

# Radon fordert jährlich 240 Lungenkrebstote

## Ein starker, bisher wenig beachteter Risikofaktor in der Schweiz

Im Jahr 2002 starben in der Schweiz 114 Menschen an den Folgen von Aids. Radon verursacht hingegen jedes Jahr etwa 240 Todesfälle. Damit sterben an Radon-bedingtem Lungenkrebs etwa gleich viele Menschen wie an Hautkrebs (250 Todesfälle) und alkoholischer Leberzirrhose (197 Todesfälle pro Jahr [1]). Trotzdem ist das Radon-bedingte Gesundheitsrisiko in der Schweiz weit gehend unbekannt; Präventionsmassnahmen werden kaum je ergriffen – obwohl diese ganz einfach wären.

SÁNDOR HORVÁTH

Man sieht es nicht, man hört es nicht, man riecht es nicht. Und trotzdem ist es da, das natürliche Edelgas Radon. Es entsteht beim Zerfall von Radium, einem Folgeprodukt von Uran. Radonatome gehen keine Bindungen mit anderen Atomen ein. Sie lösen sich von ihrem Entstehungsort und breiten sich frei aus. So dringt Radongas vom Erdreich durch undichte Fundamente in Gebäude ein und bleibt in Wohnräumen und Arbeitsstätten gefangen, wo es ungehindert eingeatmet werden kann. Der weitere Zerfall von Radon zu Polonium, Blei und Wismut führt zu einer Bestrahlung des Lungengewebes. Dadurch können bösartige Tumore ausgelöst werden. Mit 240 Todesfällen pro Jahr ist Radon nach dem Rauchen die zweithäufigste Ursache für Lungenkrebs.

### Radon verursacht Lungenkrebs

Heute vorliegende epidemiologische Fallkontrollstudien im Wohnbereich und am Arbeitsplatz belegen dies eindeutig. Die Dosis-Wirkungs-Beziehung folgt einer linearen Beziehung; es ist kein Schwellenwert nachweisbar. Der Anstieg erscheint für kleinzellige Bronchialkarzinome ausgeprägter als für andere histologische Subtypen. Eine im Auftrag des BAG durchgeführte Studie, basierend auf den neusten epidemiologischen Erkenntnissen, ergibt für die Schweiz 240 Radon-bedingte Lungenkrebstodesfälle pro Jahr. Nach wie vor bleibt aber das Rauchen die wichtigste Ursache für Lungenkrebs.

### Gefährliches Gas

Was auch Ärzte und Baufachpersonen oft nicht wissen: Radon stellt mit Abstand das gefährlichste Kanzerogen im Wohnbereich dar und führt gemäss heutigem Stand des Wissens zu mehr Todesfällen als etwa Asbest, Formaldehyd oder Feinstaubpartikel. Radon verursacht in der Schweiz etwa 40 Prozent der jährlichen Strahlenbelastung. Das ist mehr als alle übrigen kosmischen oder terrestrischen Strahlungen zusammen. Weil aber (im Gegensatz zu den Asbestfällen und zur aktuellen Feinstaubdiskussion) keine direkten Verursacher zur Rechenschaft gezogen werden können, wird die von Radon ausgehende Gefahr unterbewertet und zu wenig ernst genommen.

### Zahlreiche Radongebiete in der Schweiz

Radon kann überall vorkommen. Die Auftretenswahrscheinlichkeit ist in den Radongebieten jedoch besonders hoch. Als Radongebiete gelten in erster Linie das Tessin, grosse Teile des Kantons Graubündens, die Jurakette und einzelne Regionen im Wallis, im Berner Oberland und am Fuss des Gotthardmassivs. Das höhere Radonrisiko in diesen Gebieten hängt mit der geologischen Formation des Untergrundes zusammen. Denn Radon entweicht vorwiegend aus granithaltigem Erdreich. Steinige Böden, unterirdische Felsformationen und Furchen bilden Kanäle, in denen Radon leicht an die Oberfläche gelangen kann. Dicke Lehmschichten unter einem Ge-

bäude sind hingegen kaum durchlässig und verhindern das Aufsteigen von Radon. Trotzdem ist man nirgendwo in der Schweiz vor Radon ganz sicher. Beispielsweise werden auch in Münchenbuchsee und Herzogenbuchsee vereinzelt hohe Radonkonzentrationen gemessen. Es gilt deswegen die Devise: Kein Haus gleicht dem anderen. Spezifische mikrogeologische Konstellationen führen dazu, dass die zulässigen Werte in einem Gebäude massiv überschritten werden, während im Nachbarhaus praktisch kein Radon auszumachen ist.

Die Radongaskonzentration ist auch von der Jahreszeit abhängig. Im Winter kann die Erde gefrieren. Durch die gefrorene Erde gelangt Radon nur schwer an die Erdoberfläche. Da Gas immer den Weg des geringsten Widerstandes sucht, kann das Radon unter Umständen einfacher in ein Gebäude mit undichter Bodenplatte entweichen. Der Temperaturunterschied zwischen dem Gebäude und der umliegenden Erde erzeugt ausserdem einen thermischen Effekt: Das Radongas wird vom Gebäude geradewegs ausgesogen.

Nur eine Messung der Raumluft kann Gewissheit über die Radonkonzentration geben. Diese Messungen sollten wenn immer möglich im Winter – während der Heizperiode – stattfinden. Nicht nur, weil die Radonkonzentration im Winter üblicherweise höher ist als in der warmen Jahreszeit, sondern auch, weil der Mensch im Winter in der Regel mehr Zeit in Wohnräumen verbringt und diese weniger oft durchlüftet.

Radonkarten geben einen statistischen Mittelwert wieder und haben deswegen (bloss) einen indikativen Charakter. Gesundheitsrelevant sind aber die konkrete Belastung in Wohngebäuden und Arbeitsstätten sowie multiplikative Faktoren wie das Rauchen oder Schadstoffbelastungen am Arbeitsplatz. Eine Radonmessung kostet inklusive Auswertung zirka 60 Franken und kann bei anerkannten Messstellen beantragt werden (2).

### **Bergsucht und Schneeberger-Krankheit**

Durch Radon verursachter Lungenkrebs ist keine neue Krankheit. Bereits zu Beginn des 16. Jahrhunderts bürgerte sich im Erzbergbau für chronische Lungen-

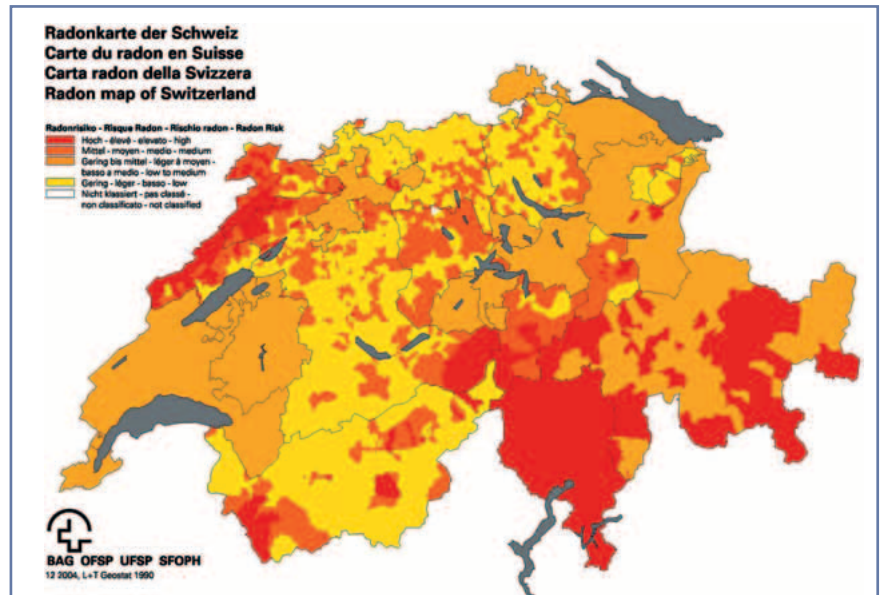


Abbildung 1: Radonkarte der Schweiz. Je röter die markierte Fläche, desto grösser das Radonrisiko. Ein detailliertes Kataster befindet sich unter: [www.bag.admin.ch/strahlen/ionisant/radon/generalites/d/moteur.php](http://www.bag.admin.ch/strahlen/ionisant/radon/generalites/d/moteur.php)

krankheiten der Bergleute die Bezeichnung «Bergsucht» ein. Im 19. Jahrhundert trat diese Krankheit gehäuft im sächsischen Bergbauort Schneeberg auf. Die beiden Ärzte Härting und Hesse gaben der Krankheit deswegen 1879 den Namen «Schneeberger-Krankheit». Heute ist klar, dass es sich dabei um Lungenkrebs handelte. Mittlerweile werden im Berg- und Tunnelbau zahlreiche Vorkehrungen getroffen, um Lungenerkrankungen zu vermeiden. So führt die Suva im Rahmen der Neat-Tunnelbauten regelmässige Radonmessungen durch. In der Blütezeit der Industrialisierung und des Tunnelbaus sind aber zweifellos hunderte von Bergleuten an Radon-  
verursachtem Lungenkrebs erkrankt und gestorben. Allein in den Uran-Bergwerken der Wismuth AG seien seit dem Zweiten Weltkrieg mittlerweile gegen 20 000 der insgesamt 400 000 Angestellten an Lungenkrebs erkrankt (3).

### **Umstrittene Grenz- und Richtwerte**

Die Schweiz ist eines der wenigen Länder, welches bereits vor über zehn Jahren (1994) verbindliche Grenz- und Richtwerte festgelegt hat. Im Arbeitsbereich beträgt der Grenzwert 3000 Bq/m<sup>3</sup> Atemluft pro Jahr (Art. 110 Abs. 2 Strahlenschutzverordnung StSV). Im Wohnbe-

reich gilt ein Grenzwert von 1000 Bq/m<sup>3</sup> Atemluft pro Jahr (Art. 110 Abs. 1 StSV). Überdies darf bei Neu- und Umbauten der Richtwert von 400 Bq/m<sup>3</sup> Atemluft pro Jahr nicht überschritten werden (Art. 110 Abs. 4 StSV). Die Kantone müssen die notwendigen Massnahmen treffen, damit Neu- und Umbauten so erstellt werden, dass der Grenzwert von 1000 Bq/m<sup>3</sup> nicht überschritten wird. Sie sorgen dafür, dass mit geeigneten baulichen Massnahmen auch der Richtwert von 400 Bq/m<sup>3</sup> nicht überschritten wird (Art. 114 Abs. 1 StSV).

In der Schweiz sind rund 100 000 Personen einer Strahlenbelastung ausgesetzt, die über dem Richtwert von 400 Bq/m<sup>3</sup> liegt. Bereits diese Personen sind einem signifikant höheren Lungenkrebsrisiko ausgesetzt. Diverse Studien gehen nämlich davon aus, dass das relative Risiko, an Lungenkrebs zu erkranken, um 10 Prozent pro 100 Bq/m<sup>3</sup> ansteigt. Personen, welche einer Strahlenbelastung von 1000 Bq/m<sup>3</sup> ausgesetzt sind, haben demnach ein doppelt so grosses Risiko, an Lungenkrebs zu erkranken wie nichtexponierte Personen. Ein Pooling aller epidemiologischen Studien Europas ergibt sogar eine Zunahme des Lungenkrebsrisikos von 16 Prozent (statt 10%) je 100 Bq/m<sup>3</sup> (4).

Die Schweizer Grenz- und Richtwerte sind relativ hoch angesetzt. Andere be-

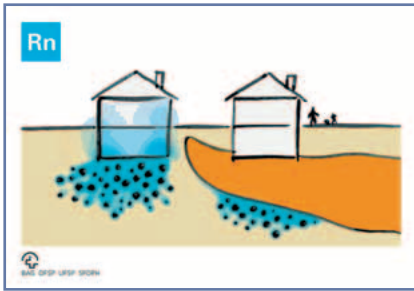


Abbildung 2: Das Radonrisiko ist von der Beschaffenheit des Bodens abhängig: Steiniger Untergrund erleichtert das Aufsteigen von Radon, dicke Lehmschichten versperren dem Gas den Weg an die Erdoberfläche.



Abbildung 3: Eine undichte Betonplatte und zahlreiche Zuleitungen erleichtern das Eindringen von Radon in ein Gebäude.

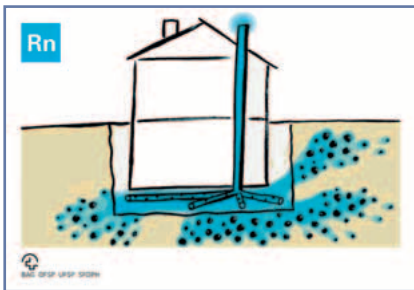


Abbildung 4: Radonenschutz durch ein Entlüftungssystem unter der Betonplatte.

troffene Länder wie Italien, Österreich oder Deutschland kennen gar keine Grenzwerte. Ebenso fehlt in den meisten Ländern eine griffige gesetzliche Grundlage. In Deutschland wird zurzeit die Einführung eines Zielwertes von  $100 \text{ Bq/m}^3$  diskutiert (5). Die EU-Empfehlungen betragen für Neubauten  $200 \text{ Bq/m}^3$ , für existierende Bauten  $400 \text{ Bq/m}^3$  (6). In den USA gilt ein «action level» von  $150 \text{ Bq/m}^3$  (7). Die WHO empfiehlt einen Grenzwert von  $200 \text{ Bq/m}^3$  (8) und lanciert derzeit eine weltweite Präventionskampagne.

Der Schweizer Grenzwert von  $1000 \text{ Bq/m}^3$  wird in schätzungsweise 5000 Gebäuden überschritten, wobei bis heute erst 10 Prozent dieser Gebäude einwandfrei identifiziert werden konnten. Deswegen plant das Bundesamt für Gesundheit bis 2010 in Zusammenarbeit mit den Kantonen die Messung von 80 000 Gebäuden in Radongebieten. Gebäude, welche den Grenzwert überschreiten, müssen in der Folge saniert werden. Das BAG will dadurch bis zum Jahr 2014 das individuelle Radonrisiko in der Schweiz auf unter  $10^3$  pro Person und Jahr senken. Des Weiteren steht auch die Anpassung des Richtwertes für Neubauten auf  $100 \text{ Bq/m}^3$  zur Diskussion, um auch langfristig das kollektive attributive Radonrisiko zu senken und den neusten wissenschaftlichen Erkenntnissen Folge zu leisten.

### Einfache Prävention – schwierige Sanierung

Bei Neubauten gestaltet sich die Radonprävention relativ einfach und ist mit Kosten von meist weniger als 2000 Franken viel günstiger als eine spätere Sanierung, welche unter Umständen zehntausende von Franken kosten kann.

Die wichtigste Präventionsmassnahme setzt immer beim Fundament an. Eine dichte und durchgehende Betonplatte bietet bereits sehr guten Schutz vor Radon. Das bedingt einen konsequenten Verzicht auf den bei Weinfreunden so beliebten Naturkeller. Eine durchgehende Betonplatte nützt aber nichts, wenn sie an verschiedenen Stellen für Zu- und Ableitungen durchbohrt wird (ein durchlöcherter Regenschirm bietet ja schliesslich auch nicht den gewünschten Schutz). Bei der Planung und Ausführung von Elektro-, Gas-, Wasser- und Kanalisationsleitungen ist deswegen ganz besondere Sorgfalt geboten. Erdsonden sollten in keinem Fall die Gebäudehülle durchdringen, sondern müssen ausserhalb des Gebäudes installiert werden. In Radongebieten wird ausserdem der (präventive) Einbau von Entlüftungsröhren unter der Betonplatte empfohlen (was mit ca. 2000 Franken zu Buche schlägt). Dieses System ermöglicht eine Unterlüftung der Betonplatte und führt zu einem seitlichen Entweichen von Radon. Unkonventionell, aber umso wirksa-

mer sind der Bau eines aussen liegenden Kellerabgangs und der Verzicht auf eine Kellertüre im Hausinneren. Dadurch wird auch die Dichtigkeit zwischen Keller und Wohnräumen verbessert und ein doppelter Schutz gewährleistet. Der Regenschirm wird quasi noch durch eine Regenjacke ergänzt.

Bei bestehenden Gebäuden sind diese Massnahmen meist nur mit einem erheblichen finanziellen Aufwand möglich. Auch hier gilt es nach Möglichkeit, die Dichtigkeit der Gebäudehülle gegenüber dem Erdreich nachträglich zu verbessern. Wenn das nicht ausreichend ist, kann die künstliche Erzeugung eines leichten Überdrucks im Keller den Eintritt von Radon erschweren. Auch kontrollierte Lüftungsanlagen – wie etwa bei Minergiebauten – können bei richtiger Planung dazu beitragen, die Radonkonzentration durch ein «Weglüften» des Radons zu reduzieren. Bei falscher Ausführung der Anlage ist allerdings auch der gegenteilige Effekt denkbar: Radon würde in diesem Fall durch eine falsch konzipierte Frischluftzufuhr angesogen. Als weitere Möglichkeit kommt der Bau eines Radonbrunnens in Frage. Dabei wird das Radon an einer bestimmten Stelle im Keller systematisch angesaugt und über einen geschlossenen Kanal auf dem Hausdach wieder abgegeben – genau wie beim Kamin.

### Rechtliche Konsequenzen

Ein Mietobjekt, welches eine zu hohe Radonkonzentration aufweist, ist nicht zum vorausgesetzten Gebrauch tauglich. Deswegen kommen die Art. 256 Abs. 1 und 258 ff. des Obligationenrechts OR zu Anwendung. Wer ein solches Gebäude vermietet, ist zur Sanierung verpflichtet (Art. 259a OR und Art. 259b OR) und kann für Schäden haftbar gemacht werden (Art. 259e OR). Dem Mieter stehen in diesem Fall Mängelrechte (Art. 259a Abs. 1 OR) zu. Der Mieter kann den Mietzins hinterlegen (Art. 259a Abs. 2 OR) oder den Vertrag fristlos kündigen (Art. 259b lit. a OR), wenn der Mangel nicht innert angemessener Frist beseitigt wird. Unterstützt und konkretisiert werden diese obligationenrechtlichen Normen durch Artikel 111 StSV, wonach betroffene Personen (in diesem Fall die Mieter) eine Radonmessung verlangen können sowie Artikel 113

StSV, welcher den Eigentümer eines Radon-belasteten Mietobjekts zur Sanierung verpflichtet, nötigenfalls durch eine Verfügung des Kantons und unter Androhung von Busse oder Haft (Art. 44 StSG).

Beim Verkauf einer Radon-belasteten Liegenschaft gilt Ähnliches. Der Verkäufer ist zur Gewährleistung wegen Mängeln an der Kaufsache verpflichtet (Art. 221 OR, Art. 197 Abs. 1 OR). Er haftet auch dann, wenn er den Mangel nicht gekannt hatte, es sei denn, der Käufer habe die Liegenschaft im Wissen um den Mangel erworben (Art. 197 Abs. 2 OR, Art. 200 Abs. 1 OR) oder die Gewährleistungspflicht sei im Kaufvertrag gültig wegbedungen worden; eine solche Vereinbarung wäre allerdings ungültig, wenn der Verkäufer den Mangel arglistig verschwiegen hätte (Art. 199 OR). Der Schweizerische Ingenieur- und Architek-

tenverband SIA ist sich der Problematik bewusst und hat Richtlinien für das Radon-sichere Bauen erlassen. Die SIA-Norm 180 verlangt, dass die Abdichtung zum Erdreich in Radongebieten besonders sorgfältig ausgeführt wird. Die SIA-Empfehlung 112/1 über das nachhaltige Bauen geht noch weiter als die SIA-Norm 180 und formuliert konkrete Radonpräventionsmassnahmen.

### Bundesamt bietet Lösungen

Die Sektion Radon des Bundesamts für Gesundheit hilft bei allen Fragen im Zusammenhang mit Radon. Nach Möglichkeit berät es Hauseigentümer bei der Radonprävention sowie bei Sanierungs-massnahmen vor Ort. Zu diesem Zweck hat das BAG auch eine technische Dokumentation erarbeitet (9). Für die Durchführung von Radonmessungen, welche die Basis jeder Intervention bilden, sind anerkannte Messstellen zuständig. Das BAG unterstützt die Kantone bei der Durchführung von gross angelegten Messkampagnen und stellt Informationsmaterialien, Wissen und Experten zur Verfügung. Da in den nächsten Jahren ein Sanierungsvolumen in zweistelliger Millionenhöhe zu erwarten ist, fördert das BAG die Ausbildung von Radonsachverständigen sowie die Radon-spezifische Schulung von Architekten, Ingenieuren und weiteren Baufachpersonen. ▲

Sándor Horváth  
Sozialwissenschaftler  
Bundesamt für Gesundheit, Bern  
Abteilung Strahlenschutz/Sektion Radon  
E-Mail: sandor.horvath@bag.admin.ch

#### Quellen:

1. Kreienbrock, Lothar; Menzler, Susanne: Das attributive Radonrisiko in der Schweiz bezüglich Aids, Hautkrebs und alkoholische Leberzirrhose: Bundesamt für Statistik, Zahlen des Jahres 2002.
2. www.ch-radon.ch: Liste der anerkannten Messstellen.
3. www.m-ww.de, konsultiert am 7. Januar 2005.
4. Darby, S., et al.: Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies, BMJ, doi:10.1136/bmj.38308.477650.63 (published 21 December 2004).
5. www.bmu.de/strahlenschutz, konsultiert am 11. Januar 2005.
6. Empfehlung 90/143/EURATOM vom 21. Februar 1990, siehe www.euratom.org, konsultiert am 11. Januar 2005.
7. www.epa.gov/docs/iedweb00/radon/index.html, konsultiert am 11. Januar 2005.
8. www.euro.who.int/air/Activities/20020620\_1, konsultiert am 11. Januar 2005.
9. www.bag.admin.ch/strahlen/ionisant/radon/pdf/d/Radonhandbuch-d.pdf.

Der in der vorliegenden Version vom Autor überarbeitete und aktualisierte Beitrag erschien in seiner Erstversion in «Oekoskop» 1/2005.

#### Wer mehr wissen will

Weitere Informationen, Radonkarten und Radonkataster sowie Listen der Messstellen, der kantonalen Radonverantwortlichen und der Radonsachverständigen unter:  
www.ch-radon.ch  
elektronische Radonauskünfte:  
radon@bag.admin.ch  
Radontelefon für Auskünfte und Beratungen:  
031-324 68 80



## ABONNEMENTS-BESTELLTALON

Schweizer Zeitschrift für  
**Onkologie**

Ja, wir sind von der Qualität der Publikation «Schweizer Zeitschrift für Onkologie» (SZO) überzeugt und möchten jede Ausgabe frei Haus erhalten:

- ... Ex. Jahresabonnement Schweiz (4 Ausgaben.) Fr. 46.—\*
- ... Ex. Jahresabonnement Europa Fr. 85.—\*
- ... Ex. Jahresabonnement übriges Ausland Fr. 97.—\*      \*inkl. Porto, zzgl. MwSt.
- ... Ex. Einzelheft (Ausgabe: ..... ) Fr. 15.—\*

Meine/Unsere Adresse:

Firma:

Vorname/Name:

Strasse, Nr.:

PLZ/Ort:

Telefon/Fax:

Datum/Unterschrift:

Bitte ausschneiden und einsenden oder faxen an: Rosenfluh Publikationen AG, Schaffhauserstrasse 13, 8212 Neuhausen, Fax 052-675 50 61