

Radon – die (un) heimliche Bedrohung

Teil 2

Es ist weder giftig noch brennbar oder explosiv, aber seine Zerfallsprodukte sind hochgefährlich. Das Edelgas Radon lauert dabei je nach Wohnort teilweise in hohen Konzentrationen in unseren Gebäuden. Im zweiten Teil dieses Artikels beschäftigen wir uns mit Lösungsansätzen zur Vermeidung und Verringerung des von Radon in der Atemluft ausgehenden Risikos.

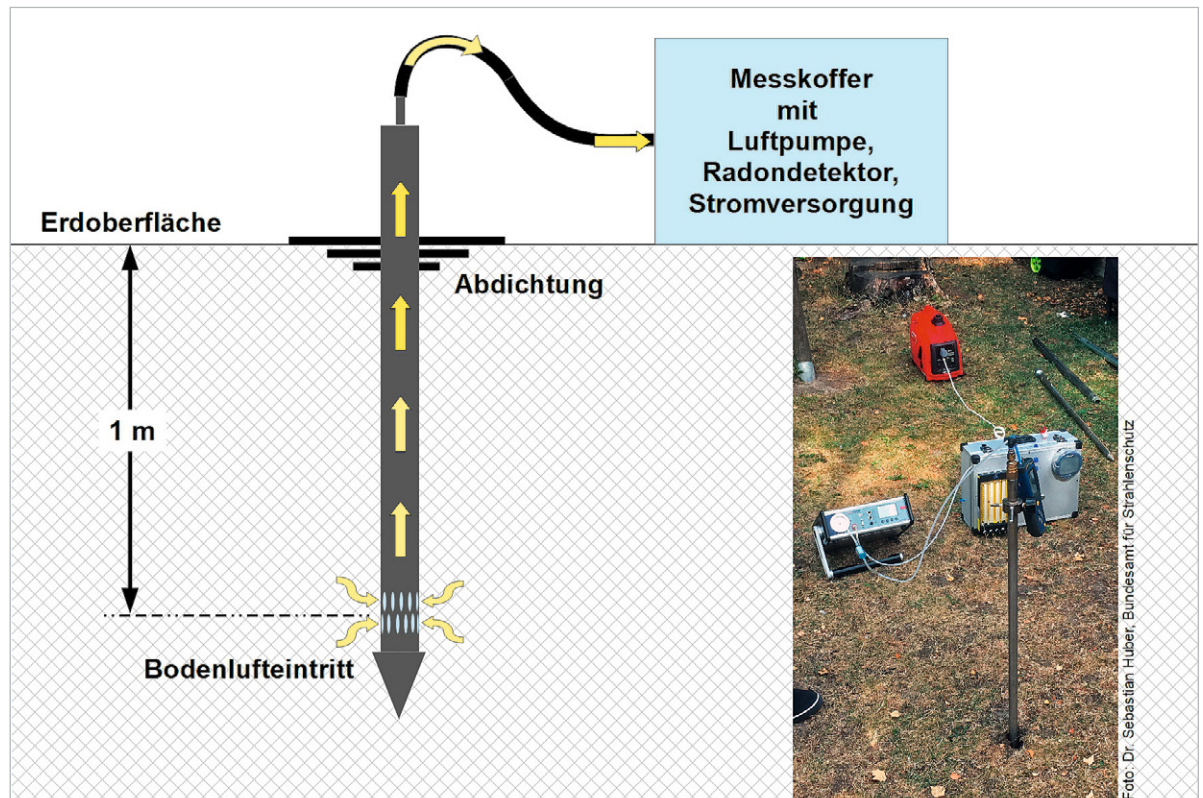


Bild 1: Mithilfe einer Rohrsonde wird in 1 m Tiefe die Bodenluft abgesaugt und auf ihren Radongehalt untersucht.

Im ersten Teil dieser zweiteiligen Artikelserie wurde bereits erklärt, dass das Edelgas Radon 222 in der Zerfallskette von Uran aus dessen Zwischenzerfallsprodukt Radium 226 entsteht, um dann weiter zum lungengefährdenden Polonium 218 zu zerfallen. Da Uran häufig verwachsen mit anderen Erzen ist, tritt es nahezu überall in der Erdkruste in stark variierenden Konzentrationen auf. Damit ist Radon praktisch überall in der Bodenluft mehr oder weniger stark vorhanden.

Bodenluftuntersuchung

Die von Radongas in der Bodenluft ausgehende Gefahr ist häufig nicht bekannt oder wird leichtfertig unterschätzt. So werden viele Neubauten aus Unkenntnis oder Leichtsinns ohne eine Untersuchung der Bodenluft im Baugrund in Bezug auf ihren Radongehalt errichtet. Dabei besteht für private Neubauten die Pflicht für den Bauherren, durch bauliche Maßnahmen das Eindringen von Radon in das Gebäude weitgehend zu verhindern.

Welche baulichen Maßnahmen das sein können, wird in der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV: Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung) festgelegt. In ihrer Neufassung als „Verordnung für die weitere Modernisierung des Strahlenschutzes“ enthält sie Regelungen zum Schutz vor ionisierender und nicht ionisierender Strahlung zu Hause, am Arbeitsplatz oder beim Arztbesuch. Die Verordnung, die am 19. Oktober 2018 vom Bundesrat beschlossen wurde, konkretisiert die Vorgaben des Strahlenschutzgesetzes und tritt am 31.12.2018 in Kraft.

Die gängigste Methode zur Messung der Radonkonzentration in der Bodenluft erfolgt durch die Ent-

nahme von Bodenluftproben aus 1 m Tiefe mittels einer gegen das Erdreich abgedichteten rohrförmigen Sonde (Bild 1). Dabei wird die Bodenluft durch eine Pumpe stetig gefördert. Die im Luftstrom enthaltenen α -Teilchen werden von einem Radondetektor registriert.

Eindring- und Verbreitungspfade

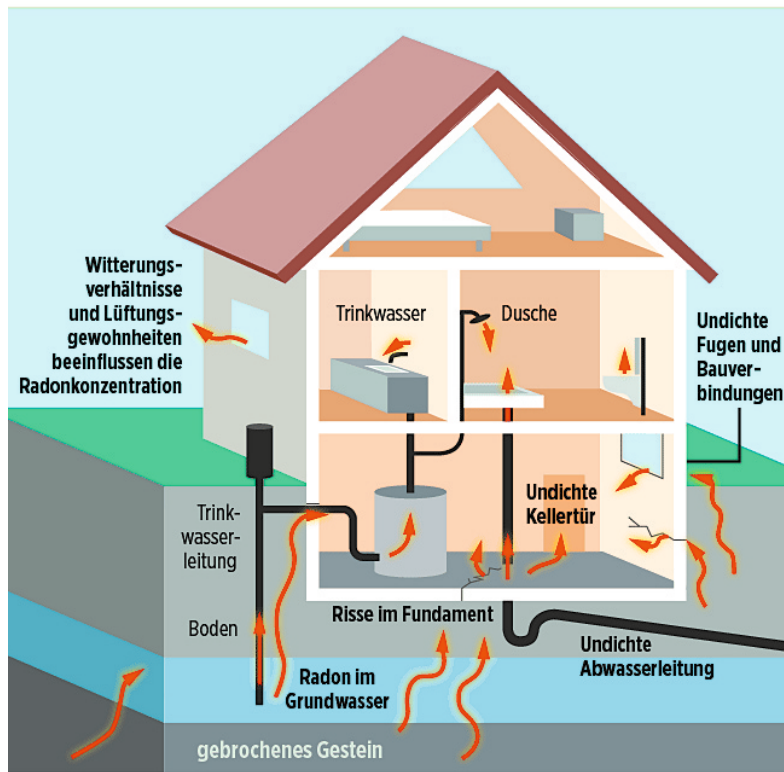
Den Weg in die Wohn- und Arbeitsstätten der Menschen findet Radon durch Risse und Undichtigkeiten der Bodenplatten und Kellerwände, die in direktem Kontakt mit dem Erdreich stehen. In den Kellerräumen sind deshalb die Volumenanteile von Radon in der Raumluft am höchsten, um dann in den oberen Geschossen, wo eine Durchmischung mit unbelasteter Umgebungsluft stattfindet, stetig abzunehmen.

Damit sind die grundsätzlichen Wege zur Reduzierung von Radon in bewohnten Gebäuden vorgezeichnet:

1. Das Eindringen durch Isolation oder Ableiten verhindern oder
2. vorhandene Radonkonzentrationen durch Lüften verringern.

Die Wege, auf denen sich Radon ins Haus „schleicht“, sollen anhand von Bild 2 besprochen werden. Über Undichtigkeiten im Gebäudefundament und in den Kellermauern dringt radonhaltige Bodenluft aus dem Untergrund ein. Diese kann direkt aus zerfallendem Radium oder radonführendem Grundwasser angereichert werden. Eindringpfade für das Radongas sind Risse, poröser Beton, schlechte Verfügen und Bauverbindungen, unzureichend abgedichtete Einführungen von Wasser- und Abwasserrohren, elektrischen Leitungen, Gasleitungen, Befüllungsleitungen

So schleicht sich Radon ins Haus



info.BILD.de | Quelle: Bundesamt für Strahlenschutz

Bild 2: Pfade, auf denen Radon in ein Gebäude eindringen und es wieder verlassen kann. Grafik: Bundesamt für Strahlenschutz

von innenliegenden Öltanks sowie Leitungen zu außenliegenden unterirdischen Tanks für Öl und Gas.

Aber auch Trinkwasser, das über ein fehlerfreies Installationssystem zu den Zapf- und Verbrauchsstellen (Wasserhähne, Duschköpfe und Badewannen) ins Haus gelangt, kann Radon mit sich führen. Dieses stammt aus dem zu Trinkwasser aufbereiteten Grundwasser, das beim Durchströmen von radonhaltigen Gesteinsformationen das radioaktive Edelgas aufnimmt. Insbesondere in Wasseraufbereitungsanlagen Beschäftigte sind damit einer erhöhten Strahlenbelastung ausgesetzt. Die Bevölkerung wird durch das Radon im Trinkwasser direkt oder durch die Ausgasungen in die Atemluft zusätzlich strahlenbelastet. Gemäß der neuen Trinkwasserverordnung soll eine Aktivität von 100 Bq/l nicht

überschritten werden. Da Radon als ein im Trinkwasser zu überwachendes Radionuklid gilt, kann man davon ausgehen, dass die Wasserversorger nur Wasser mit unbedenklichen Radonkonzentrationen in das Verteilnetz einspeisen.

Nicht zuletzt kann Radon im Erdreich in defekte Abwasserleitungen eindringen und über diese in die Häuser gelangen.

Radondichtes Bauen

Die sicherste Abwehr gegen das Eindringen von Radon über die Bodenplatte und Kellerwände ist deren radondichte bauliche Ausführung. Als Faustregel gilt: „Was wasserdicht ist, ist auch für Radon undurchlässig.“ Zwar gibt es auch Diffusionsvorgänge, bei denen Radongas z. B. eine Betonschicht durchdringen kann, jedoch sind diese meistens gegenüber den konvektiven Strömungsvorgängen zu vernachlässigen.

Man hat es also bei Neubauten in der Hand, Radon zuverlässig auszusperren. Das muss umso sorgfältiger geschehen, je größer die Bodenluftbelastung ist. Weil aber in messtechnisch wenig untersuchten Gebieten in einer Siedlung mit nahe beieinanderliegenden, gleichartigen Häusern einzelne Häuser hohe Radonbelastungen aufweisen können, während Nachbarhäuser unbelastet sind, ist eine fachgerechte Auseinandersetzung mit der Radonproblematik auch in Gebieten, in denen keine hohe Radonbelastung erwartet wird, angezeigt (vergl. Radonhandbuch Schweiz, 2000).

Es sei nochmals betont, dass sichere Erkenntnisse über den lokalen Radonbelastungsgrad der Bodenluft nur durch Messungen erlangt werden können!

Unterlüftung der Bodenplatte (Radondrainage)

Durch ein Drainagesystem wird die Ansammlung von Radon unter der Bodenplatte verhindert, indem dieses „weggelüftet“ wird. Das von den porösen, miteinander verbundenen Drainagerohren aufgenommene Radon wird in einem mindestens 15 cm starken Steigrohr senkrecht nach oben über die Erdoberfläche geleitet und verflüchtigt sich bei seiner Entlassung in die Atmosphäre. Bild 3 zeigt, wie die Drainagerohre verlegt, zusammengeführt und mit dem Entlüftungrohr verbunden werden. Die Drainagerohre werden mit einer ca. 5 cm starken Schicht aus grobem Splitt oder Kies gefolgt von einer PE-Folie und einer Sauberkeitsschicht abgedeckt, worauf die stahlarmierte Bodenplatte folgt (im Bild weggelassen).

Bei stark durchlässigen Böden kann es sinnvoll sein, unter dem Drainagesystem eine radondichte Folie großflächig zu verlegen. Dadurch wird das Nachströmen von Radongas behindert. Wichtig ist das Bestehen eines Unterdrucks zwischen Drainagesystem und Ablüftungsöffnung, um eine ausreichende Strömung sicherzustellen. Gegebenenfalls kann mit einem elektrischen Ventilator im Verlauf des Steigrohrs der passive Absaugeffekt aktiv verstärkt werden.

Foliensperre

Das Einhüllen der Bodenplatte und der mit dem Erdreich in Berührung stehenden Kellerwände mit einer sorgfältig verschweißten radondichten Sperrfolie verhindert bei fachmännischer Anbringung auch bei

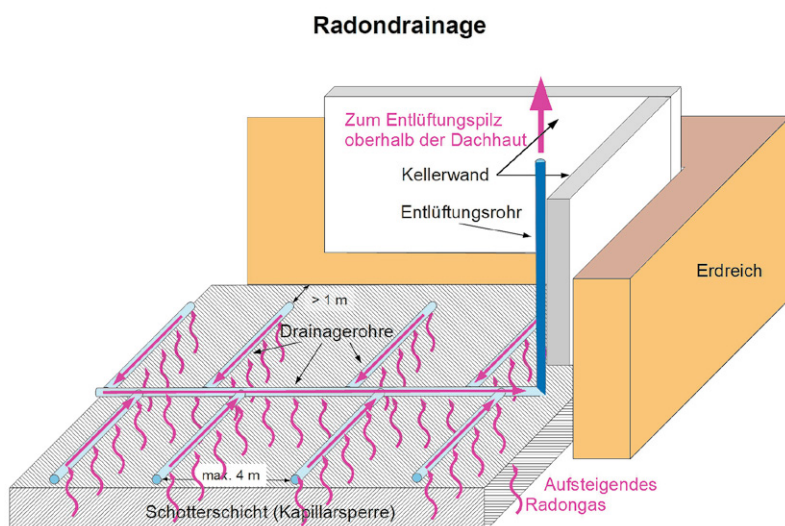


Bild 3: Mit einer Radondrainage wird Radon unterhalb der Bodenplatte abgesaugt und steht für das weitere Eindringen nicht mehr zur Verfügung.



hohen Radonkonzentrationen in der Bodenluft das Eindringen des radioaktiven Gases in den Gebäudekeller.

Wie **Bild 4** beispielhaft zeigt, liegt die Radonfolie zwischen der Perimeterdämmung (Wärmedämmung der erdberührenden Bauwerksteile mit geschlossenenporigen Hartschaumplatten) und der etwa 5 cm starken Sauberkeitsschicht aus Magerbeton auf der an das gewachsene Erdreich angrenzenden kapillarbrechenden Grobkiessschicht. Besondere Sorgfalt ist an den Übergängen von Folienbahnen und bei der Hohlkehle zwischen waagrecht und senkrecht Radonfolie geboten. Hier müssen die Folien mindestens 15 cm überlappend und im Überlappungsbe- reich vollflächig verklebt oder mit einem Kunststoffschweißgerät verschweißt werden, um Gasdichtheit zu gewährleisten. Verletzungen der Radonfolie durch Risse oder Perforationen als Schlupflöcher für das konvektive Eindringen von Radongas sind penibel zu vermeiden. Die Perimeterdämmung hat in dieser Hinsicht eine beträchtliche Schutzfunktion.

Besondere Sorgfalt ist auf die gasdichte Abdichtung von Durchführungen aller Art durch die Bodenplatte und die Kellerwände zu verwenden. Hier empfehlen sich vom Fachmann eingebaute, qualifizierte Rohrdurchführungssysteme.

Man mag einwenden, dass der Aufwand für Radonsperrfolie nach **Bild 4** eventuell auch in Kombination mit einer Radondrainage nach **Bild 3** einen unverhältnismäßigen Aufwand darstellt. Dieser wird neben dem völligen Ausschluss von Radon durch den Zusatznutzen einer hohen Wärmedämmung gegen das Erdreich und eine absolute Dichtheit gegen Feuchtigkeit (selbst bei drückendem Wasser!) relativiert. So lassen sich Kellerräume bedenken- und problemlos als Hobby- und Lagerräume ohne weitere Maßnahmen nutzen. Insgesamt ist die Aussperrung von Radon durch Radonfolie bei einem Neubau kein relevanter Kostenfaktor (wenige Promille der Gesamtkosten), ist aber von hohem Nutzen. Typisch sind Kosten von 10–20 Euro pro Quadratmeter Grundfläche eines Hauses.

Radonbrunnen

Unter einem Radonbrunnen versteht man eine gewollte Senke für die durch Radongas radioaktiv belastete Bodenluft unter oder neben dem Gebäudefundament. Durch Unterdruck im Radonbrunnen fließt die radonhaltige Bodenluft aus der umgebenden Erde dorthin und wird über ein Entlüftungrohr passiv oder durch Ventilator unterstützt in die Atmosphäre oberhalb der Geländeoberfläche abgeleitet. Durch das gezielte Sammeln und Abführen der radonhaltigen Bodenluft sinkt deren Druck im Umfeld des Fundaments und die Eindringtendenz in das Gebäude wird abgeschwächt. Wichtig ist, dass die Radonbrunnenschächte tief genug reichen, um zu garantieren, dass die Radonkonzentration unter der Bodenplatte des Gebäudes deutlich absinkt. Bei Böden mit geringer Durchlässigkeit kann es erforderlich sein, mehrere Radonbrunnen an geeigneten Stellen im Erdreich anzuordnen.

Radonbrunnen werden als perforierte Schächte ausgeführt, deren Wände dem Durchtritt des Radon-

Folienabdichtung

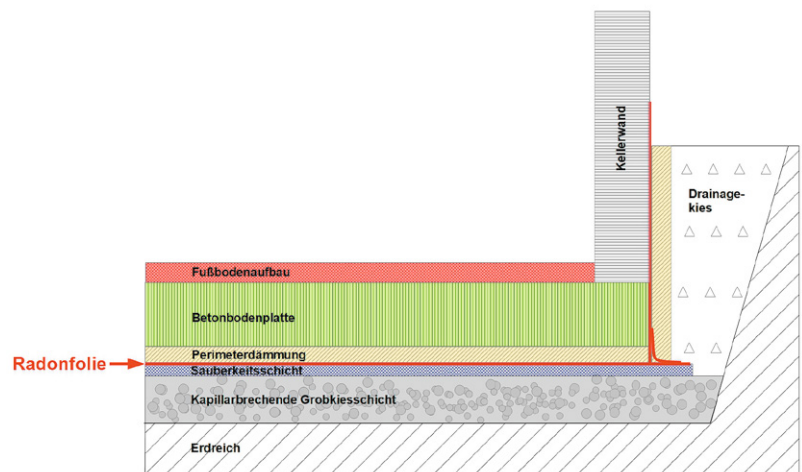


Bild 4: Die Abdichtung mit einer lückenlosen radondichten Sperrfolie in Verbindung mit einer Perimeterdämmung (Wärmeisolation des Gebäudefundaments) ist die sicherste Methode, Radon abzuweisen, bei optimaler Energiebilanz.

gases keinerlei Widerstand entgegensetzen. **Bild 5** zeigt dies am Beispiel von in einem Lochverband aufgestellten Ziegelsteinen, der von oben mit einer Beton- oder Metallplatte abgedeckt wird. Das Einfallen von Erd- bzw. Kiesmassen durch die Lüftungsöffnungen verhindert eine Umhüllung durch verrottungsfestes, luftdurchlässiges Geotextilgewebe. Alternativen zu diesen selbst hergestellten Radonschachtbrunnen sind fertige, im Handel erhältliche Schachtsysteme.

Radon in Bestandsgebäuden

Als ältere Gebäude errichtet wurden, geschah dies ohne Wissen um eine eventuell vorhandene Gefährdung durch das aus dem Erdreich eindringende Radon. So finden sich in alten Bauern- und Bürgerhäusern noch gestampfte Erde als Kellerboden und offen liegende Bruchsteinkellerwände. Dadurch wird dem Ausgasen von Radon nur geringer Widerstand entgegensetzt. Aber selbst in jüngeren Gebäuden wirken grobporige Betonbodenplatten, unabgedichtete Durchbrüche und gasdurchlässige Kellerwände und Setzungsrisse als Eintrittspforten für das radioaktive Edelgas. Werden in derartigen Situationen hohe Radonkonzentrationen festgestellt, müssen diese reduziert werden, um ein langfristiges Risiko

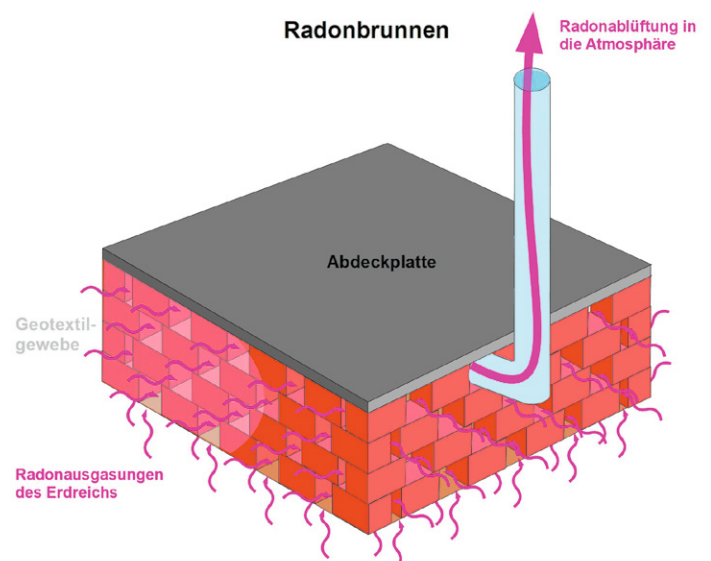


Bild 5: Ein Radonbrunnen ist eine künstliche Senke für die Bodenluft, die von hier abgesaugt wird. Dadurch verringert sich die Radonkonzentration im Erdreich.



Raumnutzungsart	Luftwechselrate n [1/h]
Büroräume	3–6
Gast- und Versammlungsräume	5–10
Hörsäle	8–10
Kaufhäuser, Kino, Theater	4–6
Schwimmballen	3–4
Toiletten	4–6
Laboratorien	8–15
Küchen	20–30
Werkstätten	4–6

Quelle: Wikipedia

Bild 6: Durch regelmäßigen Austausch radonbelasteter Raumluft gegen einwandfreie Außenluft lässt sich die Radonkonzentration senken.

für die Lungengesundheit der Bewohner auszuschließen. Dazu gibt es mehrere Ansätze, die alle auf Lüftungstechnischen Maßnahmen beruhen.

Luftwechselrate

Der gesunde Aufenthalt in Gebäuden setzt die Abwesenheit gesundheitsschädlicher Luftbestandteile aller Art sowie ausreichend Sauerstoff voraus. Eine hohe Innenraumluftqualität erfordert regelmäßiges Lüften, was für eine ausreichende Luftwechselrate sorgt. Unter der Luftwechselrate n (Einheit 1/h) versteht man den Bruchteil des Raumvolumens, der innerhalb einer Stunde gegen einwandfreie Luft ausgetauscht wird. Die DIN 4108 „Wärmeschutz im Hochbau“ fordert in Teil 2 eine Luftwechselrate von mindestens $n=0,5/h$, d. h., wenigstens die Hälfte der Raumluft sollte in jeder Stunde durch unbelastete Luft ersetzt werden.

Damit werden die Volumenkonzentrationen der üblichen Luftschadstoffe wie CO_2 , Stickstoffdioxid (NO_2), flüchtige organische Verbindungen (VOC), Schimmelpilzsporen, Pollen, Bakterien, Feinstäube und eben auch Radon stündlich mindestens halbiert. Dabei ist darauf zu achten, dass das gesamte Raumvolumen vom Austausch erfasst wird.

Natürlich spielt die Raumnutzung eine erhebliche Rolle für die Luftwechselrate (Bild 6).

Energetische Gebäudesanierung

Häufig geht der Raumluftwechsel mit einem Wärmeverlust einher. Da moderne Gebäude für eine gute Energiebilanz thermisch gut isoliert sind, wozu auch dicht schließende Fenster und Türen gehören, ist hier die wünschenswerte Luftwechselrate bei minimalen Wärmeverlusten nur durch aktive „kontrollierte Wohnraumlüftung“ (KWL) zu erzielen.

Wenn bei einer energetischen Gebäudesanierung der Radonschutz nicht bereits in der Planungsphase einbezogen wird, kommt es häufig zu einem Anstieg der Radonkonzentration in der Raumluft. Der Grund liegt meistens darin, dass mit der erhöhten Dichtheit der Gebäudehülle die passive Luftwechselrate sinkt, ohne gleichzeitig die Eintrittspfade für das Radongas besser abzudichten.

Man kann daran erkennen, dass die optimale energetische Gebäudesanierung eine ganzheitliche Betrachtungsweise sowie viel Sachverstand und Erfahrung erfordert. Nur so lassen sich teure, schwer behebbare Fehler vermeiden.

Unterdruck und Radonkonzentration

Radonhaltige Bodenluft kann nur in ein Gebäude eintreten, wenn im Gebäudeinneren ein niedriger Luftdruck herrscht als in der Bodenluft des umgebenden Erdreichs. Das Radongas folgt also dem Druckgefälle innerhalb eines Hauses, wodurch die abwehrenden Maßnahmen vorgezeichnet sind.

Prinzipiell ist die Radonkonzentration am Ort ihres Eintritts in das Gebäude am höchsten, um tendenziell mit zunehmender Höhe wegen fortschreitender Verdünnung mit unbelasteter Atmosphärenluft abzunehmen (Bild 7). Der Grund für das Aufsteigen des Radons ist im thermikbedingten vertikalen Luftdruckgefälle begründet. In konkreten Fällen kann jedoch Radon aus dem Kellergeschoss über Schächte, Installationsrohre und sonstige potenziell luftführende Hohlräume unverdünnt in die oberen Stockwerke geleitet werden. Hier kann nur eine gründliche Abdichtung im Zusammenwirken mit gezielter Belüftung Abhilfe schaffen.

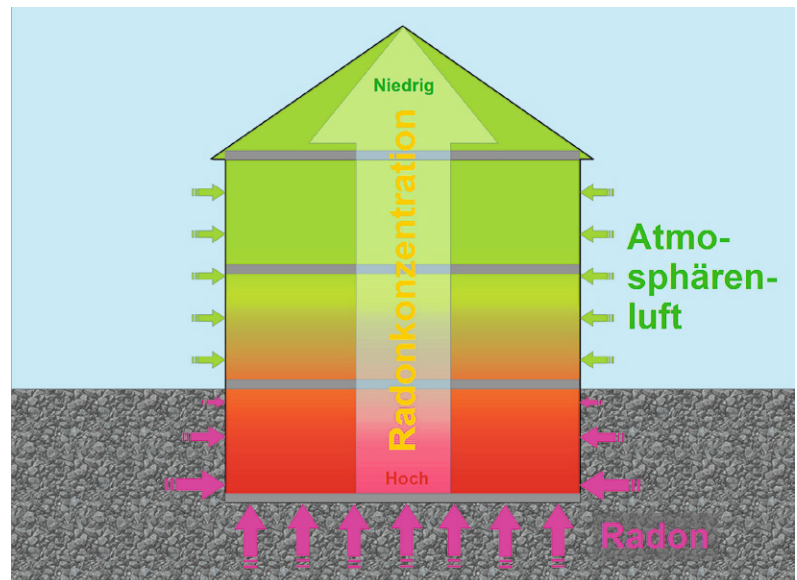


Bild 7: Tendenzial nimmt die Radonkonzentration in einem Gebäude von unten nach oben ab.

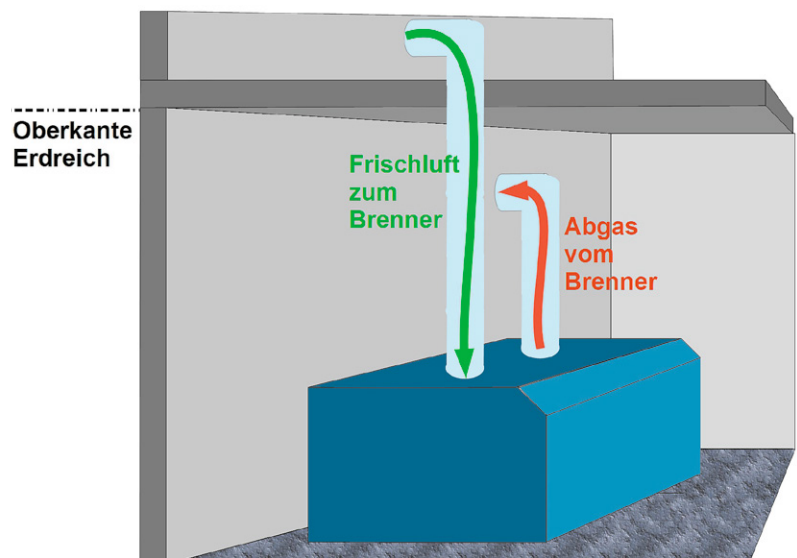


Bild 8: Der Brenner einer Heizung saugt beträchtliche Mengen von Raumluft an und erzeugt dadurch einen Ansaugunterdruck für die außenliegende Bodenluft.



Unterdruck kann durch Abluftventilatoren, Dunstabzugshauben, Gasthermen, Öfen, Kamine, Windanströmungen auf das Gebäude und manches mehr verursacht werden, wenn nicht ausreichende Nachströmöffnungen vorhanden sind. Optimal ist es, die Druckverhältnisse innerhalb des Gebäudes so zu verändern, dass es zu keiner Sogwirkung auf radonhaltige Boden- und Raumluft kommt.

Weglüften von Radon

Als schnell wirkende Maßnahme bei einer hohen Radonkonzentration in den Kellerräumen ist die „Verdünnung“ der belasteten Innenluft durch frische Außenluft möglich. Besonders im Winter sinkt durch die damit einhergehenden Wärmeverluste natürlich die Raumtemperatur und die Energiebilanz des Gebäudes verschlechtert sich. Damit ist die Lüftung von Kellerräumen nur als Sofortmaßnahme bis zur Umsetzung einer geeigneteren, dauerhaften Strategie sinnvoll.

Unterdruck beseitigen

Weil das Druckgefälle zwischen Kellerluft und Bodenluft der physikalische Grund für das Eindringen von Radon in die Kellerräume ist, müssen seine Ursachen analysiert werden, um es dann gezielt zu verringern, zu beseitigen oder umzukehren. Das ist neben der gründlichen Abdichtung (in Bestandsgebäuden meist aufwendig und teuer) die einzige Möglichkeit zu verhindern, dass die radonhaltige Bodenluft mögliche Infiltrationspfade nutzt.

So ist es unbedingt ratsam, den Brenner einer Öl- oder Gasheizung unmittelbar mit der erforderlichen Verbrennungsluft aus dem Außenbereich des Gebäudes zu versorgen (Bild 8). Durch diese raumluftunabhängige Ansaugmöglichkeit wird ein Druckabfall im Aufstellungsraum der Heizung verhindert.

Besonders vorteilhaft sind konzentrische Luft-Abgas-Systeme (LAS), bei denen das Heizgerät seine Verbrennungsabgase über ein dünnes Innenrohr nach außen abgibt und die für den Verbrennungsvorgang erforderliche Frischluft über das konzentrische Außenrohr ansaugt. Dabei überträgt das heiße Abgas einen Teil seiner Wärmeenergie an die kalte Verbrennungsluft. Deren damit verbundene Vorwärmung und die Abkühlung des über den Kamin entweichenden Abgases steigert infolge geringerer Energieverluste über das Abgas (Abgasverluste) die Energieeffizienz des Heizgeräts.

Überdruck erzeugen

Am wirkungsvollsten ist es, in den Kellerräumen als Hauptinfiltrationsstätten einen leichten Überdruck zu erzeugen, was die radonhaltige Bo-

denluft sicher ins Erdreich zurückdrängt. Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung in Verbindung mit einer Raumklimatisierung können dies sparsam, komfortabel und wirkungsvoll leisten. Bild 9 zeigt das Grundprinzip: Ein Wärmetauscher wird von warmer verbrauchter Raumluft (Abluft) und kühler frischer Außenluft (Frischlufte) durchströmt. Dabei gibt die Abluft ihre Wärme an die Frischluft ab, die dann als vorgewärmte Zuluft in die Räume geleitet wird. Die abgekühlte Abluft wird als Fortluft in die Atmosphäre entlassen. Die in der Fortluft noch enthaltene Restwärme kann ihr effizienzsteigernd mit einer Luft-Luft-Wärmepumpe entzogen und der Zuluft hinzugefügt werden.

Raumnutzung ändern

Bei relativ geringen Radonkonzentrationen von 100 bis 200 Bq/m³ in einem Kellerraum kann neben der Lüftung die Veränderung der Raumnutzung im Sinne einer verkürzten Aufenthaltsdauer eine sinnvolle Alternative sein. Wenn so aus einem Hobbyraum ein sporadisch betretener Lagerraum wird, ist der gesundheitliche Zweck erreicht.

Bei höheren Radonkonzentrationen reicht eine Nutzungsänderung nicht aus und es müssen weitere Maßnahmen wie die Abdichtung von Fugen und Rissen in Böden und Wänden, Durchbrüchen, Installations- und Inspektionsschächten und Durchführungen, Erzeugen eines leichten Überdrucks durch einen Frischluft einblasenden Ventilator, elastische Türdichtungen, Nachbetonierung von Naturkellerböden usw. in Betracht gezogen werden.

Fazit

Aus gesundheitlichen Gründen ist das radioaktive Edelgas Radon aus Wohn- und Wirtschaftsgebäuden, in denen sich regelmäßig Menschen längere Zeit aufhalten, fernzuhalten.

Bei **Neubauten** ist das durch eine radondichte Bauweise relativ aufwandsarm zu erreichen. Lückenlos dichter Beton für Bodenplatte und Kellerwände mit zusätzlicher Radonsperrfolie genügt in der Regel. In Gebieten mit extrem hohen Konzentrationen von Radon in der Bodenluft kann diese durch Weglüften unter der Bodenplatte oder richtig im Erdreich positionierte Radonbrunnen reduziert werden. Wer ganz auf Nummer sicher gehen will, sollte von Wohn-, Arbeits- und Aufenthaltsräumen im Keller absehen.

In **Bestandsgebäuden** ist eine genaue Analyse der Radonverhältnisse die wichtigste Voraussetzung, bevor man sich für geeignete Maßnahmen entscheidet. Diese können Abdichtungen, Lüftungsmaßnahmen, das Erzeugen eines leichten Überdrucks, Änderung der Raumnutzung, Schließen von vertikalen Schächten, Zufuhr von externer Frischluft zu Heizungsbrennern und Öfen usw. sein. Auf jeden Fall sind bauliche Maßnahmen zur Verminderung oder Beseitigung vorhandenen Radons in Bestandsgebäuden erheblich aufwendiger, als bei Neubauten das Eindringen von Radon vollständig zu verhindern.

Stets sollte man sich durch Messungen von der Wirksamkeit der getroffenen Maßnahmen überzeugen, um sich nicht in falscher Sicherheit zu wiegen. **ELV**

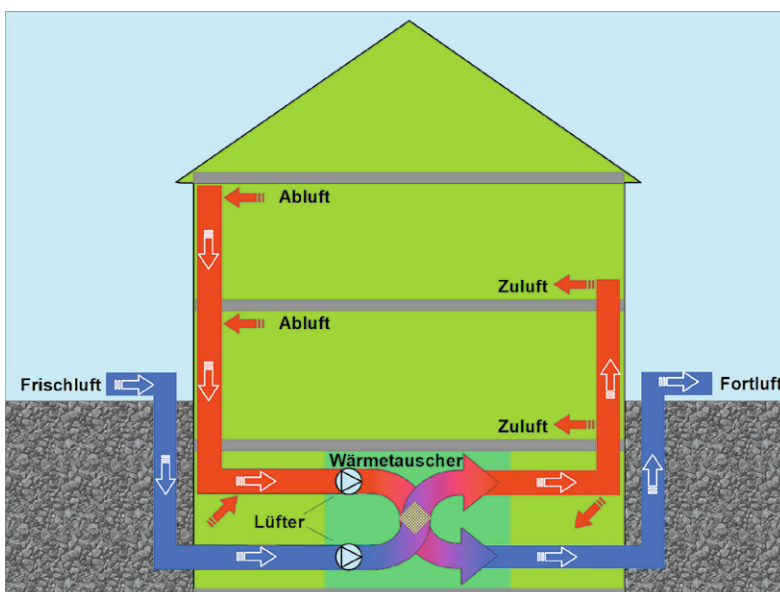


Bild 9: Eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung kombiniert eine gute Radonbeseitigung mit verringerten Wärmeenergieverlusten.