

Radon

Radon-Sanierungsmassnahmen
bei bestehenden Gebäuden



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI
Bundesamt für Gesundheit BAG



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

AUTONOME PROVINZ
BOZEN - SÜDTIROL



PROVINCIA AUTONOMA
DI BOLZANO - ALTO ADIGE

Landesagentur
für Umwelt



Agenzia provinciale
per l'ambiente

Bayerisches Landesamt für
Umwelt





Inhalt

Eigenschaften, Vorkommen und Wirkung von Radon	4
Einflussfaktoren auf die Radonkonzentration in Innenräumen.....	6
Wann ist welche Sanierungsmassnahme erforderlich?	7
Verstärktes Lüften	8
Umnutzung.....	8
Radonsanierung.....	9
Sanierungsstufenplan	10
Sanierungsmethoden	11
Abschliessende Hinweise	17
Radon-Information.....	18

Eigenschaften, Vorkommen und Wirkung von Radon

Eigenschaften und Vorkommen

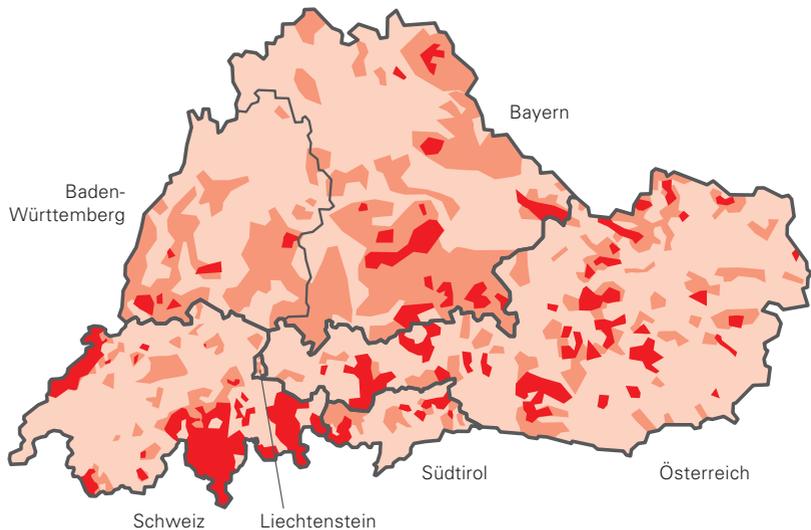
Radon ist ein natürliches, überall vorkommendes radioaktives Edelgas, das farb-, geruch- und geschmacklos ist. Es ist ein Zerfallsprodukt des in Böden und Gesteinen vorkommenden radioaktiven Schwermetalls Uran. Aus Böden und Gesteinen kann Radon relativ leicht entweichen und sich über Bodenluft oder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

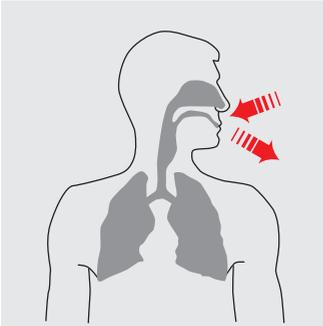
Die nachfolgende Grafik zeigt eine stark vereinfachte Darstellung der Radonrisikogebiete in Österreich, Süddeutschland, Südtirol, Liechtenstein und der Schweiz.

Radonrisiko

gering 
erhöht 



Detaillierte Informationen zum Thema Radon finden Sie auf den länderspezifischen Websites. Diese Adressen sind auf Seite 19 dieser Broschüre aufgelistet.



Auswirkung auf die Gesundheit

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

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 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

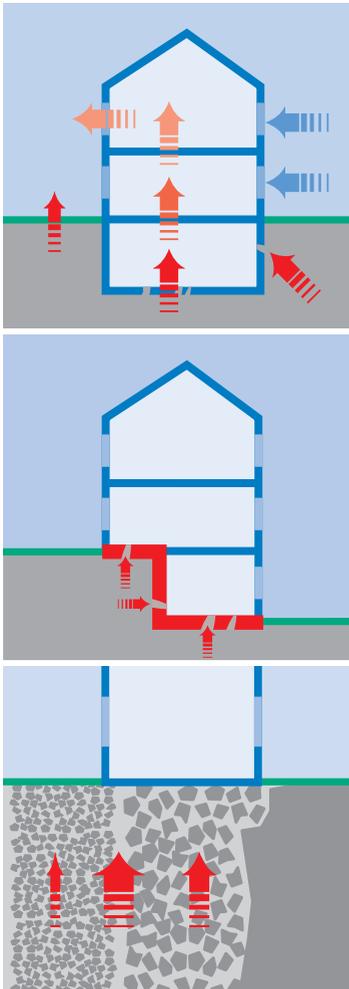
Die folgende Tabelle zeigt die derzeitigen Richt- und Grenzwerte für Jahresmittelwerte der Radonkonzentration in Wohnräumen der verschiedenen Länder.

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	1000 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 1000 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.

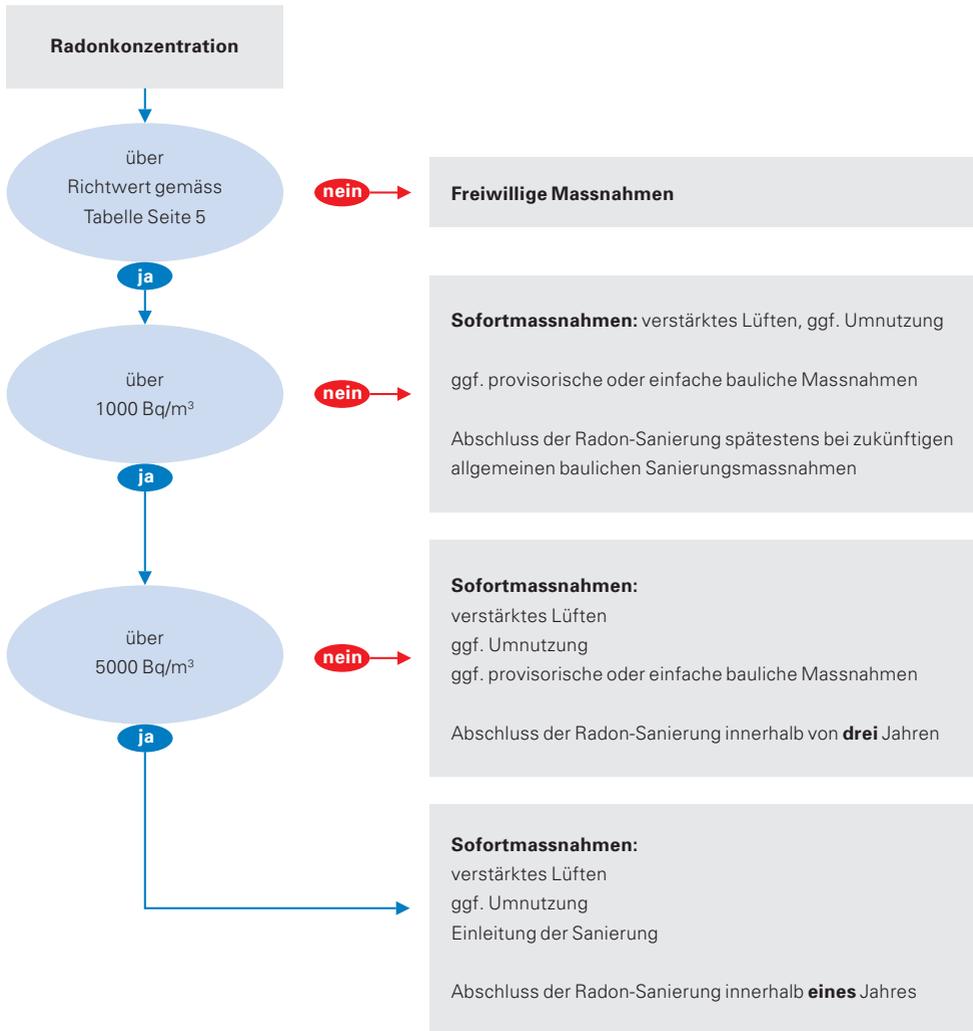
Beschaffenheit des Untergrunds

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 von der ermittelten Radonkonzentration (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 der gemessenen Radonkonzentration (Jahresmittelwert) 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.



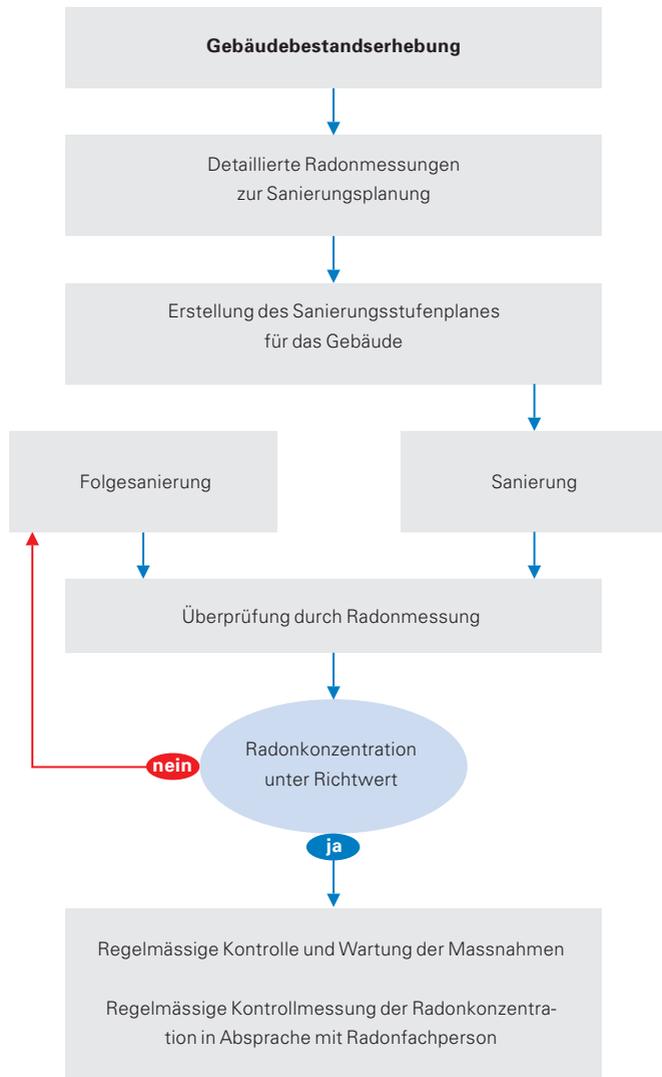
Quer- oder Stosslüften für 5 Minuten bzw. Lüften vor der Nutzung verringert die Radonkonzentration.



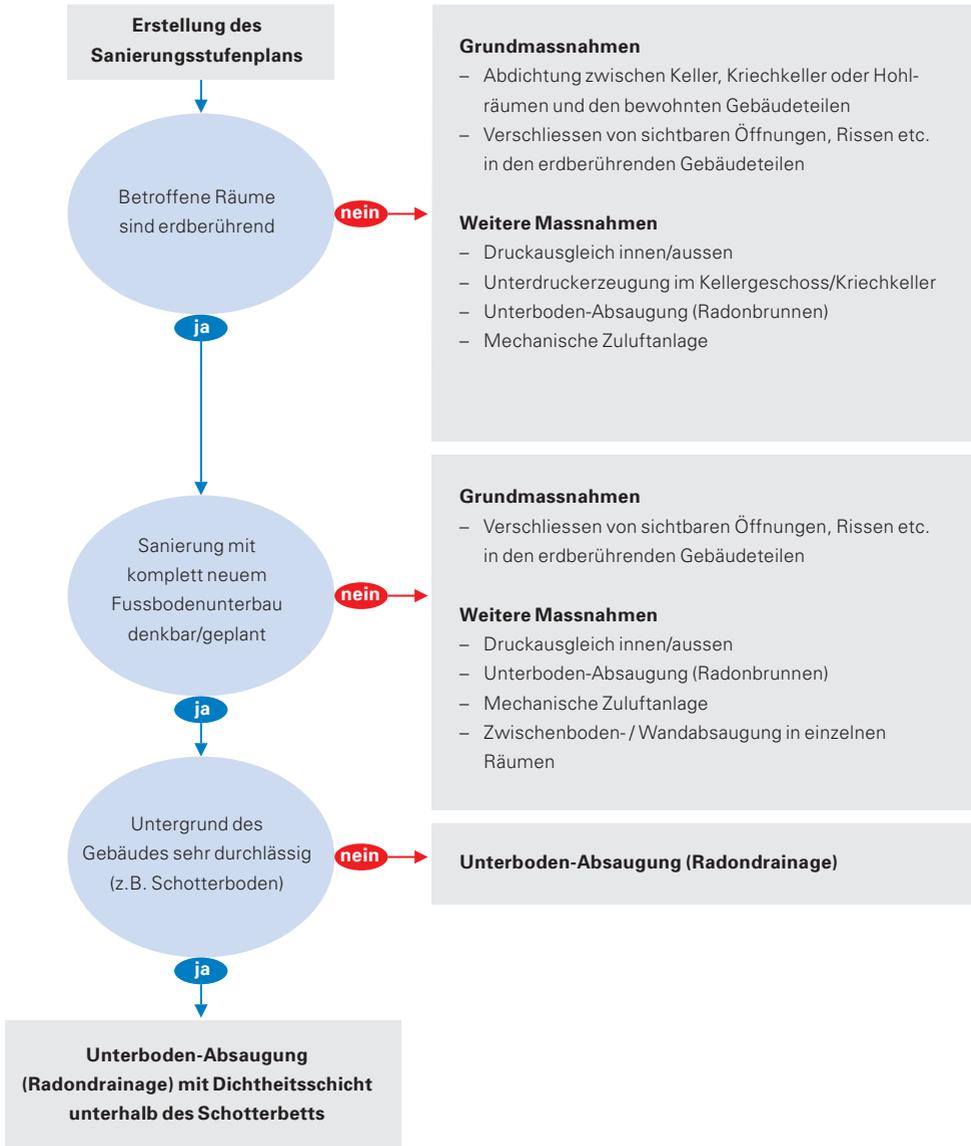
Aus einem Wohn- oder Büroraum wird ein Raum mit geringen Aufenthaltszeiten von Personen (zum Beispiel ein Abstellraum).

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 (vor- und nachher).

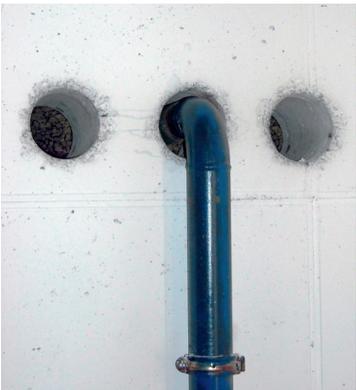
Verschliessen von sichtbaren Öffnungen, Rissen etc. in den erdberührenden Gebäudeteilen

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.

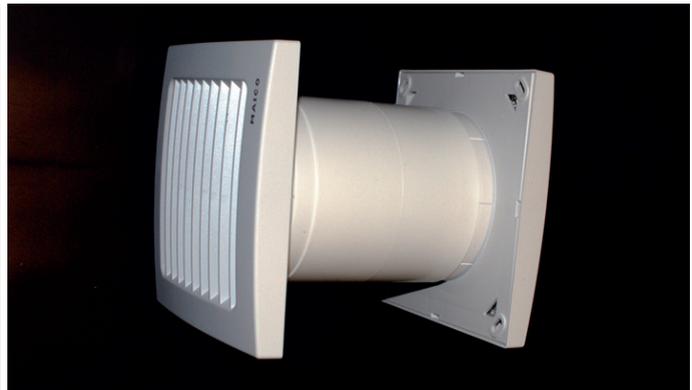
Druckausgleich innen/aussen

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

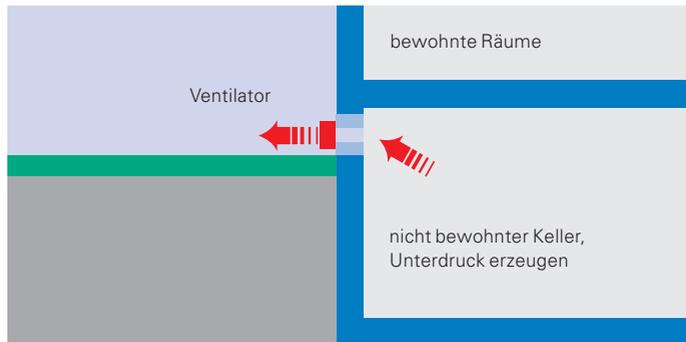
Mit einem kleinen Ventilator wird im Kellergeschoss oder Kriechkeller ein Unterdruck gegenüber dem Wohnbereich erzeugt und damit die Radonausbreitung vom Keller in den Wohnbereich reduziert.

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.



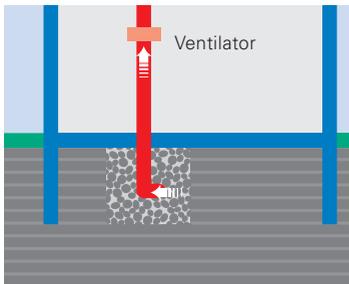
Fakten und Hinweise

- Radon ist nach dem Rauchen 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.



Punktueller Unterbodenabsaugung mit Abluft über Dach.

Punktueller Absaugung (Radonbrunnen)

Die punktueller 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 hausmitten 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.



Erneuerung des Fussbodenunterbaues: 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 Estrich erforderlich); Vorteile: Passive Unterdruckerzeugung, keine Betriebskosten für Ventilator.



Punktueller Absaugung (Radonbrunnen) – Auslass eines Schachtes.

Die Kondenswasserbildung im Leitungssystem und die Geräusentwicklung 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.



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 erforderlichlichem 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 bezüglich 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 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.)

ANLAGE ZUR REDUKTION DER RADONBELASTUNG IN DER RAUMLUFT

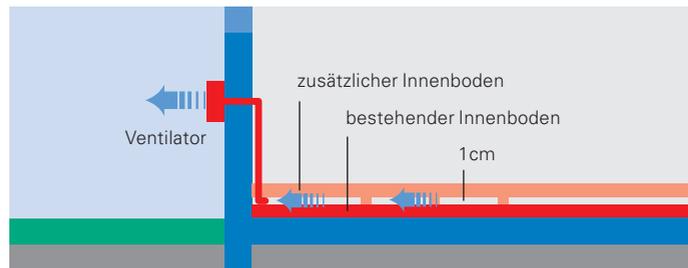
Diese Anlage sollte nicht eingeregelt oder verändert werden, ohne die Zustimmung der verantwortlichen Fachleute.

Verantwortlich

Name: _____
Adresse: _____
Tel.: _____
Fax: _____
E-Mail: _____
Kontroll-
daten: _____

Die Radonmessung im Raumluft in diesem Gebäude sollte alle 5 Jahre kontrolliert werden.
Broschüren für Gesundheit, Fachstelle Radon und Abfälle, Bern.

Klare Kennzeichnung aller Installationen zur Radonreduktion.



Zwischenbodenabsaugung in einem einzelnen Raum.

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](http://www.land-oberoesterreich.gv.at/Thema/Radon)

Schweiz und Liechtenstein: www.ch-radon.ch

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

Hinweis

Der Inhalt der Broschüren entspricht dem Konsens unter den beteiligten Ländern, kann aber von nationalen Empfehlungen abweichen.



**Österreichische Agentur für Gesundheit
und Ernährungssicherheit (AGES)
Österreichische Fachstelle für Radon**

Wieningerstrasse 8
A-4020 Linz
Tel.: +43 50 555 41 550
radon@ages.at
www.ages.at

**Bayerisches Landesamt für Umwelt
Abteilung Strahlenschutz**

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

Landesagentur für Umwelt Bozen

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

**Amt der Oö. Landesregierung
Abt. Umweltschutz / Strahlenschutz**

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

**Ministerium für Umwelt, Klima und
Energiewirtschaft Baden-Württemberg**

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

**Bundesamt für Gesundheit (BAG)
Sektion Radiologische Risiken**

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

Impressum

© Bundesamt für Gesundheit (BAG)

Herausgeber: Gemeinsame Veröffentlichung von Radon-Fachstellen aus Österreich, Schweiz, Süddeutschland, Südtirol

Publikationszeitpunkt: 2012

Weitere Informationen: BAG, Sektion Radiologische Risiken, CH-3003 Bern

E-Mail: radon@bag.admin.ch, www.ch-radon.ch

Diese Publikation erscheint ebenfalls in französischer und italienischer Sprache.

Text: Gräser Joachim (AGES, Österreich), Grimm Christian (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft, 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), Valsangiacomo Claudio (SUPSI, Schweiz). Durchsicht: Diessa Diana und Palacios-Gruson Martha (beide Bundesamt für Gesundheit, Schweiz).

BAG-Publikationsnummer: BAG VS 09.12 15'000 d 10'000 f 5'000 i 40EXT1219

Vertrieb:

BBL, Vertrieb Bundespublikationen, CH-3003 Bern

www.bundespublikationen.admin.ch

Bestellnummer: 311.338.d

Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier