



Radon

Vorsorgemaßnahmen bei Neubauten



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

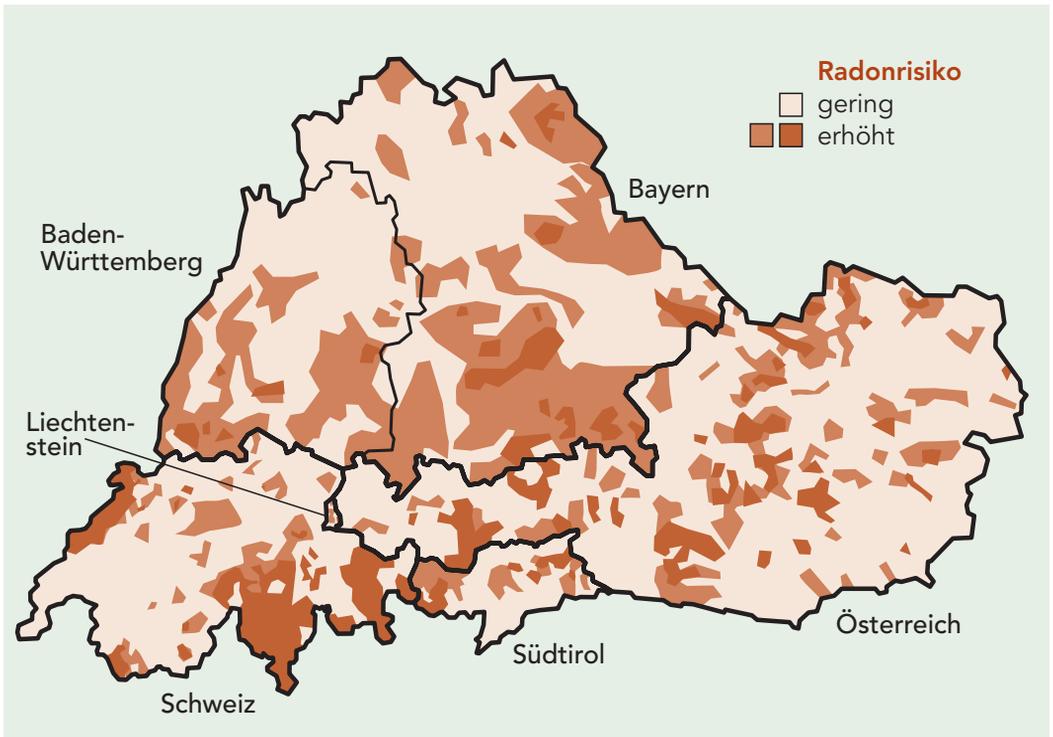
Eigenschaften und Vorkommen

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.

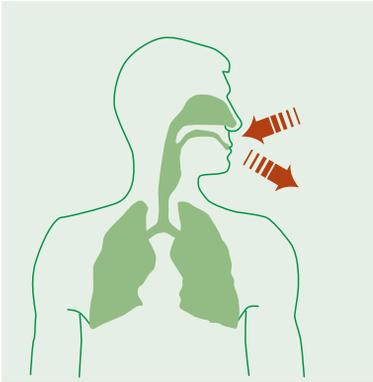
Einen ersten Anhaltspunkt, ob mit erhöhten Radonkonzentrationen in der Raumluft von Gebäuden gerechnet werden muss, erhalten Sie über die Radonpotential- und Radonrisikokarten einzelner Länder.

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

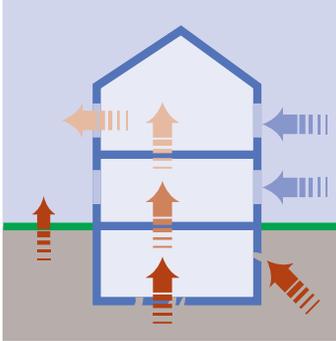
Die folgende Tabelle zeigt die derzeitigen Richt- und Grenzwerte für Jahresmittelwerte der Radonkonzentration in Wohnräumen der verschiedenen Länder.

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.

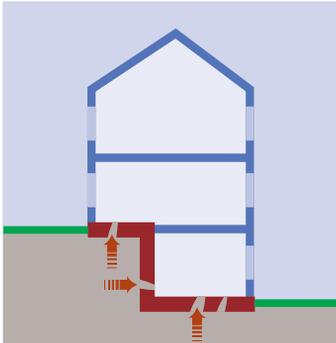
Einflussfaktoren auf die Radonkonzentration in Innenräumen

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



- **Luftwechsel im Gebäude:**

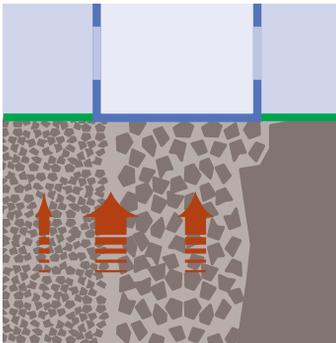
Der Austausch zwischen Raumluft und Außenluft hat einen wesentlichen Einfluss auf die Höhe der Radonkonzentration in Innenräumen. Undichte Fenster und Türen führen dabei zu höheren Luftwechselraten. Wird der Luftwechsel dagegen verringert, zum Beispiel durch den Einbau dicht schließender Fenster und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

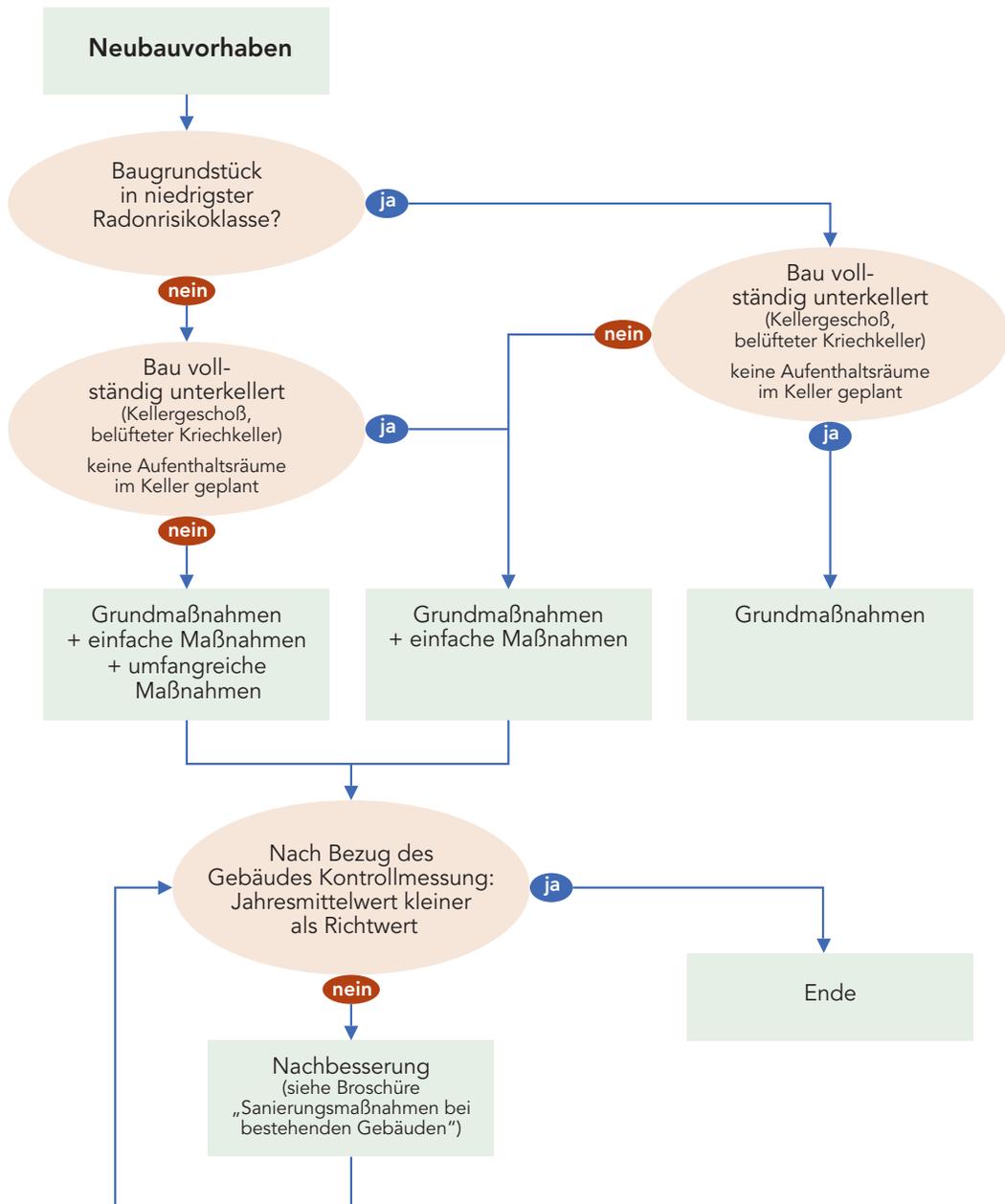


- **Beschaffenheit des Untergrunds:**

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 sind welche Vorsorge- maßnahmen notwendig?



Bautechnische Vorsorgemaßnahmen

Vorsorgemaßnahmen sind wesentlich einfacher, effektiver und langfristig kostengünstiger als eine nachträgliche Radonsanierung.

Grundsätzlich gilt: Je dichter die Gebäudehülle gegen das Erdreich ausgeführt ist, desto geringer das Radonrisiko.

Radonvorsorgemaßnahmen sollten immer in Zusammenarbeit mit Radonfachpersonen, Bausachverständigen und Ingenieurfirmen geplant werden.

Grundmaßnahmen

Wichtig ist, die bestehenden gesetzlichen Bestimmungen für eindringendes Wasser und aufsteigende Feuchte einzuhalten. Bauwerke mit Aufenthaltsräumen sowie sonstige Bauwerke, deren Verwendungszweck dies erfordert, müssen in all ihren Teilen dauerhaft gegen das Eindringen und Aufsteigen von Wasser und Feuchtigkeit aus dem Boden geschützt werden. Besonderes Augenmerk ist auf eine dichte Durchführung der Leitungen durch die erdberührenden Bauteile zu legen.

Erdsonden für Wärmepumpen stellen aufgrund ihrer Tiefe einen potenziellen Radoneintrittspfad dar. Es ist immer auf eine dichte Durchführung der Leitungen durch die erdberührenden Bauteile zu achten – zum Beispiel durch ein Rohrdurchführungssystem (RDS).



Beispiel einer Abwasserdurchführung bei einer Bodenplatte



Detail der Durchführung

Bei Erdwärmetauschern, Luftbrunnen und ähnlichen Systemen

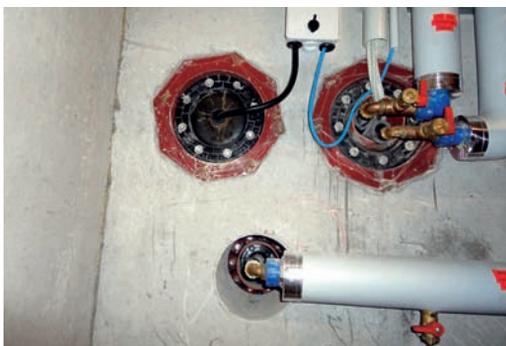
muss gewährleistet sein, dass keine radonhaltige Bodenluft über die Lüftungsanlage in das Gebäude gelangt.

Luft-Erdwärmetauscher sind deshalb mit luftdichten Rohren (Kunststoff) mit dichten Stößen auszuführen. Eine Alternative zur luftdichten Ausführung wäre, das Erdregister im Überdruck zu betreiben.

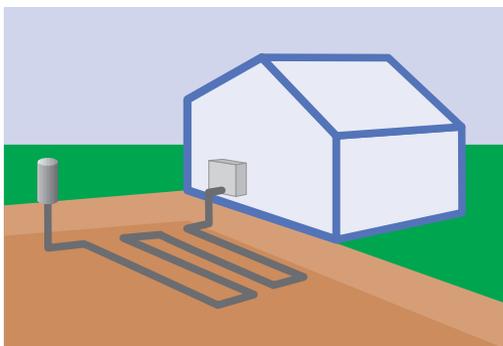
Bei Luftbrunnen muss die Kiesfüllung durch eine undurchlässige Schicht seitlich und nach unten begrenzt sein (undurchlässiges Erdreich, beispielsweise Lehm; Folie). Für die Ableitung von Wasser aus dem Luftbrunnen sind geeignete Vorkehrungen zu treffen (zum Beispiel Abpumpen, Siphon). Eine Kontrollmessung zur Überprüfung des Jahresmittelwertes der Radonkonzentration im Gebäude ist in diesem Fall unbedingt erforderlich.



Alle Öffnungen in Fundamentplatten – wie etwa Kanal-Putzschächte – müssen immer gasundurchlässig abgedichtet werden. Links sehen Sie eine falsche Ausführung, rechts die richtige.



RDS-Rohrdurchführungssysteme



Luft-Erdwärmetauscher sind mit luftdichten Rohren (Kunststoff) auszuführen.

Einfache Maßnahmen

1. Ihr Haus ist vollständig unterkellert (Kellergeschoß, belüfteter Kriechkeller), besitzt keine erdberührenden Aufenthaltsräume, und liegt nicht in der niedrigsten Radonrisikoklasse:

Es sind Abdichtungsmaßnahmen zwischen dem Kellerbereich und den bewohnten Gebäudeteilen vorzusehen, wie zum Beispiel:

- 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 (zum Beispiel für Wäsche)
- Kellerräume mit Naturboden sollten nach innen besonders abgedichtet werden und vorzugsweise nur von außen zugänglich sein

Zu- und Ableitungen durch erdberührende Bauteile für Strom, Wasser, Abwasser etc. sind dicht auszuführen (zum Beispiel durch RDS).

2. Ihr Haus besitzt erdberührende Aufenthaltsräume und liegt in der niedrigsten Radonpotentialklasse:

Über die Grundmaßnahmen hinaus ist Folgendes besonders zu beachten:

- durchgehende Bodenplatte und erdberührende Wände aus Beton der Expositionsklasse XC2 oder höher; alternativ kann eine Unterboden-Absaugung installiert werden (siehe Seite 9 unter „Umfangreiche Maßnahmen“).
- Zu- und Ableitungen durch erdberührende Bauteile für Strom, Wasser, Abwasser etc. sind dicht auszuführen (zum Beispiel durch RDS).

Ist Ihr Haus nur teilweise unterkellert, sind für den unterkellerten Bereich die Maßnahmen unter Punkt 1 und für den nicht unterkellerten Bereich die Maßnahmen unter Punkt 2 anzuwenden.

Umfangreiche Maßnahmen

Unterboden-Absaugung (Radondrainage)

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

Zu- und Ableitungen durch erdberührende Bauteile für Strom, Wasser, Abwasser etc. sind dicht auszuführen (zum Beispiel durch RDS).

Drainagerohre mit einem Durchmesser von 10 cm sind unter der durchgehenden Fundamentplatte beziehungsweise der Bodenplatte (bei Streifenfundament) zu verlegen. Die Art der Rohrverlegung ist von der Durchlässigkeit des umgebenden Materials abhängig.

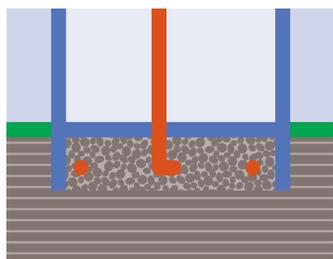
Bei Einbau von Kies oder Schotter wird das Rohrsystem schlangenförmig mit einem Rohrabstand von bis zu 8 m verlegt und zu einer Abluftleitung (Vollwandrohr) zusammengeführt.

Bei Einbau des Rohrsystems direkt ins Erdreich (Rohrschutz durch Kies und/oder Vlies) ist ein geringerer Abstand von 1 bis 3 m erforderlich. Von den Außenmauern ist ein Mindestabstand von 1 bis 2 m einzuhalten. Damit im Radon-Drainagesystem ein Unterdruck aufgebaut werden kann, muss ein Zuströmen von Luft aus dem Wasser-Drainagesystem unterbunden werden (Trennung der Systeme beispielsweise durch Fundament oder Folie).

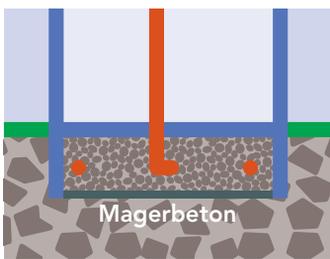
Hinweis zur Unterboden-Absaugung bei hochdurchlässigen Böden:

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.

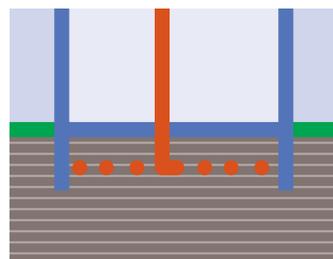
Schematische Darstellung einer Radondrainage bei unterschiedlich durchlässigen Verhältnissen:



Einbau in Schotter
und Kiesbett
(Rohrabstand bis zu 8 m)



Magerbeton bei
hochdurchlässigen Böden



Einbau ins Erdreich
(Rohrabstand 1 – 3 m)

Ausführungsvarianten für die Abluftleitung der Radondrainage:

- Vollwandrohr mit einem Durchmesser von mindestens 15 cm über Dach führen (zum Beispiel im Installationsschacht). Bei dieser Ausführung wird die Unterdruckerzeugung aufgrund des Kamineffektes im Steigrohr ausgenutzt (thermische Dämmung des Steigrohres im kalten Dachboden erforderlich). Vorteile: Passive Unterdruckerzeugung, keine Betriebskosten für Ventilator.
- Zur Vorbereitung einer aktiven Unterdruckerzeugung mit Ventilator wird ein Vollwandrohr von mindestens 10 cm Durchmesser durch die Bodenplatte geführt, luftdicht verschlossen und als Radonabluftleitung gekennzeichnet.

Hinweis: Wird die Bodenplatte nicht als durchgehende Fundamentplatte (Expositionsklasse XC2 oder höher) ausgeführt, ist die erste Variante vorzuziehen!

Ergibt die Kontrollmessung einen erhöhten Radonwert, ist bei beiden Ausführungsvarianten ein Ventilator zur aktiven Unterdruckerzeugung einzusetzen. Bitte unbedingt Kondenswasserbildung im Leitungssystem und Geräusentwicklung des Ventilators beachten. Die Ausblasöffnung sollte mindestens 2 Meter von Fenstern und Türen entfernt angebracht sein.



Modell: Unterbodenabsaugung, Abluft über Dach (Vollwandrohr mit einem Durchmesser von mindestens 15 cm)



Einbau einer Radondrainage in Kies beziehungsweise Schotter

Luftdichte Gebäudehülle und kontrollierte Wohnraumlüftung

Eine kontrollierte Wohnraumlüftung ist ohne entsprechende Dichtheit der Gebäudehülle als umfangreiche Radonvorsorgemaßnahme bei Neubauten unzureichend. In diesem Fall ist der vorsorgliche Einbau einer Unterboden-Absaugung erforderlich.

Eine ausreichende Dichtheit der Gebäudehülle ist gewährleistet, wenn die n50-Leckage-Rate kleiner als $0,6 \text{ h}^{-1}$ ist (entsprechend verschiedener Energiesparhaus-Standards wie zum Beispiel Passivhaus, KlimaHaus Gold, Minergie-P).

Die Belüftungsanlage ist druckneutral oder mit einem leichten Überdruck (wenige Pa) zu betreiben.

Die Frischluftansaugung im Freien muss mindestens 80 cm über dem Boden platziert sein (keine Ansaugung beispielsweise aus Kellerfensterschächten).



Ansaugöffnung für kontrollierte Wohnraumlüftung (mindestens 80 cm über Boden)

Fakten und Hinweise

- Radon ist die zweithäufigste Ursache für Lungenkrebs
- Ohne Vorsorge höheres Radonrisiko
- Vorsorge ist einfach, effektiv und kostengünstig
- Nationale Radonrisikokarten sind eine erste Informationsquelle
- Dichte Gebäudehülle zum Erdreich senkt Radoneintritt
- Einfaches Radondrainagesystem schützt im Risikogebiet

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

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

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

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

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

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