

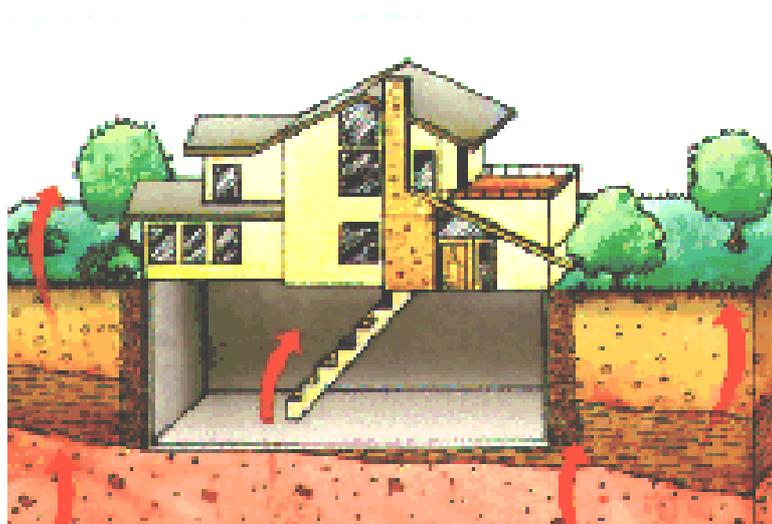
# Radon-Messungen im Kanton Zug

zur Erstellung des kantonalen  
Radonkatasters

Abschlussbericht der  
kantonalen Radonkontaktstelle



Amt für Lebensmittelkontrolle  
Zugerstrasse 50  
6312 Steinhausen



**Radon-Messungen im  
Kanton Zug  
zur Erstellung des kantonalen  
Radonkatasters**



**Zug, 2003**

# Anhang

- A** Kontakte und Unterlagen
  - A.1 Die Radonfachstelle des Bundes und die kantonale Radonkontaktstelle
  - A.2 Drucksachen, Infomaterial
- B** Auszug Strahlenschutzverordnung
- C** Radonkataster Kanton Zug

## Impressum

Amt für Lebensmittelkontrolle  
Kantonale Radonkontaktstelle  
Marcel André Rutschmann und Werner Ettel  
Zugerstrasse 50  
6312 Steinhausen  
Telefon 041 747 33 77  
Fax 041 747 33 78  
E-Mail: [info.afl@gd.zg.ch](mailto:info.afl@gd.zg.ch)  
[www.zug.ch/afl](http://www.zug.ch/afl)

## Bezugsquelle

Amt für Lebensmittelkontrolle  
Postfach, 6312 Steinhausen  
Telefon 041 747 33 77  
Fax 041 747 33 78

©Afl, 2003

Auszugsweises Kopieren mit Quellenangabe gestattet.

# Inhalt

## Vorwort

## Vorwort

## Das Wichtigste in Kürze

## Das Wichtigste in Kürze

### Einführung

1/15

Was ist Radon?  
Gesundheitliche Auswirkungen  
Wie gelangt Radon ins Haus?  
Gesetzliche Regelungen, Grenz- und Richtwerte  
Die Fach- und Informationsstelle des Bundes  
Die kantonale Radonkontaktstelle  
Radonsituation in der Schweiz  
Messen von Radon

### Messkampagnen

5/15

Radonprogramm Schweiz „RAPROS“ von 1987 bis 1991  
Die kantonale Radonmesskampagne von 1997 bis 2001

### Ergebnisse und Folgerungen

6/15

Radonmesswerte im Kanton Zug  
Gibt es im Kanton Zug Radongebiete?  
Radonkarte des Kantons Zug

### Detailauswertung, Risikobeurteilung

9/15

Radonsituation in den einzelnen Gemeinden  
Menzinger Kohlenbergwerke  
Risikobeurteilung

### Empfehlungen

13/15

Was bedeuten die vorliegenden Radondaten für den Kanton Zug?  
Präventions- und Sanierungsmassnahmen: Technische Dokumentation  
Thema Bauvorschriften, Baureglemente und Baugesuche

### Ausblick

15/15

Abschluss Radonkataster Schweiz  
Ausbildung und Weiterbildung Baufachleute als zukünftiger Schwerpunkt  
Messungen in Schulen und Neubauten

## Referenzen

## Referenzen

## Anhang

## Anhang

# Vorwort

Radon und seine Folgeprodukte sind verantwortlich für rund 40 % der natürlich bedingten durchschnittlichen Strahlenbelastung der Bevölkerung in der Schweiz.

Radonhaltige Bodenluft kann in Gebäude eindringen, wobei je nach Standort, Geologie und Bauweise Konzentrationen auftreten können, die eine direkte Gefährdung der Bewohnerinnen und Bewohner darstellen. So sind einige Prozent der Lungenkrebserkrankungen der Radonexposition zuzuschreiben.

Das Risiko in einem Gebiet zu leben, wo mit erhöhten Radongaskonzentrationen zu rechnen ist, lässt sich abschätzen. Doch nur eine Messung vor Ort gibt Gewissheit. Ist die Radonsituation eines Gebäudes einmal bekannt, kann mit geeigneten baulichen Massnahmen die Belastung mit Radon eliminiert werden.

Aufgabe der Kantone ist es mit einer genügenden Anzahl Messungen die Gebiete mit erhöhtem Risiko zu ermitteln. Der Kanton Zug hat diese Aufgabe nun abgeschlossen und erstellt zusammen mit dem Bundesamt für Gesundheit den definitiven kantonalen Radonkataster.

Das Beruhigende vorweg: Der Kanton Zug ist kein Radongebiet. Das Risiko in einem Haus mit unzulässig hoher Strahlenbelastung zu wohnen ist gering. Dennoch ist in einigen Gemeinden mit vereinzelt erhöhten Werten zu rechnen. Bei Umnutzungen und Renovierungen empfiehlt die kantonale Radonkontaktstelle deshalb, die jeweilige Radonsituation mit einer Messung abzuklären. Man kann sich nämlich erfolgreich und mit vertretbarem Aufwand vor gefährlichen Konzentrationen schützen. Eine Änderung der Baureglemente ist nach heutigem Kenntnisstand allerdings nicht erforderlich. Eine fachgerechte Auseinandersetzung mit der Radonproblematik bei Gebäuden und Bauvorhaben empfehlen wir hingegen auch in jenen Gebieten, in denen bisher keine hohen Radonbelastungen zu erwarten waren.

Ich danke Werner Ettl, dem Leiter des Amtes für Lebensmittelkontrolle des Kantons Zug, und Marcel André Rutschmann, dem Verantwortlichen der kantonalen Radonkontaktstelle, für ihre wertvolle Arbeit. Der vorliegende Bericht trägt viel zur Information und Sensibilisierung der Zuger Bevölkerung bei und erfüllt damit eine wertvolle Aufgabe.

Joachim Eder, Regierungsrat  
Gesundheitsdirektor des Kantons Zug

Zug, im Februar 2003



# Das Wichtigste in Kürze

Radon, ein radioaktives Edelgas, entsteht beim Zerfall von Radium in uranhaltigem Gestein. Es ist frei beweglich und wird nur durch die limitierte Gasdurchlässigkeit des Bodens gebremst. Es kann durch undichte Stellen in Häuser eindringen und in geschlossenen Räumen hohe Konzentrationen erreichen.

Radon selber wird ohne Veränderung ein- und ausgeatmet. Aber Radon zerfällt weiter in verschiedene, ebenfalls instabile radioaktive Isotope, die an Staubpartikel und Aerosole angelagert, sich nach dem Einatmen in der Lunge und den Bronchien ablagern und zu einer Bestrahlung dieser Organe führen. Rund 5 bis 10 % der Lungenkrebsfälle in der Schweiz werden heute dem Radon zugeschrieben. Es genügen meist einfache bauliche Massnahmen, um die Radongaskonzentration in Wohn- und Arbeitsräumen schon wirkungsvoll und nachhaltig zu vermindern.

Mit der Strahlenschutzverordnung StSV von 1994 haben die Kantone die Aufgabe erhalten, diejenigen Gebiete durch Messungen zu ermitteln, in denen mit erhöhten Radongaskonzentrationen zu rechnen ist. In einer breit angelegten Messkampagne hat die kantonale Radonkontaktstelle (angesiedelt beim Amt für Lebensmittelkontrolle in Steinhausen) insgesamt 708 Kernspurdosimeter des Typs Radtrak in Wohn- oder Arbeitsräumen sowie im unbewohnten Kellerbereich von 354 Liegenschaften für eine Expositionszeit von drei Monaten ausgelegt. In insgesamt 10 Gebäuden mit deutlich erhöhten Radongaskonzentrationen mussten Nach- und Kontrollmessungen durchgeführt werden.

Das gewichtete arithmetische Mittel der gemessenen Radongaskonzentrationen in bewohnten Räumen liegt im Kanton Zug aktuell bei  $52 \text{ Bq/m}^3$ . In insgesamt 6 Häusern in den Gemeinden Menzingen, Neuheim, Baar und Steinhausen sind Radonwerte über dem Richtwert von  $400 \text{ Bq/m}^3$  gefunden worden (einschliesslich der Daten aus dem Radonprogramm Schweiz „RAPROS“ von 1987 bis 1991), wovon in der Messkampagne des Winters 1997/1998 in der Gemeinde Menzingen ein Wert über dem Grenzwert von  $1'000 \text{ Bq/m}^3$  lag. Abgesehen von der Grenzwertüberschreitung bestätigten sich in den Nach- und Kontrollmessungen die ersten Daten. Die deutliche Reduktion der Radonwerte in jenem Menzinger Gebäude im Winter 1998/1999 resp. 1999/2000 liess sich auf einen zwischenzeitlich erfolgten Umbau des Gebäudes zurückführen.

Nach den für die Beurteilung von Radongebieten von der Radon Fach- und Informationsstelle des BAG aufgestellten Kriterien ist der Kanton Zug kein Radongebiet. In Absprache mit der Fachstelle wurde unter Berücksichtigung der speziellen Lage des betroffenen Gebäudes in der Gemeinde Menzingen (ehemaliges Bergbaugbiet) die Grenzwertüberschreitung als isolierter und unbestätigter Einzelwert nicht in die Gesamtbeurteilung der Gemeinde miteinbezogen. Das Risiko im Kanton Zug in einem Gebäude wohnen oder arbeiten zu müssen, in dem mit gefährlich erhöhten Radongaskonzentrationen zu rechnen ist, kann somit als sehr gering bezeichnet werden, obwohl auch im Mittelland ein einzelnes Haus in einem Quartier gleichartiger Häuser hohe Radongaskonzentrationen aufweisen könnte, während alle Nachbarhäuser unbelastet sind. Deshalb ist es auch in Gebieten mit geringer Radonbelastung angezeigt nach Empfehlungen des BAG die Grundregeln für ein radonsicheres Bauen einzuhalten. Messungen in Neubauten sind sinnvoll, darüber hinausgehende spezifische Radonschutzvorkehrungen in der Regel jedoch nicht erforderlich. Bei bestehenden Gebäuden wird auch für Nicht-Radongebiete eine Messung empfohlen.

Während in verschiedenen Kantonen mit Radongebieten nach Art. 114 StSV bereits Anpassungen bei den gesetzlich vorgegebenen Bauvorschriften veranlasst wurden, rechtfertigt es nach Ansicht der Radonkontaktstelle die Situation im Kanton Zug nicht, neue Bestimmungen für radonsicheres Bauen in die bestehenden Baugesetze und -verordnungen einzuführen. Es wird anzustreben sein, dass Radoninformationen generell in Baudossiers eingefügt und entsprechend der technischen Dokumentation Auflagen betreffend Radon mit der Baubewilligung erlassen werden. Damit sind bauliche Massnahmen nicht an gesetzliche Bestimmungen gekoppelt und können nach Stand der Technik ohne Änderung von Reglementen der Entwicklung angepasst werden. Die Radonkontaktstelle wird zu Händen der zuständigen Baubehörden entsprechende Empfehlungen abgeben.

Bei bisherigen Messungen in öffentlichen Gebäuden fanden sich in verschiedenen Kantonen auch erhöhte Radongaskonzentrationen in Schulen und Kindergärten. Das BAG empfiehlt deshalb, noch vermehrt in Kindergärten und Schulhäusern zu messen. Die Radonkontaktstelle wird auch diese Empfehlung an die verantwortlichen Schulbehörden in den Gemeinden und beim Kanton weiterleiten.

# Einführung

## Was ist Radon und wie entsteht es?

Ausgangspunkt der Radonproblematik ist Uran-238 (99 % Anteil im Natururan).

Uran-238 ist ein natürlicher Bestandteil der Erdkruste und als instabiles radioaktives Element Ausgangspunkt einer langen Zerfallsreihe (Abb. 1). Das im Untergrund fixierte Uran-238 zerfällt zunächst ohne Gewinn an Bewegungsfreiheit zum ebenfalls instabilen, wenig mobilen Radium-226 und in der Folge weiter zum Radon-222.

Radon selber ist ein radioaktives Edelgas, welches frei beweglich ist und nur durch die limitierte Gasdurchlässigkeit des Bodens gebremst und in seiner Bewegungsfreiheit eingeschränkt wird. Als Edelgas interagiert es nicht mit der Umgebung. Tritt es an die Erdoberfläche, verdünnt es sich mit der Aussenluft, so dass keine weitere Gefahr besteht. Radongas kann aber durch den Untergrund an undichten Stellen auch in Häuser eindringen und in geschlossenen Räumen hohe Konzentrationen erreichen.

Radon kann ein- und ausgeatmet werden, ohne dass es dabei chemisch verändert wird. Als ebenfalls instabiles radioaktives Element zerfällt es jedoch unter Emission von alpha-Strahlung mit einer Halbwertszeit von 4 Tagen weiter in verschiedene, auch instabile radioaktive Isotope von Polonium, Blei und Wismut, bis schliesslich beim stabilen Blei-206 die Reihe stoppt.

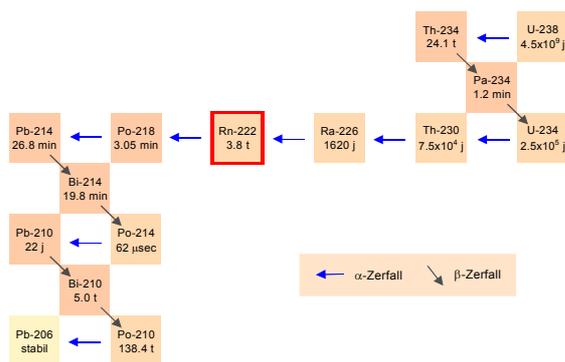


Abbildung 1: Zerfallsreihe des Uran-238.

Die radioaktiven Zerfallsprodukte des Radons können sich an Staubpartikel und Aerosole anlagern und

sich nach dem Einatmen in der Lunge ablagern (Deposition). Bestrahlung der Lungen und der Bronchien mit den entsprechenden gesundheitlichen Auswirkungen ist die Folge (Abb. 2).

## Gesundheitliche Auswirkungen

Schon zu Beginn des 16. Jahrhunderts sind aus dem Erzbergbau Krankheitsbilder bekannt, die sich heute als Lungenkrebs diagnostizieren lassen und eindeutig auf die Strahlung eingeatmeter Radonfolgeprodukte zurückzuführen sind.



Abbildung 2: Radon — ein ernstes Risiko (Quelle BAG 1999).

Der Zusammenhang zwischen der Radongaskonzentration in Wohnräumen und dem Lungenkrebsrisiko wurde in den letzten 20 Jahren eingehend untersucht. Es gilt als gesichert, dass mit zunehmender Konzentration das Risiko für Lungenkrebs entsprechend steigt.

Ca. 40 % der jährlichen Strahlenbelastung in der Schweiz sind durch Radon verursacht und damit um einiges mehr als durch den Reaktorunfall von Tschernobyl oder alle bisher durchgeführten Atombombentests oder durch die natürliche Strahlung aus dem Kosmos.

Etwa 2'700 Opfer fordert Lungenkrebs pro Jahr. Einige Prozent dieser Fälle können dem Radon zugeschrieben werden. Radon ist nach dem Rauchen die wichtigste Ursache für Lungenkrebs. Andere gesundheitliche Schädigungen sind dem Radon jedoch nicht nachzuweisen.

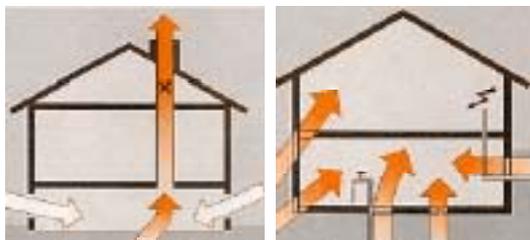
Die Bedrohung durch Radon in Gebäuden ist vermeidbar. Durch zum Teil einfache bauliche Massnahmen kann die Radongaskonzentration in Wohn-

und in Arbeitsräumen wirkungsvoll und nachhaltig vermindert werden.

### Wie gelangt Radon ins Haus?

Im Innern von Gebäuden bewirkt aufsteigende warme Luft kaum wahrnehmbar im Keller und in den untersten Stockwerken Unterdruck und damit verbunden eine Sogwirkung.

Dieser sogenannte „Kamineffekt“ ist hauptverantwortlich dafür, dass radonhaltige Luft aus dem Untergrund durch undichte Stellen oder baulich bedingte Installationen und Öffnungen in das Innere eines Hauses gesaugt wird (Abb. 3).



**Abbildung 3:** Kamineffekt und Eindringen von Radon in Gebäude (Quelle BAG 1999).

Jedes Haus steht mit seinem Fundament im Kontakt mit mehr oder weniger radonhaltiger Bodenluft. Werden erhöhte Gehalte gemessen, ist das Auffinden der Quelle, vor Einleitung technischer Massnahmen, entscheidend. Fehlende Dichtungen bei Bodenfugen, Stromverteilerkästen, Heizungskanälen, Durchführungen für Rohre und Kabel oder generell fehlende Abdichtungen und Isolierungen können zu idealen Eintrittspforten für das Radongas werden.

Der Stand des Wissens in der Schweiz lässt sich wie folgt zusammenfassen (Angaben BAG 2002):

- Radon dringt vorwiegend vom Bauuntergrund her ins Gebäude
- schon ein kleiner Unterdruck verursacht einen Fluss radonhaltiger Bodenluft ins Gebäude
- die Radongaskonzentration nimmt von Stockwerk zu Stockwerk ab
- es gibt bauliche Massnahmen zur Reduktion des Radongehaltes im Gebäude

- benachbarte Gebäude können sehr unterschiedliche Konzentrationen aufweisen
- Abdichten der Gebäudehülle führt nicht unbedingt zu einem höheren Radongaspegel
- nur eine Messung führt zur Kenntnis der Radongaskonzentration
- die Gasdurchlässigkeit des Bauuntergrundes ist entscheidend für das Radonpotential.
- Baumaterialien und Wasser verursachen keine hohen Radongaskonzentrationen in der Atemluft.

### Gesetzliche Regelungen, Grenz- und Richtwerte

Das Bundesamt für Gesundheit (BAG) führt seit den achtziger Jahren Radongasuntersuchungen durch. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse sind in der Strahlenschutzverordnung (StSV) vom 22. Juni 1994 berücksichtigt worden.

Zum Schutze der Bevölkerung ist ein Grenzwert für Wohnräume von 1'000 Bq/m<sup>3</sup> eingeführt worden. Oberhalb dessen muss die Gebäudeeigentümerin oder der Gebäudeeigentümer eine Sanierung durchführen. Für Neu- und Umbauten gilt ein Richtwert von 400 Bq/m<sup>3</sup> (Abb. 4).

Gültigkeitsbereich	Grenzwert Bq/m <sup>3</sup>	Richtwert Bq/m <sup>3</sup>
Wohn- und Aufenthaltsräume	1000	400
Arbeitsräume	3000	

**Abbildung 4:** Radongas Grenz- und Richtwerte.

Die Kantone haben nach Art. 115 StSV u.a. die Aufgaben erhalten:

- dafür zu sorgen, dass auf ihrem Gebiet eine genügende Anzahl Radongasmessungen durchgeführt wird
- Gebiete aufgrund erhöhter Messergebnisse als „Radongebiete“ zu bezeichnen
- Bauvorschriften zu erlassen, damit Grenz- und Richtwerte eingehalten werden
- dafür zu sorgen, dass in Radongebieten auch öffentliche Gebäude ausgemessen und saniert werden.

## Radon Fach- und Informationsstelle des Bundes

Die seit 1995 beim Bundesamt für Gesundheit BAG eingerichtete Stelle nimmt folgende Aufgaben wahr:

- Mithilfe bei der Durchführung von Messkampagnen und Sanierungsprojekten
- regelmässige Information der Öffentlichkeit
- Beratung der Kantone, Hauseigentümerinnen und Hauseigentümer, Baufachleute und weiterer Interessierter
- Erstellen von Dokumentationen für Vorträge, Ausstellungen etc.
- Koordination Radonaktivitäten in der Schweiz.

Weitere Informationen unter: [www.ch-radon.ch](http://www.ch-radon.ch).

## Radonkontaktstelle des Kantons Zug

Mit Inkrafttreten der Strahlenschutzverordnung und Bildung der Fachstelle beim BAG wurden die Kantone aufgefordert eine Kontaktstelle zu benennen und die Voraussetzungen zu schaffen, die in der StSV den Kantonen übertragenen Aufgaben wahrzunehmen.

Radongas in Wohnräumen ist eine Frage der Gesundheitsprävention und damit auf Direktionsstufe bei der Gesundheitsdirektion des Kantons angesiedelt.

Das Amt für Lebensmittelkontrolle in Steinhausen verfügte 1995 sowohl über ausreichend fachliche wie auch logistische Möglichkeiten die Radonkontaktstelle des Kantons Zug aufzubauen und zu betreiben.

Mit der Messkampagne im Winter 1997/1998 konnte die primäre Aufgabe Radongebiete zu erfassen bereits weitgehend erfüllt werden. Nach- und Kontrollmessungen folgten.

Eine weitere Aufgabe der Kontaktstelle ist es, die Öffentlichkeit sachgerecht zu informieren.

Mit dem Zwischenbericht 1998 und dem nun vorliegenden Schlussbericht findet diese 2003 einen vorläufigen Abschluss.

Weitere Informationen unter: [www.zug.ch/afl](http://www.zug.ch/afl).

## Radonsituation in der Schweiz

In der Schweiz sind einige Gebiete (in den Alpen, Juraregionen) bekannt, in welchen hohe Radongaskonzentrationen vorkommen können. Aber auch

im Mittelland gibt es vereinzelte Richt- und Grenzwertüberschreitungen.

Die schweizerische Radondatenbank enthält Daten von rund 47'000 Häusern (Stand 2002). Von den mehr als 91'000 Messwerten stammen rund 53'500 aus Messungen in bewohnten Räumen. Darunter finden sich rund 1'960 Richtwert- und 590 Grenzwertüberschreitungen. Nach Stockwerkkorrektur und regionaler Bevölkerungsgewichtung ergibt sich ein gewichtetes arithmetisches Mittel der Radongaskonzentration in bewohnten Räumen von 75 Bq/m<sup>3</sup>. (Quelle: BAG, Radon Jahresbericht 2002).

Ob ein Risiko besteht, hängt nicht nur ab von dem im Untergrund verfügbaren Radon, vielmehr noch von der Gasdurchlässigkeit des Bodens (Abb. 5). Besonders wenn in Gebieten mit schwach durchlässigen, isolierenden Deckschichten und sehr gut durchlässigen darunterliegenden Schichten gebaut wird, muss u.U. durch „Absaugen“ des Radons aus der Umgebung mit hohen Werten gerechnet werden.

Karst- oder Höhlensysteme, aber auch ehemalige Bergsturzgebiete können sich durch hohe Durchlässigkeiten und in der Folge auch hohe Radonwerte in Häusern auszeichnen.



**Abbildung 5:** Einfluss der Bodenbeschaffenheit (Quelle BAG 1999).

Der Kanton Zug gilt daher nicht als Gebiet mit erhöhtem Risiko. Wie die Ergebnisse der Messungen jedoch zeigen, muss mit einzelnen Richtwert-

überschreitungen dennoch gerechnet werden. Auch das Auftreten von Grenzwertüberschreitungen, wenn auch unter speziellen Bedingungen, kann nicht absolut ausgeschlossen werden. Es ist jedoch mit einiger Wahrscheinlichkeit nicht zu erwarten.

### Messen von Radon

Aufgrund der Bauweise oder von Baugrunduntersuchungen ist es heute noch nicht möglich die Radongaskonzentration in einem bestehenden Gebäude vorauszusagen. Nur eine Messung kann sichere Angaben liefern.

Mit Passivdosimetern, ausgerüstet mit Filmen und Folien, lässt sich die Radonsituation eines Gebäudes sehr einfach und kostengünstig bestimmen (Abb. 8

und 9). Teure Messgeräte machen nur da Sinn, wo kurzfristige Abklärungen über Radonquellen und Sanierungserfolge erforderlich sind.

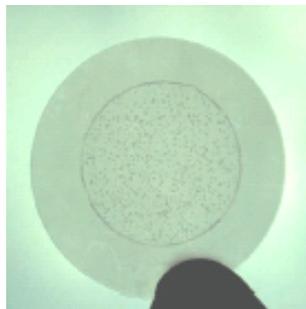
Radondosimeter (ca. Fr. 70.- pro Gerät) werden in der Regel während ca. 3 Monaten, am besten im Winterhalbjahr, an verschiedenen Stellen im Haus platziert. Anschliessend schickt man die Dosimeter zur Auswertung an die Messstelle zurück und erhält das Ergebnis der Radonbelastung in Bequerel pro m<sup>3</sup> Luft (Bq/m<sup>3</sup>).

Die Fach- und Informationsstelle Radon des BAG führt eine Liste der anerkannten Messstellen, die auch unter [www.ch-radon.ch](http://www.ch-radon.ch) abrufbar ist.



**Abbildung 6:** Radondosimeter (Quelle BAG 1999).

---



**Abbildung 7:** Plastikfolien ohne/mit Radonspuren (Quelle BAG 1999).

---

# Messkampagnen

## Radonprogramm Schweiz „RAPROS“ von 1987 bis 1991

Bereits im Winter 1988/1989 sowie im Sommer 1989 hatte das Bundesamt für Gesundheit, Abteilung Strahlenschutz, im Rahmen des nationalen Radonprogrammes „RAPROS“ (1987-91) im Kanton Zug Radonmessungen durchgeführt.

Damals ergaben sich keine Hinweise, dass der Kanton Zug zu den stark gefährdeten Gebieten mit wesentlich erhöhten Konzentrationen zu zählen wäre. Allerdings wurde im Arbeitszimmer eines Hauses in der Gemeinde Neuheim mit  $505 \text{ Bq/m}^3$  eine deutliche Überschreitung des Richtwertes gemessen.

## Die kantonale Radonmesskampagne von 1997 bis 2001

Die ersten systematischen Messungen im Rahmen der kantonsweiten Radonkampagne wurden in Zusammenarbeit mit den Zuger Gemeinden im Winter 1997/1998 durchgeführt. Planung und Koordination der Durchführung sowie die Auswertung lagen bei der kantonalen Radonkontaktstelle (im Amt für Lebensmittelkontrolle, vormals Kantonales Laboratorium). Die Auswahl und Zuordnung der für die Messungen geeigneten Häuser übernahmen die Gemeinden nach Vorgaben der Radonkontaktstelle. Schwerpunktmässig wurden eher ältere Gebäude mit Baujahr vor 1950 und wenigen Stockwerken (Einfamilien- und Bauernhäuser) ausgewählt.

Zum Auslegen und Einsammeln der Dosimeter wurde durch die Gemeinden ein gemeinsamer Radonverantwortlicher bestimmt. Alle Angaben zu den Gebäuden wurden in einem spezifischen Fragebogen der Radon Fach- und Informationsstelle des BAG erfasst.

Während November und Dezember 1997 wurden schliesslich in den 11 Zuger Gemeinden bei freiwilligen Teilnehmern insgesamt 708 Kernspurdosimeter des Typs Radtrak in Wohn- oder Arbeitsräumen sowie im unbewohnten Kellerbereich von 354 Liegenschaften für eine Expositionszeit von drei Monaten ausgelegt. Abgesehen von einem einzigen, nicht mehr auffindbaren Dosimeter, konnten alle übrigen 707 ausgewertet werden. Die Daten wurden

anschliessend in die nationale Radondatenbank übertragen.

Im Winter 1998/1999 wurden in den 10 Gebäuden mit deutlich erhöhten Radongaskonzentrationen Nachmessungen in den bewohnten bzw. den unbewohnten Räumen durchgeführt. In einem der Gebäude musste im Winter 1999/2000 eine zweite Kontrollmessung durchgeführt werden.

Damit enthält die Radondatenbank bereinigt insgesamt Mess- und Objektdaten von bewohnten Räumen in 398 Gebäuden und von unbewohnten Räumen (meist Kellergeschosse) in 370 Gebäuden.

Die Abbildungen 8 und 9 vermitteln einen Eindruck bezüglich Verteilung nach Haustypen, resp. Baujahren (nur bewohnte Räume).

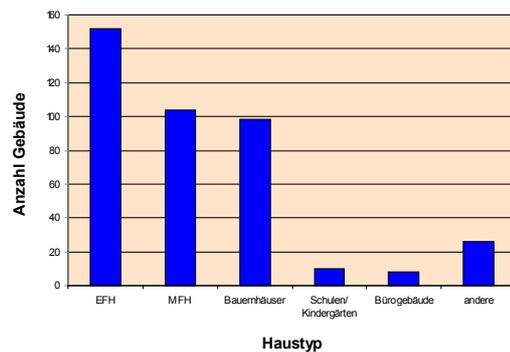


Abbildung 8: Haustypen.

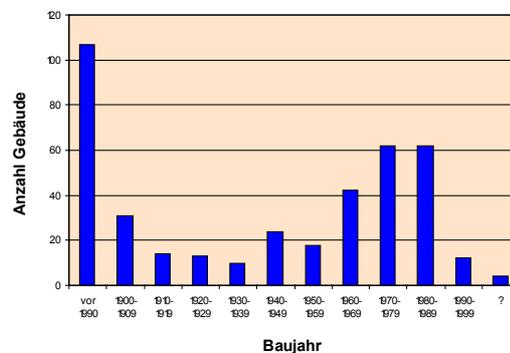
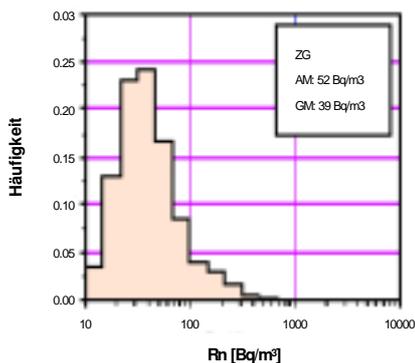


Abbildung 9: Baujahre.

# Ergebnisse und Folgerungen

## Radonmesswerte Kanton Zug

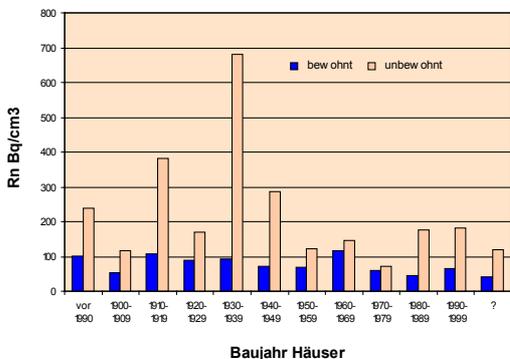
Das gewichtete arithmetische Mittel der gemessenen Radongaskonzentrationen in bewohnten Räumen liegt im Kanton Zug bei  $52 \text{ Bq/m}^3$ . Die Häufigkeitsverteilung nach Stockwerkkorrektur und regionaler Bevölkerungsgewichtung vermittelt dabei ein recht gutes Bild der Exposition (Abb. 10).



**Abbildung 10:** Verteilung der Radongaskonzentration in bewohnten Räumen.

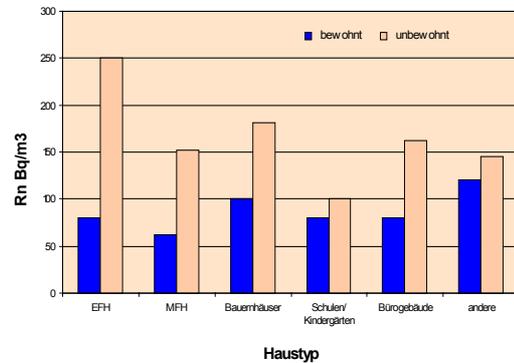
Es lässt sich abschätzen, dass, verglichen mit der gesamten Schweiz, ca. 0.2 % der Bevölkerung im Kanton Zug in Radongaskonzentrationen über dem Richtwert von  $400 \text{ Bq/m}^3$  leben.

Wie erwartet liegen im Durchschnitt die Radonmittelwerte bei den älteren Gebäuden etwas höher als bei Gebäuden, die in den letzten 30 Jahren gebaut wurden (Abb. 11).



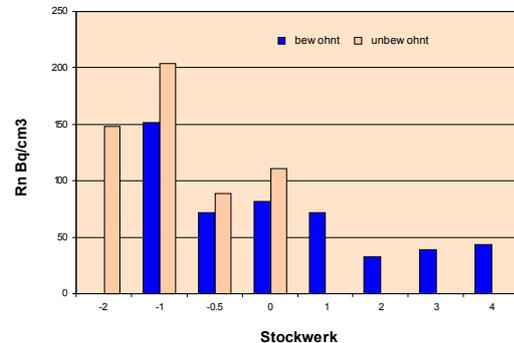
**Abbildung 11:** Radongehalt vs. Baujahr.

Auch sind Mehrfamilienhäuser etwas weniger belastet als Einfamilien- oder Bauernhäuser (Abb. 12).



**Abbildung 12:** Radongehalt vs. Haustyp.

Bestätigt wurde zudem, dass in unteren Stockwerken mit mehr, in oberen Stockwerken im Mittel mit weniger Radon zu rechnen ist (Abb. 13).



**Abbildung 13:** Radongehalt vs. Stockwerk.

Grenzwertüberschreitungen sind, ausgehend von den bereinigten und gewichteten Daten, nicht zu erwarten. Allerdings finden sich auch im Mittelland vereinzelt Häuser mit mehr als  $1'000 \text{ Bq/m}^3$ , die nur durch eine Messung erkannt und saniert werden können.

Im „Rapros Programm“ und in der kantonalen Messkampagne selber wurden in 6 Häusern im Wohnbereich Radonwerte über dem Richtwert von  $400 \text{ Bq/m}^3$  gefunden, wovon in der Messkampagne des

Winters 1997/1998 ein Wert über dem Grenzwert von 1'000 Bq/m<sup>3</sup> lag.

Abgesehen von der Grenzwertüberschreitung in einem Haus in der Gemeinde Menzingen, bestätigten sich im grossen und ganzen in den Nach- und

Kontrollmessungen die ersten Werte (vgl. Tab. 1). Die deutlich tieferen Radongaskonzentrationen bei der Nachkontrolle in jenem Haus im Winter 1998/ 1999, resp. 1999/2000, sind auf einen zwischenzeitlich erfolgten Umbau zurückzuführen.

Gemeinde	Stock	bewohnt	Rn W97/98 Bq/m <sup>3</sup>	Rn W98/99 Bq/m <sup>3</sup>	Rn W99/00 Bq/m <sup>3</sup>
Baar	0	ja	303	363	
Baar	-1	nein	<u>2004</u>	<u>1579</u>	
Baar	0	ja	<b>433</b>	268	
Baar	-1	nein	462	213	
Baar	0	ja	302	198	
Baar	-1	nein	<u>3470</u>	<u>2453</u>	
Baar	0	ja	56	27	
Baar	-1	nein	<u>2601</u>	<u>1096</u>	
Menzingen	0	ja	<b>718</b>	<b>683</b>	
Menzingen	-1	nein	<u>2123</u>	<u>1762</u>	
Menzingen	1	ja	199	149	250
Menzingen	0	ja	<u>2324</u>	<b>706</b>	<b>650</b>
Neuheim	0	ja	67	64	
Neuheim	-1	nein	<u>3741</u>	<u>2480</u>	
Neuheim	0	ja	229	274	
Neuheim	-1	nein	<u>1110</u>	<u>1238</u>	
Steinhausen	0	ja	<b>466</b>	<b>405</b>	
Steinhausen	-1	nein	866	962	
Neuheim	0	ja	<b>690</b>	73	
Neuheim	-1	nein	107	300	

■ bewohnt  
■ unbewohnt

unterstrichen: unbewohnte Räume > 1000 Bq/m<sup>3</sup>  
**fett**: bewohnte Räume > RW 400 Bq/m<sup>3</sup>  
**fett/unterstrichen**: bewohnte Räume > GW 1000 Bq/m<sup>3</sup>

**Tabelle 1:** Nach- und Kontrollmessungen in Gebäuden mit erhöhten Radongaskonzentrationen.

Für die weitere Beurteilung der Radonsituation im Kanton Zug und zur Erstellung der Radonkarte wurde die Einteilung nach Gemeinden verwendet.

Berücksichtigt werden dabei ausschliesslich Messdaten aus bewohnten Räume (vgl. Tab. 2).

Gemeinde	Einwohner	Fläche [ha]	Häuser gesamt	Häuser erfasst	Mittel [Bq/m <sup>3</sup> ]	Maximum [Bq/m <sup>3</sup> ]	> 200 Bq/m <sup>3</sup> in %	> RW in %	> GW in %
Baar	16'147	2'484	1'910	41	85	433	9.8	2.4	
Cham	10'861	1'774	1'371	45	56	306	4.4		
Hünenberg	5'641	1'844	913	23	60	225	4.3		
Menzingen	4'197	2'753	590	43	104	718*	14.0	4.7	
Neuheim	1'544	794	333	24	113	690	16.7	8.3	
Oberägeri	4'025	2'999	769	46	51	203	2.2		
Risch	5'414	1'487	677	45	63	163			
Steinhausen	7'207	504	677	24	51	466	4.2	4.2	
Unterägeri	6'151	2'557	1'065	25	39	113			
Walchwil	2'654	1'354	606	23	48	117			
Zug	21'705	2'163	2'607	59	68	254	5.1		

■ Toleranzwertüberschreitungen, Rn > 400 Bq/m<sup>3</sup> (\*nach Umbau: Rn < GW von 1000 Bq/m<sup>3</sup>)

**Tabelle 2:** Messdaten in bewohnten Räumen nach Gemeinden (Stand 2001).

### Gibt es im Kanton Zug Radongebiete?

Für die Beurteilung, ob ein Gebiet ein Radongebiet ist, wurden von der Radon Fachstelle des BAG, basierend auf den aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen, einheitliche Kriterien für die ganze Schweiz erarbeitet (Tab. 3). Durch Einbezug der Maximalwerte ergibt sich, dass jedes Gebiet mit einer

Grenzwertüberschreitung automatisch zum Radongebiet wird.

Dabei wird miteingeschlossen, dass in einem solchen Gebiet durchaus mehrere Häuser mit zu hoher Radonbelastung vorhanden sein könnten. Ob diese Annahme auch zutrifft, kann schlussendlich nur durch Messung sämtlicher Gebäude in diesem Gebiet verifiziert werden.

Arithmetisches Mittel in bewohnten Räumen	Maximalwerte in bewohnten Räumen	Radon-Gebiet
$\leq 200 \text{ Bq/m}^3$	$\leq 1000 \text{ Bq/m}^3$	Nein
$> 200 \text{ Bq/m}^3$	$> 1000 \text{ Bq/m}^3$	Ja

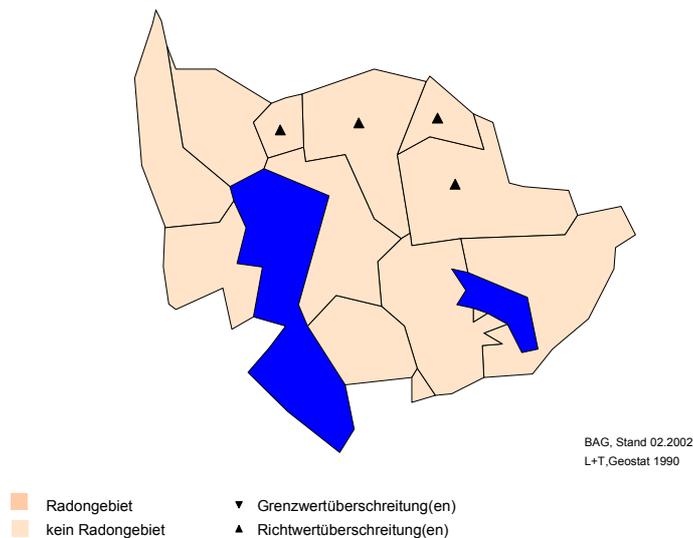
**Tabelle 3:** Vom BAG empfohlenen Kriterien für Radongebiete.

### Radonkarte des Kantons Zug

Für den Kanton Zug stellt sich natürlich die Frage, wie die einmalig gemessene Grenzwertüberschreitung in der Gemeinde Menzingen in diese Betrachtungen miteinbezogen wird. In Absprache mit dem BAG wurde unter Berücksichtigung der speziellen Lage des betroffenen Gebäudes und der spezifischen Verhältnisse vor Ort entschieden, die Grenzwertüberschreitung als isolierten und unbestätigten

Einzelwert nicht in die Gesamtbetrachtung der Gemeinde miteinzubeziehen und die Ergebnisse der Nach- und Kontrollmessung zu verwenden. Der Kanton Zug ist demzufolge nicht als Radongebiet einzustufen.

In der folgenden Detailbesprechung der Gemeinden wird dies noch ausführlicher dargelegt werden. Aus den bereinigten Resultaten ergibt sich somit die vorläufig definitive Radonkarte des Kantons Zug (Abb. 14).



**Abbildung 14:** Radonkarte des Kantons Zug.

# Detailauswertung, Risikobeurteilung

## Situation in den einzelnen Gemeinden

Von der geographischen Lage her lässt sich das Kantonsgebiet grob dreiteilen: in die „Talgemeinden“ mit der Stadt Zug, in das Ägerital und in die beiden „Berggemeinden“ Neuheim und Menzingen.

Die moderaten Mittelwerte in den Talgemeinden Zug, Walchwil, Steinhausen, Cham, Risch sowie Hünenberg mit rund 60 Bq/m<sup>3</sup> konnten erwartet werden. Baar liegt mit durchschnittlich gemessenen 85 Bq/m<sup>3</sup> jedoch leicht über dem kantonalen Durchschnitt.

Die tiefen Mittelwerte in den beiden Ägerital-Gemeinden Ober- und Unterägeri, auf dem Zuger und dem Walchwilerberg überraschen hingegen ebenso wie die erhöhten Mittelwerte und zahlreicheren Gebäude mit mehr als 200 Bq/m<sup>3</sup> in den Gemeinden Neuheim und Menzingen.

Charakteristisch von der Geologie her sind für Neuheim und Menzingen die ausgeprägten Wallmoränenlandschaften mit Hügeln und Hügelzügen.

Das Ägerital, der Zuger- und der Walchwilerberg, teilweise überdeckt durch mässige Moränen aus dem Quartär, sind hingegen geprägt durch die Ablagerung der subalpinen unteren Süsswassermolasse des Tertiärs (Tab. 4).

In den Talgemeinden finden sich Ablagerungen der oberen Süsswassermolasse des Mittellandes, teilweise ebenfalls überdeckt durch mehr oder weniger mächtige Moränen aus dem Quartär. Dazu kommen nacheiszeitliche Sedimente und Ablagerungen in Seenähe im Dreieck Cham, Baar und Zug, sowie ein recht ausgedehntes Gebiet wasserreicher glazialer Schotter entlang der Reuss in Hünenberg und Cham Nord.

Gebiet	Vorwiegende Gesteine (Quelle: J. Ammann, Geotechnik, 2002)
Ennetsee (Cham West, Hünenberg, Risch)	Molassefels, meist bedeckt von Moränen geringer Mächtigkeit (Sandsteine, Mergel, tonige Kiessande)
Cham Nord und Steinhausen Nord	Glaziale Schotter und Moräne grösserer Mächtigkeit (Kiessande, ± tonig)
Cham Ost, Steinhausen Süd und Ebene Zug - Baar	Junge See- und Flussverlandungsböden (Seetone, Schwemmsande, organische Ablagerungen (Torf, Seekreide))
Baar Nordost	Molassefels mit geringer Moräne-/Hangschuttbedeckung
Neuheim - Menzingen	Glaziale Schotter und Moräne sehr grosser Mächtigkeit
Zug Süd	Molassefels mit erheblicher Moräne- und Hangschuttüberdeckung
Walchwil - Zugerberg und Ägerital	Molassefels (USM) mit mässiger Moränenüberdeckung

**Tabelle 4:** Geologische Hauptmerkmale der Gemeinden im Kanton Zug.

Aussagen über einen Zusammenhang zwischen den hohen Radongaskonzentrationen in Gebäuden und der Geologie vor Ort sind schwierig. Voraussetzung ist, abgesehen von allen baulichen Aspekten, neben einer schwach durchlässigen Deckschicht und einer für das Radongas gut durchlässigen Schicht darunter, natürlich auch eine durchlässige Beschaffenheit der noch weiter unten liegenden Gesteinsschichten.

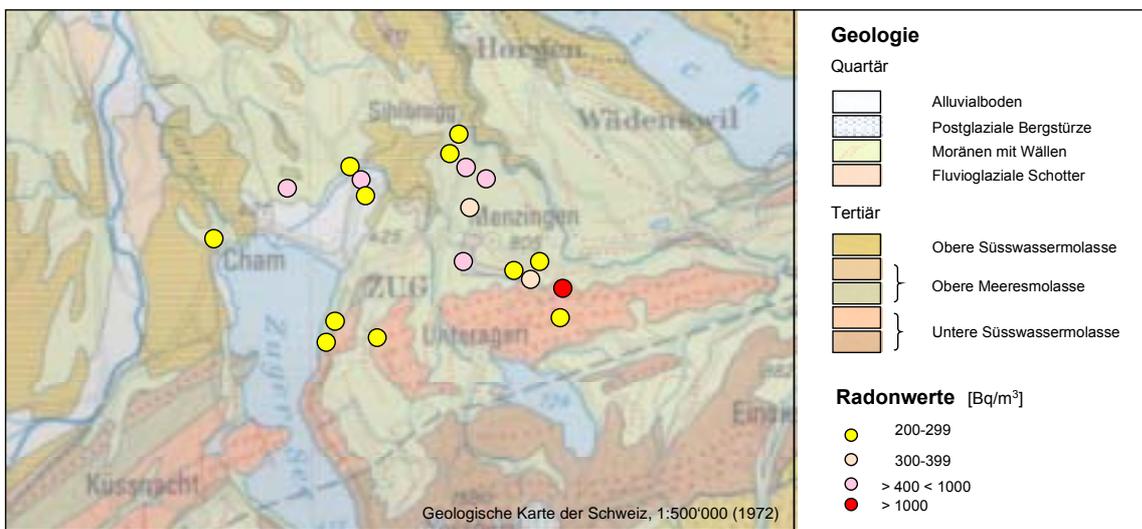
Radon findet seinen Weg durch feinste Poren und Spalten oder entlang von Klüften, Karst- oder Höhlensystemen. Oft können in unmittelbarer Nachbarschaft die geologischen Voraussetzungen so stark ändern, dass in einem Gebäude sehr hohe, in einem anderen durchaus normale Konzentrationen gemessen werden. Die Zusammensetzung der Deckschichten kann dabei eine grosse Rolle spielen.

Unterlegt man die höchsten Messwerte aus bewohnten Räumen mit mehr als 200 Bq/m<sup>3</sup> mit der Karte des Kantonsgebietes, sieht man tendenziell, dass in den beiden Berggemeinden Menzingen und Neuheim, entsprechend den leicht höheren Mittelwerten von über 100 Bq/m<sup>3</sup>, auch vereinzelt mit höheren Maximalwerten zu rechnen ist. Vergleicht man dies mit der geologischen Karte des Kantons, wäre es durchaus denkbar, dass eine etwas grössere Permeabilität im Bereich der glazialen Schotter und der mächtigen Walmoränen in diesen Gebieten für das Auftreten der erhöhten Radongaskonzentrationen in einer grösseren Anzahl von Gebäuden ausschlaggebend ist (Abb. 15).

Im Gegensatz dazu lassen die verhältnismässig tiefen Werte im Ägerital sowie auf dem Zuger- und Walchwilerberg von durchschnittlich weniger als 50 Bq/m<sup>3</sup> auf eine kompaktere Zusammensetzung der Molasseschichten mit geringeren Permeabilitäten schliessen.

Vereinzelt auftretende höhere Werte in den Talgemeinden müssen lokal betrachtet und im Bedarfsfall spezifisch vor Ort analysiert werden.

Die im Winter 1997/1998 in der Gemeinde Menzingen beobachtete Grenzwertüberschreitung ist als Spezialfall zu betrachten und wird im folgenden Abschnitt eingehender besprochen.

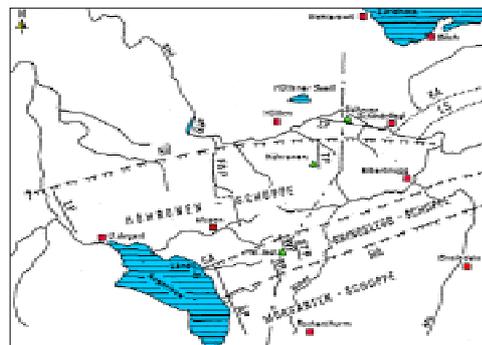


**Abbildung 15:** Geologie Kanton Zug und gemessene Radonwerte > 200 Bq/m<sup>3</sup>.

### Menzinger Kohlenbergwerke

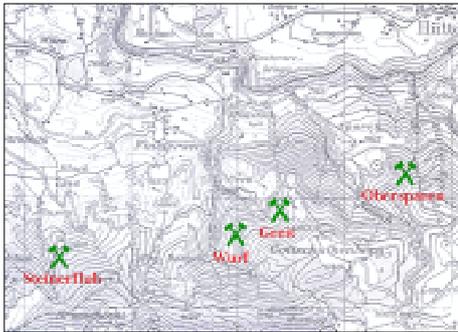
Die erste Entdeckung des Kohlevorkommens auf dem Gemeindegebiet von Menzingen liegt im Dunkeln. Eher zufällig wieder entdeckt wurde es 1835 vom Theologen Kaspar Josef Staub.

In einer wechselvollen Geschichte mit verschiedenen Besitzwechseln, Konkursen und wenig Kohleförderung wurden im Gebiet Steinerfluh, Wurf, Greit und Obersparen von 1835 bis 1943 insgesamt vier Gruben von Ost nach West in die untere Süsswassermolasseablagerung der Höhrönen-Schuppe in den Berg hineingebaut (Abb. 16 und 17).



**Abbildung 16:** Gebiet Höhrönen-Schuppe (Quelle: S. Schlanke, 1974).

Beim Kohlevorkommen handelt es sich um ein einheitliches Flöz, das sich ca. 25° gegen den Berg absenkt und eine Mächtigkeit von 15 bis 20 m aufweist und nur über den Bau von Stollen zugänglich gemacht werden konnte (Abb. 18). Entsprechend teuer gestaltete sich die Förderung, was dazu führte, dass abgesehen von einigen wenigen Jahren in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts nie ein geregelter Abbau erfolgte.



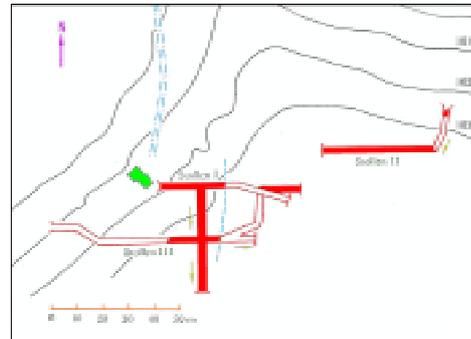
**Abbildung 17:** Menzinger Kohlenbergwerke (Quelle: K. Landtwing, 1997).

Mit der Schliessung eines neuen Versuchsstollens wurden 1943 die Arbeiten in den verschiedenen Gruben endgültig eingestellt. Doch noch heute sind zumindest gewisse Bereiche der Menzinger Kohlenbergwerke zugänglich und können unter Führung auch besucht werden.

Im oberen Oligozän des Tertiärs begann die Zeit der Nagelfluhablagerung. Riesige Schuttfächer, darunter auch die für dieses Gebiet massgebende Höronenschüttung, wurden von den Alpen aufgeschüttet. Am Alpenrand bildeten sich aus den zur Ablagerung gelangenden Kiesen die Nagelfluhkomglomerate. Durch Sortierprozesse kommen jedoch auch Bereiche mit tonigen Mergeln, d.h. eher feinem Korn vor. Das Vorkommen von Kohlenflözen —sogenannte Pechkohlen— wird als durchaus bedeutsam für diese Zeit beschrieben. Diese „Molassekohlen“ sind Braunkohlen, die durch starken Gebirgsdruck zu steinkohlenartiger Qualität veredelt worden sind.

Kommt traditionelle Bergbautechnik mit langen Grubenstollen und -hohlräumen und uranhaltiges Gestein zusammen, sind die Voraussetzungen nahezu ideal für das Auftreten hoher Radongaskonzentrationen. Wird in ein solches Gebiet hineingebaut, besteht das Risiko, dass direkt über Klüfte und Spalten im

Untergrund radonreiche Bodenluft in die neuen Gebäude gelangen kann. Je nach Bauweise können so in bewohnten Räumen hohe Radongaskonzentration resultieren. Ist der Uran Gehalt nicht allzu gross, bleibt das Problem, im Gegensatz z. B. zum Erzgebirge, noch einiger-massen einfach beherrschbar.



**Abbildung 18:** Grubenplan Bergwerk Sparrenweid (Quelle: K. Landtwing, 1997).

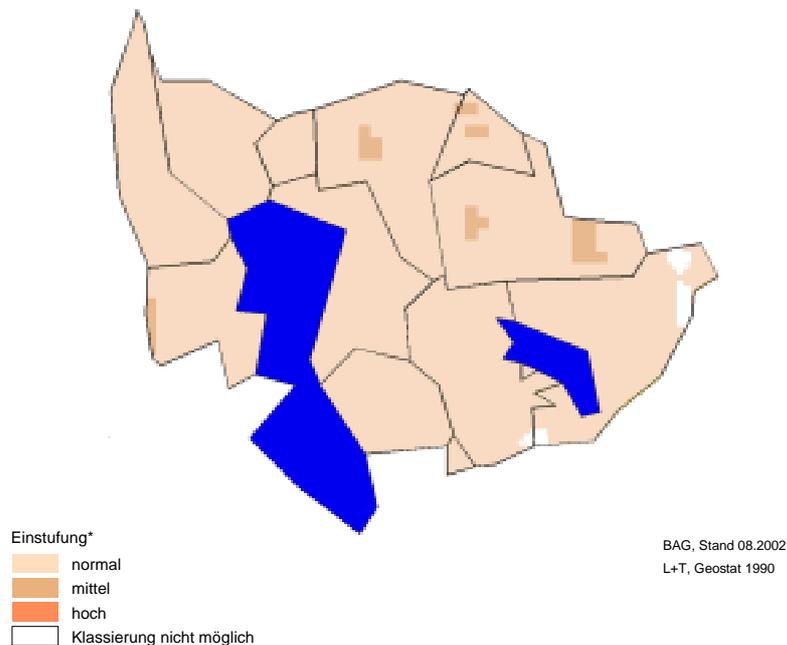
Die mit 2'324 Bq/m<sup>3</sup> bisher höchste im Kanton Zug in einem bewohnten Raum gemessene Radongaskonzentration wurde in einem von der Lage her isolierten Gebäude im Gebiet dieser Menzinger Kohlebergwerke gefunden.

Ob und wie stark ein direkter Zusammenhang besteht zwischen Radon und dem Bergwerk konnte im Rahmen dieses Projektes nicht näher abgeklärt werden. Durch den Umbau des Hauses wurde die Radongaskonzentration vor Ort aber auf ein für die BewohnerInnen akzeptables Mass gesenkt.

Wie bereits ausgeführt, wurde für das ganze Gebiet der Gemeinde Menzingen aufgrund dieser speziellen Gegebenheiten entschieden, den unbestätigten Einzelwert nicht in die Gesamtbetrachtung miteinzubeziehen und auf die Ausscheidung von Menzingen als Radongebiet zu verzichten.

### Risikobeurteilung

Aufgrund der Radondaten des Kantons Zug erstellte die Uni Lausanne im Auftrag des BAG und des Kantons, basierend auf einem komplexen geostatistischen Modell, mittels Vorhersage- und Simulationstechniken eine erste Risikokarte für das Auftreten erhöhter Radongaskonzentrationen im Kanton Zug (Details siehe unter Referenzen).



**Abbildung 19:** Radon-Risikokarte Kanton Zug.

Der Karte ist zu entnehmen, dass im Kanton Zug das Risiko insgesamt als gering bezeichnet werden kann, in einem Gebäude wohnen oder arbeiten zu müssen, in dem mit erhöhten Radongaskonzentrationen zu rechnen ist (siehe die entsprechende Einstufung praktisch des gesamten Kantonsgebietes als „normales“ Risiko analog der Gesamtsituation im Schweizer Mittelland).

Aus den Messdaten hat sich aber weiter ergeben, dass in einzelnen kleineren Gebieten der Gemeinden Baar, Neuheim und Menzingen dennoch mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit damit gerechnet werden muss, bei Messungen leicht erhöhte Radonwerte zwischen 100 und 200 Bq/m<sup>3</sup> zu erhalten.

Der Streifen „mittleren“ Risikos entlang der Grenze der Gemeinde Risch zum Kanton Luzern dürfte auf einzelne erhöhte Radonwerte in den benachbarten Gemeinden zurückzuführen sein,

die in die Risikoermittlung für den Kanton Zug miteingeflossen sind. An und für sich zeigen die Messungen in der Gemeinde selber keine erhöhten Radongaskonzentrationen in den Gebäuden.

Aufgrund der beschriebenen speziellen Situation beim Radon mit der spezifischen Abhängigkeit sowohl gegenüber der lokalen Bodenbeschaffenheit als auch gegenüber der allgemeinen geologischen Lage, ist jedoch auch im Mittelland mit dem Auftreten einzelner Radon „Hot Spots“, d.h. mit einzelnen Richt- oder Grenzwertüberschreitungen zu rechnen.

Im folgenden Kapitel finden sich einige wichtige Tips und Ratschläge für den Umgang mit der Radonsituation im Kanton Zug.

\*Einstufung: normal: <100 Bq/m<sup>3</sup>; mittel: 100 – 200 Bq/m<sup>3</sup>; hoch: >200 Bq/m<sup>3</sup>

# Empfehlungen

## Was bedeuten die vorliegenden Radon­daten für den Kanton Zug?

Die einzelnen Höchstwerte als auch die Gemein­demit­telwerte geben ebensowenig, wie die erfolgte Risiko­abschätzung, Anlass für den Kanton Zug die Radon­problematik als dringlich einzustufen.

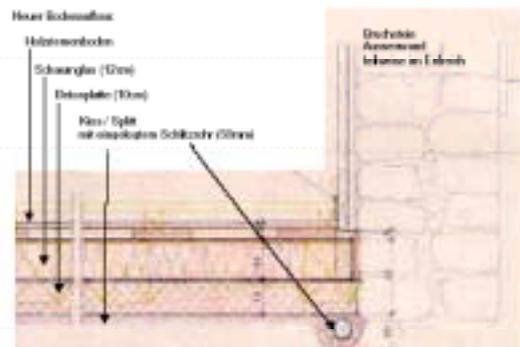
Die geologischen Gegebenheiten sind vergleich­bar mit weiten Teilen des übrigen Mittellandes. Er­höhte Radongaskonzentrationen in Häusern sind, wie aufgezeigt, zwar nicht gänzlich auszuschliessen, jedoch ist deren tatsächliches Auftreten als sehr unwahrscheinlich einzustufen.

Abhängig von der örtlich begrenzten Oberflächen­geologie sind dennoch einzelne Ausschläge nach oben möglich. Selbst ein einzelnes Gebäude wird so zu einem kleinen, örtlich sehr begrenzten Radon­gebiet. Nur eine Messung kann schlussendlich Klarheit bringen. Diese kostet bei einem anerkannten Privatlabor rund Fr. 70.- und dauert ca. 3 Monate. Seit 1995 wurden der Kontaktstelle verschiedentlich die Ergebnisse solcher Messungen mitgeteilt. Bisher lagen alle immer im Bereich der unproblematischen Gemein­demit­telwerte.

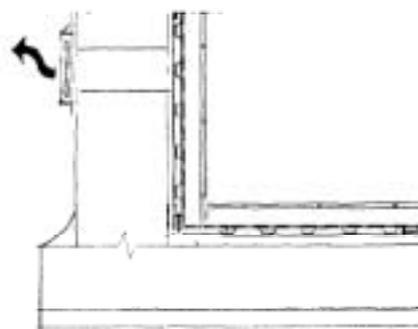
Laut Art. 111 Abs. 2 der Strahlenschutzverordnung (StSV) können Messungen durch die Eigentümerinnen und die Eigentümer oder durch jede andere betroffene Person veranlasst werden. Da der Kanton Zug jedoch nicht als Gebiet mit erhöhten Radongas­konzentrationen eingestuft wird, ist es ohne weitere Anhaltspunkte allerdings nicht möglich durch amtliche Anordnung nach Abs.3 von Art.111 StSV eine Messung vornehmen zu können.

Sollten sich wider Erwarten einzelne Grenzwert­überschreitungen ergeben, muss die Eigentümerin oder der Eigentümer auf Gesuch der Betroffenen nach Art. 113 StSV innerhalb von drei Jahren die erforderlichen Sanierungen vornehmen. Bei unbe­nütztem Ablauf der Frist oder bei Weigerung ordnen die Kantone die erforderlichen Sanierungen an und bestimmen für die Durchführung eine Frist von längstens drei Jahren nach der Dringlichkeit des Ein­zelfalls. Die Sanierungskosten gehen zu Lasten der Eigentümer.

Das BAG hat verschiedene günstige Sanierungs­methoden evaluiert, die es erlauben, mit wenig Auf­wand eine effiziente Reduktion der Radonwerte zu erzielen. Auch im Falle von Richtwertüberschreitungen empfiehlt sich bei Umbauten und Renovationen eine Sanierung der Radonsituation.



**Abbildung 19:** Sanierung, z. B. mittels kombiniertem Radon-, Wärme- und Feuchteschutz (Quelle BAG 2000).



**Abbildung 20:** Sanierung, z. B. mit Aussenventilator und Absaugen des Radons (Quelle BAG 2000).

## Präventions- und Sanierungsmassnahmen: Technische Dokumentation

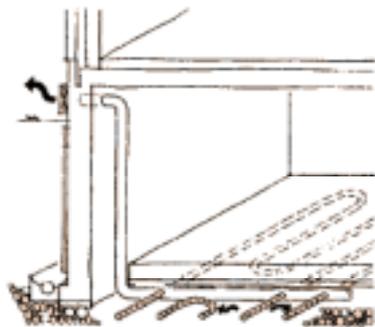
Mit einem Architekten-Mailing und insgesamt 4 In­formationsbroschüren für radongerechtes Bauen wurden 1998 die hauptverantwortlichen Baufach­leute direkt von BAG angesprochen. Hauptziel war es aufzuzeigen, dass sich das Radonproblem mit vernünftigem Aufwand in den Griff bekommen lässt (Abb. 19 und 20).

Mit Herausgabe einer technischen Dokumentation für Baufachleute, Gemeinden, Kantone, Hauseigentü­merinnen und Hauseigentümer Anfang 2000 hat das

BAG die richtungweisende Voraussetzung geschaffen, die Radonbelastung in Neubauten präventiv und in bestehenden Gebäuden durch bauliche Massnahmen zu eliminieren. Die Fragen des Radon-schutzes von Aufenthaltsräumen betreffen

- Neubauvorhaben
- Sanierungs- und Renovationsprojekte
- bestehende Gebäude mit Radonbelastungen von mehr als 1'000 Bq/m<sup>3</sup>.

Bei Neubauvorhaben lassen sich die angemessenen Präventionsmassnahmen klar zuordnen. Sie sind auch bei anspruchsvollen Bauvorhaben verhältnismässig bescheiden (z. B. Abb. 21 und 23).



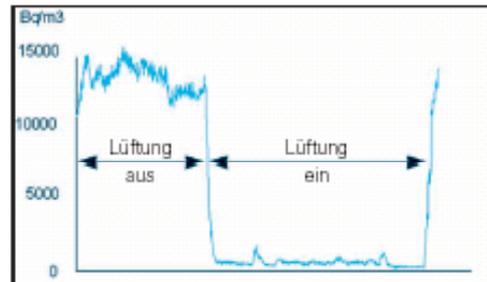
**Abbildung 21:** Vorbeugen, z. B. mit Drainagen in Radongebieten (Quelle BAG 2000).

Bei Sanierungen ist es oft unumgänglich Alternativen zu prüfen und der Sanierungserfolg kann im ersten Anlauf ungewiss sein. Vielleicht kann bereits das Aufsperrern oder Abdichten bestehender Lüftungsöffnungen Erfolg bringen, allerdings garantieren auch aufwendigere Abluftsysteme nicht immer den Erfolg. Die Strategien zum Schutz vor Radon für Neubauten, wie für die Sanierung bestehender Gebäude, umfassen:

- die Ausgangslage klären (Radonsituation, Sanierungsbedarf, Grundwasser etc.)
- Konzeptionelle Massnahmen (z. B. keine Wohnräume im UG, Leitungsführung usw.)
- Abdichten (dichte Baukonstruktion bei Neubauten, durch Abdichten gegen das Erdreich hin oder gegen radonbelastete Räume Eindringen von Radon verhindern)

- Weglüften von Radon (mit geeigneten Öffnungen oder Leitungssystemen Radon aus dem Haus abführen, verdrängen oder gezielt weglüften).

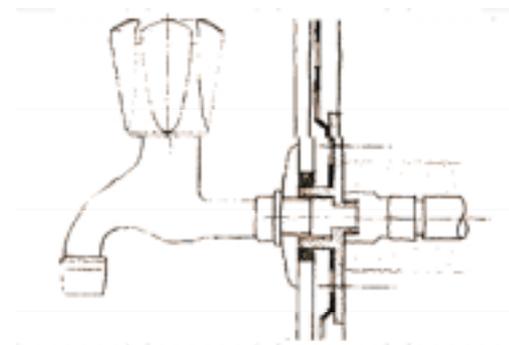
Ohne Überprüfung durch eine Messung erhält man nie Gewissheit, ob die getroffenen Massnahmen tatsächlich zum Ziel geführt haben (Abb. 22).



**Abbildung 22:** Erfolgskontrolle (Quelle BAG 2000).

In Gegenden, wie dem Kanton Zug, die messtechnisch nicht als Radongebiete definiert werden, kann hinsichtlich allgemeiner Radonproblematik, wie gesehen, entwarnt werden.

Ein einzelnes Haus in einem Quartier gleichartiger Häuser kann aber dennoch hohe Radongaskonzentrationen aufweisen, während alle Nachbarhäuser unbelastet sind. Es ist deshalb angezeigt, auch in Gebieten mit geringer Radonbelastung gemäss Empfehlungen des BAG die Grundregeln für ein radonsicheres Bauen einzuhalten (Abb. 23).



**Abbildung 23:** Vorbeugen, z. B. mit fachgerechter Abdichtung bei Durchstossungen (Quelle BAG 2000).

Messungen in Neubauten sind sinnvoll, darüber hinausgehende spezifische Radonschutzvorkehrungen (mit gewissen Ausnahmen im konzeptionellen Bereich zur Optimierung der Drucksituation im Hausinnern) jedoch nicht erforderlich.

Bei bestehenden Gebäuden wird auch für Nicht-Radongebiete eine Messung empfohlen.

### **Thema Bauvorschriften, Baureglemente und Baugesuche**

Während in verschiedenen Kantonen mit Radongebieten bereits Anpassungen nach Art. 114 StSV bei den gesetzlich vorgegebenen Bauvorschriften veranlasst wurden, rechtfertigt es nach Ansicht der Radonkontaktstelle die Situation im Kanton Zug

nicht, neue Bestimmungen für radonsicheres Bauen in die bestehenden Baugesetze und -verordnungen einzuführen.

Es wird jedoch anzustreben sein, dass Baudossiers generell Informationen zum Radon enthalten und entsprechend der technischen Dokumentation des BAG oder der SIA Norm 180 Auflagen betreffend Radon in der Baubewilligung verfügt werden.

Damit sind bauliche Massnahmen nicht an gesetzliche Bestimmungen gekoppelt und können nach Stand der Technik ohne Änderung von Reglementen der Entwicklung angepasst werden.

Die Radonkontaktstelle wird zu Händen der zuständigen Baubehörden des Kantons und der Gemeinden entsprechende Empfehlungen abgeben.

## **Ausblick**

### **Abschluss Radonkataster Schweiz**

Das BAG rechnet, dass bis Ende 2004 die Radonkarte der Schweiz praktisch vollständig vorliegen wird.

### **Ausbildung und Weiterbildung der Baufachleute als zukünftiger Schwerpunkt**

Mit der Ausscheidung der Radongebiete müssen alle belasteten Gebäude in diesen Gebieten erfasst und sukzessive saniert werden.

Mit der technischen Dokumentation sind die Voraussetzungen für bauliche Massnahmen zur Reduktion der Radongaskonzentration vorhanden.

Für den Kanton Zug werden auch ohne spezifisches Radonproblem die Grundregeln für ein radonsicheres Bauen einzuhalten sein. Auch aus diesem Grund werden Aus- und Weiterbildungsangebote über Radon an Wichtigkeit zunehmen.

### **Messungen in Schulen und Neubauten**

Bei bisherigen Messungen von öffentlichen Gebäuden fanden sich auch erhöhte Radongaskonzentrationen in Schulen und Kindergärten. Das BAG empfiehlt deshalb, noch vermehrt in Kindergärten und Schulhäusern zu messen.

Im Kanton Zug wurden bisher rund 10 Schulen oder Kindergärten ausgemessen, wobei der Mittelwert in den „bewohnten“ Räumen mit ca. 80 Bq/m<sup>3</sup> leicht über dem kantonalen Durchschnitt aller Gebäude lag.

Die Radonkontaktstelle beabsichtigt die Empfehlung des BAG mit diesem Bericht an die Schulbehörden des Kantons und der Gemeinden weiterzugeben. Mit geringen Kosten und wenig Aufwand kann die Radonsituation vor Ort in den Schulgebäuden und in den Kindergärten abgeklärt werden.

24. Februar 2003 / AfL Zug



Copyright © 2001 by Karl Baer, Menzingen

**Moränenlandschaft**  
**Menzingen / Finstersee - Ziegelhütte / Schöneegg**

# Referenzen

AfL Zug; Radon-Messungen im Kanton Zug, Zwischenbericht der kantonalen Radonkontaktstelle (1998).

Ammann, J.; Menzinger Kohlenbergwerke, Unterlagen zum Anlass der GEP-Ortsgruppe Zug (1998).

BAG; „Radonprogramm Schweiz RAPROS, Bericht über die Jahre 1987-1991, Bundesamt für Gesundheit, Abteilung Strahlenschutz (1992).

BAG; Radon-Jahresberichte 1995 bis 2002 Bundesamt für Gesundheit, Abteilung Strahlenschutz, Fach- und Informationsstelle Radon (bis 2003).

Geologische Karte der Schweiz; 1:500'000, Herausgeber Schweiz. Geologische Kommission (1972).

Kasnevski, M. und Maignan, M.; Cartography of Indoor Radon in Switzerland (Research in Progress), IDIAP Martigny und UNI Lausanne (2002).

Koenig, M. A.; Kleine Geologie der Schweiz, Ott Verlag, Thun und München (1972).

Landtwing, K.; Kohlenbergbau am Höhrönen, Schweiz. Gesellschaft für historische Bergbauforschung (1997).

Schlanke, S.; Geologie der Subalpinen Molasse zwischen Biberbrugg SZ, Hütten ZH und Aegerisee ZG, Schweiz, Verlag Birkhäuser, Basel (1974).

SIA Norm 180: Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau (1999).

# Anhang

## Anhang A Kontakte und Unterlagen

### A.1 Die Radonfachstelle des Bundes und die kantonale Radonkontaktstelle

#### Fach- und Informationsstelle Radon des Bundes

Das Bundesamt für Gesundheit BAG ist für alle Radonmassnahmen auf nationaler Ebene zuständig. Zu diesem Zweck hat das BAG eine „Fach- und Informationsstelle Radon“ eingerichtet. Sie

- berät bei Messungen, Sanierungen und bei der Planung von Neubauten
- informiert über die Radonproblematik in der Schweiz
- koordiniert die Radonaktivitäten in der Schweiz.

Bundesamt für Gesundheit  
Abteilung Strahlenschutz  
Fach- und Informationsstelle Radon  
3003 Bern  
Telefon 031 324 68 80  
Fax 031 322 83 83  
E-Mail: radon@bag.admin.ch  
www.ch-radon.ch

#### Radonkontaktstelle des Kantons Zug

Die Kantone haben mit der Einführung der neuen Strahlenschutzverordnung StSV folgende Aufgaben erhalten:

- sie sorgen dafür, dass auf ihrem Gebiet genügend Radonmessungen durchgeführt werden, damit die Gebiete mit erhöhten Radongaskonzentration festgestellt werden können
- sie bestimmen aufgrund der Messungen, welche Gebiete als Radongebiete zu bezeichnen sind
- sie erlassen Bauvorschriften, damit Grenz- und Richtwerte eingehalten werden
- sie ordnen auf Gesuch hin Messungen oder Sanierungen an
- sie führen in öffentlichen Gebäuden selbst Messungen und Sanierungen durch
- sie kontrollieren nach Beendigung der Bauarbeiten stichprobenweise, ob die Grenzwerte eingehalten sind
- sie gewähren jeder Person Einsicht in die Radongebietspläne des Kantons
- sie informieren im Kanton über die Radonsituation.

Amt für Lebensmittelkontrolle  
Kantonale Radonkontaktstelle  
6312 Steinhausen  
Telefon 041 747 33 77  
Fax 041 747 33 78  
E-Mail: info.afl@gd.zg.ch  
www.zug.ch/afl

## A.2 Drucksachen, Infomaterial

<b>Radon-Informationen zu einem strahlenden Thema</b> Kurzportrait der Entstehung und Ausbreitung des Radongases; Angaben zu Richt- und Grenzwerten, zur Radonentstehung und deren gesundheitlichen Auswirkungen	311.341.d gratis
<b>Radioaktivität und Strahlenschutz</b> Allgemeine Informationen zum obigen Thema	311.322.d gratis
<b>CD Rom Radon</b> Audiovisuelle, interaktive Darstellung der Radonproblematik.	311.345.d
<b>Photo-CD Radon</b> Photos von Sanierungsmassnahmen zur Radonminderung, Analyse und messtechnische Erfassung von Radon	311.343
<b>Radon: technische Dokumentation</b> Für Baufachleute, Gemeinden und Hauseigentümer; mit zahlreichen Anleitungen zum Radonschutz bei Neubauten und Sanierungen	311.346.d
<b>Radon: Ein Thema für den Liegenschaftshandel</b> Das Wichtigste, was mit dem Verkauf und dem Kauf einer Liegenschaft in Bezug auf Radon zu tun hat.	311.347.d
<b>Wanderausstellung</b>	auf Anfrage beim BAG
<b>Anschauungsmodelle „Sanierungen“</b>	auf Anfrage beim BAG
<b>Ausbildung: Basiskurs Radon</b>	auf Anfrage beim BAG

### Bestelladressen

BBL/EDMZ  
3003 Bern  
Telefon 031 325 50 50  
Fax 031 325 50 58  
[www.bbl.admin.ch](http://www.bbl.admin.ch)

Bundesamt für Gesundheit  
Fach- und Informationsstelle Radon  
3003 Bern  
Telefon 031 324 68 80  
Fax 031 322 83 83  
E-Mail: [radon@bag.admin.ch](mailto:radon@bag.admin.ch)  
[www.ch-radon.ch](http://www.ch-radon.ch)

**Auszug aus der Verordnung vom 22. Juni 1994 über den Strahlenschutz**

**3. Abschnitt: Erhöhte Radonkonzentrationen**

Art. 110 Grenzwerte und Richtwert

- 1 Für Radongaskonzentrationen in Wohn- und Aufenthaltsräumen gilt ein über ein Jahr gemittelter Grenzwert von 1'000 Becquerel pro Kubikmeter (Bq/m<sup>3</sup>).
- 2 Für Radongaskonzentrationen im Arbeitsbereich gilt ein über die monatliche Arbeitszeit gemittelter Grenzwert von 3'000 Bq/m<sup>3</sup>.
- 3 Ist eine beruflich strahlenexponierte Person bei der Ausübung ihres Berufes zusätzlich Radongaskonzentrationen von über 1'000 Bq/m<sup>3</sup> ausgesetzt, so ist die durch Radon zusätzlich akkumulierte Dosis bei der Berechnung der zulässigen Jahresdosis nach Artikel 35 mitzubersichtigen.
- 4 Bei Neu- und Umbauten (Art. 114) sowie bei Sanierungen (Art. 113 und 116) gilt ein Richtwert von 400 Bq/m<sup>3</sup>, soweit dies mit einfachen baulichen Massnahmen erreicht werden kann.

Art. 111 Messungen

- 1 Die Radongaskonzentration muss durch anerkannte Messstellen ermittelt werden.
- 2 Messungen können durch den Eigentümer oder jede andere betroffene Person veranlasst werden.
- 3 Wenn eine Messung nicht nach Absatz 2 erfolgt, wird sie auf Gesuch des Betroffenen durch die Kantone angeordnet. Die Kantone sorgen dafür, dass das Resultat der Messung dem Betroffenen mitgeteilt wird.
- 4 Als Betroffene gelten Personen, bei denen Anhaltspunkte bestehen, dass die Grenzwerte infolge Aufenthalts in Räumen oder Bereichen nach Artikel 110 überschritten sind. Dies gilt insbesondere für Personen, die sich in Gebieten mit erhöhten Radongaskonzentrationen nach Artikel 115 aufhalten.
- 5 Die Benützer von Gebäuden müssen die Räume für Messungen zugänglich machen.
- 6 Die Kosten der durch die Kantone angeordneten Messungen gehen zu Lasten des Eigentümers.

Art. 112 Anerkennung und Pflichten von Messstellen

- 1 Die Messstellen werden durch das BAG anerkannt, wenn das vorgesehene Messsystem dem Stand der Technik entspricht und an nationale oder internationale Normale angeschlossen ist (Rückführbarkeit).
- 2 Die Rückführbarkeit wird im Einzelfall durch das EAM festgelegt und durch eine von ihm anerkannte Stelle überprüft.
- 3 Die Messstellen sind verpflichtet, die Resultate der Messungen der zuständigen kantonalen Stelle mitzuteilen.

#### Art. 113 Schutzmassnahmen

- 1 Auf Gesuch eines Betroffenen muss der Eigentümer bei einer Überschreitung des Grenzwertes nach Artikel 110 die erforderlichen Sanierungen innerhalb von drei Jahren vornehmen.
- 2 Bei unbenutztem Ablauf der Frist oder bei Weigerung des Eigentümers ordnen die Kantone die erforderlichen Sanierungen an. Sie bestimmen für die Durchführung der Sanierungen eine Frist von längstens drei Jahren nach der Dringlichkeit des Einzelfalls.
- 3 Die Kosten der Sanierungen gehen zu Lasten des Eigentümers.
- 4 Vorbehalten bleiben Sanierungsmassnahmen, welche durch die SUVA nach dem Unfallversicherungsgesetz getroffen werden.

#### Art. 114 Bauvorschriften

- 1 Die Kantone treffen die notwendigen Massnahmen, damit Neu- und Umbauten so erstellt werden, dass der Grenzwert von 1'000 Bq/m<sup>3</sup> nicht überschritten wird. Sie sorgen dafür, dass mit geeigneten baulichen Massnahmen angestrebt wird, dass die Radongaskonzentration den Richtwert von 400 Bq/m<sup>3</sup> nicht überschreitet.
- 2 Nach Beendigung der Bauarbeiten kontrollieren die Kantone stichprobenweise, ob der Grenzwert eingehalten wird.

#### Art. 115 Radongebiete

- 1 Die Kantone sorgen dafür, dass auf ihrem Gebiet eine genügende Anzahl von Messungen durchgeführt wird.
- 2 Sie bestimmen die Gebiete mit erhöhten Radongaskonzentrationen und passen diese aufgrund der Daten der Messungen laufend an.
- 3 Die Kantone sorgen dafür, dass in Gebieten mit erhöhten Radongaskonzentrationen in einer genügenden Anzahl von Wohn-, Aufenthalts- und Arbeitsräumen in öffentlichen Gebäuden Messungen durchgeführt werden.
- 4 Die Pläne der Gebiete mit erhöhten Radongaskonzentrationen können von jeder Person eingesehen werden.

#### Art. 116 Sanierungsprogramme

- 1 In Gebieten mit erhöhten Radongaskonzentrationen legen die Kantone die zu treffenden Sanierungsmassnahmen fest für Räume, in denen der Grenzwert nach Artikel 110 Absatz 1 überschritten ist.
- 2 Sie bestimmen die Frist, innerhalb welcher die Sanierungsmassnahmen durchzuführen sind, entsprechend der Dringlichkeit des Einzelfalls und der wirtschaftlichen Tragbarkeit.
- 3 Die Sanierungsmassnahmen müssen bis spätestens 20 Jahre nach dem Inkrafttreten dieser Verordnung durchgeführt sein.
- 4 Die Sanierungsmassnahmen gehen zu Lasten der Eigentümer.

#### Art. 117 Information

- 1 Die Kantone übergeben dem BAG die Pläne mit den Radongebieten spätestens zehn Jahre nach dem Inkrafttreten dieser Verordnung.
- 2 Sie informieren das BAG regelmässig über den Stand der Sanierungen.

Art. 118 Fach- und Informationsstelle Radon

- 1 Das BAG betreibt eine Fach- und Informationsstelle Radon.
- 2 Es nimmt dabei folgende Aufgaben wahr:
  - a. Es macht regelmässig zusammen mit den Kantonen Messempfehlungen und Messkampagnen;
  - b. Es berät Kantone, Hauseigentümer und weitere Interessierte bei Radonproblemen;
  - c. Es informiert die Öffentlichkeit regelmässig über die Radonproblematik in der Schweiz;
  - d. Es berät die betroffenen Personen und interessierten Stellen über die geeigneten Schutzmassnahmen;
  - e. Es evaluiert regelmässig die Auswirkungen der Massnahmen;
  - f. Es kann Untersuchungen über Herkunft und Wirkung des Radons durchführen;
  - g. Es gibt den Kantonen regelmässig einen Überblick über die ihm nach Artikel 115 gemeldeten Radongebiete;
- 3 Das BAG stellt den Kantonen auf Gesuch die bisher gesammelten Messdaten zur Verfügung.
- 4 Das BAG kann Ausbildungskurse durchführen.

## Anhang C Radonkataster Kanton Zug

### Kanton Zug Radon-Messungen

1: 100'000

AfL Zug, Stand Februar 2003

Pixelkarte mit Bewilligung L+T Vertrag 23014

# Kanton Zug Radon-Messungen

1:100'000

Legende

- 0 - 49 Bq/m<sup>3</sup>
- 50 - 99 Bq/m<sup>3</sup>
- 100 - 149 Bq/m<sup>3</sup>
- 150 - 199 Bq/m<sup>3</sup>
- 200 - 299 Bq/m<sup>3</sup>
- 300 - 399 Bq/m<sup>3</sup>
- 400 - 999 Bq/m<sup>3</sup>
- > 1000 Bq/m<sup>3</sup>

