

Radon an Innenraumarbeitsplätzen

Natürliche Strahlenbelastung

Der Mensch ist ständig einer geringen Belastung durch ionisierende Strahlung aus natürlichen Strahlenquellen ausgesetzt. Diese natürliche Umgebungsstrahlung hat im Wesentlichen folgende Ursachen:

- Inhalation radioaktiver Stoffe, vor allem von Radon
- Aufnahme radioaktiver Stoffe mit der Nahrung (Essen, Trinken)
- Strahlung aus der Umgebung, z. B. aus den Baustoffen von umgebenden Wänden und Decken
- Strahlung aus dem Weltall

Im Mittel beträgt die Strahlenbelastung der Bevölkerung in Deutschland durch die natürliche Umgebungsstrahlung ca. 2,1 mSv im Jahr [1]. Davon entfällt mit etwa 1,1 mSv die Hälfte auf die Inhalation von Radon. Zur natürlichen Strahlenbelastung kommen Belastungen von durchschnittlich noch einmal ca. 2,1 mSv im Jahr hinzu, die durch die Anwendung künstlicher Strahlenquellen, hauptsächlich in der Medizin, hervorgerufen werden. Die mittlere Strahlenbelastung der Bevölkerung ändert sich über Jahre hinweg nur geringfügig. Jedoch kann die Strahlenbelastung von Einzelpersonen vom Mittelwert erheblich abweichen. Das Bundes-Umweltministerium veröffentlicht jährlich einen Bericht über die Strahlenbelastung der Bevölkerung [1], aus dem die aktuelle Situation zu entnehmen ist.

Vorkommen von Radon

Der größte Teil der Belastung durch natürliche Strahlenquellen wird durch Radon und seine Folgeprodukte hervorgerufen. Radon ist ein Edelgas und weder zu riechen noch sonst mit menschlichen Sinnesorganen zu erfassen. Es ist in unserer Umgebung, also auch in Büros oder büroähnliche Räumen (an Innenraumarbeitsplätzen), ständig in mehr oder weniger großer Konzentration vorhanden. Radon ist Teil der radioaktiven Zerfallsketten des Urans und des Thoriums und ist auch selbst radioaktiv.



Eindringen von Radon aus dem Untergrund in den Keller und in höhere Stockwerke
(Mit freundlicher Genehmigung der Fachstelle Radon und Abfall, Schweiz)

Hauptsächlich tritt das Nuklid Radon 222 aus der Uran-Zerfallsreihe auf, daneben in einer geringeren Konzentration auch das Nuklid Radon 220 aus der Thorium-Zerfallsreihe. Im Erdboden ist überall Uran und Thorium in geringen Mengen vorhanden. Die Konzentration von Uran und Thorium im Untergrund hängt dabei von der

geologischen Struktur des Bodens ab. In den radioaktiven Zerfallsreihen von Uran und Thorium ist Radon das erste Element, das bei normalen Umgebungsbedingungen (Temperatur und Druck) gasförmig auftritt. Es kann sich deshalb von den Uran- und Thoriumlagerstätten fortbewegen. Durch Konvektion und Diffusion kann es aus dem Erdboden in die Atmosphäre, aber auch in die Keller von Gebäuden gelangen. Durch geringe Druckunterschiede, die besonders in der Heizperiode auftreten, kann Radon von den Kellern in die darüber liegenden Stockwerke aufsteigen.

Biologische Wirkung

Wird Radon eingeatmet, so wird es als Edelgas nicht im Körper aufgenommen, sondern wieder ausgeatmet. Die radioaktive Belastung kommt daher nicht vom Radon selbst. Vielmehr zerfällt Radon 222 mit einer Halbwertszeit von 3,8 Tagen in weitere radioaktive Zerfallsprodukte wie Polonium 218, Blei 214, Wismut 214 und Polonium 214. Diese Zerfallsprodukte sind nicht gasförmig. Sie lagern sich in der Luft an feinste Aerosole an und können mit den Aerosolen eingeatmet und im Körper absorbiert werden. Die Aussendung ionisierender Strahlung aus den Radon-Folgeprodukten führt dann zu einer Strahlenbelastung des Körpers, und zwar hauptsächlich in der Lunge. Diese Strahlenbelastung verursacht keine unmittelbare Schädigung. Sie kann jedoch zu verzögerten Schädigungen, vor allem zu Lungenkrebs, führen. Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten solcher Schädigungen hängt u. a. von der Höhe der aufgenommenen Radonfolgeprodukt-Aktivität und damit auch von der Radonkonzentration in der Umgebungsluft ab.

Radon an Arbeitsplätzen

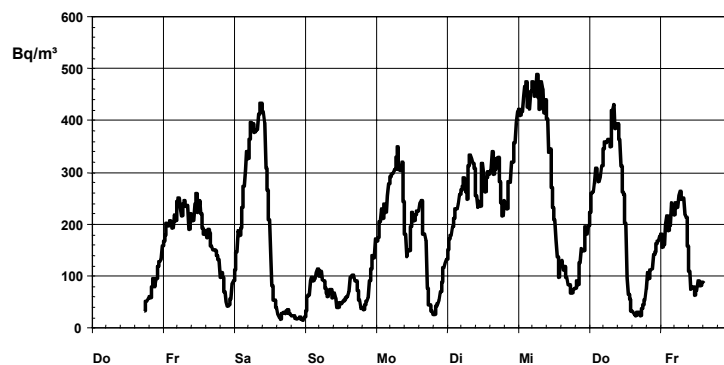
Es gibt eine Reihe von Arbeitsplätzen, an denen aufgrund der besonderen Bedingungen in den Betrieben mit erhöhten Radonkonzentrationen in der Luft zu rechnen ist. Dazu gehören Arbeitsplätze in Untertage-Bergwerken, in Radon-Heilbädern und in Anlagen zur Wassergewinnung. Für diese Arbeitsplätze besteht nach der Strahlenschutzverordnung [2] eine Verpflichtung, die Strahlenbelastung durch Radon und seine Folgeprodukte zu ermitteln, festgelegte Grenzwerte einzuhalten und ggf. Maßnahmen zur Verringerung der Radon- und Radonfolgeprodukt-Konzentration zu ergreifen. Wie diese Verpflichtung umzusetzen ist, damit befassen sich u. a. für die Bereiche Heilstollen und Wasserwerke einige Beiträge im Schwerpunktthema der Zeitschrift „Strahlenschutzpraxis“ 4/2002 [3]. Für Anlagen zur Wassergewinnung hält die Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches (DVGW) drei Informationsschriften zum Thema Radon sowie das berufsgenossenschaftliche Merkblatt „Strahlenschutz“ zum Herunterladen bereit (<http://www.dvgw.de/wasser/rechtsvorschriften/nationalesrecht.html#radon>). Da die Behandlung der Radonproblematik an den genannten Arbeitsplätzen umfangreiche Detailinformationen verlangt, wird im Rahmen dieses Beitrages nicht weiter darauf eingegangen.

Für Büros und büroähnliche Räume (Innenraumarbeitsplätze) besteht keine Verpflichtung zur Ermittlung und Bewertung der Radonkonzentration. Im Allgemeinen ist in Büros auch nur mit einer geringen Strahlenbelastung zu rechnen, die der mittleren natürlichen Umgebungsstrahlung entspricht. Es gibt jedoch Fälle, in denen in geschlossenen Räumen die Radonkonzentration wesentlich über dem Mittelwert liegt.

In diesen Fällen sollte die Radonkonzentration ermittelt werden und es kann ggf. notwendig sein, Maßnahmen zur Senkung der Radonkonzentration zu ergreifen.

Die Höhe der Radonkonzentration hängt in einem geschlossenen Raum u. a. von folgenden Faktoren ab:

- Geologie des Untergrundes (Höhe des Uran- und Thoriumgehaltes im Boden, Beweglichkeit des Radons im Boden)
- Stockwerk, in dem sich ein Raum befindet. Ausgehend vom Kellergeschoss nimmt die Radonkonzentration nach oben hin ab.
- Bauweise. Durch Undichtigkeiten in der Bodenplatte, in den Kellerwänden (z. B. durch Durchbrüche für Leitungen) und durch Fugen dringt Radongas in das Gebäude ein.
- Lüftung. Bei einer künstlichen Belüftung von Räumen, bei der die Zuluft geeignet im Freien entnommen wird, ist mit einer geringeren Radonkonzentration zu rechnen als bei einer natürlichen Belüftung von Räumen.
- Die Radonkonzentration in einem Raum zeigt zusätzlich einen jahreszeitlichen und einen tageszeitlichen Gang. Sie hängt auch von Wetterparametern wie Temperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und Windrichtung ab.



Verlauf der Radonkonzentration im Keller eines Wohnhauses während einer Woche (BIA-Messreihe)

Unter folgenden Bedingungen können in einem Büroraum erhöhte, über dem Mittelwert liegende Radonkonzentrationen auftreten:

- Die Bodenluft im Untergrund, auf dem das Gebäude erbaut ist, enthält hohe Radonkonzentrationen. Dies ist z. B. in bestimmten Gegenden des Erzgebirges, des Bayerischen Waldes und des Schwarzwaldes der Fall. Vom Geologischen Institut der Universität Bonn wurde eine Karte veröffentlicht, aus der die Radioaktivitätskonzentration in der Bodenluft in Deutschland zu entnehmen ist [1, 4, 5]. Mit Hilfe dieser Karte kann ermittelt werden, ob ein zu beurteilender Büroraum in einem Gebiet mit erhöhter Bodenradioaktivität liegt.
- Der Büroraum liegt im Keller oder in einem Tiefgeschoss. Auch im Erdgeschoss eines Gebäudes ohne Keller kann die Radonkonzentration erhöht sein. Je tiefer ein Raum in einem Gebäude liegt, mit desto höherer Radonkonzentration ist zu rechnen.
- Der Büroraum verfügt nur über eine natürliche und keine künstliche Lüftung. Auch das Fehlen von Fenstern, die geöffnet werden können, behindert den Luftaustausch und erhöht die Radonkonzentration.

Die genannten Punkte geben erste Hinweise, wann mit einer erhöhten Radonbelastung zu rechnen ist. Ob in einem Raum tatsächlich eine erhöhte Radonkonzentration vorliegt oder nicht, kann letztlich nur durch eine Messung festgestellt werden.

Zur Abschätzung der Häufigkeit erhöhter Radonkonzentrationen in Büroräumen können die Daten über die Verteilung von Radonkonzentrationen in Wohnungen zum Vergleich herangezogen werden. In etwa 1 bis 1,5 % aller 15 Mio. Wohngebäude in Deutschland liegt die Radonkonzentration im Jahresdurchschnitt zwischen 250 Bq/m³ und 1.000 Bq/m³ und bei etwa 0,1 - 0,3 % aller Wohngebäude über 1.000 Bq/m³ [6]. Man kann vermuten, dass Büroräume im Mittel in höheren Stockwerken liegen als Räume in Wohnungen. Auch dürfte der Anteil an künstlich belüfteten Räumen in Bürogebäuden größer sein als in Wohngebäuden. Beides würde bedeuten, dass in weniger als 1 bis 1,5 % aller Büroräume die Radonkonzentration über 250 Bq/m³ und in weniger als 0,1 bis 0,3 % aller Büroräume die Radonkonzentration über 1.000 Bq/m³ liegt. Dies erscheint zunächst wenig. Bei der Vielzahl vorhandener Büroräume ist dennoch mit einer erheblichen Zahl von Innenraumarbeitsplätzen zu rechnen, an denen eine erhöhte Radonkonzentration auftritt.

Messungen

Zur Bewertung der Expositionssituation an Arbeitsplätzen kann es je nach Problemlage und Messziel notwendig sein, die Radonkonzentration, die Radonfolgeprodukt-Konzentration und/oder den Gleichgewichtsfaktor zu bestimmen. Auch ist zwischen ortsbezogenen und personenbezogenen Messungen zu unterscheiden [7]. Für Messungen in Büroräumen (Innenraumarbeitsplätze) reicht im Allgemeinen eine ortsbezogene Messung der Radonkonzentration, wie sie auch in Wohnungen durchgeführt wird, aus.

Radonkonzentrationen lassen sich sowohl durch direkt anzeigende, elektrische Messgeräte als auch durch Dosimeter messen. Mit Hilfe der direkt anzeigenden Geräte erhält man nach wenigen Minuten einen ersten Messwert. Dieser Messwert ist ein Momentanwert und nicht repräsentativ für den zeitlichen Mittelwert der Radonkonzentration. Momentanwerte können erheblich vom Mittelwert abweichen. Man kann jedoch mit dem Messgerät fortlaufend Messungen durchführen und die Messwerte speichern. So erhält man den zeitlichen Verlauf der Konzentration über Stunden, Tage oder auch Wochen (je nach gewählter Messdauer). Im Anschluss an die Messung kann dann der Mittelwert berechnet werden.

Preiswerter ist der Einsatz von Radon-Dosimetern. Sie können von den offiziellen Strahlenmessstellen der Bundesländer, von Strahlenschutzlabors und von spezialisierten Firmen bezogen werden. Dort erhält man auch Hinweise für ihre Anwendung. Einige Adressen von Messstellen sind in [8] und in [9] enthalten. Die Dosimeter werden an geeigneten Stellen im Raum angebracht und bleiben dort für Wochen oder Monate [7]. Anschließend werden sie an die Messstelle zurückgeschickt und dort ausgewertet. Das Messergebnis repräsentiert den Mittelwert der Radonkonzentration während des Messzeitraums und ist



Direkt anzeigendes und registrierendes Radon-Messgerät (Mit freundlicher Genehmigung der Firma Genitron)



Radondosimeter verschiedener Bauart (Mit freundlicher Genehmigung der Fachstelle Radon und Abfall, Schweiz)

repräsentativ für die jeweilige Jahreszeit. Zum Vergleich mit den Konzentrations-Richtwerten, die als Jahresmittelwerte festgelegt sind, kann es notwendig sein, die Messungen zu verschiedenen Jahreszeiten zu wiederholen.

Es ist empfehlenswert, in einem Gebäude in mehreren Räumen und in verschiedenen Stockwerken Messungen durchzuführen, um die Verteilung von Radon im Gebäude zu ermitteln. Bei der Interpretation der Messergebnisse ist die Lüftungssituation in einem Raum zu berücksichtigen. Weitere Hinweise für die Durchführung von Radonmessungen gibt der „Leitfaden zur Messung von Radon, Thoron und ihren Zerfallsprodukten“, der von der Strahlenschutzkommission veröffentlicht wurde [7].

Richtwerte

Die Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) hat Empfehlungen für die maximal einzuhaltende Radonkonzentration veröffentlicht. Auf der Grundlage der ICRP-Veröffentlichungen wurden in Deutschland von der Strahlenschutzkommission (SSK) wiederholt eigene Empfehlungen zur Begrenzung der Strahlenexposition durch Radon herausgegeben. Die Empfehlung von 1994 enthält „Strahlenschutzgrundsätze zur Begrenzung der Strahlenexposition durch Radon und seine Zerfallsprodukte in Gebäuden“ [6]. Die darin genannten Radonkonzentrationen sind als Mittelwerte über den Zeitraum eines Jahres zu verstehen.

Für Wohnungen werden von der SSK die folgenden Richtwerte angegeben:

- Eine Radonkonzentration von 250 Bq/m³ gilt als oberes Ende des Normalbereiches der Radonkonzentration in Wohngebäuden der Bundesrepublik Deutschland. Bei Werten im Normalbereich werden Maßnahmen als nicht notwendig erachtet.
- Der Bereich zwischen 250 und 1.000 Bq/m³ gilt als Ermessensbereich für einfache Maßnahmen zur Reduzierung der Exposition durch Radon. Es werden zusätzlich Hinweise gegeben, welche Maßnahmen durch wen (Bewohner, Fachfirmen) durchgeführt werden können.
- Der Bereich über 1.000 Bq/m³ gilt als Sanierungsbereich. Hier sollte die Radonkonzentration in jedem Fall reduziert werden, auch wenn dazu aufwändigere Maßnahmen erforderlich sind.

Für Arbeitsplätze in Gebäuden wird von der SSK zugelassen, dass die Richtwerte im Verhältnis von der Aufenthaltsdauer in der Wohnung (hier werden jährlichen 7000 Stunden angenommen) zur Aufenthaltsdauer am Arbeitsplatz (im Strahlenschutz werden hierfür jährlich 2000 Stunden zu Grunde gelegt) erhöht werden. Das würde für den Ermessensbereich Werte der Radonkonzentration zwischen 875 Bq/m^3 und 3.500 Bq/m^3 bedeuten.

Ob man diese erhöhten Werte für den Arbeitsplatz tatsächlich anwenden will, sollte im Einzelfall gut überlegt werden. In Gegenden mit geologisch bedingter erhöhter Bodenradioaktivität muss damit gerechnet werden, dass die Beschäftigten nicht nur an ihrem Arbeitsplatz, sondern auch in ihren Wohnungen einer erhöhten Radonkonzentration ausgesetzt sind. Werden am Arbeitsplatz die erhöhten Richtwerte angewendet, dann könnte dies für den Einzelnen zu unerwünscht hohen Strahlenbelastungen führen. Die ICRP gibt als Umrechnung einen Wert von 4 mSv/a als effektive Dosis für den ganzjährigen Aufenthalt in einer Wohnung mit einer Radonkonzentration von 250 Bq/m^3 an [6, 7]. Das bedeutet für die obere Grenze des Ermessensbereichs von 1.000 Bq/m^3 für Wohnungen eine Jahresdosis von immerhin 16 mSv . Dazu könnte im Extremfall noch eine Dosis von 16 mSv bei einem jährlichen Aufenthalt von 2.000 Stunden an einem Arbeitsplatz mit einer Radonkonzentration von 3.500 Bq/m^3 hinzukommen, so dass die Gesamtdosis über 30 mSv pro Jahr betrüge. Dies übersteigt bei weitem den heutigen Grenzwert von 20 mSv pro Jahr, der in der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen festgelegt ist [2], im Jahr 1994 betrug dieser Grenzwert noch 50 mSv . Es ist daher empfehlenswert, der inzwischen veralteten SSK-Empfehlung für Arbeitsplätze nicht zu folgen. Zumindest in Gegenden mit hoher Bodenradioaktivität sollten Radonkonzentrationen zwischen 250 und 1.000 Bq/m^3 auch für Arbeitsplätze als Ermessensbereich angewendet werden.

Neubauten sollten so geplant und ausgelegt werden, dass die Radonkonzentration im Jahresmittel einen Wert von 200 Bq/m^3 nicht überschreitet [7, 10].

Sanierungsmaßnahmen

Maßnahmen zur Verringerung der Strahlenexposition durch Radon können z. B. sein:

- Änderung der Nutzung eines überdurchschnittlich radonbelasteten Raumes. Z. B. könnten Räume in Tiefgeschossen als Büroräume aufgegeben und zu Lagerräumen umfunktioniert werden.
- Gasdichte Abdichtung von Bodenplatten, Kellerwänden, Durchbrüchen und Fugen
- Verbesserung der Lüftung durch Erhöhung des Luftwechsels. Dazu gehören häufigeres und intensiveres Lüften bei natürlicher Lüftung, die Installation einer künstlichen Lüftung, die Zuführung von atmosphärischer Luft in die belasteten Räume.
- Absaugung von Radongas im Kellergeschoss oder unter dem Gebäude (Drainage-Lüftung).

Welche Maßnahme im Einzelfall geeignet ist, hängt u.a. von der Höhe der Radonkonzentration und von den baulichen Gegebenheiten ab. Einige einfache Maßnahmen lassen sich durch die Raumnutzer selbst durchführen (z. B. häufigeres Lüften) [11]. Für aufwändigere Maßnahmen müssen Fachfirmen hinzugezogen werden (Adressen siehe z. B. [9]). Detaillierte Hinweise zu Radonschutzmaßnahmen sind dem Radon-Handbuch Deutschland [5] zu entnehmen. In Gebieten mit hoher Radon-Bodenkonzentration sind bereits beim Bau von Häusern entsprechende Maßnahmen einzuplanen.

Weitere Informationen

- [1] Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung, Jahresbericht 2000. Hrsg.: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn April 2002
- [2] Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV) vom 20. Juli 2001, geändert aufgrund Artikel 2 der Verordnung vom 18. Juni 2002 (BGBl. I S. 1869), CHV 10 (früher ZH 1/241). 12. Aufl. Carl Heymanns, Köln 2002
- [3] Schwerpunktthema: Strahlenexpositionen aus natürlichen Quellen: Eine neue Aufgabe für den Strahlenschutz? Strahlenschutz-Praxis (2002) Nr. 4
- [4] Siehl, A.; Stegmann, R.; Valdivia-Manchego, M.: „Die aktuelle Karte des geogenen Radon-Potenzials in Deutschland“. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Forschung zum Problemkreis "Radon", Bonn Dezember 2000
- [5] Radon-Handbuch Deutschland. Hrsg.: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und Bundesamt für Strahlenschutz. braunschweig-druck, Braunschweig 2001
- [6] Strahlenschutzgrundsätze zur Begrenzung der Strahlenexposition durch Radon und seine Zerfallsprodukte in Gebäuden. Empfehlung der Strahlenschutzkommission vom 21. April 1994. In: Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 36
- [7] Leitfaden zur Messung von Radon, Thoron und ihren Zerfallsprodukten. Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 47, Urban und Fischer, München 2002
- [8] Radon. Merkblätter zur Senkung der Radonkonzentration in Wohnhäusern. Hrsg.: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Gesundheit der Schweiz, Bonn 1999
- [9] Neue Pflichten für alle Wasserversorgungsunternehmen: Strahlenschutz für Mitarbeiter. 2. Information des DVGW/BMU-Arbeitskreises "Strahlenschutz", Dezember 2001, herunterzuladen von:
<http://www.dvgw.de/wasser/rechtvorschriften/nationalesrecht.html#radon>
- [10] Empfehlung 90/143/Euratom der Kommission vom 21.2.1990 zum Schutz der Bevölkerung vor Radonexposition innerhalb von Gebäuden. Amtsblatt der EG Nr. L 80/26 vom 27.3.1990
- [11] Die Exposition durch Radon und seine Zerfallsprodukte in Wohnungen in der Bundesrepublik Deutschland und deren Bewertung. Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 19. Gustav Fischer, Stuttgart 1992

Weitere Informationen

Radon. Informationen zu einem strahlenden Thema. Hrsg.: Bundesamt für Gesundheit der Schweiz. EDMZ, Bern 1999

www.bfs.de

Bundesamt für Strahlenschutz

www.bmu.de

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

www.ssk.de

Strahlenschutzkommission

Autor: Dr. Harald Siekmann
Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz - BIA
Sankt Augustin