

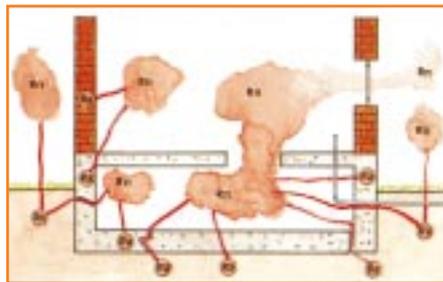
Hohe Konzentrationen gefährden die Gesundheit:

Radon – auch ein Raumlufthproblem

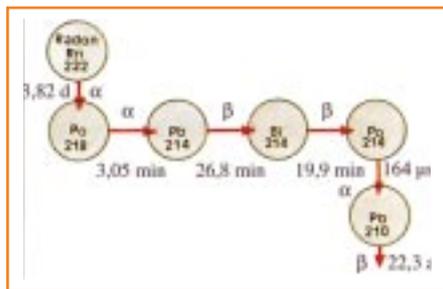
Horst Fischer-Uhlig

Raumlufthprobleme werden in der Öffentlichkeit oft den dichten Fenstern angelastet, ohne sich die Mühe zu machen, über die eigentlich leicht aufzuhellenden Zusammenhänge nachzudenken. Dem Baufachmann stellt sich hier eine wichtige Aufgabe: seinen Auftraggeber so darüber zu informieren, daß keine falsche Vorstellung die Qualität des Produktes schmälern kann. Wo von Raumlufth und Raumlufthbelastung die Rede ist, muß auch vom Problem Radon geredet werden

Zu den weitgehend unbekanntesten Stoffen, die sich in der Innenraumlufth anreichern können, gehört Radon. Es handelt sich dabei um ein natürliches radioaktives Edelgas mit dem chemischen Zeichen Rn, dessen Vorkommen als wichtigstes Strahlenschutzproblem in Häusern zu beurteilen ist. Die Menschen sind seit Anbeginn dem Radon ausgesetzt. Wie und wo entsteht nun dieses Edelgas? Machen wir uns zum besseren Verständnis die natürlichen Vorgänge in der Erdkruste klar. Sie enthält seit ihrer Entstehung verschiedene radioaktive Stoffe, darunter Uran-238. Die Atomkerne dieses Urans zerfallen zu Folgeprodukten und senden dabei eine unterschiedliche Strahlung aus. Das geschieht im Rahmen einer natürlichen Umwandlungsreihe, bei der radioaktives Uran schließlich zu stabilem Blei wird. Eines dieser Zerfallsprodukte des Urans ist Radium, mit dem chemischen Zeichen Ra. Radium findet sich in unterschiedlicher Konzentration in den Gesteinen, d. h. im Erdreich. Während der Ausgangsstoff Uran-238 eine sogenannte Halbwertszeit von 4,4 Milliarden Jahren aufweist, also in



Radon (Rn) kommt durch Öffnungen in das Haus und steigt in die höher gelegenen Räume

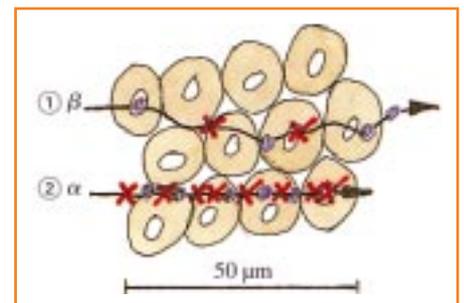


Die Strahlenbelastung des Menschen rührt weniger von Radon her, als vielmehr von seinen radioaktiven Zerfallsprodukten wie dem Polonium (Po) 218 und 214

dieser Zeit die Hälfte seiner radioaktiven Substanz zerfallen ist, hat Radium-226 nur eine Halbwertszeit von 1600 Jahren. Das als Zerfallsprodukt von Radium-226 entstehende Radon-222 hat nur eine Halbwertszeit von knapp vier Tagen. Dieses Edelgas Radon ist sehr mobil und wandert durch lockere Materialien, wie beispielsweise Sand, und durch Spalten und Risse an die Erdoberfläche. Wie hoch die Konzentrationen jeweils sind, hängt von den Gesteinsformationen ab, doch sind sie auch jahreszeitlich und klimatisch bedingten Schwankungen unterworfen. Austauscharme Wetterlagen führen z. B. zu einer Erhöhung der Konzentrationen. Der Einfluß der geologischen Formationen ist beträchtlich: erhöhte Radonwerte werden in Granitgebieten und in Gebieten mit Gesteinen vulkanischen Ursprungs wie Basalt und vulkanischem Tuff gemessen, während bei Kalk (Jura) und

Dolomit die Konzentrationen 1/10 bis 1/100 der Granitgebiete betragen. Doch spielt auch die Überdeckung der geologischen Schichten und deren Beschaffenheit wie, z. B. Klüftigkeit und Porosität, sowie deren Oberflächengestalt wie flach oder gebirgig eine Rolle.

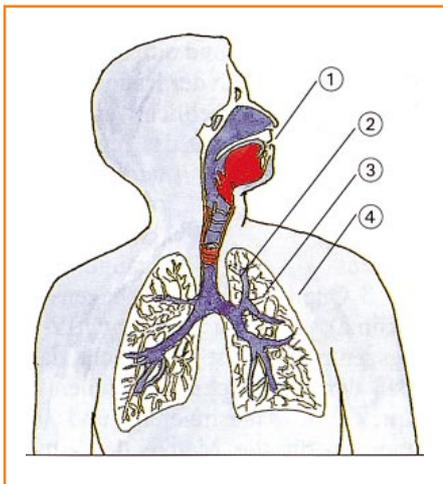
Radon wurde zwar erst 1900 entdeckt, seine Auswirkungen aber sind seit dem frühen 16. Jahrhundert bekannt. Bergarbeiter im Grubenrevier von Schneeberg-Joachimsthal (Erzgebirge) erkrankten an der sogenannten „Schneeberger Krankheit“, die im letzten Jahrhundert dann als Lungenkrebs diagnostiziert wurde.



Funktion biologischer Wirkung: Beta-Teilchen ① erzeugen pro Zelle rund hundert Wechselwirkungen, Alpha-Teilchen ② dagegen etwa hunderttausend Wechselwirkungen pro Zelle – der gezeigte Ausschnitt ist 50 Mikrometer groß; ein Mikrometer ist ein Millionstel Meter

Wie kommt Radon in die Innenräume?

Radon, sagten wir, ist sehr mobil. Es kann deshalb durch Risse und Fugen im Fundament, durch Kabel- und Rohrdurchführungen in die Kellerräume einströmen. Nach Angaben von Cordula Klemm aus dem GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit macht sich auch die Art der Unterkellerung bemerkbar. Während vollständig unterkellerte Häuser einen



- ① Die biologisch wirksamen Alpha-Teilchen lagern sich an Staubpartikel der Raumluft an, die eingeatmet werden; auf den Oberflächen der Atemwege lagert sich dieser Staub unterschiedlich ab
- ② Im mittleren Teil des Bronchialbaumes, im empfindlichen Bronchialepithel, liegt die Dosis etwa um einen Faktor 10 höher als im pulmonären Lungenbereich
- ③
- ④ In den anderen Körpergeweben ist die Dosis im Verhältnis zur Lunge gering

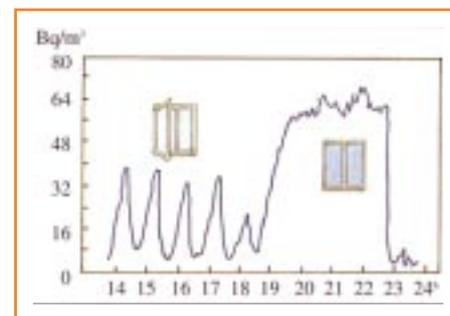
Medianwert der Radonkonzentration von 38 Becquerel pro m^3 aufwiesen, liegt dieser Wert in nur teilweise unterkellerten Gebäuden und in Häusern ohne Keller bei 50 bzw. 43 Becquerel pro m^3 . Becquerel (Bq), benannt nach dem französischen Physiker, der die radioaktive Strahlung des Urans entdeckte, gibt die Aktivität eines Stoffes an, nämlich die Anzahl der im Mittel in der Sekunde zerfallenden Atomkerne einer Strahlenquelle. Diese Größe ist insofern wichtig, als in ihr auch die Eckwerte für die Radonkonzentration in der Raumluft festgelegt werden. Vom Kellergeschoß strömt Radon über Treppenaufgänge und Kaminschächte in die darüberliegenden Geschosse. Wobei freilich die Radonkonzentration im Keller im Mittel am höchsten ist und nach oben kontinuierlich abnimmt. Durchschnittlich beträgt sie in Innenräumen das Fünffache der Radonkonzentration in der Außenluft. Doch kommt Radon noch auf einem zweiten Weg ins Haus, wenn auch in weit geringerer Menge als aus dem Erdreich: mit den Baustoffen. Zahlreiche Baustoffe bestehen zum großen Teil aus mineralischen Rohstoffen, die Radium enthalten können. Allerdings ist die Exhalationsrate bei Baustoffen, also die Aus-

gasung, sehr unterschiedlich und kann auch innerhalb eines Baustoffs um mehr als das Zehnfache schwanken. Diese Exhalationsrate gibt an, wieviel Aktivität pro Zeiteinheit aus einer bestimmten Oberfläche austritt, bei einer Dicke des Baustoffs von 10 cm. Sie wird in Becquerel pro Stunde mal m^2 angegeben. Dabei spielt selbstverständlich die Porosität der Baustoff-Oberfläche eine Rolle. Eine glasartige Feinstruktur z. B. verhindert das Austreten von Radon, ähnlich wie ein gasdichter Anstrich. Nach Keller und M. Muth beträgt diese Exhalationsrate für Natursandstein z. B. 1,0, bezogen auf Radon-222, für Kalksandstein 0,9, für Ziegel und Klinker 0,2, für Beton 1,1, für Porenbeton 1,0, für Naturgips 0,2. Doch ist grundsätzlich zu sagen: Hohe Radonwerte in Wohnungen stammen fast ausschließlich aus dem Erdboden. Baustoffe liefern nur bei massiver Verwendung von extremen Materialien einen entscheidenden Beitrag zu hohen Konzentrationen. Das läßt sich auch aus den Werten ablesen, die sich in Häusern aus unterschiedlichen Wandmaterialien ergaben: in Natursteinhäusern wurden mit Mittelwerten von 61 Bq die höchsten Konzentrationen gemessen, gefolgt von Lehm als Wandmaterial mit 57 Bq/m^3 sowie Bimssteinbauten mit 47 Bq/m^3 . Die entsprechenden Werte bei Holzhäusern betragen 29, bei Häusern überwiegend aus Gips 34 Bq/m^3 . Messungen in 6000 Wohnungen, die flächendeckend ausgewählt wurden, ergaben Schwankungen von einigen Bq/m^3 bis zu mehreren Hundert Bq. Der arithmetische Mittelwert betrug 50 Bq/m^3 , der Median-Wert 40 Bq. Da er öfter genannt wird, eine Erklärung, was man darunter versteht: Median-Wert ist ein Wert, bei dem die Hälfte der Meßwerte darüber bzw. darunter liegt. Doch ist für eine realistische Beurteilung dieser Werte entscheidend, daß nur in 10 % der Wohnungen die Radonkonzentrationen über 80 Bq/m^3 lagen, in 1 % fanden sich Aktivitätskonzentrationen über 250 Bq, in 0,1 % über 500 Bq, in Einzelfällen über 1000 Bq. Die höchsten Werte ergaben sich in alten Bergbauregionen, wie sie in Sachsen und Thüringen gegeben sind sowie in frü-

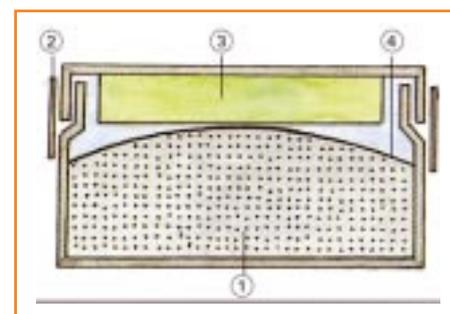
heren Uranbergbaugebieten. Zusammenfassend läßt sich sagen, daß in Deutschland Jahresmittelwerte der Radonkonzentrationen in der bodennahen Luft bis 80 Bq/m^3 und in Gebäuden bis 250 Bq/m^3 normal sind. Nun aber die entscheidende Frage: Warum ist Radon gesundheitlich so bedenklich, wenn es in höheren Konzentrationen auftritt?

Hohe Konzentrationen schädlich

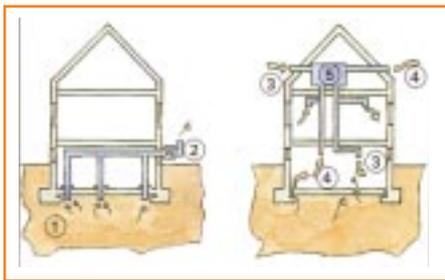
Erst seit wenigen Jahren weiß man, daß die Gefahr einer höheren Strahlendosis nicht vom Radon selbst herrührt. Denn Radon reichert sich im Körper nicht an, wird chemisch nicht



Meßbeispiel der tageszeitlichen Schwankungen der Radonkonzentration in Wohnungen: von 14–19 Uhr wurde das Fenster mehrfach leicht geöffnet, am Abend blieb das Fenster geschlossen; links die Radonkonzentrationen in Becquerel pro m^3 – das Beispiel zeigt, wie wichtig das Lüften ist



Zu den bekanntesten in der Praxis eingesetzten Meßgeräten zählt das Aktivkohle-dosimeter, bei dem sich durch das Filter eindringendes Radongas an der Oberfläche der Aktivkohle ① anreichert: Die Büchse wird verschlossen durch ein Klebeband ② und anschließend in einem Meßlabor ausgewertet; die effektive Meßzeit beträgt hier zwei Tage; ③ Stützmaterial, ④ Drahtnetz



Zwei Möglichkeiten der Sanierung bei höheren Radongehalten: links Absaugen des Radons durch ein Röhrensystem – das Radon wird unter dem Fundament ① angesaugt und durch einen Ventilator ② ins Freie transportiert

Rechts eine aufwendigere Sanierung, bei der ein Ventilator die radonhaltige Luft absaugt und ein Wärmetauscher ihr die Wärme entzieht und damit die kalte Außenluft vorwärmt – dadurch wird verhindert, daß eine erhöhte Ventilationsrate zu großen Energieverlusten führt; ③ Außenluft; ④ radonhaltige Luft; ⑤ Wärmetauscher

Bilder: W. Jacobi/GSF, C. Klemm/GSF, Bundesamt für Strahlenschutz, E. Haider/GSF

gebunden, ist im Gewebe auch kaum löslich. Die Gefährdung rührt vielmehr von den Tochterprodukten her, den kurzlebigen radioaktiven Zerfallsprodukten des Radon, z. B. vom Polonium-218 bzw. 214. Sie lagern sich in der Innenraumluft an Staubpartikel an, gelangen mit diesen Staubpartikeln in die Lunge, wo sie sich anreichern. Da sie nur sehr kurze Halbwertszeiten haben, zerfallen sie zum größten Teil auch in der Lunge. Nach Mitteilung von Wolfgang Jacobi (GSF) kommt es zu einer ungleichmäßigen Abscheidung auf den Oberflächen der Atemwege. Im mittleren Teil des Bronchialbaums ist die Dosis etwa um einen Faktor 10 höher als in den anderen Lungenbereichen. Die unterschiedlichen Strahlenarten, die beim radioaktiven Zerfall des Radons auftreten, zeigen, bei gleicher Energiedosis, unterschiedliche biologische Wirkung. Die Zerfallsprodukte Polonium-218 und Polonium-214 z. B. geben beim Zerfall Alphastrahlung ab. Die biologische Wirkung dieser Alphastrahlen ist bei gleicher Energiedosis 20 mal höher als die von Betastrah-

len, die ebenfalls in dieser Zerfallsreihe frei werden. Der Grund: Alphateilchen erzeugen etwa 100 000 Wechselwirkungen pro Zelle, Betaeilchen nur rund 100. Die Einwirkung dieser Alphastrahlung auf die Lunge und vor allem auf den mittleren Teil des Bronchialbaums kann die Bildung entarteter Zellen begünstigen. Als eigentliche Auslöser von Lungen- bzw. Bronchialkarzinomen dürften andere Faktoren wie Alter und Rauchen in Frage kommen. Nach Untersuchungen könnten zwischen 4 und 12 % der Lungenkrebsfälle durch Einatmen von Radon bedingt sein.

Was kann man dagegen tun?

Doch so wichtig es ist, über die Radonproblematik in großen Zügen Bescheid zu wissen, schon um der mitunter sensationell aufgemachten Berichterstattung in den Medien standhalten zu können: Der Mensch ist dem radioaktiven Edelgas Radon nicht wehrlos ausgeliefert. Durch die Bauweise der Häuser und durch die Wohngeohnheiten läßt sich der Radongehalt in der Innenraumluft erheblich vermindern. Als erste Maßnahme hat das regelmäßige Lüften zu gelten, mit dem wir auch neben Radon die anderen Schadstoffe und vor allem Feuchtigkeit abführen. Cordula Klemm/GSF-Forschungszentrum weist mit Recht darauf hin, daß der Unterschied zwischen dem Luftdruck im Hausinnern und dem Außendruck für die Menge des einströmenden Radons entscheidend ist. Die einfachste Gegenmaßnahme ist häufiges Lüften des Kellergeschosses. Da die Wirkung der Fensterlüftung vom Wetter abhängig ist, kann eine mechanische Entlüftung durch einen Ventilator hier wirkungsvoller Abhilfe schaffen. Die Entlüftung läßt sich auch koppeln mit einem Wärmetauscher. Dadurch werden Energieverluste vermieden, indem mit der Radon belasteten Innenluft die kalte Außenluft vorgewärmt und im Kellergeschoß oder auch im Wohnbereich eingeleitet wird. Auch Absaugen des Radons unter dem Fundament zählt zu den wirkungsvollen Maßnahmen. Es ist leicht einzusehen, daß solche Arbeiten aufwendig sind. Man sollte sie ohne Fachbetriebe weder planen noch ausführen. Vor allem sind vorher die Radonwerte über mehrere Wochen zu messen, um Zu-

Welche Radonkonzentrationen machen Sanierung nötig?

Die Strahlenschutzkommission (SSK) hat in ihrer Empfehlung „Strahlenschutzgrundsätze zur Begrenzung der Strahlenexposition durch Radon und seine Zerfallsprodukte in Gebäuden“ Eckwerte für die Durchführung von Sanierungsmaßnahmen in bestehenden Häusern genannt:

- bis 250 Bq/m³: Normalbereich, Sanierungsmaßnahmen nicht nötig
- bis 1000 Bq/m³: Prüfen, ob durch einfache Maßnahmen, Änderung der Raumnutzung, Abdichtung der Eintrittspfade, Lüften, die Radonkonzentration reduziert werden kann
- ab 1000 Bq/m³: Sanierung in einem Zeitraum je nach Konzentration
- ab 15 000 Bq/m³: schnellstmögliche Sanierung innerhalb eines Jahres.

Für neu zu errichtende Gebäude sollte die Radonkonzentration den Normalbereich nicht überschreiten. Radonmessungen bieten u. a. Forschungszentren und Universitäts-Institute an.

fallsergebnisse auszuschließen, wie Witterung und unterschiedliche Lüftungsraten sie bewirken könnten. Doch gibt es auch einfachere Maßnahmen, wie sie sich für den Ermessensbereich zwischen 250 und 1000 Bq/m³ empfehlen. Das Bundesamt für Strahlenschutz schlägt das Anbringen radonhemmender Beschichtungen vor, allerdings ebenfalls nach Fachberatung. Es rät zur Abdichtung offensichtlicher Radon-Eintrittspfade wie Risse, Fugen, Rohrdurchführungen. Eventuell auch Änderung der Raumnutzung in Abhängigkeit von der Radon-Konzentration und den Aufenthaltszeiten in den einzelnen Räumen. Vergessen wir aber bei allen Überlegungen eines nicht: Schon der Urmensch hat in seiner Felsenhöhle die radioaktiven Folgeprodukte des Radon eingeatmet. Einen Null-Wert gibt es nicht. □