

Zeitschrift: Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles = Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg

Herausgeber: Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles

Band: 89 (2000)

Heft: 1: 40 Jahre Überwachung der Radioaktivität in der Schweiz = 40 ans de surveillance de la radioactivité en Suisse

Artikel: Radon : heutige Kenntnisse und zukünftige Probleme

Autor: Zeller, Werner / Piller, Georges

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-308800>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 30.12.2025

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

Radon: heutige Kenntnisse und zukünftige Probleme

Werner ZELLER und Georges PILLER
Bundesamt für Gesundheit
Abteilung Strahlenschutz
3003 Bern

1. Einleitung

Das radioaktive Edelgas Radon oder genauer dessen Folgeprodukte können Lungenkrebs verursachen. Radon ist kein neues Problem. Schon zu Beginn des 16. Jahrhunderts wurde von einer geheimnisvollen Lungenkrankheit berichtet, an der Minenarbeiter in Böhmen starben. Die sogenannte Schneebergerkrankheit wurde gegen Ende des 19. Jahrhunderts als Lungenkrebs identifiziert. In den fünfziger Jahren wurde dann bemerkt, dass Radonfolgeprodukte zu einer erhöhten Strahlendosis in der Lunge führten.

Die meisten Länder Europas haben heute ein Radonprogramm und verschiedene internationale Organisationen haben zum Schutz vor erhöhten Radonkonzentrationen Empfehlungen herausgegeben. Als Beispiel sind hier die internationale Strahlenschutzkommission (ICRP, 1993) und die Weltgesundheitsorganisation (WHO, 1996) zu erwähnen. Die WHO kommt zum Schluss: «Radon, a human carcinogen, occurs in both mines and homes and poses an important public health problem». Auch die CEC hat für seine Mitgliedstaaten Empfehlungen erlassen (CEC, 1998).

In der Schweiz werden seit den 80er Jahre Radonmessungen durchgeführt. Erste Messungen der Suva in La Chaux-de-Fonds zeigten hohe Radonkonzentrationen und waren Anlass für RAPROS (Radon PROgramm Schweiz) – ein ausgedehntes Forschungsprogramm. Die Resultate (BAG, 1992) haben gezeigt, dass es in der Schweiz tatsächlich Handlungsbedarf gibt. Sie bildeten die Grundlage für die Strahlenschutzverordnung, die 1994 in Kraft gesetzt wurde. Mit der Festlegung eines Grenzwertes von 1000 Bq/m³ für bewohnte Räume wurde eine Reduktion der höchsten Dosen angestrebt.

2. Epidemiologie

Die gesundheitlichen Auswirkungen der Radonexposition sind gut dokumentiert und lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Ein positiver Zusammenhang zwischen Radonexposition und der Lungenkrebsinzidenz bei Minenarbeitern gilt seit längerem als gesichert. Die gemeinsame Analyse von 11 Studien (Lubin, 1994) ergibt eine lineare Expositions-Wirkungsbeziehung (Figur 1).
- Es ist unumstritten, dass hohe Radonkonzentrationen auch im Wohnbereich gesundheitsschädigend sind (WHO, 1996).
- Eine Meta-Analyse verschiedener Fallkontrollstudien im Wohnbereich (Lubin, 1997) führt zu einer ähnlichen Exposition-Wirkungsbeziehung wie bei Minenarbeitern.
- Radonfolgeprodukte stellen ein mit Abstand grösseres Lungenkrebsrisiko dar als alle chemischen Kanzerogene (WHO, 1996).
- Es gibt keine Hinweise, dass Radon extrapulmonale Tumore verursachen könnte (WHO, 1996).
- Zur Zeit ist kein Lungenmodell direkt für Radonfolgeprodukte anwendbar; auch das der internationalen Strahlenschutzkommission nicht (ICRP, 1994).

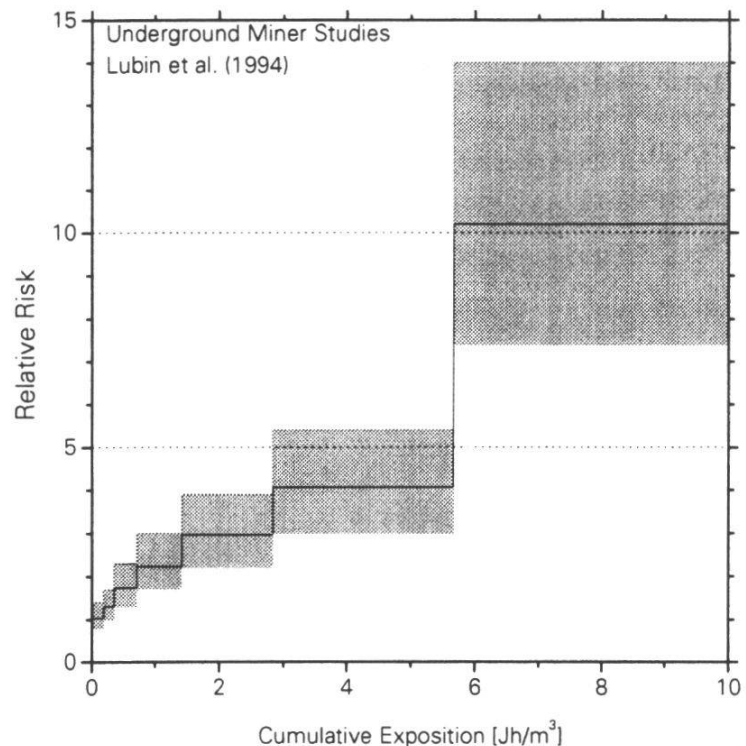


Fig. 1: Relatives Lungenkrebsrisiko bei Bergarbeitern als Funktion der kumulativen Radonfolgeproduktexposition (jeweils mit dem entsprechenden 95%-Vertrauensintervall).

Ökologische Studien sind im Radonbereich nicht angebracht, da der Effekt gegenüber dem Rauchen als klein eingestuft werden muss. Es werden Fallkontrollstudien bevorzugt, obwohl auch diese gewisse Unsicherheiten aufweisen. Es ist vorgesehen, die verschiedenen Fallkontrollstudien zu poolen und gemeinsam zu analysieren.

3. Strategie

Für die Bewältigung des Radonproblems wurde ein regulatorischer Ansatz bevorzugt. Wichtige Handlungsschwerpunkte sind die Vermeidung von hohen Konzentrationen in Neubauten und die Sanierung der existierenden Gebäude

mit den höchsten Konzentrationen. Der mit der StSV eingeführte Grenzwert von 1000 Bq/m^3 entspricht ungefähr dem Grenzwert für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv/y und einem individuellen Risiko von 10^{-3} pro Person und Jahr, in Übereinstimmung mit den Empfehlungen der WHO. Bei Neu- und Umbauten soll dem Radon Rechnung getragen werden. Die Konzentration sollte unterhalb des Richtwertes von 400 Bq/m^3 zu liegen kommen. Dieser Wert entspricht der Empfehlung der CEC.

4. Radongebiete

4.1 Messkampagnen

Es gibt verschiedene Möglichkeiten und Kriterien zur Bestimmung von Radongebieten. Die Internationale Strahlenschutzkommission z.B. empfiehlt ein Gebiet als Radongebiet einzustufen, wenn ein Prozent der Häuser über dem 10-fachen nationalen Mittelwert liegen (ICRP, 1993). Die Anzahl der Häuser muss aber überschaubar bleiben, da sonst kein sinnvoller Vollzug möglich ist (CEC, 1998).

In der Schweiz gilt ein Gebiet als Radongebiet, wenn das arithmetische Mittel über 200 Bq/m^3 oder der Maximalwert 1000 Bq/m^3 überschreitet. Kantonale Messkampagnen werden durchgeführt, um hochbelastete Gebäude

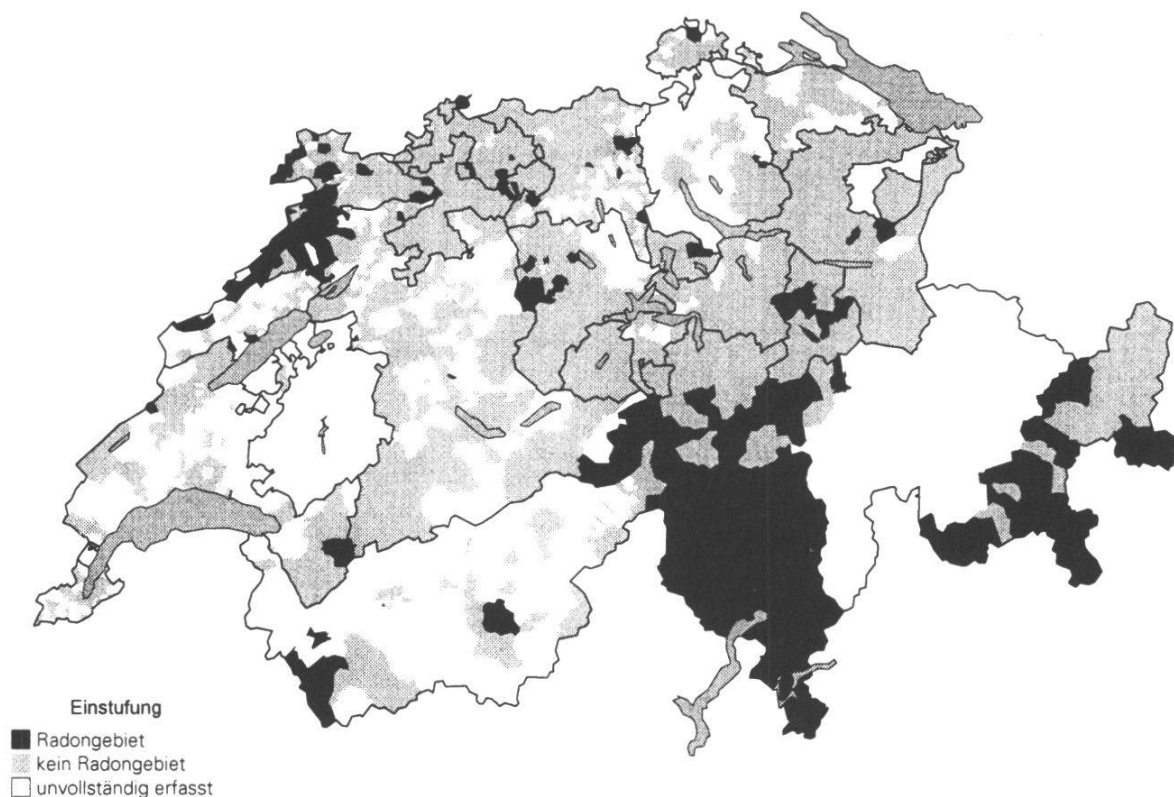


Fig. 2: Radonkarte der Schweiz: Stand 11.98 L+T, Geostat 1990.

zu finden und zu sanieren. Etwa 2 % der ständig bewohnten Häuser sind ausgemessen (BAG, 1999). Gewisse Gebiete sind recht gut erfasst, andere jedoch nicht oder unvollständig.

Knapp die Hälfte aller Gemeinden ist erfasst. Die schweizerische Radon-Datenbank enthält Daten aus rund 31 000 Häusern. Von den 58 000 Messwerten stammen über 30 000 aus bewohnten Räumen. Bis auf Freiburg haben alle Kantone ein Radonprogramm aufgestellt. Rund 1300 Richtwert- und 400 Grenzwertüberschreitungen sind bekannt. Diese befinden sich hauptsächlich in den Alpen- und Jura-Regionen (Figur 2). Es sind aber auch vereinzelt hohe Werte im Mittelland bekannt.

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 3). Das arithmetische Mittel der Radonkonzentrationen in bewohnten Räumen beträgt dann 75 Bq/m³.

Aus der repräsentativen Summenhäufigkeitsverteilung (Figur 4) lässt sich abschätzen, dass 1 bis 2 Prozent der Bevölkerung in Konzentrationen über 400 Bq/m³ leben; 0.3 Prozent in Konzentrationen über 1000 Bq/m³. In einigen tausend Häusern der Schweiz ist der Grenzwert für die Radongaskonzentration überschritten.

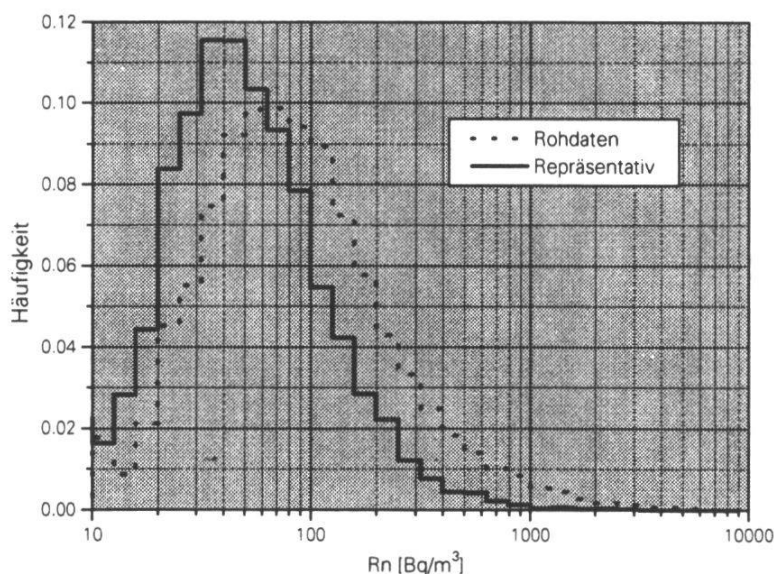


Fig. 3: Verteilung der Radonkonzentrationen in bewohnten Räumen.

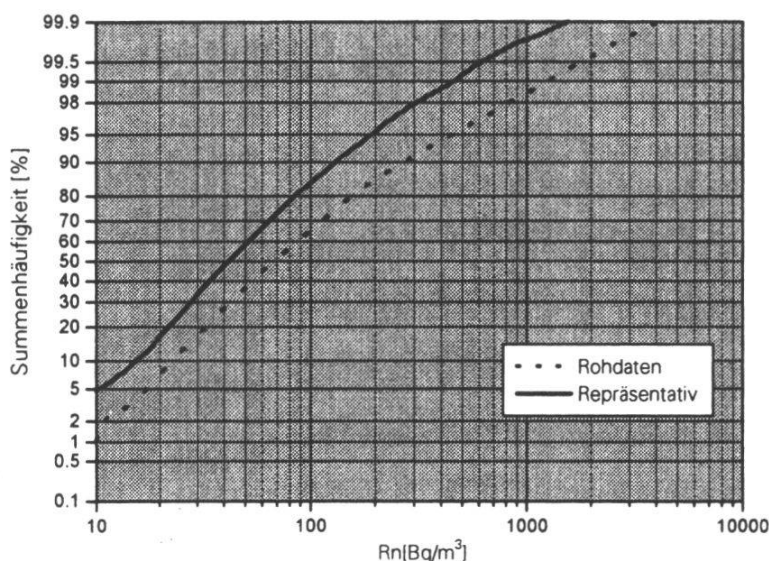


Fig. 4: Summenhäufigkeitsverteilung der Radonkonzentrationen in bewohnten Räumen.

4.2 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 5 zeigt den zeitlichen Verlauf der Radongaskonzentration im Schlafzimmer eines Wohnhauses in La Chaux-de-Fonds. Während der 4jährigen Messdauer wurden die höchsten Radonkonzentration 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 zu ziehen.

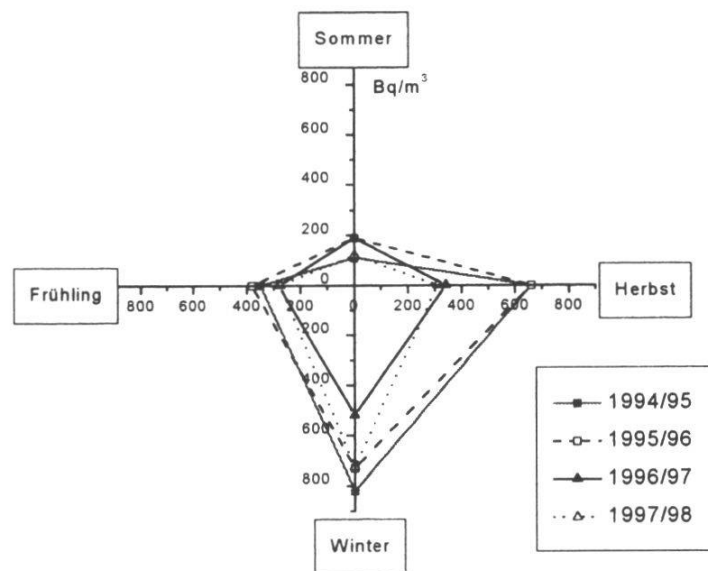


Fig. 5: Langzeitmessung in einem Schlafzimmer.

5. Sanierungsprogramme

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, um den Radongehalt in Gebäuden zu reduzieren. Massgebend ist dabei die gemessene Radonkonzentration. Eine Grundregel lautet: «Je höher der Radongehalt, desto aufwendiger die Sanierung». Wenn die Konzentrationen nur leicht erhöht sind, genügen oft einfache Massnahmen, wie das Abdichten von Fugen, Rissen, Rohrdurchführungen, usw. Geübte HeimwerkerInnen können diese Arbeiten selbst ausführen. Bei höheren Konzentrationen müssen aufwendigere Methoden, wie Abdichtung zwischen Keller- und Wohnbereich, mechanisches Entlüften oder Unterbodenbelüftung, eingesetzt werden.

5.1 Beispiel: Kindergarten A

Die Radongaskonzentration im Kindergarten betrug vor der Sanierung zwischen 1000 und 2500 Bq/m³. Zur Sanierung wurden zwei Radonbrunnen im Gebäudeinnern gebohrt. Für die beiden thermisch- und lärmisolierten Abluftrohre waren 2 Betondecken zu durchbohren. In den benutzten Räumen wurden die Rohre durch Schränke hindurch zum Dachstock geführt, wo zwei Ventilatoren den nötigen Unterdruck erzeugen. Die nach der Sanierung durchgeführten Langzeitmessungen bestätigen den Erfolg der Sanierung (Figur 6).

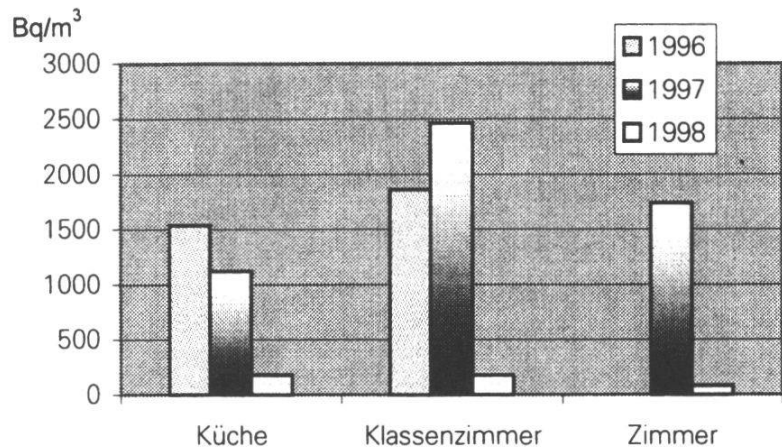


Fig. 6: Radongaskonzentration in verschiedenen Räumen vor der Sanierung (1996, 1997) und nachher (1998).

5.2 Beispiel: Kindergarten B

Dieser Kindergarten befindet sich im Erdgeschoss einer dreistöckigen, nicht unterkellerten Schule. Die Radongaskonzentration betrug vor der Sanierung über 1000 Bq/m³ und konnte auf rund 150 Bq/m³ gesenkt werden (Figur 7).

Auf einen Teil der Grundfläche des Raumes wurde ein Zwischenboden aus Spanplatten gelegt (Figur 8). Die gesamte Fläche wurde mit einem Kunststoff versiegelt. Ein kleiner Ventilator entlüftet den 1 cm dicken Hohlraum. Die Abluft wird ins Freie geleitet.

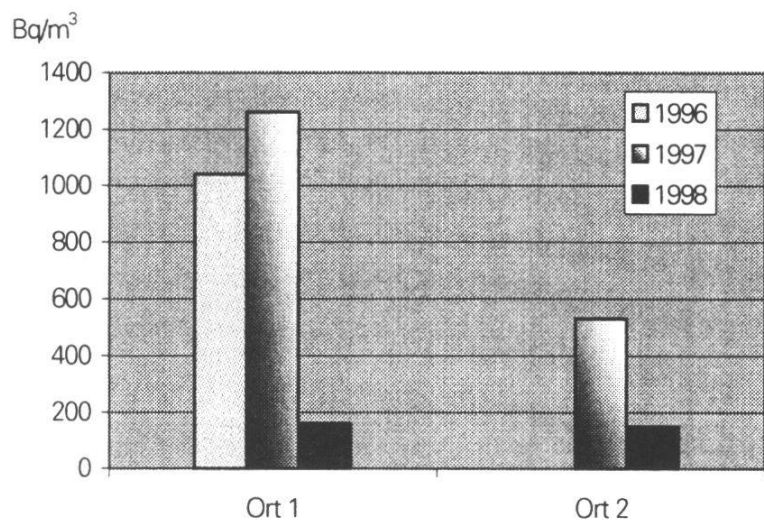


Fig. 7: Radongaskonzentration an verschiedenen Orten im Kindergarten vor der Sanierung (1996, 1997) und nachher (1998).

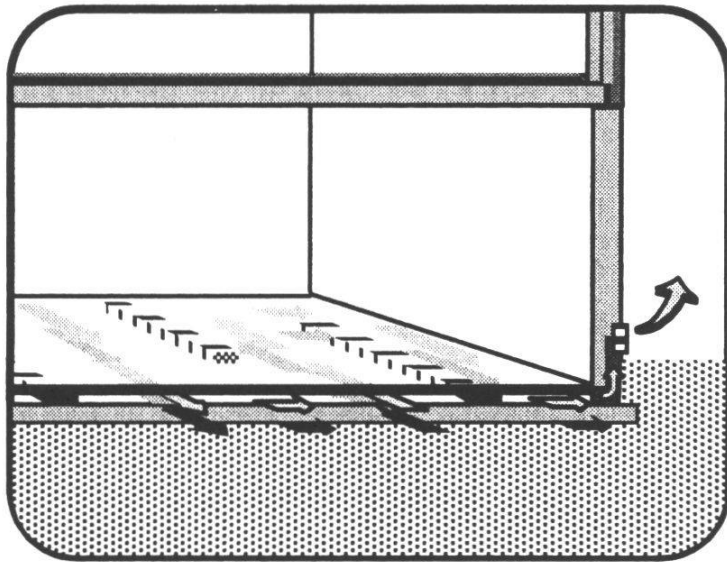


Fig. 8: Ansaugen radonhaltiger Luft aus dem Zwischenboden.

5.3 Beispiel: Mechanische Belüftung eines vorhandenen Drainagesystems

In gewissen Regionen wird ein Drainagesystem um die Gebäude verlegt. Es stellt sich nun die Frage, ob eine mechanische Entlüftung dieses bestehenden Systems die Radonkonzentration im Hausinnern zu beeinflussen vermag. In einem Fall zeigt diese Methode sofort eine Wirkung (Figur 9) und die Radonkonzentration fiel bei eingeschaltetem Ventilator unter 400 Bq/m^3 .

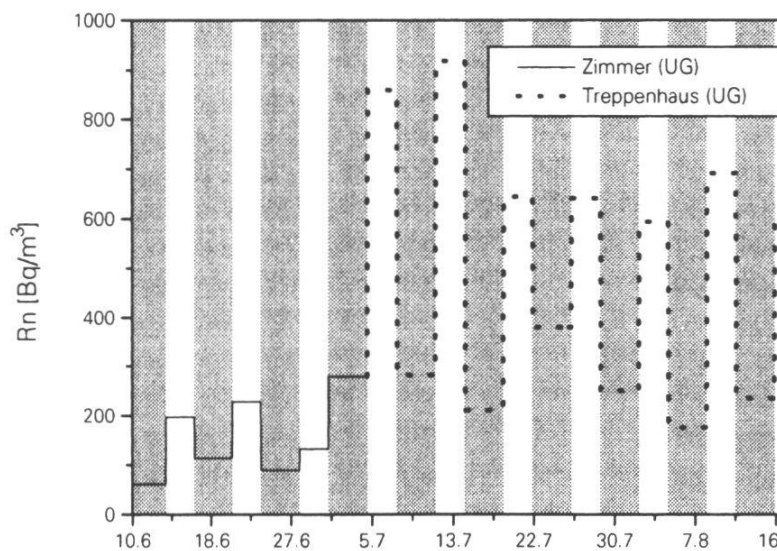


Fig. 9: Mittlere Radonkonzentration im Untergeschoss bei ein- (grau markiert) und ausgeschaltetem Ventilator.

5.4 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. 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.

6. Status

Die heutigen Kenntnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Radon dringt hauptsächlich vom Untergrund her in die Häuser ein. Der Beitrag durch Baumaterialien und Wasser spielt eine untergeordnete Rolle.
- Die im Boden produzierte Radon-Menge hängt von dessen Radiumgehalt ab. Hohe Radiumkonzentrationen bewirken aber nicht unbedingt ein Radon-Risiko. Das produzierte Radon muss sich noch leicht bewegen können. Es ist also die Bodendurchlässigkeit, die massgebend ist.
- Schon ein sehr kleiner Unterdruck im Haus (einige Pascal) kann bewirken, dass radonhaltige Luft vom Untergrund her ins Haus gesogen wird. Unterdruck kann entstehen durch das Steigen wärmerer Luft, durch Ventilatoren, bei Wind, etc.
- Eine gegossene Betonplatte als Gebäudefundament vermag das Eintreten von Radon zu hemmen.
- Die Radon-Konzentration nimmt von Stockwerk zu Stockwerk ab. Meist ist ab dem zweiten Stock nicht mehr mit hohen Radon-Werten zu rechnen.
- Die Abdichtung der Gebäudehülle führt nicht unbedingt zu einer Erhöhung der Innenluft-Konzentration.
- Der Innenluft-Radon-Gehalt kann mit baulichen Massnahmen reduziert werden. Am erfolgreichsten bei hohen Konzentrationen ist eine Zwangsbelüftung kombiniert mit der Abdichtung des Hauses gegenüber dem Untergrund. Bei tieferen Konzentrationen reichen oft einfachere Massnahmen.
- Die Radongaskonzentration kann in benachbarten Häusern sehr unterschiedlich hoch sein; ein Faktor 100 Unterschied wurde schon angetroffen.

Im Rahmen des Vollzugs der StSV sind folgende Erfolge zu verzeichnen:

- Alle Kantone haben eine für Radon verantwortliche Stelle ernannt.
- Bis auf den Kanton Freiburg haben alle ein Radonprogramm.
- Die Problemgebiete sind mehrheitlich bekannt.
- Es kann aber auch in anderen Gebiete einzelne Problemfälle geben.
- Einige Kantone haben Bauvorschriften erlassen.
- Es gibt Informationsunterlagen für verschiedene Zielgruppen.
- Das BAG hat 16 Radon-Messstellen anerkannt.

In der Schweiz leben rund 30'000 Personen in Radonkonzentrationen über 1000 Bq/m³. Das Risiko dieser Bevölkerungsgruppe soll um mindestens eine Grössenordnung herabgesetzt werden. Die Radon-Kollektivdosis wird dadurch um zirka 5 Prozent reduziert. In einigen Kantonen jedoch wird die Kollektivdosis stärker beeinflusst. Falls alle Gebäude unterhalb von 400 Bq/m³ zu liegen kämen, würde die Kollektivdosis um rund 1'000 Personen-Sv d.h. 15 Prozent abnehmen.

7. Probleme für die Zukunft

Es gilt in naher Zukunft den Neubauten vermehrt Beachtung zu schenken. Es ist zu vermeiden, dass in bekannten Radongebieten neue Gebäude mit zu hohen Konzentrationen entstehen. Bauvorschriften können hier mithelfen. Aber ausschlaggebend wird sicherlich sein, dass Radon in den Aus- und Weiterbildungsprogrammen für Baufachleute Platz findet.

Eine gewisse Vorsicht ist auch bei neue Baumaterialien, im Speziellen bei importierten Gipsen geboten.

Es scheint klar, dass nie alle Grenzwertüberschreitungen gefunden werden. Dies wäre nur mit einem sehr grossen Aufwand, nämlich der Messung sämtlicher Gebäude, zu erzielen. Die kontinuierliche kritische Überprüfung der bestehenden Kriterien zum Auffinden hochbelasteter Häuser ist in diesem Zusammenhang von besonderer Bedeutung.

8. Referenzen

BAG, (1992), «Radonprogramm Schweiz RAPROS, Bericht über die Jahre 1987–1991», Bundesamt für Gesundheit, Abteilung Strahlenschutz, CH-3003 Bern, ISBN 3-905235-00-5

BAG, (1998), «Radon-Jahresbericht 1997 / Radon: rapport annuel 1997», Bundesamt für Gesundheit, Abteilung Strahlenschutz, CH-3003 Bern

BAG, (1999), «Jahresbericht 1998 der Abteilung Strahlenschutz», BAG-Bulletin 5/99, Bundesamt für Gesundheit, Abteilung Strahlenschutz, CH-3003 Bern

- CEC, (1998) «Recommendations for the implementation of Title VII of the European Basic Safety Standards Directive (BSS) concerning significant increase in exposure due to natural radiation sources», Commission of European Communities, Radiation Protection 88, Brussels, Luxembourg
- ICRP (International Commission on Radiological Protection) (1993), «Protection against Radon-222 at Home and at Work», ICRP Publ. 65, Annals of ICRP Vol 23/2, Pergamon Press, Oxford
- ICRP (International Commission on Radiological Protection) (1994), «Human Respiratory Tract Model for Radiological Protection », ICRP Publ. 66, Annals of ICRP Vol 24/14, Pergamon Press, Oxford
- LUBIN, J.H., BOICE, J.D., EDLING, C.H., HORNING, R., HOWE, G., KUNZ, E., KUSIAK, A., MORRISON, H.I., RADFORD, E.P., SAMET, J.M., TIRMARCHE, M., WOODWARD, A., XIANG, Y.S. and PIERCE, D.A. (1994), «Radon and lung cancer risk: A joint analysis of 11 underground miners studies», US National Institutes of Health. NIH publication No. 94-3644
- LUBIN, J.H. and BOICE, J.D. (1997), «Lung cancer risk from residential radon: Meta-analysis of eight epidemiological studies», J Natl Cancer Inst 1997;89:49-57
- WHO, (1996), «Indoor air Quality: A risk-based approach to health criteria for radon indoors», Report on a WHO Working Group, Eilat, Israel, 28 March-4 April 1993, EUR/ICP/CEH 108(A)

9. Danksagung

Ein herzlicher Dank geht an die Mitarbeiter der Fachstelle Radon und Abfälle, insbesondere an J. Rodriguez für die Validierung der Daten.