-309191-14-2 - 3 Euro

Ihr Einkaufsführer für Umwelt  
und Gesundheit

Weitere aktuelle Ausgaben

- Berlin
- Niedersachsen/Bremen



Alles auf einen Klick  
[www.die-gruene-suchmaschine.de](http://www.die-gruene-suchmaschine.de)

Verlag DAS grüne Branchenbuch · Laibeker Str. 9 · 22967 Tremsbüttel  
Tel. 04532-21402 · Fax 04532-22077  
eMail: [info@die-gruene-suchmaschine.de](mailto:info@die-gruene-suchmaschine.de)

1) Nähere Informationen zum Expertensystem SAORIS im Internet: [www.saoris.de](http://www.saoris.de)

2) Einzelheiten zu einer effektiven Messmethode zur Ermittlung belastbarer Langzeit-Messwerte der Radonkonzentration finden sich beispielsweise unter [www.altrac.de](http://www.altrac.de)