

Zeitschrift: Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz = Radioactivité de l'environnement et doses de rayonnements en Suisse = Radioattività dell'ambiente e dosi d'irradiazione in Svizzera

Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit, Abteilung Strahlenschutz

Band: - (1998)

Rubrik: Radon

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 26.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

2. Radon

W. Gfeller, M. Dipaoloantonio, G. Piller, J. Rodriguez, G.-A. Roserens, W. Zeller

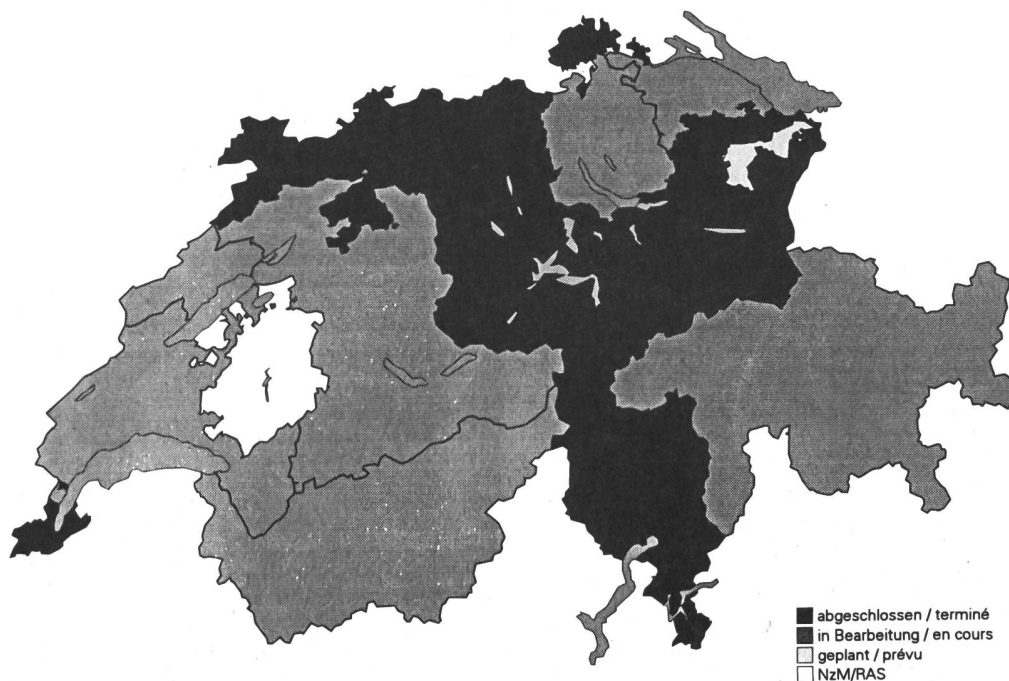
Bundesamt für Gesundheit
Abteilung Strahlenschutz, Radon und Abfälle, 3003 BERN

2.1 Einleitung

Die Realisierung des Radonkatasters kommt sehr gut voran. Im Winter 1997/98 haben die Kantone über 16 000 Messungen durchgeführt. Die Kantone AG, AI, BL, BS, GE, GL, JU, OW, NW, SG, SH, SO, SZ, TI und UR haben das Radonkataster abgeschlossen oder sind im Begriff, die letzten Kontrollmessungen vorzunehmen. Der Kanton AR beginnt 1999 mit den Messkampagnen, so dass nur noch FR das steigende Interesse an der Radonproblematik im Wohnbereich nicht wahrnimmt.

Bis heute sind rund 1300 Richtwert- und 400 Grenzwertüberschreitungen bekannt, die sich hauptsächlich in den Alpen und Jura-Regionen befinden. Es wurden aber auch vereinzelt hohe Werte im Mittelland gefunden. Aus der repräsentativen Verteilung der Radonkonzentrationen in bewohnten Räumen ergibt sich für die Schweiz ein arithmetisches Mittel von 75 Bq/m^3 .

Die Kantone Tessin, Jura, Bern und Solothurn haben sich mit der Thematik der Bauvorschriften befasst. In vielen Kantonen scheinen diesbezüglich keine grossen Änderungen der Baureglemente nötig. Die Aufnahme einer Auflage im Baugesuch oder ein Verweis auf die Strahlenschutzverordnung genügen in vielen Fällen.

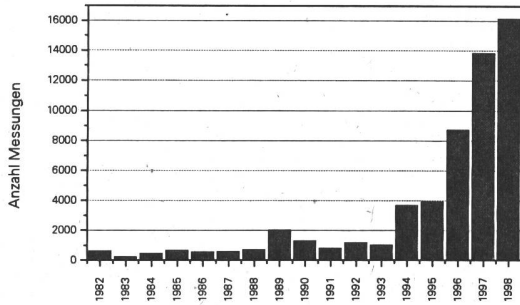


Stand des Katasters per Ende 1998
(NzM/RAS= Nichts zu melden / Rien à signaler)

2.2 Radon-Messungen

Radonkataster

Bis auf Freiburg und Appenzell Ausser rhoden haben alle Kantone das Radonkataster in Angriff genommen. Die Anzahl durchgeführter Messungen erreichte im Winterhalbjahr 1997/98 vermutlich ein Maximum mit über 16 000 Messungen (Figur 1) in 16 Kantonen.

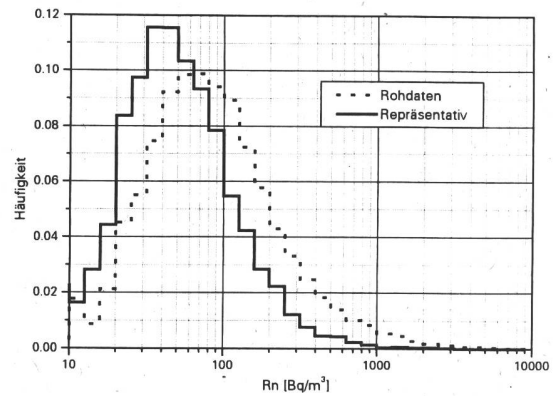


Figur 1: Anzahl abgeschlossener Messungen pro Jahr

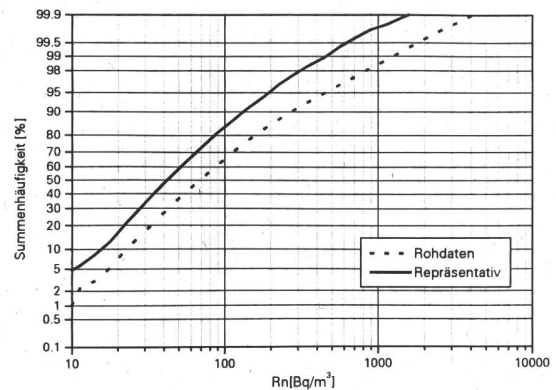
Die schweizerische Radon-Datenbank enthält Daten aus rund 31 000 Häusern. Von den 58 000 Messwerten stammen über 30 000 aus bewohnten Räumen.

Die Messungen im Wohnbereich vermitteln bereits ein recht gutes Bild der Radonexposition. Da die Kriterien für die Wahl der Häuser eher auf hohe Konzentrationen weisen, ist die Verteilung der Messwerte aber nicht repräsentativ. Eine repräsentative Verteilung erhält man nach Stockwerkkorrektur und regionaler Bevölkerungsgewichtung (Figur 2). Das arithmetische Mittel der Radonkonzentrationen in bewohnten Räumen beträgt 75 Bq/m^3 .

Aus der repräsentativen Summenhäufigkeitsverteilung (Figur 3) lässt sich abschätzen, dass 1 bis 2 Prozent der Bevölkerung in Konzentrationen über 400 Bq/m^3 leben; 0,3 Prozent in Konzentrationen über



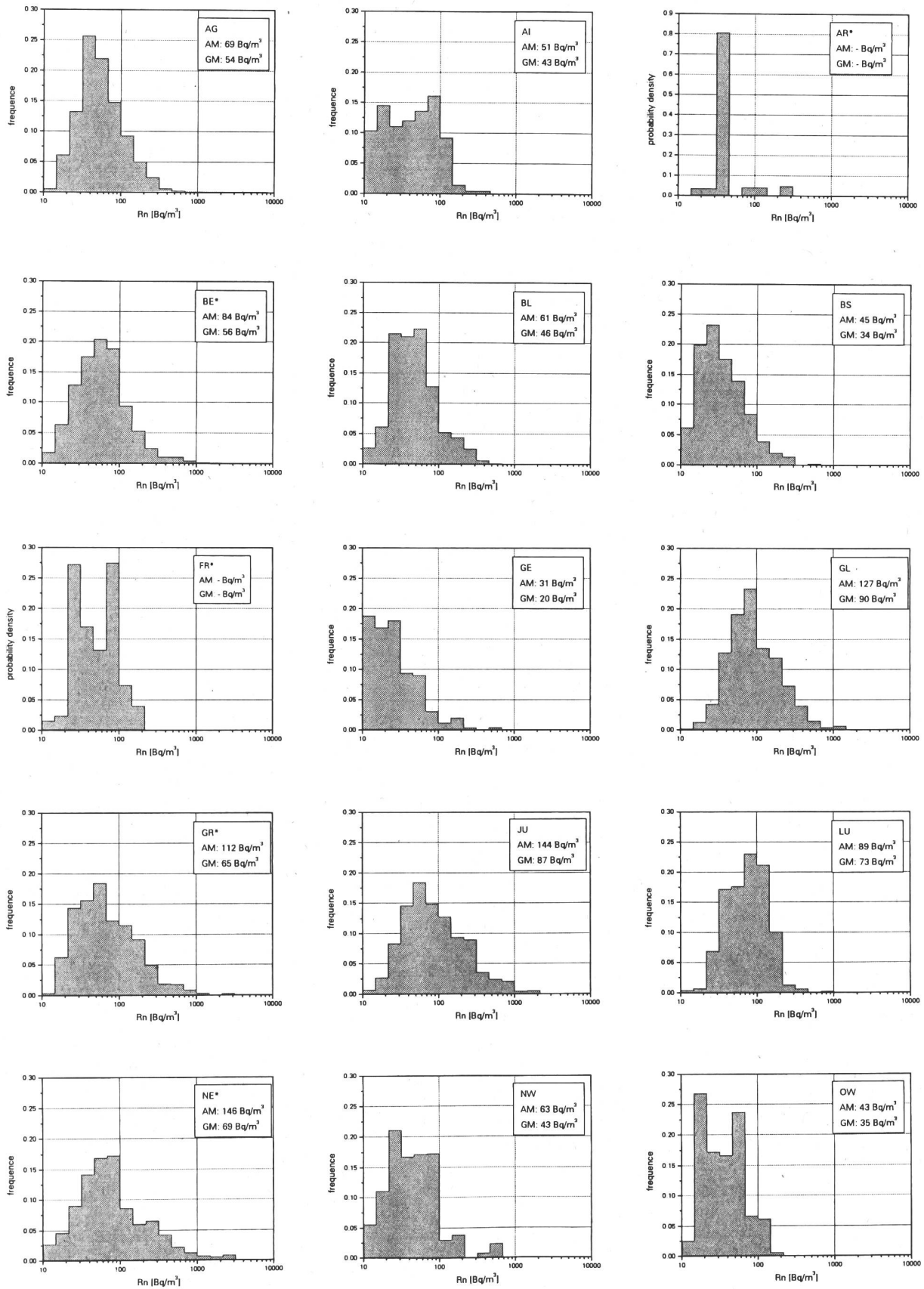
Figur 2: Verteilung der Radonkonzentrationen in bewohnten Räumen



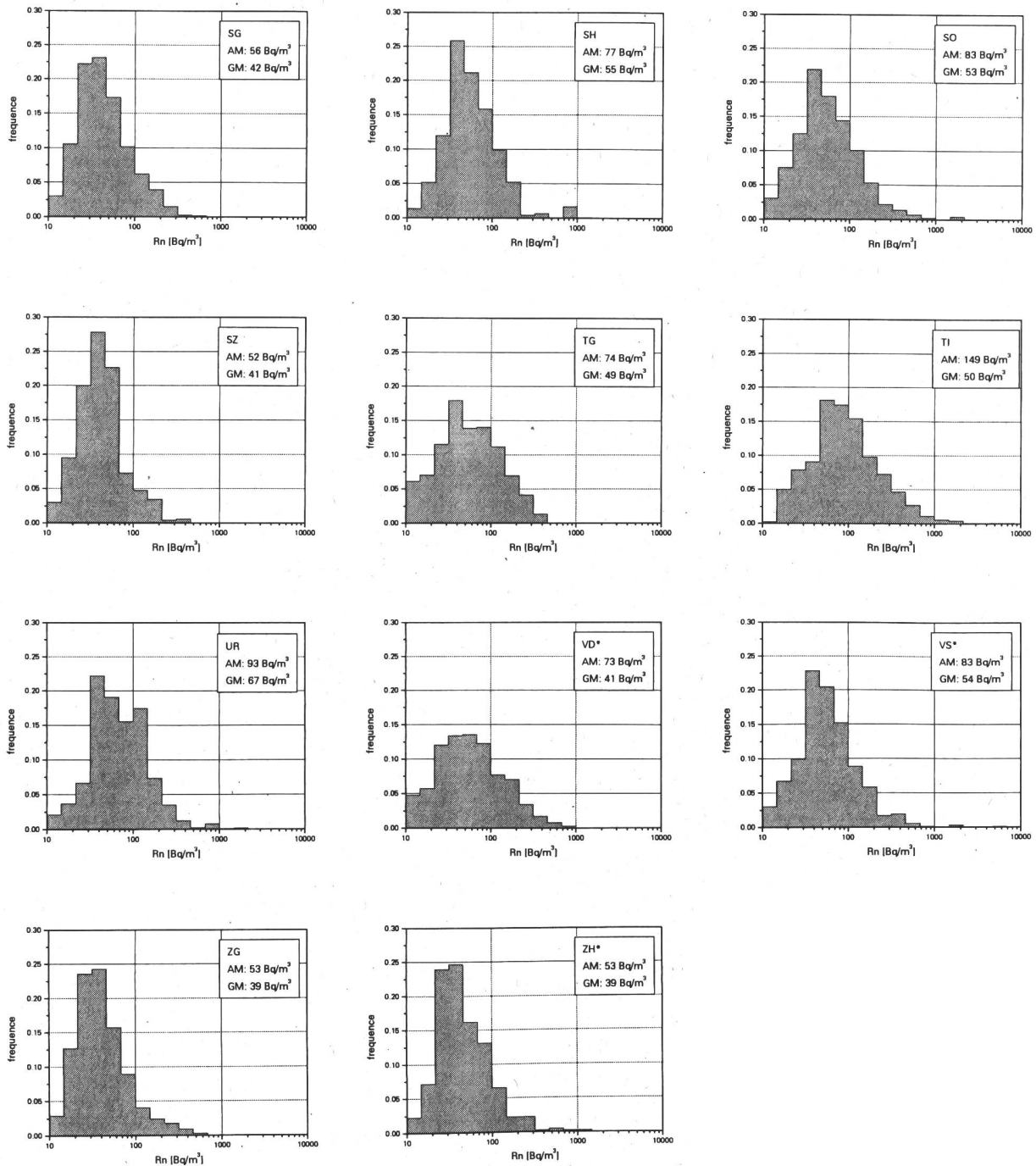
Figur 3: Summenhäufigkeitsverteilung der Radonkonzentrationen in bewohnten Räumen

1000 Bq/m^3 . In einigen tausend Häusern der Schweiz ist der Grenzwert für die Radongaskonzentration überschritten.

Die gleichen Berechnungen lassen sich für die einzelnen Kantone machen. Die entsprechenden Verteilungen sind in Figur 4 dargestellt.



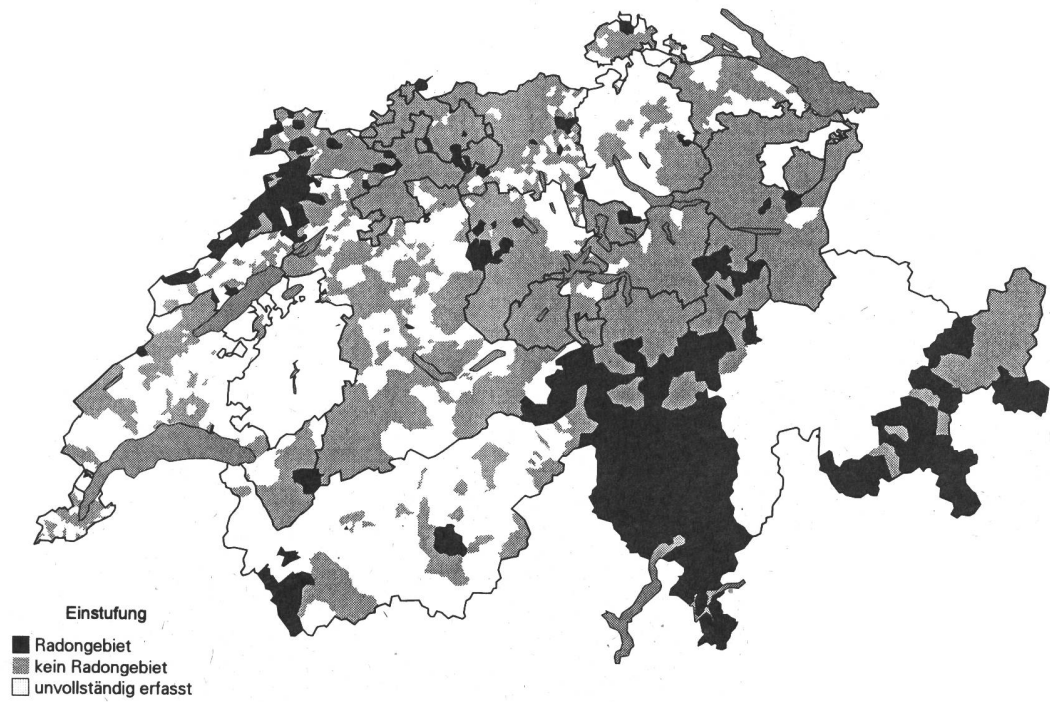
Figur 4a: Verteilung der Radonkonzentrationen in bewohnten Räumen nach Kanton. In den mit (*) bezeichneten Kantonen ist die Erfassung noch unvollständig



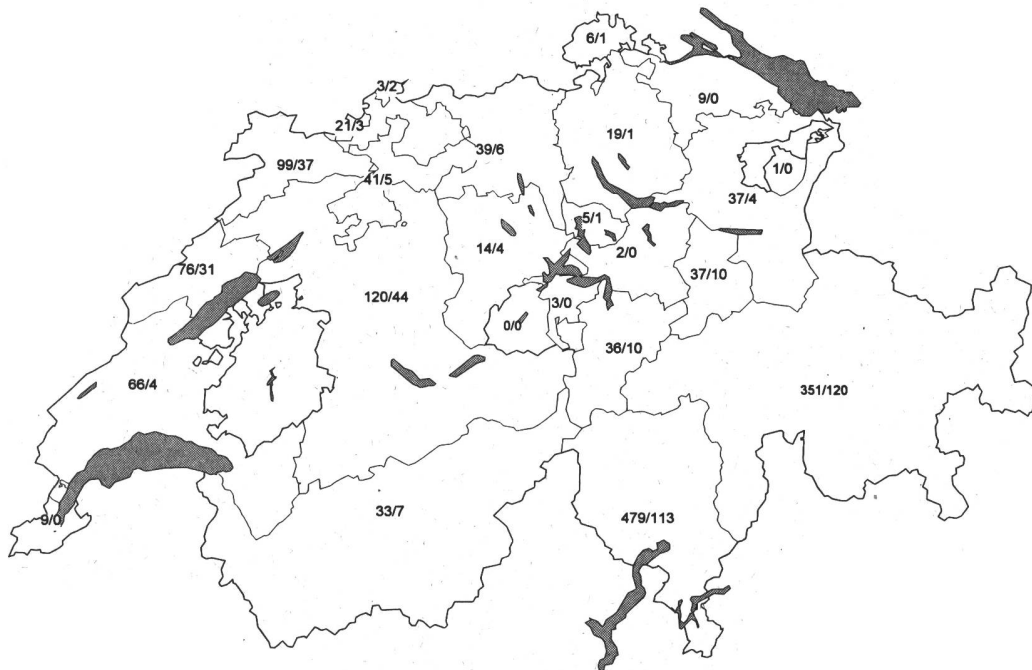
Figur 4b: Verteilung der Radonkonzentrationen in bewohnten Räumen nach Kanton. In den mit (*) bezeichneten Kantonen ist die Erfassung noch unvollständig

Knapp die Hälfte aller Gemeinden ist genügend erfasst. Die Radonkarte (Figur 5) zeigt grössere Gebiete mit erhöhter Radongaskonzentration in den Kantonen Jura, Graubünden, Neuenburg und Tessin. Es wurden aber auch im Mittelland vereinzelt erhöhte Konzentrationen gefunden.

Bis heute sind etwa 1300 Richtwert- und 400 Grenzüberschreitungen bekannt. Die Anzahl bekannter Richtwert- und Grenzüberschreitungen ist in Figur 6 nach Kanton angegeben.



Figur 5: Radonkarte der Schweiz: Stand 11.98 L+T, Geostat 1990



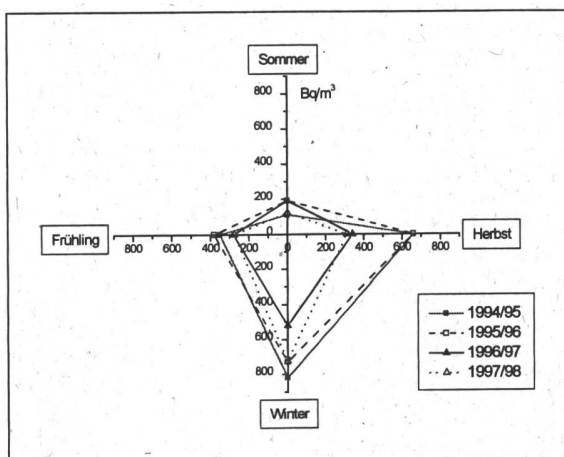
Figur 6: Anzahl Richt- und Grenzwertüberschreitungen nach Kanton

Dauermessungen

Um das Langzeitverhalten der Radongaskonzentration in Wohnhäusern zu untersuchen, wurden seit 1994 dreimonatige Messungen in 12 Häusern (21 Räume) durchgeführt. Diese Messungen sollen Antwort geben auf folgende Fragen:

- Ist das Sommer/Winter-Verhältnis der Radongaskonzentration in einem Wohnraum jedes Jahr ähnlich?
- Gibt es Perioden, in denen die Radonkonzentration überall in der Schweiz erhöht bzw. reduziert ist?

Figur 7 zeigt den zeitlichen Verlauf der Radongaskonzentration im Schlafzimmer eines Wohnhauses in La Chaux-de-Fonds. Während der 4jährigen Messdauer wurden die höchsten Radonkonzentrationen jeweils im Winter gemessen. In den wärmeren Jahreszeiten lag die Konzentration jeweils tiefer. Die Radongaspegel waren 1996/97 nur etwa halb so hoch wie 1994/95. Dies konnte auch bei zwei Häusern im Vorderrheintal (GR) und am Zürichsee, nicht aber im Münstertal beobachtet werden. Einige der Häuser werden erst seit ein oder zwei Jahren überwacht, so dass es verfrüht ist, bereits Schlüsse ziehen zu wollen.

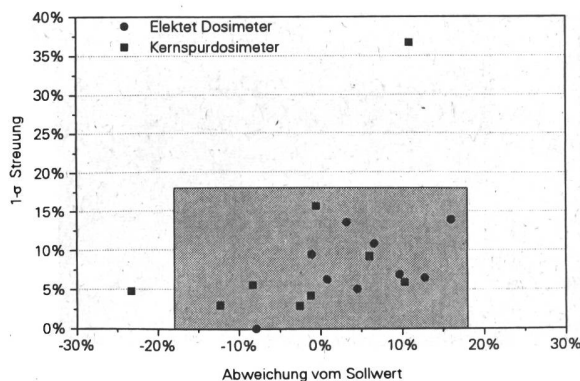


Figur 7: Langzeitmessung in einem Schlafzimmer

Radon-Messstellen

An der Vergleichsmessung 1998 am PSI nahmen 14 Teilnehmer mit insgesamt 126 Dosimetern teil. Von diesen wurden 108 Dosimeter während ca. 6 Tagen einer Konzentration von 2100 Bq/m^3 ausgesetzt. Bis auf zwei haben alle Teilnehmer die Bedingungen für die Anerkennung erfüllt. Bei einem dieser Teilnehmer (Dr. Müller) war ein Ausreisser für die grosse Streuung und die Abweichung vom Sollwert verantwortlich. Nach Angaben des Herstellers lag dies an der undichten Verpackung des Dosimeters und der relativ langen Lagerung in einem Raum mit ca. 40 Bq/m^3 . Diese Feststellung bestätigt die allgemeine Empfehlung, Dosimeter nicht auf Vorrat einzukaufen und lange zu lagern.

Beim zweiten Teilnehmer (Im Rank AG) lagen die Messwerte allgemein tiefer als der Referenzwert. Als Begründung wurden technische Probleme bei der Herstellung angegeben, die nach Angaben der Herstellers erkannt und gelöst wurden.



Figur 8: Vergleichsmessung 1998 am PSI

2.3 Bauliche Massnahmen

Sanierungen

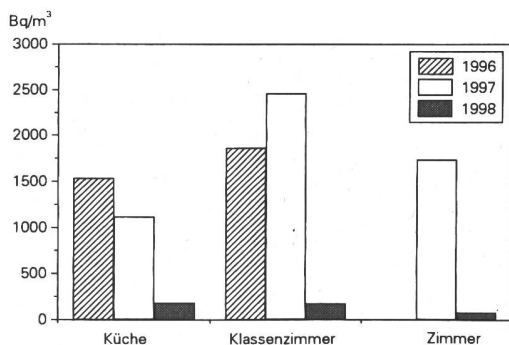
Im Verlauf des Jahres 1998 wurden insgesamt 49 Gebäude mit erhöhten Radongaskonzentrationen besucht und 11 Sanierungen erfolgreich abgeschlossen. Bevor in einem Gebäude eine Sanierung gemacht wird, sind zusätzliche Radonmessungen durchzuführen, um die möglichen Eintrittsstellen festzustellen

Nachfolgend werden die Sanierungen von zwei Kindergärten erläutert.

Kindergarten A

Das Gebäude hat eine Geschossfläche von 160 m² und besteht aus verschiedenen Räumen und einer Wohnung.

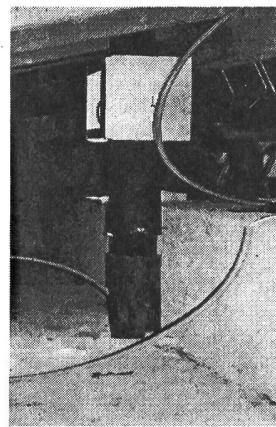
Die Radongaskonzentration betrug vor der Sanierung zwischen 1000 und 2500 Bq/m³ (Figur 9). Zur Sanierung wurden zwei Radonbrunnen im Gebäudeinnern gebohrt. Für die beiden thermisch- und lärmisolierten Abluftrohre waren 2 Betondecken zu durchbohren. In den Wohnräumen wurden die Rohre durch Schränke hindurch zum Dachstock geführt, wo zwei Ventilatoren den nötigen Unterdruck erzeugen (Figur 10). Die Kosten für die Sanierung betrugen Fr. 13 000.–.



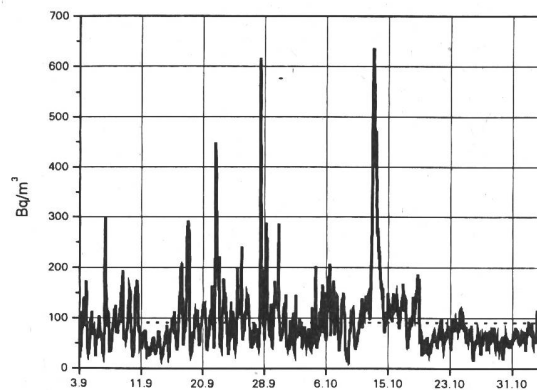
Figur 9: Radongaskonzentration in verschiedenen Räumen vor und nach der Sanierung

Nach der Sanierung wurden während 3 Monaten Nachmessungen mit aktiven Messgeräten gemacht. Die Messwerte lagen in den zwei untersuchten Räumen im Schnitt unter 100 Bq/m³ (Figur 11), was den Erfolg der Sanierung bestätigt. Die Langzeitmessungen mit

Dosimetern ergaben ebenfalls wesentlich tiefere Werte (Figur 9).



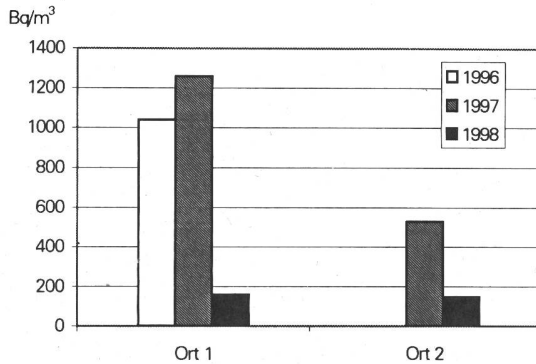
Figur 10: Ventilator im Dachstock des Gebäudes



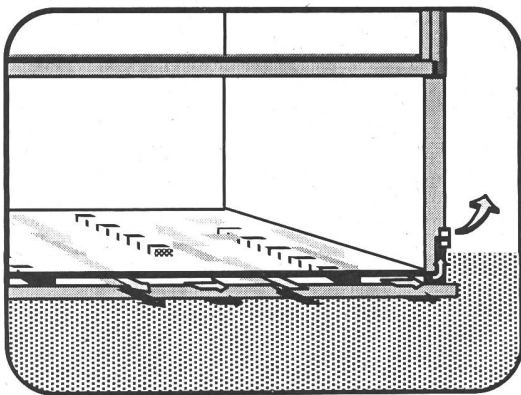
Figur 11: Verlauf der Radongaskonzentration im Klassenzimmer nach Sanierung

Kindergarten B

Dieser Kindergarten befindet sich im Erdgeschoss einer dreistöckigen, nicht unterkellerten Schule. Die Radongaskonzentration betrug vor der Sanierung über 1000 Bq/m^3 und konnte auf rund 150 Bq/m^3 gesenkt werden (Figur 12).



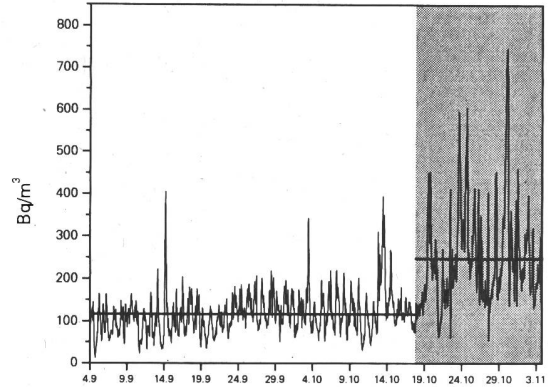
Figur 12: Radongaskonzentration an verschiedenen Orten im Kindergarten



Figur 13: Ansaugen radonhaltiger Luft aus dem Zwischenboden

Auf einen Teil der Grundfläche des Raumes wurde ein Zwischenboden aus Spanplatten gelegt. Zur Abdichtung des Bodens wurde die gesamte Fläche mit einem Kunststoff versiegelt. Ein kleiner Ventilator entlüftet den 1 cm dicken Hohlraum. Die Abluft wird ins Freie geleitet (Figur 13). Um die Effizienz des Ventilators zu testen, wurde dieser während einiger

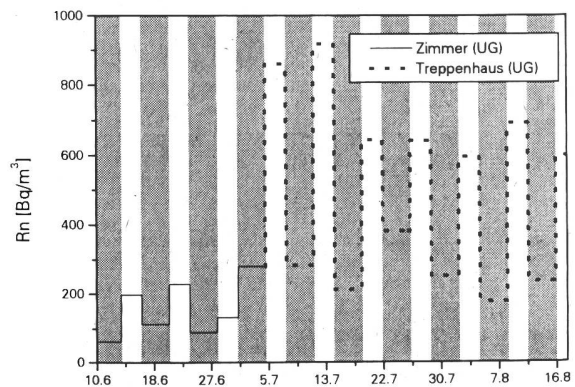
Zeit abgeschaltet (Figur 14). Im Durchschnitt stieg die Radonkonzentration mit ausgeschaltetem Ventilator von rund 120 Bq/m^3 auf 250 Bq/m^3 .



Figur 14: Verlauf der Radongaskonzentration im Kindergarten. In der grau markierten Periode war der Ventilator ausgeschaltet

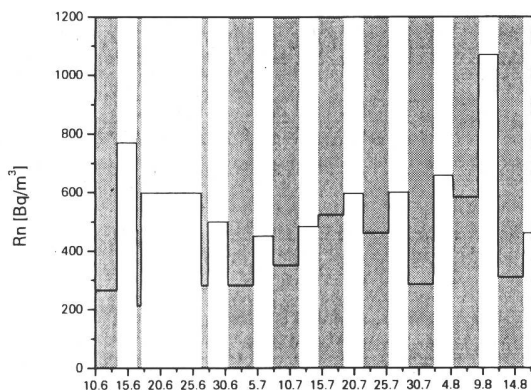
Mechanische Belüftung eines vorhandenen Drainagesystems

Bei zwei Häusern wurde untersucht, ob die mechanische Entlüftung eines vorhandenen Drainagesystems einen Einfluss auf die Radongaskonzentration im Haus hat. Beim ersten Objekt zeigte diese Methode sofort eine Wirkung (Figur 15): Die Radonkonzentration fiel bei eingeschaltetem Ventilator unterhalb 400 Bq/m^3 .



Figur 15: Mittlere Radonkonzentration im Untergeschoss bei ein- (grau markiert) und ausgeschaltetem Ventilator

Beim zweiten Haus war der Erfolg dieser Methode weniger klar (Figur 16). Am Röhrensystem dieses Hauses ist zusätzlich eine Klappe einzubauen, damit ein Unterdruck erzeugt werden kann.



Figur 16: Mittlere Radonkonzentration im Büro im Untergeschoss bei ein- (grau markiert) und ausgeschaltetem Ventilator

Bodengasmessungen auf Fundamentstiefe

Interessante Resultate konnten erzielt werden, indem die bisherige Methode der Bodengasmessungen (BAG 1998) auf grössere Bohrtiefen ausgeweitet wurde. Es wurde ein Kriterium gefunden, welches das Gefährdungspotential eines Bodens beschreibt und lokal eine klare Trennung zwischen Radongebiet und Nichtradongebiet erlaubt (siehe Anhang). Das Kriterium für die Einteilung von Gemeinden in Radon- oder Nichtradongebiete anhand von Messungen in den Wohnräumen konnte bestätigt werden. Weiter ergaben sich Verbesserungsvorschläge für den Einsatz von Unterbodenabsaugungen und Radonbrunnen.

In der Fortsetzung dieser Untersuchungen soll abgeklärt werden, ob Radonbrunnen anhand der Bodengasmessungen dimensioniert werden können oder zumindest ihr Einsatzbereich festgelegt werden kann.

Radon-Handbuch

Die Grundlagen für ein Radon-Handbuch wurden in Zusammenarbeit mit der Fachhochschule Beider Basel (FHBB) erarbeitet. Dieses Buch richtet sich in erster Linie an Baufachleute und soll unter anderem als Nachschlagewerk für mögliche Schutzmassnahmen bei Neu- und Umbauten sowie bei Sanierungen radonbelasteter Häusern dienen. Es wird im Verlauf von 1999 erscheinen.

Bauvorschriften

Im Kanton Tessin wurde Radon als fester Bestandteil bei Baugesuchen aufgenommen. Auch in weiteren Kantonen (Bern, Jura, Solothurn) scheint sich diese Vorgehensweise durchzusetzen.

2.4 Öffentlichkeitsarbeit

Evaluation des Architekten-Mailings

Zwischen August 1997 und Januar 1998 erhielten die ca. 8000 Architekten in der Schweiz alle 2 Monate einen Versand zum Thema Radon (BAG 1997). Dem letzten Mailing wurde ein Fragebogen zur Evaluation der Aktion beigelegt.

Mehr als 10% der angeschriebenen Architekten haben den Fragebogen ausgefüllt zurückgeschickt und sich durchwegs positiv zur Aktion geäußert. Es kann auch gesagt werden, dass Architekten im allgemeinen ungenügend über Radon informiert sind. Diesem Umstand ist besonders in Radongebieten Rechnung zu tragen.

Es zeigte sich auch, dass in der deutsch- und italienischsprachigen Schweiz Radon besser bekannt ist als in der Westschweiz. Der Grund dafür liegt sicher darin, dass im Tessin und auch in der deutschsprachigen Schweiz mehr Informationsarbeit geleistet wird (Seminare über Radon während Ausstellungen und Messen).

Es zeigte sich auch ein grosses Interesse am Radon-Buch, das einen wichtigen Beitrag zum Wissenstransfer liefern kann.

Da das Mailing bei den Architekten gut angekommen ist, wurde beschlossen, den gleichen Versand den Baubehörden der Gemeinden in der Schweiz zukommen zu lassen und das gesamte Mailing den Architektenzeitschriften SIA/ IAS und "Archi" beizulegen.

Seit dem Architekten-Mailing treffen vermehrt Anfragen von Architekten ein, die konkrete Informationen zu Radon und radonsicherem Bauen wünschen.

Auch die Anfragen von Hauseigentümern, die wissen möchten, was bei einem

Umbau gemacht werden kann, nehmen zu.

Ausstellungen/Veranstaltungen

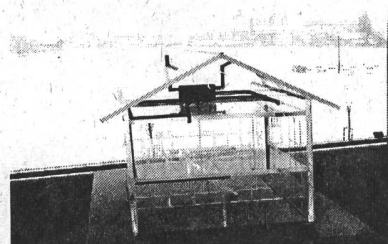
Radon wurde an verschiedenen Ausstellungen thematisiert. In der Wanderausstellung "Gesünder wohnen", die in verschiedenen Städten der Deutschschweiz gezeigt wurde, wird Radon nicht als einzelnes Thema, sondern zusammen mit anderen Innenraumproblemen behandelt.

Radon wurde auch an der "Altbausanierung" in Luzern und der "Edilespo" in Bellinzona behandelt. Nach Angaben einiger Aussteller ist bei Besuchern, speziell bei Eltern und Schulklassen, das Thema Radon auf Interesse gestossen.

Informationsmaterial

Für die breite Öffentlichkeit wurde eine neue Radonbroschüre erarbeitet. Diese ersetzt die bisherige Broschüre "Radon-Informationen" und enthält weitergehende Informationen.

Eine Foliensammlung für Vorträge wurde erstellt und steht für Interessierte via Internet in elektronischer Form zur Verfügung.



Radon lässt sich durch bauliche Massnahmen eindämmen. Um diese Botschaft besser vermitteln zu können, wurden 5 Hausmodelle im Massstab 1:50 angefertigt. Zum Einsatz kommen sie bei Vorträgen, Kursen und Ausstellungen.

2.5 Referenzen

- [1] BAG, (1992), "Radonprogramm Schweiz RAPROS, Bericht über die Jahre 1987-1991", Bundesamt für Gesundheit, Abteilung Strahlenschutz, CH-3003 Bern, ISBN 3-905235-00-5
- [2] BAG, (1996), "Radon-Jahresbericht 1995 / Radon: rapport annuel 1995", Bundesamt für Gesundheit, Abteilung Strahlenschutz, CH-3003 Bern, ISBN 3-905235-17-X
- [3] BAG, (1997), "Radon-Jahresbericht 1996 / Radon: rapport annuel 1996", Bundesamt für Gesundheit, Abteilung Strahlenschutz, CH-3003 Bern
- [4] BAG, (1998), "Radon-Jahresbericht 1997 / Radon: rapport annuel 1997", Bundesamt für Gesundheit, Abteilung Strahlenschutz, CH-3003 Bern

Informationsmaterial:

Radon: Informationen zu einem strahlenden Thema (311.341)
CD Rom Radon (311.345 d,f,i)
Foto-CD Radon (311.343 d,f,i)
Merkblätter zur Senkung der Radongaskonzentration in Wohnhäusern (311.342 d,f,i)
Radon von A-Z (d)
16 Ausstellungstafeln zum Thema Radon (d,f,i)

2.6 Anhang

Soil gas measurements below foundation depth improve indoor radon prediction

H.U. Johner and H. Surbeck

Sektion Überwachung der Radioaktivität (SUER)
Bundesamt für Gesundheit, ch. du Musée 3
1700 FRIBOURG

Zusammenfassung

Bei den bisherigen Bodengasmessungen wurden Tiefen von 1 m nicht überschritten. Die Hausfundamente liegen aber oft tiefer. Aus diesem Grund wurde eine Bodengas Messmethode entwickelt, mit der Tiefen von bis zu 4 m leicht erreicht werden. Schon bei den ersten Bohrungen in der Nähe Radon belasteter Häuser, zeigte sich eine starke Zunahme der Bodendurchlässigkeit unterhalb der Deckschicht aus Humus und Verwitterungsmaterial (Fig. 1). Anhand der Messwerte in grösserer Tiefe konnte eine neue Klassierung von Böden vorgenommen werden (Fig. 3). Durch die neu definierte Radonverfügbarkeit werden die Böden in zwei Klassen unterteilt. In der einen Klasse ist in Wohnhäusern nicht mit Werten über 200 Bq/m³ zu rechnen und der Transport des Radons ins Haus dürfte durch Diffusion geprägt sein. In der Klasse über 200 Bq/m³ dürfte der Transport hauptsächlich advektiv sein und sich über grössere Distanzen abspielen (Fig. 4).

As the foundation of houses often lies deeper than 0.5 to 1 m, the method developed by Surbeck [1] was applied to deeper soil layers. Holes are drilled with a core drilling machine and an electrical power generator, mounted onto a small caterpillar. To measure permeability, a probe with an inflatable packer is put at the bottom of the borehole. A fixed volume of air is then pumped under constant pressure into the surrounding soil. The time it takes is a measure for the permeability. Assuming spherical symmetry, the permeability is given by the following formula [1].

$$k = \mu V / 4\pi r p T \quad (1)$$

with k = permeability, μ = dynamic viscosity, V = pumped air volume, r = radius of the drilling, p = pressure applied and T = duration.

Already the very first drilling, close to a house with high radon levels, showed a permeability increase below 1 m by more than two orders of magnitude (Fig. 1). This can be explained by a cover of fine material lying on permeable soils like sand or gravel. An other interesting result show depth-profiles of the radon concentration close to houses with high radon levels. After an initial increase the concentration often drops again, indicating a vertical supply of atmospheric air through the low permeability cover layer and a horizontal transport of soil gas in the permeable layer (Fig. 2). It also implies that soilgas can be transported horizontally over tens of meters. Until the house is reached, this gives enough time for radon to build up in the originally atmospheric air.

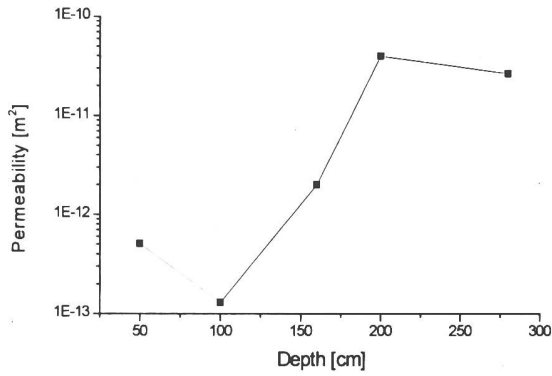


Fig. 1: Example of a depth profile of permeability. An increase in permeability over more than two orders of magnitude is visible below one meter.

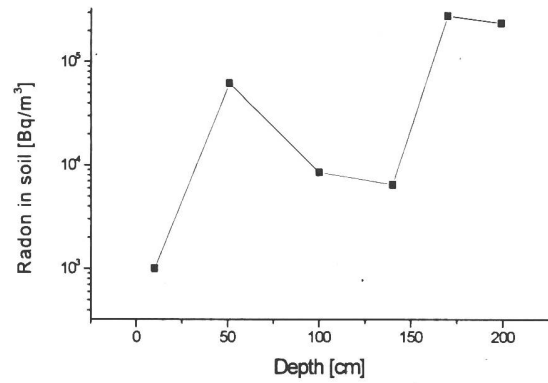


Fig. 2: Example of a depth profile of radon concentration. After an increase to 62 kBq/m³ at 0.5 m the radon concentration drops below 10 kBq/m³ at 1 m, raising again in deeper layers.

Figure 3 shows radon concentration versus permeability. Full dots correspond to houses with a radon concentration above 200 Bq/m³ empty dots to such below 200 Bq/m³. The slope of the line, separating the two classes, corresponds to the square root of the permeability. As a consequence a radon availability index RAI is defined as:

$$RAI = C(Rn) * \text{sqrt} (k) \tag{2}$$

With C(Rn) the Radon concentration in the soil and k the permeability.

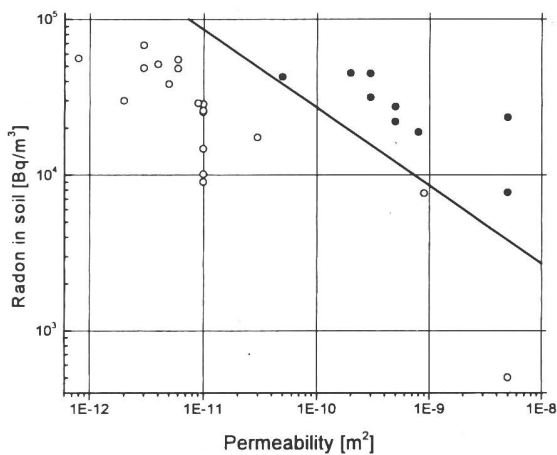


Fig. 3.: Radon concentration in soil versus permeability. Full dots: Houses with indoor levels above 200 Bq/m³, empty Dots: houses with indoor levels below 200 Bq/m³. The line corresponds to a RAI of 0.2.

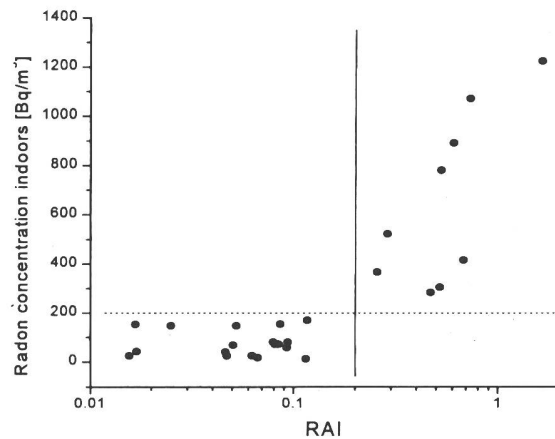


Fig. 4.: Indoor Radon concentration versus RAI (radon availability index). Solid line: RAI = 0.2, dotted line: Radon indoors = 200 Bq/m³.

The reason why the points are separated into two classes above and below 200 Bq/m³ is illustrated in Figure 3. Below a RAI of 0.2 there is a "background" not exceeding 200 Bq/m³. Above, the values increase with the RAI. Figure 4 also justifies the classification of a region as radon prone area if the mean indoor radon concentration is above 200 Bq/m³, dotted line [2].

Soil gas measurements below foundation depth show important, new information. If reliable soil gas measurements are to be made, the low permeability layer has to be traversed. Subslab suction systems or radon wells should reach the permeable layers to work well.

- [1] Surbeck, H. Radon Monitoring in Soils and Water. Nucl. Tracks Radiat. Meas. 22(1-4), 463-468 (1993)
- [2] Piller, G., Jöhner, H. U. Classification Of Radon Areas in Switzerland. Radiation Protection Dosimetry. Vol. 78, No. 1, pp.7-9 (1998), Nuclear Technology Publishing