



Radon

Radon-Sanierungsmaßnahmen bei bestehenden Gebäuden



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND VERKEHR

Bayerisches Landesamt für Umwelt



AUTONOME PROVINZ
BOZEN - SÜDTIROL



PROVINCIA AUTONOMA
DI BOLZANO - ALTO ADIGE

Landesagentur
für Umwelt



Agenzia provinciale
per l'ambiente



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI
Bundesamt für Gesundheit BAG

Eigenschaften, Vorkommen und Wirkung von Radon

Eigenschaften und Vorkommen

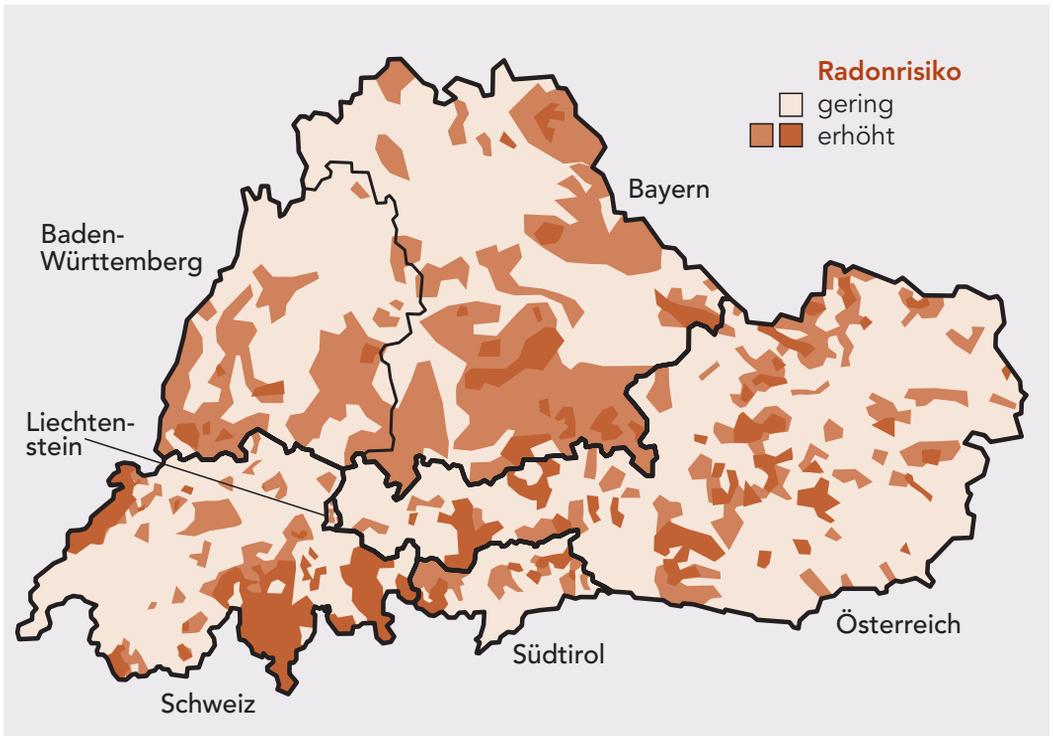
Radon ist ein natürliches, überall vorkommendes radioaktives Edelgas, das farb-, geruch- und geschmacklos ist. Es ist ein Zerfallsprodukt des in Böden und Gesteinen vorkommenden radioaktiven Schwermetalls Uran. Aus Böden und Gesteinen kann Radon relativ leicht entweichen und sich über Bodenluft oder gelöst in Wasser ausbreiten.

Dabei kann es auch in die Raumluft von Gebäuden gelangen.

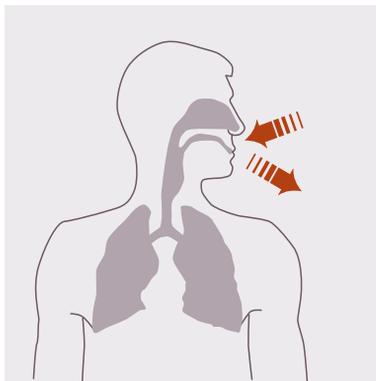
Einen ersten Anhaltspunkt, ob mit erhöhten Radonkonzentrationen in der Raumluft von Gebäuden gerechnet werden muss, erhalten Sie über die Radonpotential- und Radonrisikokarten einzelner Länder.

Die nachfolgende Grafik zeigt eine stark vereinfachte Darstellung der Radonrisikogebiete in Österreich, Süddeutschland, Südtirol, Liechtenstein und der Schweiz.

Detaillierte Informationen zum Thema Radon finden Sie auf den länderspezifischen Websites. Diese Adressen sind auf der Rückseite dieser Broschüre aufgelistet.



Auswirkung auf die Gesundheit



Nach dem Rauchen (ca. 85 %) sind Radon und seine Zerfallsprodukte die zweithäufigste Ursache (ca. 10 %) für Lungenkrebs.

Bei Personen, die niemals geraucht haben, ist Radon sogar die häufigste Ursache für diese Krebsart.

Über die Luft eingeatmetes Radongas wird zum überwiegenden Teil gleich wieder ausgeatmet. Das größte gesundheitliche Risiko geht also nicht vom radioaktiven Edelgas Radon selbst aus, sondern von dessen kurzlebigen Zerfallsprodukten – ebenfalls radioaktive Schwermetalle.

Die in der Raumluft vorhandenen freien Zerfallsprodukte lagern sich an luftgetragene Schwebeteilchen (Aerosole) an.

Beim Atmen werden die freien Zerfallsprodukte und die Aerosole mit den anhaftenden Radon-Zerfallsprodukten in der Lunge abgelagert. Von dort senden sie ionisierende Strahlung aus, die das unmittelbar umgebende Lungengewebe schädigen und letztendlich Lungenkrebs auslösen kann.

Richtwerte und Grenzwerte

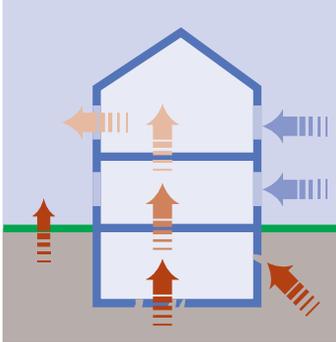
Die folgende Tabelle zeigt die derzeitigen Richt- und Grenzwerte für Jahresmittelwerte der Radonkonzentration in Wohnräumen der verschiedenen Länder.

Land	Richtwerte		Grenzwerte
	Neubauten	Bestehende Gebäude	
Baden-Württemberg			
Bayern	250 Bq/m ³	250 Bq/m ³	–
Österreich	200 Bq/m ³	400 Bq/m ³	–
Schweiz	400 Bq/m ³	400 Bq/m ³	1.000 Bq/m ³
Südtirol	200 Bq/m ³	400 Bq/m ³	500 Bq/m ³ (für Arbeitsräume)

Die Jahresmittelwerte der Radonkonzentration reichen normalerweise von 50 bis 500 Becquerel pro Kubikmeter (Bq/m³) Luft. Es können aber auch – insbesondere in Radonrisikogebieten – Werte bis zu mehreren 1.000 Bq/m³ erreicht werden.

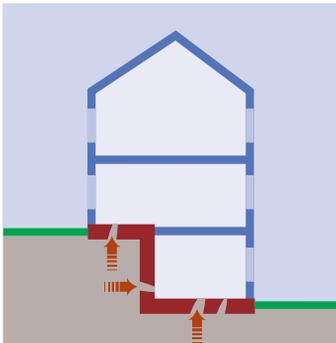
Einflussfaktoren auf die Radonkonzentration in Innenräumen

Die Höhe der Radonkonzentration in der Innenraumluft hängt von verschiedenen Faktoren ab:



- **Luftwechsel im Gebäude:**

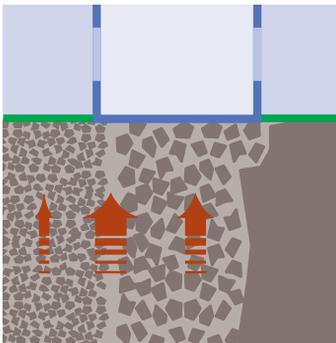
Der Austausch zwischen Raumluft und Außenluft hat einen wesentlichen Einfluss auf die Höhe der Radonkonzentration in Innenräumen. Undichte Fenster und Türen führen dabei zu höheren Luftwechselraten. Wird der Luftwechsel dagegen verringert, zum Beispiel durch den Einbau dicht schließender Fenster und Türen, kann die Raumluftkonzentration von Radon erheblich ansteigen.



- **Gebäudezustand:**

Entscheidend ist die Durchlässigkeit eines Gebäudes gegenüber der Bodenluft im Fundamentbereich ebenso wie im Mauerwerk mit Erdkontakt. Eindringmöglichkeiten gibt es etwa über Spalten und Risse sowie entlang von Kabel- und Rohrdurchführungen. Die radonhaltige Bodenluft wird durch einen im Bauwerk entstehenden Unterdruck (Kamineffekt durch Temperaturdifferenzen von Raum- und Außenluft beziehungsweise durch Winddruck) in das Gebäude gesaugt (siehe Abbildung links oben).

Sind Keller oder andere Gebäudebereiche mit Erdkontakt gegenüber darüber liegenden Stockwerken offen, kann sich Radon besonders leicht nach oben ausbreiten.



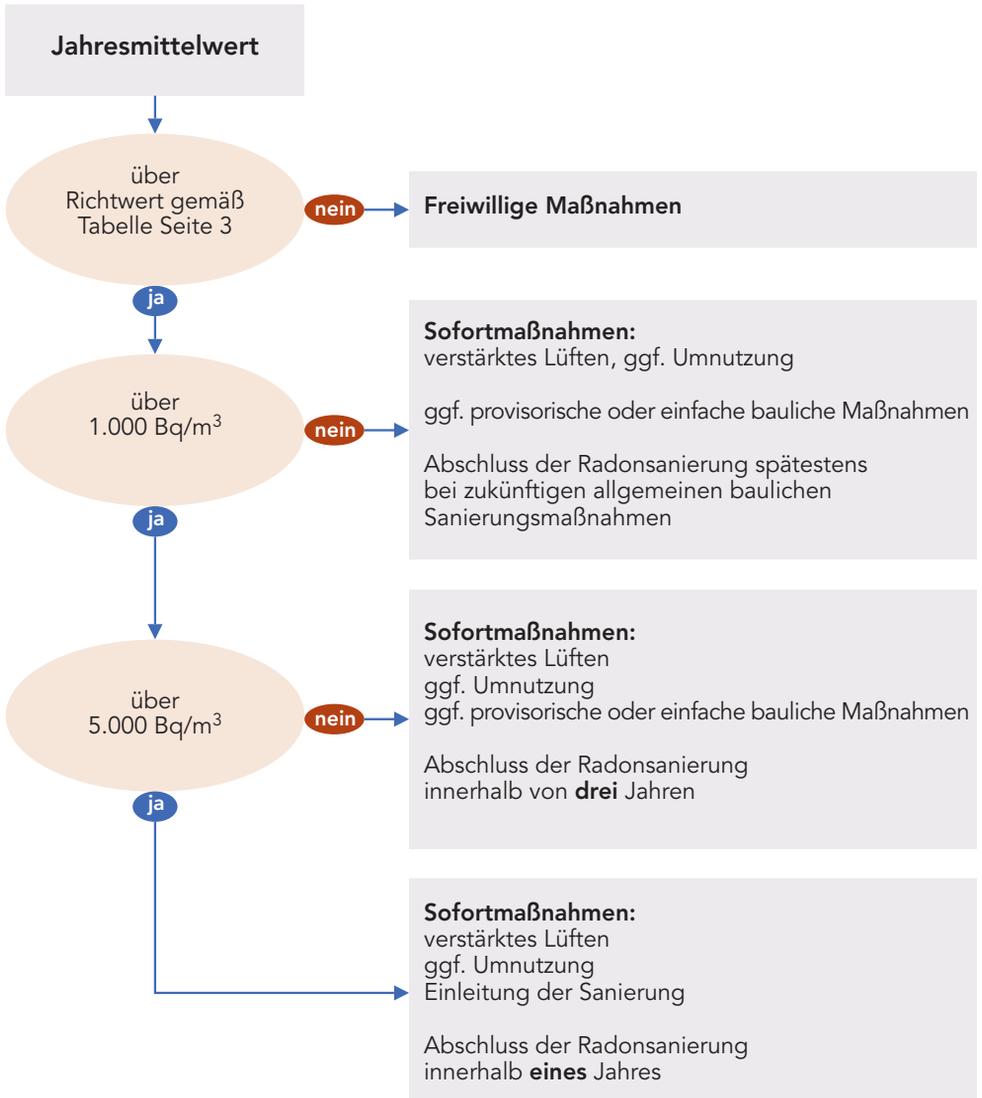
- **Beschaffenheit des Untergrunds:**

Neben der Zusammensetzung von Boden und Gestein (Uran-, Radiumgehalt) spielen vor allem die Korngröße des Gesteins (Abgabe von Radon an die Bodenluft) und die Durchlässigkeit des Untergrunds (Weitertransport der radonhaltigen Bodenluft) eine wichtige Rolle.

Besondere Vorsicht ist bei Schuttkegeln und Hanglagen, verwittertem Granit, Karst- und Schotterböden geboten – im Gegensatz zu sehr kompakten oder lehmhaltigen Böden.

Wann ist welche Sanierungsmaßnahme erforderlich?

Dringlichkeit und Umfang der Maßnahmen hängen vom ermittelten Jahresmittelwert in Wohnräumen ab. Dessen Ermittlung finden Sie in der Broschüre „Radon – Messung und Bewertung“ erklärt.



Verstärktes Lüften

Die dauerhafte natürliche Lüftung des Kellers (offene oder gekippte Fenster) verringert die Radonkonzentration im Keller und damit auch im Wohnbereich. Es ist dabei auf eventuelle Frostgefahr und Schimmelbildung zu achten.

Im Wohnbereich erfolgt das Lüften je nach Höhe des Jahresmittelwertes durch 3- bis 10-maliges Quer- oder Stoßlüften für 5 Minuten beziehungsweise durch Lüften vor der Nutzung.

Außerhalb der Heizperiode sollten die Fenster so oft als möglich geöffnet oder gekippt bleiben.

Bemerkung: Schon ca. 2 Stunden nach dem Lüften kann die Radonkonzentration wieder auf dem vorherigen Niveau sein.

Umnutzung

Die betroffenen Räume werden künftig zu anderen Zwecken mit geringen Aufenthaltszeiten von Personen verwendet. Auf diese Weise kann das Problem ohne Sanierung gelöst werden.



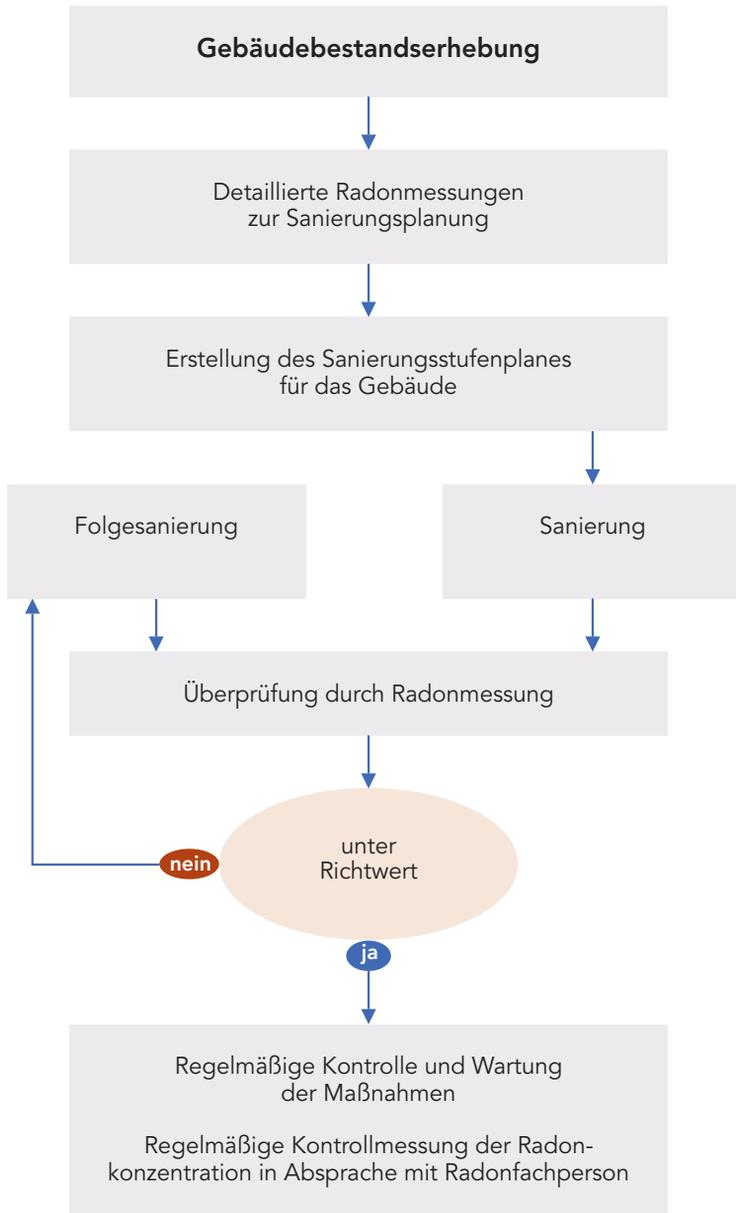
Quer- oder Stoßlüften für 5 Minuten bzw. Lüften vor der Nutzung verringert die Radonkonzentration.



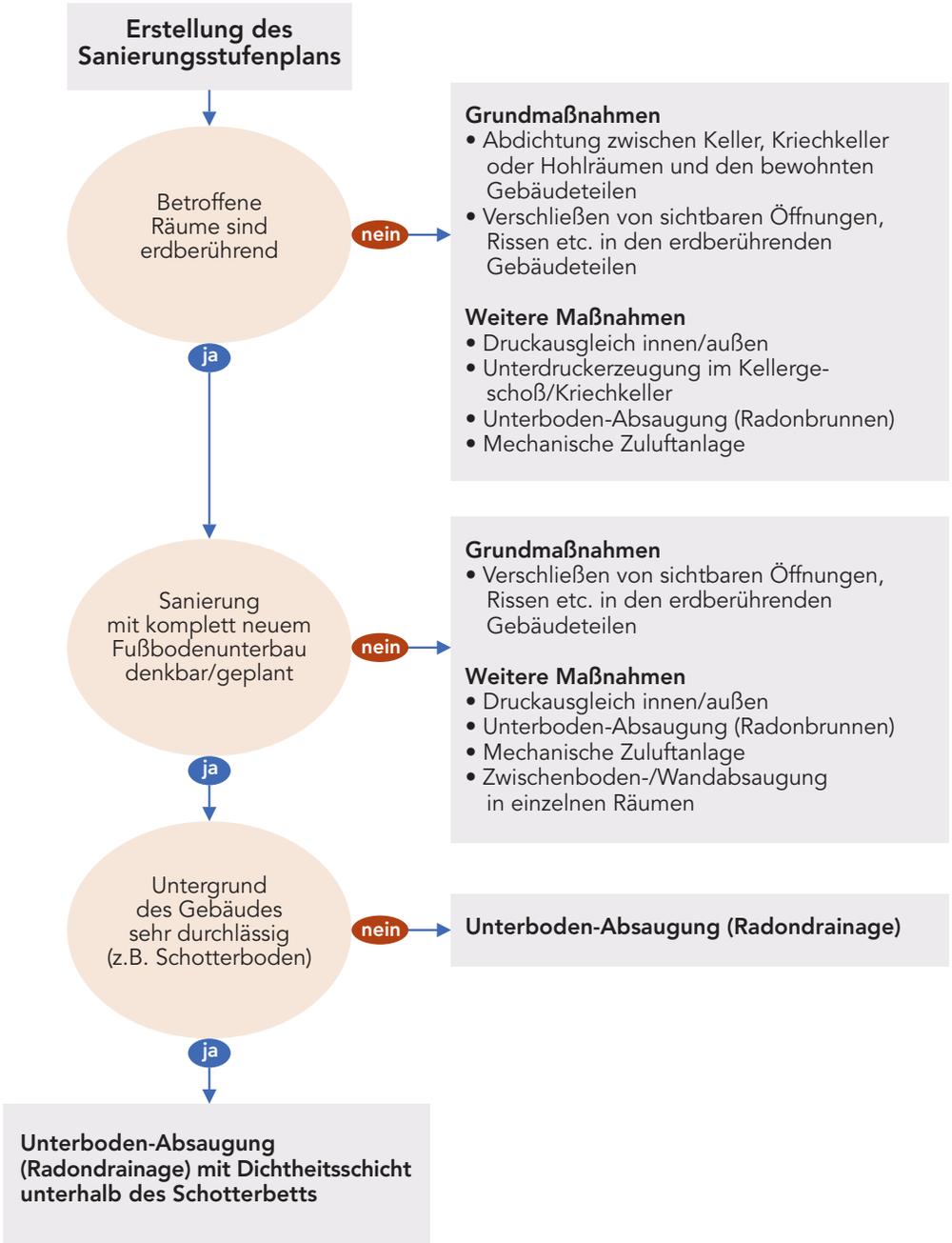
Aus einem Wohn- oder Büroraum wird ein Raum mit geringen Aufenthaltszeiten von Personen (zum Beispiel ein Abstellraum).

Radonsanierung

Radonsanierungsmaßnahmen sollen in Zusammenarbeit mit Radonfachpersonen, Bausachverständigen und Ingenieurfirmen geplant werden.



Sanierungsstufenplan



Sanierungsmethoden

Die empfohlenen Techniken zur Sanierung radonbelasteter Gebäude beruhen weitgehend auf Erfahrungen aus Radon-Programmen in der Schweiz, Südtirol, Österreich und Deutschland.

In vielen Fällen ergänzen sich die angeführten Maßnahmen und machen deren Kombination zweckmäßig. Abdichtungsmaßnahmen alleine sind normalerweise nicht ausreichend.

Abdichtung zwischen Keller, Kriechkeller oder Hohlräumen und den bewohnten Gebäudeteilen

Abdichtungsmaßnahmen vermindern die Radonausbreitung aus dem nicht bewohnten Kellerbereich in den Wohnbereich.

Solche Maßnahmen sind:

- selbst schließende luftdichte Kellertür zum Wohnbereich
- fachgerechte Abdichtung der Durchbrüche (zum Beispiel Leitungen für Wasser, Strom, Heizung) durch die Kellerdecke
- Abdichtung von Installationskanälen, Liftschächten und Abwurfschächten (etwa für Wäsche)
- Kellerräume mit Naturboden sollten nach innen besonders abgedichtet werden und vorzugsweise nur von außen zugänglich sein



Abdichtung durch luftdichte Verkleidung des Kelleraufganges – vorher und nachher.

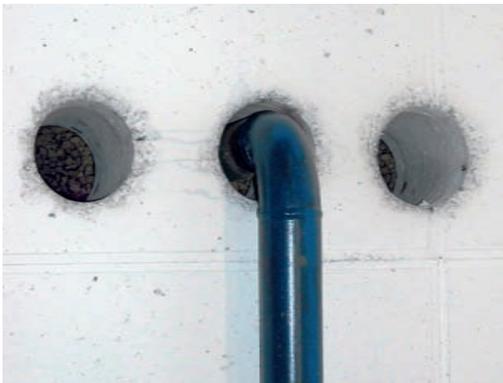
Verschließen von sichtbaren Öffnungen, Rissen etc. in den erdberührenden Gebäudeteilen

Größere Öffnungen (Durchbrüche, Schächte etc.) und Risse in den erdberührenden Bauteilen (Wände, Bodenplatte) sind zu verschließen. Auch Schächte und Durchführungen mit undichten Deckeln können eine Eintrittsstelle darstellen.

Druckausgleich innen/außen

Die radonhaltige Bodenluft wird durch einen im Gebäude entstehenden Unterdruck (Kamineffekt aufgrund von Temperaturdifferenzen zwischen Raumluft und Außenluft bzw. durch Winddruck) in das Gebäude gesaugt.

Eine Öffnung nach außen, knapp über dem Erdniveau, reduziert diesen Unterdruck. Ausführungsbeispiele: Außenluft-Durchlass (ALD), Luftschlitz im Fenster, Kernbohrung durch Außenwand mit Gitter.



Größere Öffnungen und Risse in erdberührenden Bauteilen sind zu verschließen.

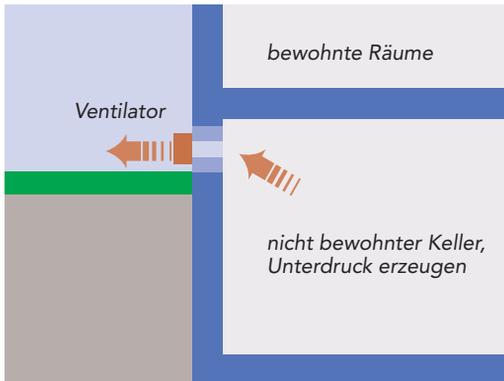


Außenluft-Durchlass (ALD)

Unterdruckerzeugung im Kellergeschoß/Kriechkeller

Mit einem kleinen Ventilator wird im Kellergeschoß oder Kriechkeller ein Unterdruck gegenüber dem Wohnbereich erzeugt und damit die Radonausbreitung vom Keller in den Wohnbereich reduziert. Damit ein Unterdruck aufgebaut wird, muss das Kellergeschoß/der Kriechkeller gegen den Wohnbereich und nach außen abgedichtet sein (geschlossene Fenster und Türen).

Achtung: Die Radonkonzentration steigt in diesen Kellerräumen unter Umständen stark an. Diese Methode ist deshalb bei längeren Aufenthaltszeiten in den Kellerräumen nicht geeignet.



Mit einem kleinen Ventilator wird im Kellergeschoß oder Kriechkeller ein Unterdruck gegenüber dem Wohnbereich erzeugt.

Fakten und Hinweise

- Radon ist die zweithäufigste Ursache für Lungenkrebs
- Radon dringt über undichte Stellen aus dem Boden ins Gebäude
- Nationale Radonrisikokarten sind eine erste Informationsquelle
- Gewissheit über die Radonkonzentration im jeweiligen Gebäude gibt nur eine Messung
- Es gibt einfache und erprobte Sanierungsmaßnahmen

Unterboden-Absaugung

Diese Maßnahme dient primär zur Erzeugung eines Unterdruckes unterhalb der Bodenplatte. Damit wird der konvektive Radoneintritt aus dem Boden in das Gebäude unterbunden.

Die Unterboden-Absaugung kann überall dort erfolgreich eingesetzt werden, wo der Aufbau eines Unterdruckes möglich ist. Das kann zum Beispiel durch ein Schotterbett direkt unter der Bodenplatte und darunter liegenden dichten Boden erreicht werden.

Punktuelle Absaugung (Radonbrunnen)

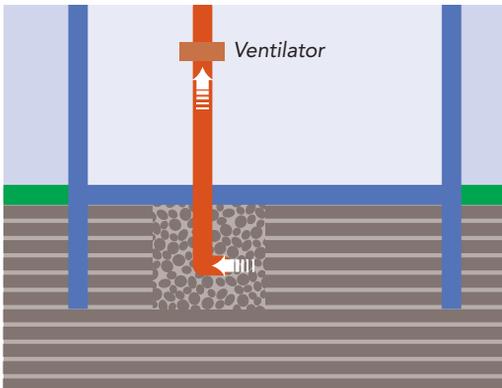
Die punktuelle Absaugung kann erfolgen durch:

- Verwendung von Hohlräumen (Installationskanäle) mit Verbindung zum Erdreich unterhalb der Bodenplatte
- Kernbohrung durch Bodenplatte (wenn Schotterbett unter Bodenplatte)
- Aushub eines Schachtes (ca. 0,5 x 0,5 x 1 m)

In den meisten Fällen genügt die Absaugung an einer Stelle (nach Möglichkeit hausmittig und/oder in einem Raum mit hoher Radonkonzentration).

Flächige Absaugung (Radondrainage)

Bei Erneuerung des Fußbodenunterbaues werden nach Aushub (ca. 40 cm Tiefe) Drainagerohre mit einem Durchmesser von 10 cm unter den Rohbeton in das Kiesbett gelegt. Das Drainagesystem wird so verlegt, dass eine flächenhafte Absaugung gewährleistet ist. Die Abluftleitung muss als Vollwandrohr ausgeführt sein.



Punktuelle Unterboden-Absaugung mit Abluft über Dach.



Erneuerung des Fußbodenaufbaues: Einbau einer Radondrainage.

Technische Information zur Ausführung einer Unterboden-Absaugung

Die Abluftleitung ist als Vollwandrohr mit einem Durchmesser von mindestens 7 cm seitlich durch die Außenwand oder über Dach zu führen (zum Beispiel im Installationsschacht, im aufgelassenen Kamin). Bei der Ausführung über Dach kann mit einem Vollwandrohr mit einem Durchmesser von 15 cm die Unterdruckerzeugung aufgrund des Kamineffektes im Steigrohr versucht werden (thermische Dämmung des Steigrohres im kalten Dachboden erforderlich); Vorteile: Passive Unterdruckerzeugung, keine Betriebskosten für Ventilator.

Die Kondenswasserbildung im Leitungssystem und die Geräuschentwicklung des Ventilators sind zu berücksichtigen. Die Ausblasöffnung sollte mindestens 2 Meter von Fenstern und Türen entfernt angebracht sein.

Erfahrungsgemäß können Ventilatoren mit einer elektrischen Leistung zwischen 20 W und 100 W, die einen Unterdruck von 60 Pa bis 500 Pa erzeugen, erfolgreich eingesetzt werden. Wenn es die Radonsituation erlaubt, ist der zeitweise Betrieb (Zeitschaltuhr) möglich.

Hinweis zur Unterboden-Absaugung bei hochdurchlässigen Böden:

Bei Schotterböden und stark zerklüfteten Böden (zum Beispiel Karstgebiete) kann ohne zusätzliche Maßnahme unter der Bodenplatte kein Unterdruck aufgebaut werden. Unter dem Radon-Drainagesystem muss deshalb mit Magerbeton die Durchlässigkeit gegenüber dem Erdreich stark verringert werden.



Punktueller Absaugung (Radonbrunnen) – Aushub eines Schachtes.



Ein außen liegender Ventilator erzeugt einen leichten Unterdruck unter der Bodenplatte.

Mechanische Zuluftanlage

Diese Methode ist für die Sanierung von einzelnen Räumen, Wohnungen und Wohngebäuden geeignet. Das Prinzip beruht neben der kontrollierten Frischluftzufuhr hauptsächlich auf der Erzeugung eines leichten Überdruckes von 1 bis 2 Pascal. Voraussetzung ist deshalb eine hohe Dichtheit der Türen, Fenster und anderer Öffnungen.

Zur Dimensionierung von größeren Zuluftanlagen kann mit einem Test – zum Beispiel mit einem Blower-Door-Test – sowohl die erforderliche Zuluftrate zur Erzeugung des leichten Überdruckes als auch die Wirkung auf die Radonkonzentration bestimmt werden.

Bei Anlagen mit Wärmerückgewinnung müssen zur Erzeugung des Überdruckes Zu- und Abluft getrennt regelbar sein. Es ist zu beachten, dass in diesem Fall der Wirkungsgrad des Wärmetauschers je nach erforderlichem Zuluftüberschuss stark abnehmen kann.

Bei der Radonsanierung von einzelnen Räumen genügt die Installation von einfachen Wandlüftern.

Durch diese Maßnahme können auch günstige Nebeneffekte hinsichtlich der Innenraum-Luftqualität – zum Beispiel Schimmel, Kohlenstoffdioxid, flüchtige organische Verbindungen (VOC) – in Räumen erzielt werden.



Kontrollierte Frischluftzufuhr erzeugt leichten Überdruck im Raum/Gebäude (innen und außen).



Ansaugöffnung für mechanische Zuluftanlage.

Zwischenboden-/Wandabsaugung in einzelnen Räumen

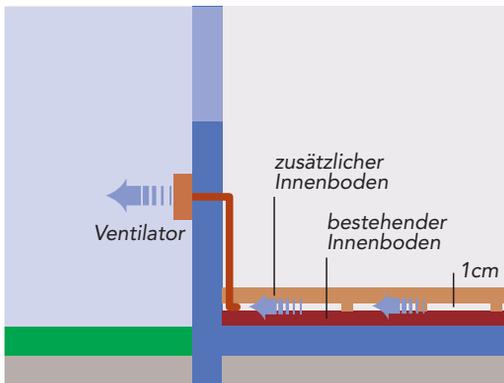
Bei der Zwischenbodenabsaugung wird in den betroffenen Räumen ein zusätzlicher Innenboden aufgebaut.

Zwischen dem zusätzlichen und dem ursprünglichen Innenboden ist ein durchgängiger Hohlraum vorzusehen (etwa 1 cm hoch). Die Luft im Hohlraum wird entweder passiv oder aktiv mittels Ventilator über ein Rohrsystem ins Freie abgesaugt. Dabei ist sicherzustellen, dass der obere Boden möglichst luftströmungsdicht gegenüber den Innenräumen ausgeführt ist. Die Dimensionierung des Ventilators ist hinsichtlich einer minimalen Unterdruckerzeugung zu optimieren.

Obige Methode kann sinngemäß auch bei erdberührenden Wänden angewandt werden.

Abschließende Hinweise

- Sanierungsmaßnahmen, die mit Unterdruck arbeiten, können in seltenen Fällen bei offenen Feuerstellen (Holzöfen etc.) zur unkontrollierten Emission von Kohlenmonoxid führen. Eine entsprechende Kontrolle wird empfohlen.
- Klare Kennzeichnung aller Installationen zur Radonreduktion
- Regelmäßige Funktionskontrolle und Wartung der Installationen (Dichtungen, Ventilatoren etc.)



Zwischenbodenabsaugung in einem einzelnen Raum.

INSTALLATION ZUR VERMINDERUNG DER RADON-KONZENTRATION IN DER LUFT	
Diese Installation darf ohne Zustimmung der verantwortlichen Person nicht verändert oder außer Betrieb gesetzt werden.	
Verantwortliche Person	
Name :	_____
Adresse :	_____
Tel. :	_____
Fax :	_____
E-Mail :	_____
Datum Kontrolle	_____

Klare Kennzeichnung aller Installationen zur Radonreduktion.

Radon-Information



Broschüren dieser Serie:

- Radon – Vorsorgemaßnahmen bei Neubauten
- Radon – Messung und Bewertung
- Radon – Sanierungsmaßnahmen bei bestehenden Gebäuden
- Radon – Einfluss der energetischen Sanierung

Im Internet:

Deutschland: www.bfs.de (Suche „Radon“)

Baden-Württemberg: www.uvm.baden-wuerttemberg.de (Suche „Radon“)

Bayern: www.lfu.bayern.de (Suche „Radon“)

Österreich: www.radon.gv.at

Oberösterreich: www.land-oberoesterreich.gv.at/Thema/Radon

Schweiz und Liechtenstein: www.ch-radon.ch

Südtirol: www.provinz.bz.it/umweltagentur (Suche „Radon“)

AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit Österreichische Fachstelle für Radon

Wieningerstraße 8
A-4020 Linz
Tel.: +43-50-555-41550
E-Mail: radon@ages.at
Internet: www.ages.at

Bayerisches Landesamt für Umwelt Abteilung Strahlenschutz

Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
D-86159 Augsburg
Tel.: +49-821-9071-0
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.lfu.bayern.de

Landesagentur für Umwelt Bozen

Amba Alagistraße 5
I-39100 Bozen
Tel.: +39-0471-417101
E-Mail: luigi.minach@provinz.bz.it
Internet: www.provinz.bz.it

Amt der Oö. Landesregierung Abt. Umweltschutz / Strahlenschutz

Kärntnerstraße 10–12
A-4021 Linz
Tel.: +43-732-7720-14543
E-Mail: radon.us.post@ooe.gv.at
Internet: www.land-oberoesterreich.gv.at

Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr Baden-Württemberg

Kernerplatz 9
D-70182 Stuttgart
Tel.: +49-711-126-0
E-Mail: poststelle@uvm.bwl.de
Internet: www.uvm.baden-wuerttemberg.de

Bundesamt für Gesundheit Sektion Radiologische Risiken

CH-3003 Bern
Tel.: +41-31-324-68 80
E-Mail: radon@bag.admin.ch
Internet: www.ch-radon.ch

Impressum: Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), Bürgermeister-Ulrich-Straße 160, 86179 Augsburg
Tel: 0821 9071-0, Fax: 0821 9071-5556, E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de, Internet: www.lfu.bayern.de,

Bearbeitung: Gräser Joachim (AGES, Österreich), Grimm Christian (Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr, Baden-Württemberg), Kaineder Heribert (Amt der Oö. Landesregierung), Körner Simone und Loch Michael (beide Bayerisches Landesamt für Umwelt), Minach Luigi (Landesagentur für Umwelt, Südtirol), Ringer Wolfgang (AGES, Österreich), Roserens Georges-André (Bundesamt für Gesundheit, Schweiz)

Auflage: 1. Auflage Bayern, Stand: Januar 2011, **Graphik:** Zarzer Andreas, **Druck:** Druckerei Bad Leonfelden