

Ber. nat.-med. Verein Innsbruck	Band 79	S. 7 – 12	Innsbruck, Okt. 1992
---------------------------------	---------	-----------	----------------------

Radonkonzentrationen in Gebäuden der Universität Innsbruck

von

Oswald ENNEMOSER, Peter SCHNEIDER, Thomas SCHÖPF,
Walter AMBACH und Peter BRUNNER *)

Indoor Radon Concentrations in Buildings of the University of Innsbruck (Austria)

Synopsis: During December 1990 indoor Radon concentrations were measured in 27 buildings (39 rooms) of the University of Innsbruck. The selected rooms usually are used as lecture rooms. The median Radon concentration of all measurements was 67 Bq/m^3 . The highest measured Radon concentration reached a level of 279 Bq/m^3 . The results are comparable to Radon concentrations measured in Germany and Switzerland. The Radon concentrations in 35 of 39 rooms were below the US Environmental Protection Agency (EPA) guideline of 148 Bq/m^3 . The Radon concentrations in the other 4 rooms were higher than the EPA-guideline but lower than the Euratom guideline of 400 Bq/m^3 . Relations between Radon concentrations and health risk are discussed.

1. Einleitung:

1.1. Radonvorkommen:

Radon ist ein in der Natur vorkommendes Edelgas, das in Form der Radioisotope Radon-222 und Radon-220 vorliegt. Diese Radioisotope sind die einzigen gasförmigen Zerfallsprodukte in den Uran-238 und Thorium-232 Zerfallsreihen. Beide Isotope sind α -Strahler mit kurzer Halbwertszeit, ihre Zerfallsprodukte sind wiederum radioaktiv, kurzlebige α - und β -Strahler (Abb. 1). Radon entweicht aus Gesteinen, die Elemente der oben genannten Zerfallsreihen in Spuren enthalten. Baumaterialien die aus diesen Gesteinen gewonnen wurden, setzen kontinuierlich Radon an die Umgebung frei. Die Radonkonzentration in der Umgebungsluft hängt wesentlich von den geologischen Verhältnissen ab und ist erheblichen örtlichen Schwankungen unterworfen. Im Freien wird das dem Boden entwichene Radon gut mit Luft vermischt, wodurch sich im Freien eine gegenüber Innenräumen niedrige Radonkonzentration ergibt. Die Radonkonzentration im Innern von Räumen hängt ebenfalls von den geologischen Verhältnissen des Standortes ab, darüberhinaus jedoch von der Bauart und den verwendeten Baumaterialien. Die Dichte von Radon unter Normalbedingungen ist mit 9.73 kg/m^3 wesentlich höher als jene von Luft. Daher sind Radonkonzentrationen in der Regel im Keller von Gebäuden am größten, in den oberen Stockwerken am kleinsten. Weitere mögliche Radonquellen in Gebäuden sind radonhaltiges Wasser oder Erdgas, Mineraliensammlungen, Tonwaren und ähnliches (WOJCIK, 1989; ENNEMOSER et al., 1991). Die Radonkonzentration in Räumen hängt darüberhinaus wesentlich von den Lüftungsmöglichkeiten und -gewohnheiten ab. Bei guter Lüftung wird die Rn-reiche Innenluft gegen Rn-arme Außenluft ausgetauscht.

*) Anschriften der Verfasser: Dr. O. Ennemoser, Th. Schöpf, Univ.-Prof. Dr. W. Ambach, Institut für Medizinische Physik, Müllerstraße 44, A-6020 Innsbruck; Dr. P. Schneider, Dr. P. Brunner, Versuchsstelle für Strahlenschutz und Kerntechnik, Institut für Radiochemie, Tempelstraße 22, A-6020 Innsbruck, alle Österreich.

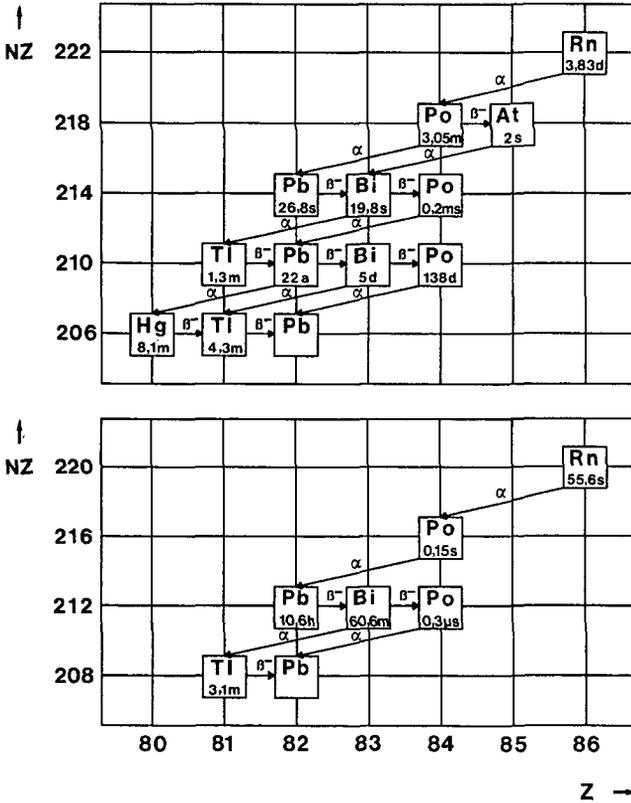


Abb. 1: Zerfallsschema von Radon-222 (Uranreihe) und Radon-220 (Thoriumreihe).
Z Kernladungszahl, NZ Nukleonenzahl. Unter den Isotopen steht jeweils deren Halbwertszeit.

1.2. Radon und Gesundheit:

Radon ist als Edelgas chemisch inert und geht keine chemischen Verbindungen ein. Der Großteil des eingeatmeten Radons wird daher wieder ausgeatmet. Da es jedoch sehr gut fettlöslich ist, wird über die Atmung und den Blutkreislauf ein kleiner Teil im Knochenmark deponiert. Radon wird daher als mögliche Ursache für die Myeloische Leukämie diskutiert (NAS, 1988). Die kurzlebigen Zerfallsprodukte von Radon sind radioaktive Isotope von festen Körpern, die vor allem im Bereich der Atemwege deponiert werden. Auf Grund des Zerfallsprozesses sind sie positiv elektrisch geladen und bilden in der Luft Ionencluster mit Wassermolekülen mit einem Durchmesser von ca. $0.001 \mu\text{m}$ und gelangen in dieser Form über die Atmung in die Lunge. Zwischen 20 % und 50 % dieser eingeatmeten Radontöchter werden im Atemtrakt deponiert, so daß vor allem die α -Strahler unter ihnen mit ihrer kurzen Reichweite als radioaktive Belastung der Lunge wirksam werden. Eine mögliche daraus resultierende Erkrankung ist der Lungenkrebs (ICRP, 1987).

1.3. Berechnung der Dosis aus der Radonkonzentration:

Die Radonkonzentration wird als Aktivität pro Luftvolumen (Bq/m^3) angegeben. Für die Belastung der Lunge sind wie oben erwähnt in erster Linie die Radontöchter von entscheidender Bedeutung. Radon steht mit seinen Zerfallsprodukten im radioaktiven Gleichgewicht, das heißt die

Radonaktivität ist gleich groß wie die Aktivität der Tochtersubstanzen. Infolge des Luftaustausches mit der Außenluft und der Abscheidung der Radontöchter auf Oberflächen im Haus ist jedoch die Aktivität der Zerfallsprodukte in der Raumluft stets niedriger als diejenige des Mutternuklids Radon. Es ergibt sich daher ein mittlerer Gleichgewichtsfaktor $F = 0.3$ für das Gemisch, das heißt die Konzentration der Zerfallsprodukte beträgt 30 % der im Raum vorhandenen Radonkonzentration. Multipliziert man die Radonkonzentration mit dem Faktor F , erhält man eine "gleichgewichtsäquivalente Radonkonzentration" (JACOBI, 1989).

Um die Belastung zu berechnen, die durch den Aufenthalt mit einer bestimmten Radonkonzentration entsteht, muß man die Aufenthaltsdauer in diesen Räumen kennen. Eine Aufenthaltsdauer von z. B. 0.4 a bedeutet, daß sich die Person zu 40 % des Jahres in diesen Räumen aufhält. Durch Multiplikation der Aufenthaltsdauer mit der gleichgewichtsäquivalenten Radonkonzentration erhält man die "gleichgewichtsäquivalente Radon-Exposition" in Bq a m^{-3} . Eine international häufig benutzte Einheit der gleichgewichtsäquivalenten Radon-Exposition ist das WLM (Working Level Months). Es gilt $1 \text{ WLM} = 72 \text{ Bq a m}^{-3}$.

Bei einer mittleren Radonkonzentration von zum Beispiel 50 Bq/m^3 beträgt die gleichgewichtsäquivalente Radonkonzentration $50 \text{ Bq/m}^3 \cdot 0.3 = 15 \text{ Bq/m}^3$. Bei einer jährlichen Aufenthaltsdauer von 40 % beträgt die gleichgewichtsäquivalente Radon-Exposition $15 \text{ Bq/m}^3 \cdot 0.4 \text{ a} = 6 \text{ Bq a m}^{-3}$.

Aus den Modellen zur Lungendosimetrie für die Inhalation von Radon-Zerfallsprodukten bei Erwachsenen ergibt sich als bester Schätzwert ein Dosiskonversionsfaktor von $1.3 \text{ mSv pro Bq a m}^{-3}$ (JACOBI, 1989). Für die Werte des oben ausgeführten Beispiels bedeutet dies, daß der Aufenthalt in diesem Raum zu einer jährlichen Strahlenbelastung von $1.3 \text{ mSv}/(\text{Bq a m}^{-3}) \cdot 6 \text{ Bq a m}^{-3} = 7.8 \text{ mSv}$ führt. Für Kinder sind um den Faktor 1.5 - 2 höhere Dosiskonversionsfaktoren nicht auszuschließen (AAP, 1989).

Statistisch gesicherte Untersuchungen über den Zusammenhang Radonkonzentration, Strahlenbelastung und Lungenkrebsrisiko wurden vor allem an Radon exponierten Bergarbeitern durchgeführt (HORNUNG et al., 1987). Die Expositions- und Dosiswerte der Bergarbeiter waren im allgemeinen höher als die Expositions- und Dosiswerte in Wohnräumen. Wie im Strahlenschutz üblich, wird eine lineare Dosis-Risiko-Beziehung angenommen. Damit ist das berechnete Risiko ein oberer Grenzwert.

2. Meßmethode:

Die Messung der Radonkonzentration erfolgte durch Aktivkohle-Szintillationsdetektoren. Es handelt sich dabei um zylindrische Plastikgefäße von 6 cm Höhe und einem Durchmesser von 2.5 cm, die mit Aktivkohle gefüllt sind. Je 3 dieser Detektoren wurden pro Meßpunkt aufgestellt und zwischen 48 und 72 Stunden lang am Meßpunkt stehen gelassen. Die Auswertung der an die Aktivkohle absorbierten Zerfallsprodukte des Radons erfolgte mit einem Spektrometer und einer geeigneten Software.

3. Ergebnisse:

Im Dezember 1990 wurden in 27 Gebäuden der Universität Innsbruck in insgesamt 39 Räumen Messungen der Radonkonzentration durchgeführt (Tab. 1, Abb. 2). Die ausgewählten Räume sind im allgemeinen Unterrichtsräume, vor allem Hörsäle. Auf der Naturwissenschaftlichen Fakultät wurden die Räume mit Mineraliensammlungen, im Institutsgebäude der Chemie das Chemikalienlager zusätzlich untersucht. Der kleinste Meßwert lag bei 36 Bq/m^3 , der größte bei 279 Bq/m^3 . Abb. 3 zeigt ein Histogramm der gemessenen Radonkonzentrationen für Intervalle von 50 Bq/m^3 . Am häufigsten treten Radonkonzentrationen zwischen 50 und 100 Bq/m^3 auf. Da die Radonkonzentration erheblichen Schwankungen unterliegt, wurden ein Monat später an den Orten der höchsten Konzentrationen die Messungen wiederholt. Dabei wurden die Werte der ersten Messung im wesentlichen bestätigt.

Tabelle 1: Meßorte und gemessene Radonkonzentrationen. Die Numerierung ist mit der in Abb. 1 identisch.

Nr.	Haus	Standort	Rn(Bq/m ³)	Nr.	Haus	Standort	Rn(Bq/m ³)
1	Innrain 52	HS A	57	12	Anatomie	HS	67
		HS D	75	13	P.-Mayr-Str. 1	HS	162
2	Geiwi	Computerlabor	42	14	Schöpfstr. 41	HS 4	63
		HS 4	44	15	F.-Pregl-Str. 3	HS A	74
3	Natwi	Mineralogie				HS 3	244
		Mineraliensamml.	52	16	Schöpfstr. 3	HS	121
		Praktikum	54	17	Finanzwiss.	Bibliothek	279
		Geologie				Seminar	112
		Mineraliensamml.	47	18	Innrain 80	Keller	116
		HS 10	67	19	Chemie	Kleiner HS	56
4	Univ.Bibliothek	Kleiner Lesesaal	69			Chem. Lager	43
		Großer Lesesaal	83	20	Sport	HS 2	110
5	Chirurgie	Großer HS	48	21	Architektur	Großer HS	148
6	Kinderklinik	HS	51	22	Rechenzentrum	EDV-Raum Keller	51
7	Nervenklinik	HS	38	23	Technikerstr. 25	HS C	59
8	Frauen/Kopfl.	HS I	48			HS A	116
		HS III	38	24	Botanik	Zi 209	93
9	Innere Medizin	Großer HS	278	25	Fischnalerstr. 15	HS D2	120
		Kleiner HS	36	26	Theologie	HS 2. Stock	118
10	Hautklinik	HS	49	27	Musikwiss.	HS	73
11	Pathologie	HS	69				

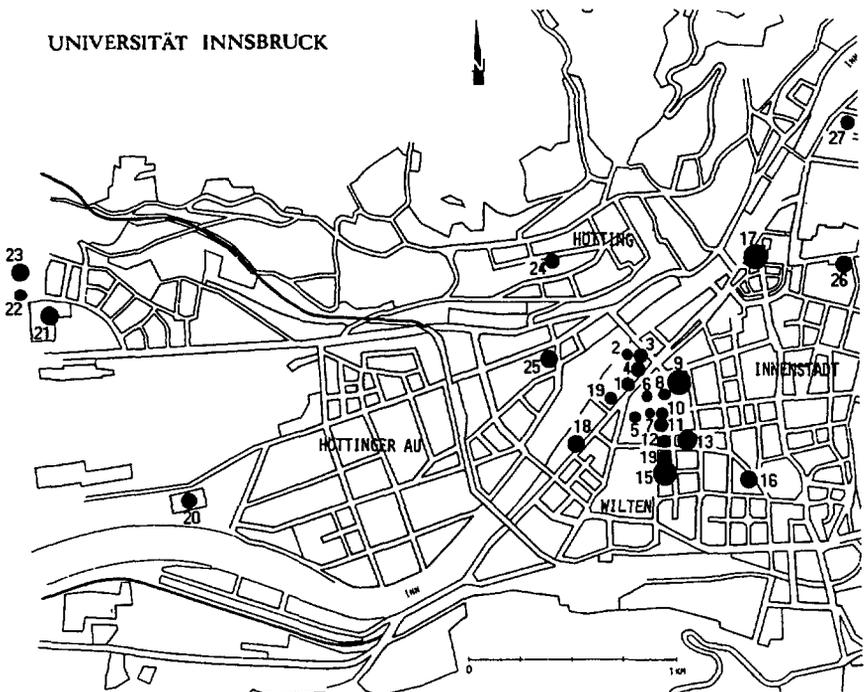


Abb. 2: Standorte der Messungen. Die Bezeichnung der Meßorte siehe Tab. 1. Die Fläche der eingetragenen Kreise stellt ein Maß für die gemessene Radonkonzentration dar. Bei mehreren Messungen am selben Ort wurde der größte Meßwert dargestellt.

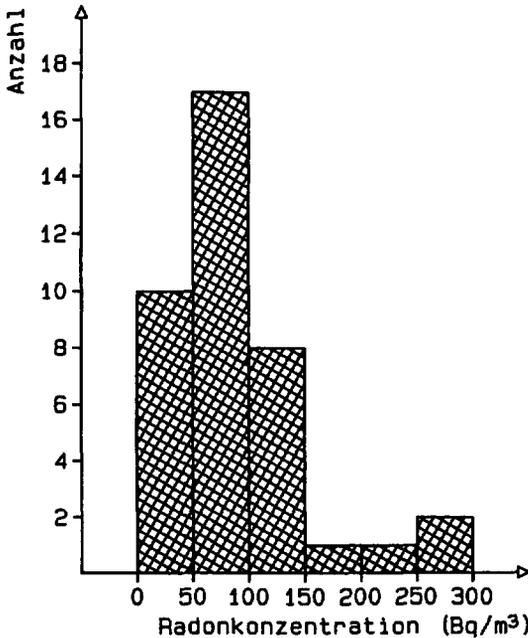


Abb. 3: Häufigkeitsverteilung der gemessenen Radonkonzentrationen.

4. Diskussion:

Der Mittelwert aller Messungen beträgt 89 Bq/m^3 . Da die Meßwerte nicht normal verteilt sind (Abb. 3) ist die Angabe des Medians (50 % aller Fälle sind größer, 50 % sind kleiner als der Median) sinnvoller. Der Median beträgt 67 Bq/m^3 , in guter Übereinstimmung mit Meßwerten in der Schweiz und in Deutschland (JACOBI, 1989; CRAMERI et al., 1989). Als Empfehlungen für einen oberen Grenzwert sind 148 Bq/m^3 (US EPA, 1986) und 400 Bq/m^3 (EURATOM, 1990) in Diskussion. In 35 von 39 untersuchten Räumen lagen die Werte unter dem von der US Environmental Protection Agency vorgeschlagenen Grenzwert von 148 Bq/m^3 . Die Werte in den übrigen untersuchten Räumen liegen unter dem Wert von 400 Bq/m^3 der EG-Richtlinien. Da in Österreich keine Richtlinien bzw. Grenzwerte existieren, ist nur eine Orientierung an den oben genannten internationalen Empfehlungen möglich.

An Baumaterialien wurden in den untersuchten Hörsälen Flußschotter, Ziegel und Beton verwendet. Eine Korrelation zwischen dem verwendeten Baumaterial und der gemessenen Radonkonzentration konnte nicht festgestellt werden.

Die effektive Äquivalentdosis für den bronchialen Bereich kann, wie in der Einleitung beschrieben, berechnet werden. Als Beispiel wird angegeben, welche Dosis ein Mensch erhält, der sich berufsbedingt in dem Raum mit 67 Bq/m^3 , entsprechend der Mediankonzentration, aufhält. Eine durchschnittliche Jahresarbeitszeit von 1800 h ergibt eine Aufenthaltswahrscheinlichkeit von 0.21 a. Die jährliche Äquivalentdosis für den bronchialen Bereich beträgt dann 5.5 mSv. Bei dieser Belastung ist das Risiko an Lungenkrebs zu versterben nicht größer als das Risiko eines Nichtraucher in unserer Gesellschaft (NAS, 1988).

5. Zusammenfassung:

Im Dezember 1990 wurden in 27 Gebäuden der Universität Innsbruck in insgesamt 39 Räumen Messungen der Radonkonzentration durchgeführt. Die ausgewählten Räume sind im allgemeinen Unterrichtsräume, vor allem Hörsäle. Der Median aller Meßwerte lag bei 67 Bq/m^3 . Der größte gemessene Wert betrug 279 Bq/m^3 . Der gemessene Median liegt in der gleichen Größenordnung wie die Medianwerte in der Schweiz und in Deutschland. Die Werte in 35 von 39 untersuchten Räumen lagen unter dem von der US Environmental Protection Agency (EPA) vorgeschlagenen Grenzwert von 148 Bq/m^3 . Die Werte in den übrigen 4 untersuchten Räumen lagen über der EPA-Richtlinie, jedoch unter den EG-Richtlinien, die einen Grenzwert von 400 Bq/m^3 empfehlen. Es werden die Zusammenhänge Radon und Gesundheitsrisiko bzw. Radonkonzentration und daraus resultierende Dosis diskutiert.

6. Literatur:

- AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS (1989): Radon exposure: A hazard to children. – *Pediatrics* **83**(5): 799 - 801.
- CRAMERI, R., H.H. BRUNNER, R. BUCHLI, C. WERNLI und W. BURKART (1989): Indoor Rn levels in different geological areas in Switzerland. – *Health Phys.* **57**(1): 29 - 38.
- ENNEMOSER, O., W. AMBACH, P. SCHNEIDER und P. BRUNNER (1991): Radon in pottery workshops. – *The Lancet* **337**: 732.
- EURATOM (1990): Empfehlung der Kommission vom 21. Februar 1990 zum Schutz der Bevölkerung vor Radonexposition innerhalb von Gebäuden. – *Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften* **L 80**: 26 - 28.
- HORNUNG, W. und Th.J. MEINHARDT (1987): Quantitative risk assessment of lung cancer in U.S. uranium miners. – *Health Phys.* **52**(4): 417 - 430.
- ICRP (1987): Lung cancer risk from indoor exposures to Radon daughters. – *ICRP Publ. 50, Annals of ICRP* **17**(1), Pergamon Press, Oxford.
- JACOBI, W. (1989): Radon-Strahlenwirkung und Strahlenschutz. – *Phys. Bl.* **45**(11): 430 - 434.
- NAS (1988): Report of the Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiations. Health risks of radon and other internally deposited alpha-emitters. – National Research Council, National Academy of Sciences, National Academy Press, Washington, DC.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1986): A citizen's guide to radon. – U.S. Government Printing Office, EPA-86-004, Washington DC.
- WOJCIK, M. (1989): Long-term measurements of Rn and short-lived Rn daughter concentrations in natural gas from distribution line. – *Health Phys.* **57**(6): 989 - 991.

Ergänzung zu: W. AMBACH et al. (1991): "Radioaktiver fall out auf Gletschern Tirols". – Ber. nat.-med. Verein Innsbruck, 78: 7:

Die Meßwerte in Abb. 2 wurden aus den Monatsberichten über Luft- und Niederschlagsaktivität der Physikalisch-Bioklimatologischen Forschungsstelle (ab 1974: Fraunhofer Institut für Atmosphärische Umweltforschung) entnommen (Leitung 1954 - 1985: R. REITER).

Die Meßwerte sind teilweise auch im Buch R. REITER: "Felder, Ströme und Aerosole in der unteren Troposphäre", Steinkopff, Darmstadt, 1964 (englische Übersetzung 1985) und im Band R. REITER: "Natürliche und künstliche Radioaktivität im Gebirge", Schattauer, Stuttgart, 1960, dargestellt und besprochen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte des naturwissenschaftlichen-medizinischen Verein Innsbruck](#)

Jahr/Year: 1992

Band/Volume: [79](#)

Autor(en)/Author(s): Schneider Peter, Brunner Peter, Ambach Walter, Ennemoser Oswald

Artikel/Article: [Radonkonzentrationen in Gebäuden der Universität Innsbruck. 7-12](#)