

Radon – eine unterschätzte Gefahr!

Walter-Reinhold
Uhlig, Dresden

Hohe Radonkonzentrationen in der Raumluft erhöhen für die Nutzer das Risiko, an Lungenkrebs zu erkranken. Vor allen Dingen dann, wenn die Räume ständig genutzt werden – hierunter sind Wohn- und Arbeitsräume zu verstehen – können die Nutzer einer erhöhten Strahlendosis ausgesetzt sein, die das Erkrankungsrisiko signifikant erhöht. Im neuen Deutschen Strahlenschutzgesetz wird dieser Gesundheitsgefährdung erstmals Rechnung getragen, indem dort Forderungen an den baulichen Radonschutz aufgenommen wurden.

Die Umsetzung des baulichen und Lüftungstechnischen Radonschutzes erfordert besondere Kenntnisse für den Planungs- und Bauprozess, die noch nicht in genügendem Maße in der breiten Fachöffentlichkeit vorhanden sind. Falscher bzw. unberücksichtigter baulicher Radonschutz führt aber häufig zu deutlich erhöhten nachträglichen Kosten und/oder zu erhöhten gesundheitlichen Belastungen der Nutzer, die bei früher und fachlich fundierter Berücksichtigung vermieden werden können. Der Artikel gibt einen Überblick über die Grundlagen, die gesetzlichen Anforderungen sowie die Lösungen des baulichen und Lüftungstechnischen Radonschutzes.

1. Einführung

»Radon – eine unterschätzte Gefahr!« – so oder so ähnlich sind Titel von Fachtagungen und Veröffentlichungen überschrieben, die sich in letzter Zeit verstärkt dem Thema der Gesundheitsgefährdung durch Radon und der Möglichkeiten, sich davor zu schützen, widmen. Dabei ergeben sich gleich mehrere Fragen:

- Wie groß ist die Gefährdung tatsächlich, die sich durch Radon ergibt; wird hier wieder einmal »eine Sau durchs Dorf getrieben« oder ist ein relevantes Gesundheitsrisiko vorhanden?
- Warum tritt dieses Thema gerade heute verstärkt in die öffentliche Wahrnehmung und natürlich,
- entstehen aus dem Radonschutz für das Bauen, aber auch für die Nutzung und Verwaltung von Gebäuden Mehrkosten und falls ja, wie können diese auf ein vertretbares Maß reduziert und trotzdem die Anforderungen an den Radonschutz eingehalten werden?

Diesen hier aufgeworfenen Fragen widmet sich der Artikel. Natürlich können in der gebotenen Kürze viele Fragen nur angerissen oder im Überblick dargestellt werden.

2. Strahlenbelastung und Radon

Der Mensch ist ständig einer Exposition aus natürlicher und künstlicher Strahlung ausgesetzt. Die Maßeinheit für die Strahlendosis ist das Sievert (Sv), im Regelfall in mSv angegeben. Für Deutschland beträgt die mittlere jährliche effektive Dosis der Bevölkerung etwa 4mSv.¹ Davon entfallen auf die Inhalation von Radon im Durchschnitt 1,1 bis 1,4 mSv/Jahr. Damit ist Radon die wichtigste Quelle der auf den Menschen einwirkenden natürlichen Strahlung, während durch medizinische Anwendungen die höchsten künstlichen Strahlungsbelastungen ausgelöst werden.

Radon entsteht beim Zerfall instabiler Elementarteilchen. Insgesamt gibt es drei Zerfallsreihen, wobei Radon in der Uran-Radium Reihe angesiedelt ist. In dieser entsteht aus Radium (Ra-226) das besonders mobile radioaktive Edelgas Radon (Rn. 222) welches unter Abgabe von α -Strahlung mit einer Halbwertszeit von 3,8 Tagen zerfällt. Radon wird vom Menschen über die Atemluft aufgenommen. Während dieses

¹ Nach: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Bericht der Bundesregierung an den Deutschen Bundestag über Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 1994; Bonn 1995, Druckseite Deutscher Bundestag 13/2287.

zum größten Teil wieder ausgeatmet wird, lagern sich seine Zerfallsprodukte (Polonium-218, Bismut-214, Polonium-214 und Blei-210) im Atemtrakt ab und geben beim Zerfall Strahlung ab, die in Lunge und Atemtrakt zu Zellumbildungen führen kann.

Die Radonkonzentration in der Luft wird in Bq/m^3 angegeben. Der Wert sagt dabei aus, wie viele Atome des radioaktiven Edelgases je Sekunde in einem Kubikmeter Luft zerfallen.

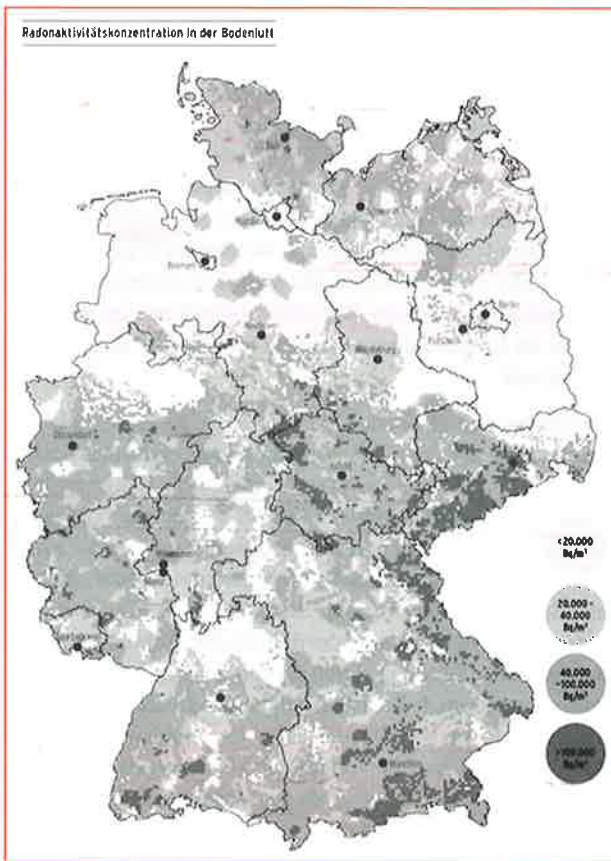


Abb. 1: Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft (Bundesamt für Strahlenschutz)²

3. Quellen für die Radonbelastung in Gebäuden

Radon in der Bodenluft ist die mit weitem Abstand wichtigste Quelle für die Radonbelastung in Gebäuden, da die Radonkonzentration im Boden³ gegenüber der in der Außenluft um ein Vielfaches höher ist. So werden im Boden Konzentrationswerte von mehreren 10.000 bis mehr als eine Million Bq/m^3 gemessen, während in der Außenluft die Konzentrationswerte zwischen 5 bis 30 und in Innenräumen bei durchschnittlich 50 Bq/m^3 liegen.⁴ Durch seine hohe Mobilität kann die radonhaltige Bodenluft leicht an die Oberfläche transportiert werden und im Bereich von Gebäuden über die erdberührte Gebäudehülle (Bodenplatte, Kellerwände usw.) in das Gebäude eindringen. Die Radonkonzentration im Erdreich unterliegt sowohl räumlich als auch jahres- und tageszeitlich starken Schwankungen. Die Radonkarte Deutschlands (Abb. 1) verweist auf die gro-

ßen räumlichen Unterschiede der Radonkonzentration in der Bodenluft. So liegen vor allen Dingen in Mittel- und Hochgebirgsgegenden hohe Radonkonzentrationen vor. Für die Interpretation und Anwendung von Radonkarten ist unbedingt zu beachten, dass diese lediglich eine Aussage darüber zulassen, wie hoch die Wahrscheinlichkeit einer hohen Radonbelastung ist, sie lassen aber keinerlei Rückschlüsse auf die Höhe der Radonbelastung an einem konkreten Ort zu, da auch kleinräumlich große Schwankungen zu beobachten sind.

Weitere Quellen der Radonbelastung, wie z.B. die Freisetzung aus Baustoffen sowie aus Wasser spielen vergleichsweise nur eine geringe Rolle und werden deshalb im weiteren Verlauf dieses Artikels nicht weiter betrachtet.

4. Gesundheitsrisiko durch Radon

Die Gesundheitsgefährdung von Radon ist in den letzten Jahrzehnten weltweit umfassend untersucht worden. Die wichtigste und aussagefähigste Studie ist die 2005 publizierte gepoolte Auswertung von 13 europäischen Studien durch Darby et al.⁵ die maßgeblich für die aktuelle Bewertung des Gesundheitsrisikos durch Radon herangezogen wird. Danach können die folgenden Aussagen getroffen werden:

- Etwa 5 % aller Lungenkrebsfälle sind auf erhöhte Radonwerte in der Raumluft zurückzuführen. Das entspricht für Deutschland ca. 1.800 Todesfälle pro Jahr.
- Radon ist damit – nach dem Rauchen – die zweithäufigste Ursache für die Erkrankung an Lungenkrebs.
- Das Lungenkrebsrisiko steigt proportional zur Erhöhung der Radonkonzentration in der Raumluft, und zwar um ca. 16 % je 100 Bq/m^3 Steigerung. Ein Schwellwert für die Radonkonzentration, unter dem das Lungenkrebsrisiko nicht steigt, konnte nicht festgestellt werden.
- Radon und Rauchen potenzieren das Risiko, an Lungenkrebs zu erkranken.

Vergleicht man die Gesundheitsgefährdung durch Radon mit anderen Schadstoffen in der Raumluft muss festgestellt werden, dass Radon das weitaus gefährlichste Umweltgift ist, dem die Menschen ausgesetzt sind. Insofern ist es durchaus verwunderlich, dass Radon bisher keine oder nur eine untergeordnete Bedeutung in der Öffentlichkeit und der Fachwelt gespielt hat. Mit dem neuen Strahlenschutzgesetz wird dem Radon-schutz nunmehr ein deutlich größeres Gewicht beigemessen.

² Unter anderem im Radonhandbuch Deutschland veröffentlicht.

³ Die wissenschaftlich korrekte Bezeichnung ist Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft, in diesem Artikel wird aber die geläufige Bezeichnung »Radonkonzentration« verwendet.

⁴ Diese hier aufgeführten Werte sind dem Radonhandbuch Deutschland entnommen, Bundesamt für Strahlenschutz 2019. Der hier angegebene Wertebereich für die Außenluft kann in ungünstigen Lagen noch höher liegen. Vor allen Dingen in unmittelbarer Bodennähe werden zudem deutlich höhere Werte gemessen (so können z.B. in Kellerlichtschächten bis 1.000 Bq/m^3 vorliegen!). Der hier angegebene Mittelwert für Innenräume unterliegt selbstverständlich einer hohen Schwankungsbreite.

⁵ Darby, S. et al.: Radon in homes and risk of lung cancer: Collaborative analysis of individual data from 13 European casa-control studies; British Medical Journal, December 2004.

5. Gesetzliche Grundlagen und weitere Regelungen

Der Schutz vor Radon in Gebäuden ist im Strahlenschutzgesetz vom 27.06.2017 (StrlSchG),⁶ dort Abschnitt 3 (§§ 124 bis 132) geregelt. Eine Konkretisierung der Festlegungen des Strahlenschutzgesetzes erfolgte in der Strahlenschutzverordnung (StrahlenschutzVO) vom 05.12.2018.⁷ Die Aktualität der Gesetzgebung zum Radonschutz ermöglicht heute noch keine endgültigen Aussagen zur konkreten Umsetzung des baulichen Radonschutzes für alle Situationen, die im Zusammenhang mit der Radonbelastung in Innenräumen entstehen. Wie in Deutschland üblich, werden in Gesetzen lediglich grundsätzliche Regelungen getroffen, die – zumeist über einen mehrjährigen Verlauf – durch höchstrichterliche Urteile konkretisiert werden. Insofern beschränken sich die folgenden Ausführungen auf die Festlegungen des Strahlenschutzgesetzes sowie der Strahlenschutzverordnung und werden Ausblicke auf die erwartete Entwicklung gegeben.

Eine grundlegende Aussage des Strahlenschutzgesetzes ist die Festlegung eines Referenzwertes i.H.v. 300 Bq/m³ für Aufenthaltsräume (§ 124) und an Arbeitsplätzen (§ 126). Als Aufenthaltsraum werden im Sinne des Gesetzes alle Räume bezeichnet, die nicht nur zum vorübergehenden Aufenthalt bestimmt sind. Arbeitsplätze sind solche Orte, an denen sich eine Arbeitskraft während ihrer Berufsausübung regelmäßig und wiederholt aufhält. Der Referenzwert ist der über einen längeren Zeitraum – idealerweise einem Jahr – ermittelte Durchschnittswert der Radonkonzentration in einem Raum, der nicht überschritten werden soll. Da es – wie unter Punkt 2 beschrieben – für die gesundheitliche Gefährdung keinen Schwellwert gibt, demnach auch bei Radonkonzentrationswerten unterhalb 300 Bq/m³ eine signifikante Erhöhung des Risikos, an Lungenkrebs zu erkranken, vorliegt, ist der Referenzwert nicht unumstritten. Einzelne Institutionen, wie z.B. die WHO oder in Deutschland der Bundesverband öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger (BVS e.V.) fordern deshalb die Einhaltung bzw. Unterschreitung von 100 Bq/m³ in Aufenthalts- und Arbeitsräumen. In § 121 StrlSchG wird die Ausweisung von Gebieten, in denen in »einer erheblichen Zahl von Gebäuden« der Referenzwert überschritten wird, gefordert. Diese Gebiete werden als »Vorsorgegebiete« oder auch kurz »Radongebiete« bezeichnet, die Festlegung erfolgt durch die Bundesländer und ist – verständlicherweise – heiß umstritten. Spätestens Ende 2020 müssen die Gebiete bestimmt sein.

Weitere Festlegungen des Strahlenschutzgesetzes müssen für Neubauten, bestehende Gebäude sowie Arbeitsplätze getrennt betrachtet werden. Für Neubauten wird in § 123 des StrlSchG gefordert, den Radoneintritt aus dem Erdreich in das Gebäude durch geeignete Maßnahmen zu verhindern oder erheblich zu erschweren. Diese Pflicht gilt nach dem Gesetzestext dann als erfüllt, wenn »die nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik erforderlichen Maßnahmen zum Feuchteschutz eingehalten werden«, eine Formulierung, die, wie im Abschnitt 7 dieses Artikels dargelegt wird, so nicht stehen gelassen werden kann, da im baulichen Feuchteschutz Lösun-

gen zugelassen sind, die dem Radonschutz nicht genügen! Für Gebäude in Vorsorgegebieten gem. § 121 StrlSchG wird im § 154 der StrahlenschutzVO die Umsetzung zusätzlicher Maßnahmen gefordert. Für bestehende Gebäude sehen das Strahlenschutzgesetz sowie die Strahlenschutzverordnung keine Pflicht zum Handeln vor, es wird vielmehr auf das Prinzip der Freiwilligkeit für die Durchführung von Maßnahmen verwiesen. Für Sanierungsmaßnahmen an Gebäuden empfiehlt das Gesetz in § 123 Abs. 4 die Durchführung von Maßnahmen, da mit der Sanierung zumeist eine Reduzierung der Luftwechselrate und damit die Gefahr einer deutlichen Erhöhung der Radonkonzentration in der Raumluft verbunden ist. Für Arbeitsplätze gilt nach § 127 StrlSchG eine Messpflicht der Radonkonzentration am Arbeitsplatz, wenn sich dieser im Erd- oder Kellergeschoss eines Gebäudes befindet und in einem Radongebiet liegt. Weiterhin besteht Messpflicht für Arbeitsplätze mit einem sich aus dem Arbeitsprozess oder Ort ergebenden erhöhten Risiko. Werden im Ergebnis dieser Messpflicht Werte ermittelt, die über dem Referenzwert liegen, sind gem. § 128 des StrlSchG Maßnahmen zu ergreifen, auf die im Rahmen dieses Artikels nicht weiter eingegangen werden soll.

Die hier kurz geschilderte aktuelle Rechtslage lässt viele Fragestellungen nur zum Teil oder überhaupt nicht beantwortet zurück. Vor allen Dingen betrifft das die im Baugesetzbuch sowie den Bauordnungen der Länder verankerte Forderung, die Bewohner vor Gesundheitsgefahren zu schützen. Inwieweit diese Forderung auch für die Reduzierung bzw. Begrenzung der Radonkonzentration zutrifft, ist in der Fachwelt umstritten und wird mit steigender öffentlicher Wahrnehmung der Gesundheitsgefährdung durch Radon sicher noch viele Diskussionen und auch Rechtsstreitigkeiten auslösen. Vor allen Dingen für Bestandsgebäude fehlen im Strahlenschutzgesetz sowie der Strahlenschutzverordnung klare Vorgaben. Eigentümer und Bauherren sind deshalb gut beraten, den Radonschutz frühzeitig und kompetent zu berücksichtigen.

Fragen des baulichen Radonschutzes sind bisher in der Fachöffentlichkeit kaum bekannt. Das liegt zum einen natürlich daran, dass der Schutz vor Radon bisher lediglich für besondere Arbeitsplätze geregelt war, die Verankerung im Strahlenschutzgesetz erst seit Anfang des Jahres 2019 verpflichtend geregelt ist. Zum anderen fehlen bisher auch Vorschriften aus dem Bau- und Lüftungsbereich, nach denen die Maßnahmen des Radonschutzes geplant und realisiert werden können. Seit einigen Jahren arbeitet deshalb eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe aus den Bereichen Bau und Lüftung beim DIN an der Erstellung einer DIN »Radongeschütztes Bauen«. Die neue DIN SPEC 18117 wird in zwei Teilen Lösungen des bau- und lüftungstechnischen Radonschutzes umfassend beschreiben, wobei der Teil 1 die allgemeinen und grundsätzlichen Anforderungen und Lösungen enthält und im Teil 2 darauf auf-

6 Gesetz zur Neuordnung des Rechts zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzgesetz – StrlSchG) vom 27.06.2017 (BGBl. I S. 1966).

7 Verordnung zur weiteren Modernisierung des Strahlenschutzrechtes (Strahlenschutzverordnung) vom 29.11.2018 (BGBl. 2018 Teil I Nr. 41 vom 05.12.2018).

bauend eine detaillierte Beschreibung der Lösungen sowie Anwendungskriterien, z.B. in Abhängigkeit der zugrunde liegenden Radonkonzentration, vorgenommen wird. Die Ausgabe als DIN SPEC, also als Norm im Stadium des Entwurfes, trägt der Tatsache Rechnung, dass der bauliche und lüftungstechnische Radonschutz noch nicht in allen Aspekten als »allgemein anerkannte Regel der Bautechnik« betrachtet werden kann. Teil 1 wird noch in diesem Jahr der Fachöffentlichkeit als Entwurf vorgelegt. Das Erscheinen des Teiles 2 steht noch nicht fest. Wann die DIN SPEC in eine »vollwertige« Norm überführt wird, hängt maßgeblich von der weiteren Entwicklung des bau- und lüftungstechnischen Radonschutzes ab.

Für spezielle Fragen des Radonschutzes in Bestandsgebäuden wird als Ergänzung zur DIN eine WTA-Arbeitsgruppe »Radonanierung« ins Leben gerufen, deren Gründung im November dieses Jahres im Rahmen des Sächsischen Radontages in Dresden erfolgen wird.

6. Einflussfaktoren auf die Radonkonzentration in Räumen

In Abbildung 2 sind die Wirkmechanismen zusammengefasst, die auf die Radonkonzentration in der Raumluft Einfluss nehmen, wobei, wie bereits in Abschnitt 2 beschrieben, die Bodenluft die absolut wichtigste Quelle ist, während die Exhalation aus den Baustoffen nur untergeordnete Bedeutung hat und bei den in Deutschland heute eingesetzten Baustoffen vernachlässigt werden kann.⁸ Es kommt also in erster Linie darauf an, das Eindringen von Radon aus der Bodenluft in das Gebäude zu verhindern oder zumindest soweit zu reduzieren, dass die Konzentration in der Raumluft den Referenzwert nicht überschreitet. Die wichtigste absenkende Maßnahme ist die Erhöhung des Luftaustausches zwischen der Raum- und Außenluft.

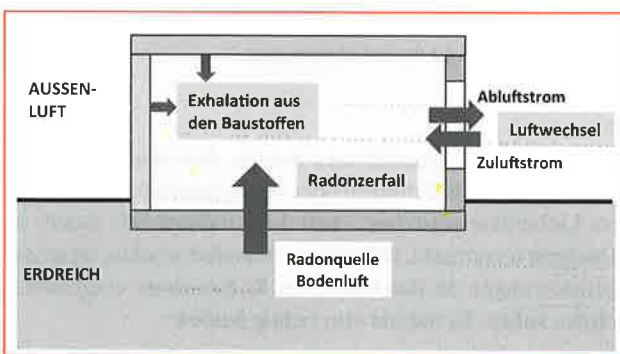


Abb. 2: Quellen und Senken der Radonkonzentration in Gebäuden

Im Folgenden sollen die Mechanismen, die beim Eindringen von radonhaltiger Bodenluft in das Gebäude wirken, näher betrachtet werden. Hier müssen wir zwischen Diffusion und Konvektion unterscheiden: **Diffusion** entsteht durch Konzentrationsunterschiede zwischen der Radonkonzentration im Gebäudeinneren und im Erdreich. Da die Radonkonzentration im Erdreich immer deutlich über der Konzentration im Gebäudeinneren liegt, verläuft der Diffusionsstrom zwingend vom

Erdreich ins Gebäude (s. Abb. 3). **Konvektive Luftströme** entstehen immer dann, wenn ein direkter Luftaustausch möglich und gleichzeitig ein Druckunterschied vorhanden ist. Diese Situation liegt dann vor, wenn Undichtheiten in der Gebäudehülle vorhanden sind (Risse, nicht luftdichte Anschlüsse von Mediendurchführungen sowie zwischen Bauteilen usw.). Da im unteren Gebäudebereich zumeist ein Unterdruck herrscht, wird dieser Luftstrom tendenziell vom Erdreich ins Gebäude verlaufen und damit radonhaltige Bodenluft ins Gebäude transportieren (s. Abb. 4)

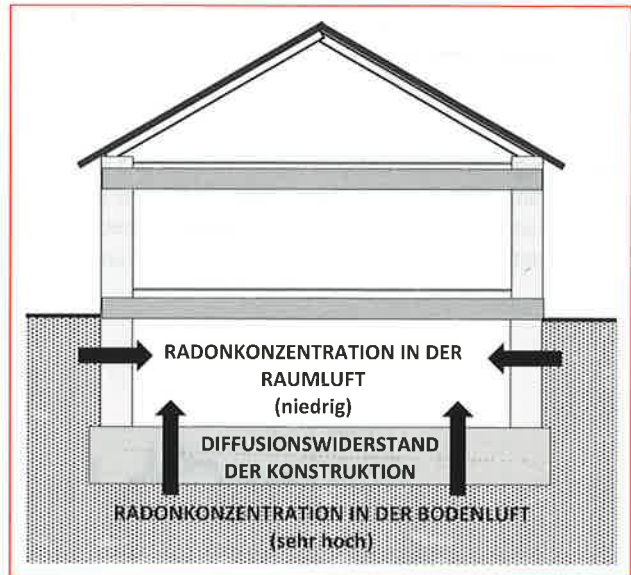


Abb 3: Diffusion radonhaltiger Bodenluft in das vom Erdreich ins Gebäude

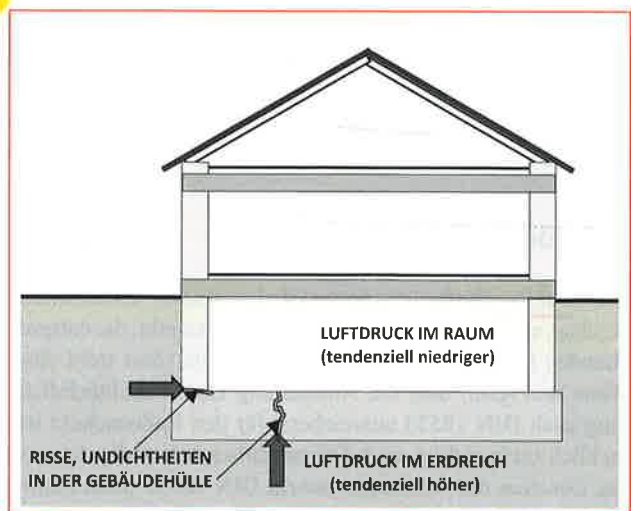


Abb. 4: Konvektiver Luftstrom Gebäude

⁸ In Altbauten kann die Exhalation von Radon aus Baustoffen einen wesentlichen Beitrag für die Radonsituation in Gebäuden bringen. Vor allen Dingen in ehemaligen Bergbaugebieten wurden häufig Abraumaterialien verbaut (z.B. in Schüttungen in Holzbalkendecken oder als Beimischungen in Putzen und Mörteln), die ggf. erhöhte Radioaktivität aufweisen. Vereinzelt wird auch in Lehm eine erhöhte Radioaktivität festgestellt.

Viele Untersuchungen und Berechnungen haben gezeigt, dass über Konvektion wesentlich größere Mengen von Bodenluft in das Gebäude transportiert werden, als durch Diffusion. Im Umkehrschluss kann gesagt werden, dass die Verhinderung eines konvektiven Luftstromes vom Erdreich ins Gebäude für nahezu alle denkbaren Fälle einen ausreichenden Radonschutz erbringt und deshalb der bauliche Radonschutz auf genau diese Frage fokussiert sein muss.

Für die Reduzierung der Radonkonzentration in der Raumluft ist ganz wesentlich der Luftwechsel mit der Außenluft verantwortlich, unabhängig davon, ob es sich um eine natürliche oder künstliche Belüftung handelt. Die sehr geringen Radonkonzentrationen in der Außenluft (s. Punkt 3) führen bei Vermischung der Außenluft mit der Raumluft sehr schnell zu einer deutlichen Reduzierung der Konzentrationswerte im Rauminnen. Ein besonders gravierendes Beispiel hierfür ist in Abb. 5 wiedergegeben: Während in der ersten Messphase alle Fenster und Türen verschlossen und auch die Räume nicht genutzt waren – für die Radonsituation liegt hier die absolut ungünstigste Konstellation

vor – wurde in der 2. Messphase eine dauerhafte Belüftung des Raumes durch Kippstellung der Fenster vorgenommen. Die hier gemessenen Unterschiede der Radonkonzentration (ca. 6.700 zu ca. 130 Bq/m³!) sind in dieser Deutlichkeit sicher selten zu beobachten, sie zeigen aber in beeindruckender Weise, welchen Einfluss der Luftwechsel auf die Radonkonzentration in der Raumluft hat. In einer weiteren Messung⁹ konnten die Radonkonzentrationen in einem Raum allein durch dreimal tägliche kurzzeitige Stoßlüftung von durchschnittlich 480 Bq/m³ auf 180 Bq/m³ gesenkt werden. Diese beiden hier angeführten Beispiele zeigen, dass durch einen angemessenen Luftwechsel signifikante Reduzierungen der Radonkonzentration in der Raumluft erreicht werden können.

⁹ »Schülerprojekt zur dauerhaften Senkung der Radonexposition in Gebäuden von Sachsen im Ergebnis einer adäquaten Risikokommunikation an ausgewählten Schulen«, KORA e.V. 2009 bis 2011.

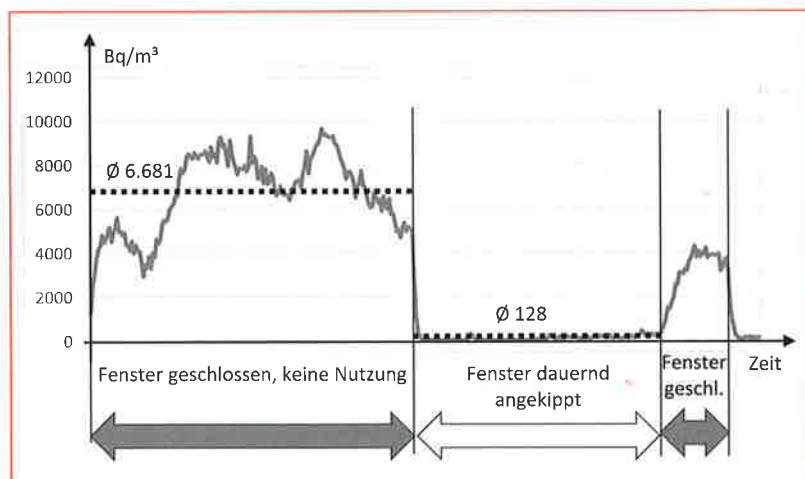


Abb. 5: Einfluss verschiedener Konstellationen des Luftwechsels auf die Radonkonzentration in Räumen (Ergebnis einer Messung Dezember 2018/Januar 2019)

7. Radonschutz im Neubau

Das Strahlenschutzgesetz fordert de facto einen radonsicheren Neubau, auch wenn, wie im Abschnitt 5 vermerkt, die entsprechenden Hinweise im Strahlenschutzgesetz (dort steht ohne Wenn und Aber, dass die Ausführung einer Feuchteabdichtung nach DIN 18533 ausreichend für den Radonschutz ist) fachlich nicht richtig sind. Offensichtlich haben die Autoren des Gesetzes die Abdichtungsnorm DIN 18533 nicht richtig gelesen oder verstanden bzw. sie wollten das »Brett an der dünnsten Stelle bohren«, d.h., die Bauwirtschaft und alle mit dem Bauen befassten Bereichen (also auch die Immobilienwirtschaft) vor Vorkehrungen gegenüber dem Radonschutz bewahren. Aber so einfach ist die Sache leider nicht! Der Lastfall W1-E »Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser« fordert keine luft- bzw. gasdichte Ausführung. Das ist hinsichtlich des Feuchteschutzes durchaus richtig und ausreichend, es

kann aber nicht ausgeschlossen werden, dass dann im Bereich von Mediendurchführungen oder Bauteilanschlüssen konvektive Luftströme entstehen – und diese müssen, wie bereits in Abschnitt 6 vermerkt, unbedingt verhindert werden, wenn die Anforderungen an den baulichen Radonschutz eingehalten werden sollen. Es müsste also richtig heißen:

- Liegt der Lastfall W1-E für die Abdichtung nach DIN 18 533 vor, so sind zusätzlich alle Mediendurchführungen, Bauteilanschlüsse usw. so auszubilden, dass konvektive Luftströmungen vermieden werden (z.B., indem Mediendurchführung luftdicht an die Bauwerksabdichtung angeschlossen werden).
- Liegt der Lastfall W2-E (drückendes Wasser) für die Abdichtung nach DIN 18 533 vor, ist mit dessen Ausführung ausreichende Vorsorge für den baulichen Radonschutz gegeben.

Eine weitere, immer wieder auftauchende, Frage ist die **Radondichtheit von WU-Beton-Konstruktionen (weiße Wannen)**. Diese Lösungen sind, vor allen Dingen im Bereich von technologischen Fugen, nicht zwingend als luft- bzw. gasdicht einzuschätzen, sodass zum heutigen Zeitpunkt noch keine abschließende Bewertung dieser Bauform hinsichtlich des Radonschutzes möglich ist. **Es wird deshalb empfohlen, im Bereich besonders gefährdeter Fugen eine zusätzliche Außenabdichtung vorzusehen.**

Zusammenfassend gilt für Neubauvorhaben, dass der bauliche Radonschutz vergleichsweise einfach und ohne große Mehrkosten realisiert werden kann. Eine qualitätsgerechte Bauausführung der Gebäudeabdichtung und die Realisierung von sauberen, luftdichten Ausführungen aller Mediendurchführungen und Bauteilanschlüsse reichen gemeinhin aus.

Es gibt im Bauwesen allerdings Lösungen ohne flächige Abdichtung nach DIN oder WU-Richtlinie. Zum Beispiel wird im industriellen Hallenbau häufig keine Abdichtung vorgesehen, wenn zum Beispiel besonders viele technologische Durchbrüche in der Bodenplatte erforderlich sind und eine luft- und gasdichte Ausbildung dieser Durchbrüche zu sehr hohen Zusatzkosten führen würde. Auch sind vereinzelt Lösungen im Wohnbau bekannt, wo bewusst auf eine durchgehende Bodenplatte verzichtet wird.¹⁰ In allen diesen Fällen kann ein konvektiver Luftstrom zwischen Erdreich und Gebäudeinnerem nicht verhindert werden. In diesen Fällen wird auf Lösungen zurückgegriffen, die aus der Radonsanierung entlehnt sind und im Abschnitt 8.3 erläutert werden. Von den dort beschriebenen Varianten zur Erzeugung eines Unterdruckes unterhalb des Gebäudes kommt in den hier geschilderten Fällen vor allem der Einsatz sogenannter Radondrainagen zum Einsatz.

8. Lösungen in Bestandsgebäuden

8.1 Besonderheiten und Strategien

Während – wie wir sehen konnten – der Radonschutz im Neubau relativ einfach realisiert werden kann, ergeben sich für Bestandsgebäude eine Vielzahl von Fragen und Problemen, die keine einfachen Antworten zulassen. Es sollten deshalb für Radonsanierungen immer speziell geschulte Fachleute eingebunden werden¹¹

Die besonderen Anforderungen an den baulichen Radonschutz in Bestandsgebäuden lassen sich mit den folgenden Aussagen zusammenfassen:

- Altbauten, vor allen solche, die vor der Einführung moderner Lösungen in der Gebäudeabdichtung errichtet wurden, **sind nie dicht und lassen deshalb das ungehinderte Einströmen von Bodenluft in das Gebäude mehr oder weniger ungehindert** zu (s. Abb. 6 und 7).
- Jedes Gebäude ist anders.
- An vielen Gebäuden können unterschiedlichste Bauschäden beobachtet werden (Abb. 8).
- Häufig sind wichtige Bestandskonstruktionen (z.B. Außenwände, Bodenplatten, Medienleitungen) verbaut

und für eine optische Bestandserfassung nicht oder schwer zugänglich.

- In vielen Fällen fehlen aussagefähige Bestandsunterlagen.
- Zumeist sind Bestandsbauten bewohnt und es müssen deshalb alle baulichen Maßnahmen gut kommuniziert und abgestimmt werden. Das betrifft insbesondere die sehr sensiblen Themen Strahlenbelastung und Strahlenschutz.

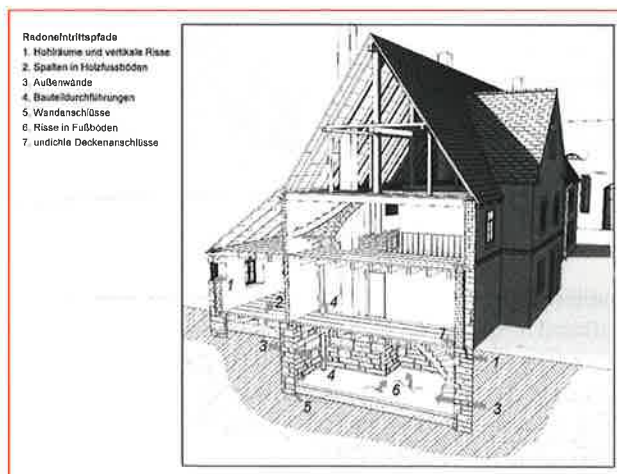


Abb. 6: mögliche Radoneintrittspfade in Bestandsgebäuden¹²



Abb. 7: Keller eines typischen Einfamilienhauses aus der Bauzeit um 1930: deutlich zu sehen ist die Durchfeuchtung der Außenwände auf Grund fehlender vertikaler Außenabdichtung. Die Horizontalabdichtung in Höhe des Kellerfensters funktioniert noch gut, zu erkennen an der trockenen Außenwand oberhalb dieser Abdichtung.

¹⁰ Vor allen Dingen aus Österreich und der Schweiz sind solche Lösungen bekannt.

¹¹ So gibt es seit einigen Jahren in Bayern und Sachsen die Ausbildung zur »Radon-Fachperson«, die einem viertägigen Kurs das erforderliche Grundwissen zum bau- und lüftungstechnischen Radonschutz vermitteln. Listen der Radon-Fachpersonen sind u.a. auf den Homepages der Umweltministerien von Sachsen und Bayern veröffentlicht (siehe u.a. www.lfu.bayern.de/strahlung/radon_in_gebaeuden/doc/liste_fachpersonen.pdf). Diese Weiterbildungen werden aktuell für ganz Deutschland in Dresden durch die Bauakademie Sachsen (<https://www.bauakademie-sachsen.de>) angeboten.

¹² Nach: »Radonschutzmaßnahmen – Planungshilfe für Neu- und Bestandsbauten«, Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, 2018 (Veröffentlichung kann über die Homepage des SMUL kostenfrei heruntergeladen werden).



Abb. 8: Risse im Anschluss von Kelleraußenwand an die Geschosdecke im Ergebnis von ungleichen Setzungen

Zumeist ist es in Altbauten nicht oder nur mit erheblichem Aufwand möglich, eine dichte Gebäudehülle »nachzurüsten«. Somit fällt weitestgehend die grundsätzliche Lösung zur Verhinderung konvektiver Luftströme weg und es müssen andere Wege gefunden werden, die Anforderungen an den baulichen Radonschutz zu erfüllen. Dabei kommen die folgenden Prinzipien zur Anwendung:

- Erhöhung der Luftwechselrate
- Umkehr des konvektiven Luftstromes durch Veränderung der Luftdruckverlaufes zwischen Gebäude und Erdreich

8.2 Absenkung der Radonkonzentration durch natürliche Lüftung

Wird – z.B. im Ergebnis einer Radonmessung – eine erhöhte Radonbelastung in Aufenthalts- oder Arbeitsräumen festgestellt, so sollte immer der erste Schritt sein, ein Lüftungsregime einzuführen, welches die Luftwechselrate erhöht und gleichzeitig möglichst geringe Energieverluste verursacht. Diese Forderungen werden am besten mit einer kontrollierten mehrfachen täglichen Stoßlüftung erreicht, die, falls es die Raumkonstellation erlaubt, als Querlüftung betrieben werden sollte.

Selbstverständlich ist die Fensterlüftung keine Maßnahme für eine dauerhafte Problemlösung. Zum einen sind damit Energieverluste verbunden, die dem Ziel, die Energieeffizienz zu erhöhen, zuwiderlaufen. Zum anderen ist eine dauerhafte Einhaltung der regelmäßigen Fensterlüftung nur schwer durchzusetzen und schließlich kann man mit Stoßlüftung sehr hohe Radonkonzentrationswerte zwar reduzieren, aber nicht immer bis unterhalb des Referenzwertes.

Auf ein besonderes Problem im Zusammenhang mit dem Einfluss der Luftwechselrate auf die Radonkonzentration in Räumen soll hier noch hingewiesen werden: Energetische Sanierungen beinhalten zumeist den Einbau neuer, besser abdichtender Fenster, wodurch – hinsichtlich Energieeinsparung durchaus gewollt – die Luftwechselrate verringert wird. Diese Situation führt aber zwangsläufig zu einer Erhöhung der Radonkonzentration in der Raumluft. Es ist deshalb im Zusammenhang mit energetischen Sanierungen immer auf die Veränderung der Radonkonzentration in der Raumluft zu achten und ggf. sind parallel Radonschutzmaßnahmen zu realisieren!¹⁴

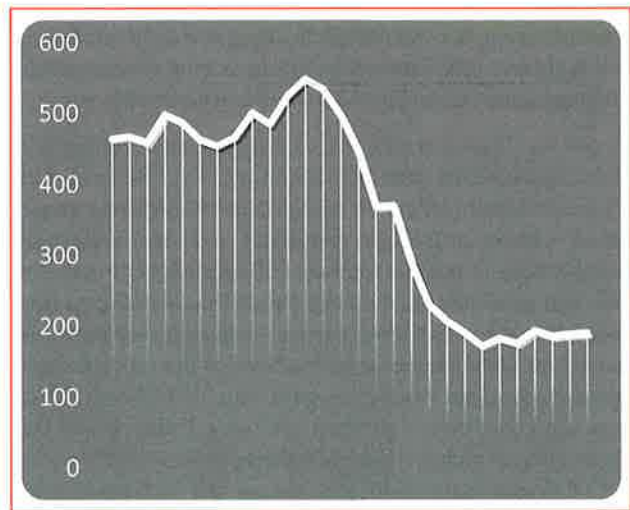


Abb. 9: Veränderung der Radonkonzentration in der Raumluft eines Wohnraumes in Abhängigkeit vom Lüftungsregime: In der ersten Messphase ($\bar{\varnothing}$ ca. 480 Bq/m³) erhielten die Bewohner keine Anweisungen zur Lüftung, in der zweiten Messphase ($\bar{\varnothing}$ 180 Bq/m³) wurde ein Lüftungsregime mit zweimaliger täglicher und gründlicher Stoßlüftung vorgegeben¹³

8.3 Umkehr des konvektiven Luftstromes durch Veränderung der Luftdruckverlaufes zwischen Gebäude und Erdreich

Um erhöhte Radonbelastungen in Bestandsgebäuden dauerhaft zu senken, werden dann, wenn eine Abdichtung der Gebäudehülle nicht möglich oder nicht sinnvoll ist, durch bauliche und/oder Lüftungstechnische Maßnahmen die Druckverhältnisse zwischen Erdreich und dem Gebäudeinnerem so verändert, dass im Gebäude gegenüber dem Erdreich ein Überdruck herrscht, d.h. es werden die Druckverhältnisse gegenüber der normalen Situation umgekehrt. Dadurch ver-

¹³ Messergebnisse aus dem Schülerprojekt, 2011.

¹⁴ Das Strahlenschutzgesetz verweist in § 123, Abs. 4 auf dieses Problem.

läuft der konvektive Luftstrom vom Gebäude ins Erdreich und es dringt somit keine Bodenluft mit den dort vorhandenen hohen Radonkonzentrationen ins Gebäude ein.

Hierfür sind wiederum zwei Lösungen möglich:

- Erzeugung eines Unterdruckes im Erdreich durch Absaugung der Bodenluft (Abb. 10) sowie
- Erzeugung eines Überdruckes im Gebäude, in der Regel über den Einsatz von Lüftungstechnik (Abb. 11).

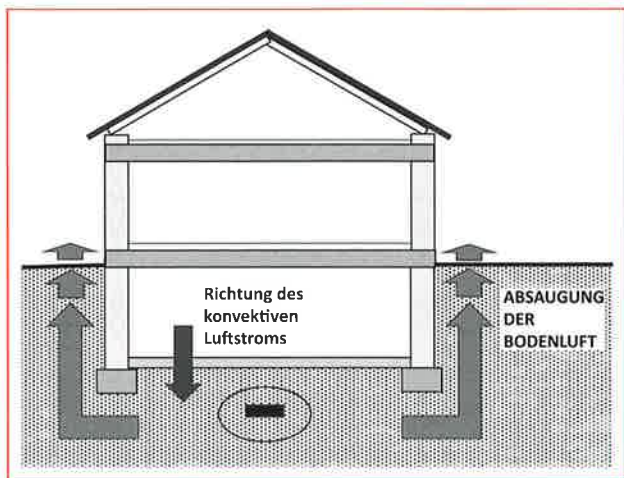


Abb. 10: Prinzipdarstellung: Erzeugung eines Unterdruckes unter dem Gebäude

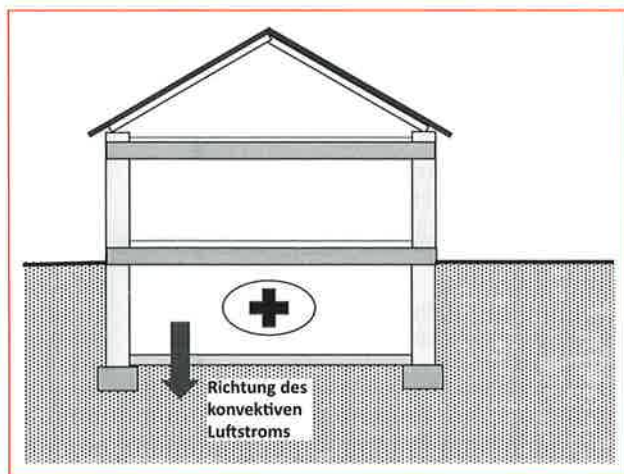


Abb. 11: Prinzipdarstellung: Überdruck im Gebäude

Unterdruck im Erdreich:

Die Erzeugung eines Unterdruckes im Erdreich ist die Standardlösung für Radonsanierungen. Hierfür gibt es wiederum eine ganze Reihe von Bauformen. Die am häufigsten angewendeten sollen im Folgenden kurz beschrieben werden.

A) Radondrainage

Hier wird unterhalb der Bodenplatte in eine durchlässige Schicht (z.B. kapillarbrechende Kiesschicht) eine Flächendrainage

nage eingebaut (Abb. 12). Die Drainagerohre werden an eine Steigleitung angeschlossen, über die die Bodenluft abgesaugt und in die Außenluft abgegeben wird. Dadurch entsteht unterhalb der Bodenplatte ein (ausreichender) Unterdruck von wenigen Pa gegenüber dem Gebäudeinnerem. In das Standrohr wird in der Regel ein Lüfter zur Absaugung eingebaut, bei hohen Gebäuden kann aber auch der natürliche Auftrieb zur Erzeugung des Unterdruckes genutzt werden. In Abb. 13 ist eine solche Lösung beispielhaft für die Komplettsanierung eines Altbaus dargestellt.¹⁵ Für kleinere Gebäude (z.B. Einfamilienhäuser) reicht zumeist eine Absaugstelle aus, bei größeren Gebäuden sind dagegen mehrere Steigrohre mit Absaugung vorzusehen. Die exakte Planung solcher Anlagen erfordert spezielles Fachwissen, das zur Zeit leider bei den planenden Architekten und Bauingenieuren noch nicht im gewünschten Maße vorhanden ist.

Radondrainagen sind eine sehr wirksame und sichere Lösung. Absenkungen der Radonkonzentration im Gebäude um 90 %, zum Teil noch darüber, werden zumeist erreicht. Allerdings erfordert der Einbau einer Radondrainage erheblichen baulichen Aufwand und ist in der Regel nur dann sinnvoll, wenn ohnehin der Einbau einer neuen Bodenplatte vorgesehen ist oder aber im Neubau eine vollflächige und durchgehende Abdichtung nicht eingebaut wird (s. hierzu Hinweise in Punkt 7).

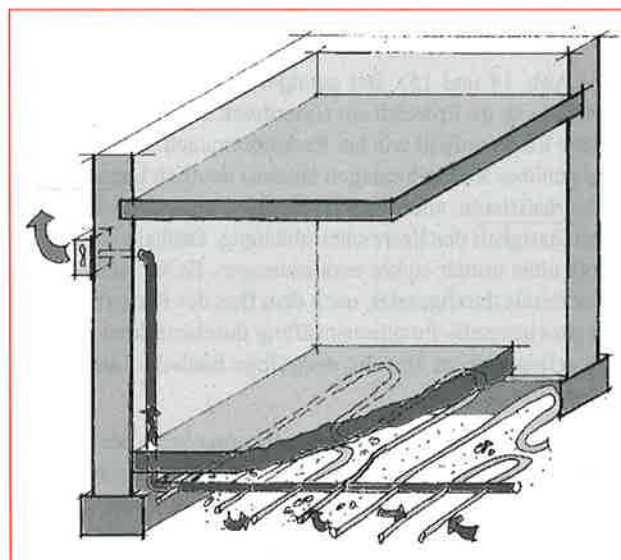


Abb.12: Prinzipdarstellung Radondrainage

B) Punktuelle Absaugung (Radonbrunnen)

Überall dort, wo der Einbau einer Radondrainage nicht möglich bzw. wirtschaftlich nicht vertretbar ist, kommen punktuelle Absaugungen zur Anwendung. In den meisten Fällen werden hierfür ein oder mehrere Schächte unterhalb der Bodenplatte oder neben dem Gebäude errichtet, die zum Erdreich hin perforiert ausgebildet sind und in denen wiederum durch Absaugung ein Unterdruck erzeugt wird (Prinzipdarstellungen

15 Nach D. Marz, Beitrag zur Konzeption radondichter Konstruktionen, Diplomarbeit HTW Dresden, 2007.

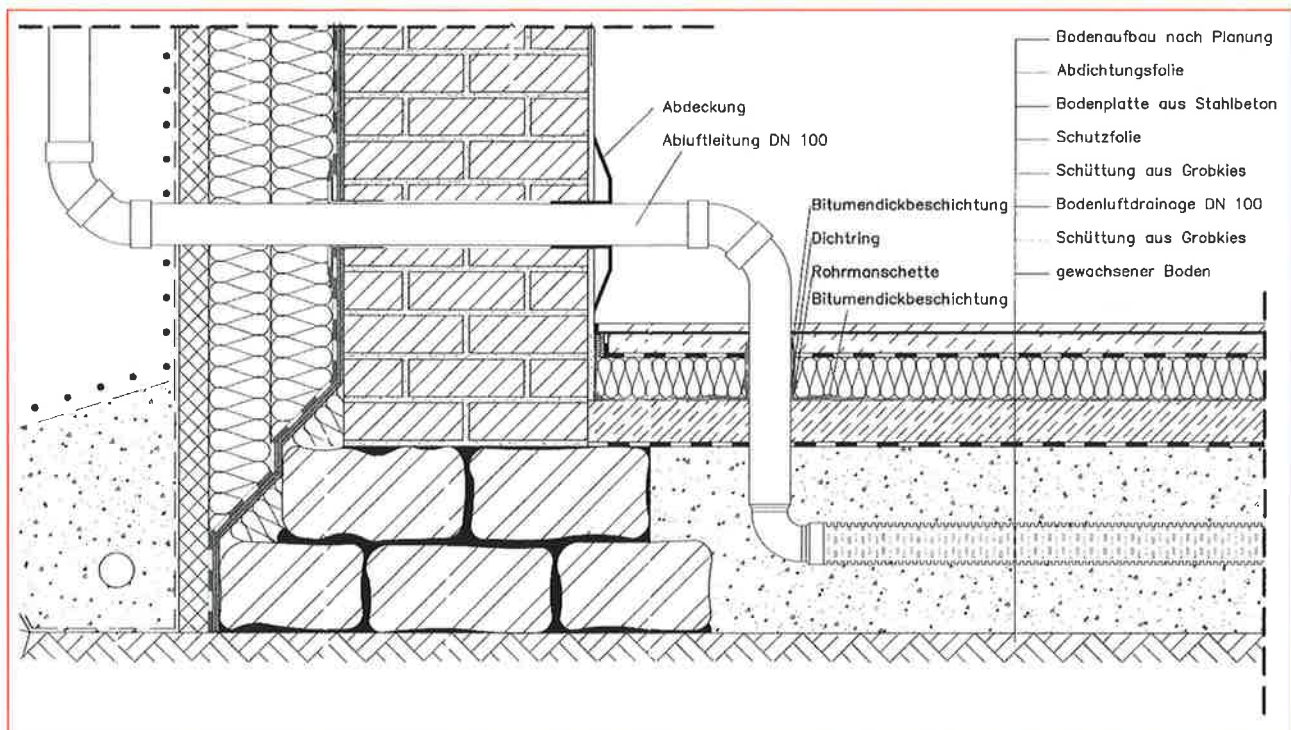


Abb. 13: Beispiel für eine Radondrainage in einem sanierten Altbau

siehe Abb. 14 und 15). Bei genügend durchlässigem Boden wird dadurch im Erdreich ein Unterdruck erzeugt, bei dem der gleiche Effekt auftritt wie bei Radondrainagen. Diese Lösung ist gegenüber Radondrainagen zumeist **deutlich kostengünstiger zu realisieren**, allerdings ist die Wirksamkeit stark von der Durchlässigkeit des Erdreiches abhängig. Deshalb ist hier der Erfolg nicht immer sicher vorauszusagen. Es hat sich deshalb in der Praxis durchgesetzt, nach dem Bau des Radonbrunnens eine provisorische Funktionsprüfung durchzuführen und erst nach erfolgreichem Test die endgültige bauliche Lösung fertigzustellen.

Für die Absaugung müssen nicht unbedingt Schächte errichtet werden. So kann bei gut durchlässigen Bodenschichten eine direkte Absaugung aus dem Erdreich erfolgen. Diese und weitere Lösungen erfordern eine gründliche Voruntersuchung und Planung der Maßnahme.

C) Weitere Lösungen zur Erzeugung eines Unterdruckes außerhalb des Gebäudes im Erdreich

In Abhängigkeit von den örtlichen Gegebenheiten können weitere Lösungen zum Einsatz kommen, wie z.B. die Absau-

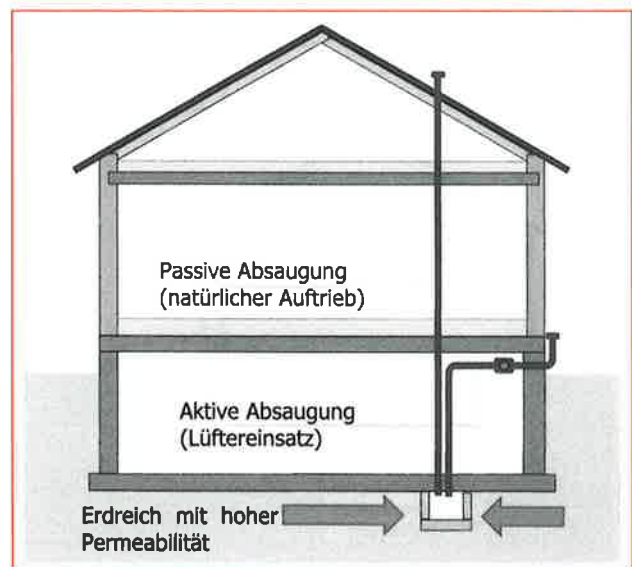


Abb. 14: Prinzipdarstellung eines Radonbrunnens

gung aus Kriechkellern oder aus geeigneten Schichten innerhalb des Fußbodenaufbaues, die Nutzung von nicht genutzten Kellerräumen als Radonbrunnen usw.

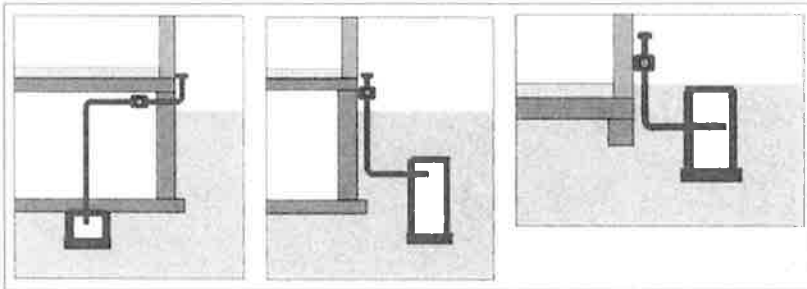


Abb. 15: Beispiele für Anordnungsvarianten von Radonbrunnen. Die Lage direkt unter der Bodenplatte (linkes Bild) ist hinsichtlich Wirksamkeit die optimalste Variante. Diese ist aber nicht immer realisierbar

Alle Lösungen zur Erzeugung eines Unterdruckes unterhalb des Gebäudes erfordern in ihrer Planung und Umsetzung große Fachkenntnisse und sollten deshalb speziell geschultem Fachpersonal anvertraut werden.

D) Flankierende Maßnahmen

Neben den hier beschriebenen Lösungen sollten grundsätzlich weitere Maßnahmen zur Senkung der Radonkonzentration einbezogen werden. Manchmal reichen die im folgenden aufgeführten Maßnahmen bereits aus, um die Radonkonzentration ausreichend abzusenken:

- Abdichtung aller offensichtlich sichtbaren Risse und Fehlstellen
- Verhinderung bzw. Reduzierung von Situationen, die innerhalb des Gebäudes zu einem erhöhten Auftrieb und damit zur Ausbildung eines Unterdruckes im unteren Gebäudebereich führen. Das kann z.B. der luftdichte Verschluss von Kaminen sein, aber auch die Abtrennung des Kellerbereiches vom Treppenhaus usw.
- Verlegung von Aufenthalts- und Arbeitsräumen aus besonders belasteten in weniger exponierte Bereiche.

8.4 Einsatz von Lüftungs- und Klimatechnik

Abschließend soll kurz auf die Möglichkeiten, aber auch auf die Gefahren im Zusammenhang mit der Gebäudeklimatisierung eingegangen werden. Hierfür gibt es eine Reihe von technischen und konzeptionellen Lösungen, deren Beschreibung und Erläuterung die Möglichkeiten dieses Artikels deutlich überschreiten würde.

Wichtig ist bei der Anwendung von Lüftungs- und Klimatechnik, dass hierdurch kein zusätzlicher Unterdruck im erdberührten Gebäudebereich entsteht. Sogenannte Abluftanlagen müssen deshalb immer eine räumliche Abgrenzung zum Keller bzw. – bei nicht unterkellerten Gebäuden – zur unteren Gebäudebegrenzung haben. Zu beachten ist auch hier, dass selbst in höhergelegenen Geschossen z.B. durch Schornsteine eine Verbindung zum unteren Gebäudebereich vorhanden sein kann. Ideal sind Anlagen, die mit einem sehr geringen Überdruck betrieben werden können.

9. Radonmessungen

Eine gesicherte Einschätzung der Radonbelastung in Gebäuden lässt sich nur über die Durchführung von Messungen erreichen. Desgleichen ist der Erfolg einer Radon Schutzmaßnahme nur über Messungen sicher festzustellen.

Um verlässliche Werte zu erreichen, sind Langzeitmessungen, idealer Weise über ein Jahr, erforderlich, da die Radonkonzentrationswerte in Abhängigkeit von einer Reihe von inneren und äußeren Faktoren erheblichen Schwankungen unterliegen. Kürzere Messdauern, z.B. über ein halbes Jahr, sind möglich, wenn diese sowohl die winterliche als auch sommerliche Periode erfassen. Die Ergebnisse der Langzeitmessungen bilden den Vergleichswert zum im Strahlenschutzgesetz verankerten Referenzwert. Für diese Messungen werden so genannte passive Detektoren (Kernspurdosimeter) eingesetzt. Zeitliche Schwankungen lassen sich mit dieser Messmethode nicht erfassen, das Ergebnis ist ein Durchschnittswert über die gesamte Messdauer. Die Messdurchführung ist vergleichsweise preiswert, problematisch ist allerdings häufig die lange Messdauer.

Ergänzend zu den passiven Langzeitmessungen sind zur Planung und Einschätzung der Wirksamkeit von Sanierungsmaßnahmen werden häufig zeitaufgelöste Messungen erforderlich. Hierzu werden aktive (elektrische) Messgeräte eingesetzt. Mit dieser Messmethode wird der zeitliche Verlauf der Radonkonzentration ermittelt und es kann z.B. die Wirksamkeit von verschiedenen Radonschutzmaßnahmen, der Einfluss des Lüftungsverhaltens usw. ermittelt werden. Zeitaufgelöste Radonmessungen werden in der Regel über eine kurze Dauer (z.B. einige Tage bis Wochen) durchgeführt. Die Ergebnisse stellen deshalb eine Momentaufnahme der Radonbelastung dar und lassen nur bedingte Rückschlüsse auf die jährlichen Durchschnittswerte zu. Sie werden deshalb als orientierende Messungen bezeichnet. Die Durchführung von zeitaufgelösten Messungen erfordert Fachkenntnis und die eingesetzten Messgeräte sind relativ teuer.

10. Zusammenfassung

Der bauliche Radonschutz ist ein komplexes Gebiet, zu dessen Umsetzung Planer und Bauausführende umfassende Kennt-

nis benötigen, die aktuell leider noch nicht im erforderlichen Umfang vorhanden sind. Auch für die Betreiber und die Nutzer von Gebäuden ergeben sich neue Anforderungen in der Nutzung und Wartung der Gebäude. Der in diesem Beitrag gegebene Überblick über die Grundlagen, die gesetzlichen Vorgaben sowie der möglichen Lösungen soll dem Leser den Themenkomplex näherbringen, ohne den Anspruch erheben zu können, alle Fragen angesprochen sowie ausführlich beschrieben zu haben.

Prof. Dr.-Ing. Walter-Reinhold Uhlig

Bis 2017 Inh. des Lehrstuhles für Baukonstruktionslehre u. Bauwerkserhaltung, HTW Dresden
Gründungsmitglied u. Vorstandsvors. des Kompetenzzentrums für Radonsicheres Bauen u. Sanieren (KORA e.V.), Dresden
E-Mail: reinholduhlig@gmx.de

Algenwachstum an Fassaden

Robert Kussauer,
Leutkirch

In der Natur kommen Mikroorganismen wie Algen und Pilze auf nahezu jedem Untergrund vor. Algen stellen eine äußerst genügsame Lebensform dar. In exponierten Lagen reicht schon erhöhte Luftfeuchtigkeit aus, um ihnen eine Lebensgrundlage zu bieten. Der nachfolgende Beitrag beschäftigt sich mit Ursachen und Bekämpfung von Algenwachstum an Fassaden.

1. Vorbemerkungen

In der Regel beginnt ein mikrobieller Befall einer Fassade mit dem Bewuchs von Algen als sogenannte Pionierorganismen. Algen wiederum bieten Pilze, Flechten und Moose genügend organische Nährstoffe, um wachsen und sich ausbreiten zu können.

Algen und Pilze werden auf vielen Baukörpern, wie Dächern, Betonwänden, Zäunen oder auf Baumaterialien wie Glas und Metall geduldet. Störend wirkt sich das Wachstum solcher Organismen allerdings aus, wenn Gebäudeoberflächen befallen sind (siehe Abb. 1 und 2). Hier wird ein Bewuchs meist nicht

toleriert. Daraus ergeben sich häufig Diskussionen über die Ursache, Schäden, Mängel und letztendlich über Sanierungsmöglichkeiten.

Dies führt oftmals zu Beanstandungen, die häufig den Ausführenden der Fassadenbeschichtung also den Maler oder Stuckateur treffen.

2. Ursachen des mikrobiellen Befalls

Algenbefall ist von verschiedenen Faktoren abhängig und tritt regional unterschiedlich häufig auf.