

Endbericht

Bezeichnung des Auftrages: Erstellung eines Leitfadens für Kurzzeit-Radonmessungen zur Abschätzung des Radon-222-Jahresmittelwertes

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie, Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Autorinnen und Autoren: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Franz Josef Maringer,
Universitätsprofessor für Radioökologie und Strahlenschutz

Wien, 2024

Rückmeldungen: Ihre Überlegungen zu vorliegender Publikation übermitteln Sie bitte an
v8@bmk.gv.at.

Inhalt

1 Kurzfassung	5
2 Motivation für die Erstellung eines Leitfadens	7
3 Organisatorische Hintergründe	8
1.1 Erbrachte Leistung	8
1.2 Kooperationspartner mit Eigenleistungsbeiträgen	8
5 Stand von Wissenschaft und Technik	9
6 Durchführung der Radonmessungen	11
7 Erstellung eines Leitfadens	13
8 Schlussfolgerungen und Ausblick	14
Referenzen	15

1 Kurzfassung

Mit der vorliegenden Arbeit wurde ein Verfahren entwickelt, den Jahresmittelwert der Radon-222-Aktivitätskonzentration in Innenräumen mittels Kurzzeit-Radonmessungen abzuschätzen. In einem ersten Arbeitsschritt wurden im Zeitraum Oktober 2022 bis Juli 2023 24 Langzeitmessungen (6 Monate) und 50 Kurzzeitmessungen (3 Wochen) in 24 Innenräumen in Privathäusern in vier österreichischen Bundesländern durchgeführt. Gleichzeitig zu den Kurzzeitmessungen wurden meteorologische Parameter (Außen- und Innentemperatur, Luftdruck innen, außen, Luftfeuchte innen, außen, Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Niederschlagsmenge) miterhoben, um deren Einflüsse auf die gemessenen Radon-222-Aktivitätskonzentrationen zu untersuchen. Ebenso wurden Gebäude- und Nutzungsdaten der untersuchten Innenräume miterhoben.

In einem zweiten Schritt wurden die Abhängigkeiten der Radonmesswerte der Kurzzeitmessungen von den miterhobenen Einflussparametern mittels Spearman-Korrelationsanalyse untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass die Radon-222-Aktivitätskonzentrationen in den 24 untersuchten Innenräumen signifikante Korrelationen mit der Außentemperatur, der Temperaturdifferenz innen-außen, der Luftfeuchte außen und innen, der Windgeschwindigkeit und der Luftdruckdifferenz innen-außen aufweisen. Von den Gebäudedaten zeigten die Faktoren Hanglage, erdberührter Innenraum und das Lüftungsverhalten gering signifikante Korrelationen zur Radon-222-Aktivitätskonzentration.

In einem dritten Schritt wurden auf Basis radioökologisch-physikalischer Überlegungen funktionale Zusammenhänge der möglichen Einflussparameter identifiziert, mit denen im Zuge einer Regressionsanalyse (Methode der kleinsten Quadrate / least-square-fit) das Ergebnis der Kurzzeitmessung an die Langzeitmesswerte angepasst werden können. Dabei wurden neun Funktionen mit neun Parametern identifiziert, welche eine signifikante Regression der Abweichung ermöglichen. Damit können die Einflüsse auf die Kurzzeitmessungen ‚herausgerechnet‘ und die Abweichungen der Ergebnisse der Kurzzeitmessungen, von jenen der Langzeitmessung deutlich verringert werden. Mit der entwickelten Methode konnten die Langzeitmittelwerte der Radonaktivitätskonzentration in den untersuchten 24 Innenräumen mit Hilfe der dreiwöchigen Kurzzeitmessungen in einem Vertrauensniveau von 80 % innerhalb des Intervalls $\pm 30\%$ angenähert und damit praktikabel abgeschätzt werden.

Abschließend wurde aus den Ergebnissen der Untersuchungen ein Leitfaden zusammengestellt, der es ermöglicht, Innenraum-Jahresmittelwerte der Radon-222-Aktivitätskonzentration aus Radon-222-Kurzzeitmessungen abzuschätzen. Zur Validierung und Sicherstellung, dass diese Methode allgemein anwendbar ist und in allen Fällen praktikable Ergebnisse liefert, werden weitere gleichartige Messungen und deren Auswertung empfohlen.

2 Motivation für die Erstellung eines Leitfadens

Die Ermittlung der mittleren jährlichen Radon-222-Aktivitätskonzentration in Innenräumen IRC (Bq/m^3 , Indoor Radon Concentration) erfordert grundsätzlich eine Langzeitmessung der Aktivitätskonzentration über einen Zeitraum von mindestens sechs Monaten, wobei mindestens die Hälfte der Messzeit in der Wintersaison liegen muss (Anlage 2 zu §5 Radonschutzverordnung).

In bestimmten Fällen – z. B. wegen möglicher gesundheitlicher Folgen bei stark erhöhter Radonaktivitätskonzentrationen in Innenräumen oder zur raschen Abschätzung der Wirksamkeit einer Radonsanierung an einem Gebäude oder im Zuge von Immobilientransaktionen – ist eine kurzfristige Abschätzung bzw. Ermittlung der durchschnittlichen Radonkonzentration notwendig.

Der Leitfaden soll aufzeigen, unter welchen Voraussetzungen Kurzzeitmessungen mit aktiven Radonmessgeräten zur Abschätzung der mittleren jährlichen Radonaktivitätskonzentration in Innenräumen herangezogen werden können und welche Einflussfaktoren dabei berücksichtigt werden müssen.

3 Organisatorische Hintergründe

1.1 Erbrachte Leistung

1. Recherche, Sichtung und Dokumentation des Standes von Wissenschaft und Technik
2. Auswertung von Radonmessungen (aktive Kurzzeitmessungen und passive Langzeitmessungen) in 24 Innenräumen in vier Bundesländern
3. Untersuchung der Zusammenhänge der Radonmesswerte mit charakteristischen Einflussparametern (Gebäudesituation, Nutzung, Meteorologie)
4. Erstellung eines Leitfadens zur Abschätzung des Radon-Jahresmittelwertes in Innenräumen aus Kurzzeitmessungen mit aktiven Radonmessgeräten unter Berücksichtigung von Einflussparametern

1.2 Kooperationspartner mit Eigenleistungsbeiträgen

- TU Wien: Marius Blum, BSc, Dominik Boya, BSc, Johannes Toth, Xaver Goidinger
- Labor für Strahlenschutz der Stadt Wien, MA 39: DI Dr. Hannah Wiedner
- Seibersdorf Labor GmbH: DI Tobias Moreau
- Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen: DI Robert Brettner-Messler

5 Stand von Wissenschaft und Technik

Im Zuge eines ersten Fachgesprächs mit dem Team der AGES-Radonfachstelle Linz wurde der derzeitige Stand der Wissenschaft und Technik für die Anwendung von Radon-Kurzzeitmessungen ausführlich diskutiert. Dabei wurden auch der Statusbericht der AGES aus dem Jahr 2017 zum Projekt ‚Ermittlung und Bewertung von Schnellmethoden zur Erfassung der Radonsituation in Gebäuden‘ [1] und relevante Unterlagen des Bundesamts für Gesundheit, Bern, [2], [3], besprochen. Die Ergebnisse dieser Arbeiten bzw. der darin angeführten Methoden zeigen, dass Kurzzeitmessungen zur Abschätzung des Radon-222-Jahresmittelwertes bisher nur eingeschränkt bzw. unter spezifischen Voraussetzungen zielführend eingesetzt werden können.

In einer Reihe von bisher veröffentlichten internationalen Studien wurde nachgewiesen, dass die IRC generell jahreszeitlich-saisonalen Variationen unterliegt. Es wurde gezeigt, dass häufig höhere IRC im Winter und niedrigere in den Sommermonaten gemessen werden. [5], [9] Eine Ursache hierfür ist die Wirkung des Kamineffekts innerhalb des Gebäudes im Winter infolge der Gebäudebeheizung im Zusammenwirken mit niedrigen Außentemperaturen. Die Temperaturunterschiede führen zu einem Druckgradienten, wodurch das Radongas verstärkt aus dem Boden in die Innenräume eindringt. Im Gegensatz dazu, führt die generell höhere Außentemperatur im Sommer dazu, dass in Innenräumen der Druck größer ist als außerhalb und somit das Edelgas generell in geringerem Maß eindringen kann. Ein weiterer Grund für eine niedrigere IRC in den Sommermonaten ist das Lüftungsverhalten der Bewohner*innen. Aufgrund der höheren Temperaturen im Sommerhalbjahr wird im Normalfall häufiger gelüftet, wodurch das Innenraum-Radon mit der nahezu Radon-freien Frischluft von außen vermischt wird. [8]

Die rechtlich verbindliche Erhebung der mittleren jährlichen IRC in Privathaushalten in Österreich erfordert im Allgemeinen eine Langzeitmessung über mindestens sechs Monate, wodurch etwaige saisonale und tageszeitliche Variationen ausgeglichen werden können [6]. Da in der Heizsaison mit höheren IRC-Werten zu rechnen ist, muss mindestens die Hälfte des Messzeitraums zwischen 15. Oktober und 15. April liegen [10].

Der gesetzliche Referenzwert der jährlich-gemittelten IRC liegt in Österreich bei 300 Bq/m^3 . Wird der Referenzwert überschritten, können verschiedene Radon-Sanierungsmaßnahmen die IRC senken. Je nach Höhe der vorliegenden IRC, reichen diese von kostengünstigen Abdichtungsmaßnahmen bis hin zu komplexen Unterboden-Absaugungen oder die Installation von Radonbrunnen. [8] Tendenziell weisen Altbauten eine höhere IRC als Neubauten auf, da das Radongas leichter durch Schwachstellen beziehungsweise Undichtheiten erdberührender Bauteile ins Innere des Gebäudes eindringen kann z.B. durch fehlende Feuchteisolation und Leitungsdurchführungen, nicht-durchgehende Fundamentplatten, Eintrittswegen wie Spalten und Rissen in den erdberührten Bauteilen. [12]

Da bei Altbauten oft aufwendigere Radonsanierungen notwendig sind, können die Kosten dafür minimiert werden, wenn diese zeitgleich mit einer generellen Gebäudesanierung durchgeführt werden. Mitunter ist zu beachten, dass es nach einer thermischen Sanierung zu einem Anstieg der IRC kommen kann. [11] Deshalb ist, neben den gesundheitlichen Risiken durch Radon, bei Planung einer Altbausanierung eine rasche Ermittlung der mittleren IRC von Vorteil. Hier sind insbesondere Erwerber*innen von Bestandsimmobilien zu erwähnen, welche eine schnelle Abklärung der vorliegenden Radonsituation anstreben, um mit Sanierungsarbeiten nicht die Dauer einer Langzeitmessung abwarten zu müssen.

Diese Studie soll die Frage klären, inwieweit Kurzzeitmessungen zur Ermittlung der mittleren jährlichen IRC herangezogen werden können. Anhand von ausführlichen Messungen in Wohngebäuden in österreichischen Bundesländern wird untersucht, welche Parameter die IRC beeinflussen, beziehungsweise welche Faktoren für zeitliche Veränderungen der IRC jedenfalls berücksichtigt werden müssen. Die Auswertung der Messungen dient als Grundlage für die Erstellung eines Leitfadens für die Anwendung von Kurzzeitmessungen zur Abschätzung des Radon-Jahresmittelwertes in Innenräumen.

6 Durchführung der Radonmessungen

Für die Studie wurden von Oktober 2022 bis Juli 2023 der tageszeitliche und saisonale Verlauf der Radon-222-Aktivitätskonzentration der Innenraumluft (IRC) in 24 Wohnräumen von Privathaushalten in vier österreichischen Bundesländern systematisch sowohl mit langzeit-integrierenden als auch mit aktiven, aufzeichnenden Radonmessgeräten messtechnisch ermittelt. Hierfür waren aktive Radonmessgeräte erforderlich, welche die IRC stündlich aufzeichnen. Zusätzlich zu den Kurzzeitmessungen (Dreiwochenmessungen mit aktiven Messgeräten), wurden die langzeitlichen Mittelwerte der IRC mittels passiven Radondetektoren (Sechsmonatsmessungen mittels Kernspurdetektoren) bestimmt.

Zehn der untersuchten Häuser befinden sich im südlichen Niederösterreich, acht in Radonschutzgebieten in Oberösterreich, drei in Tirol, sowie drei in Wien und Umgebung (nördliches NÖ). Die Kurzzeitmessungen mit den aktiven Messgeräten fanden während der Heizsaison zwischen Ende Oktober 2022 und Ende Februar 2023 statt. Ab März wurde mit der zweiten Serie der Kurzzeitmessungen bei wärmeren Außentemperaturen nach der Heizsaison begonnen. Die Kurzzeitmessungen der zweiten Serie wurden im Juli 2023 abgeschlossen.

Mittels eines Fragebogens, der entsprechend einer approbierten Vorlage der AGES Fragen zu relevanten Parametern beinhaltet, welche die IRC stark beeinflussen können, wurden die Gebäude- und Nutzerdaten an den einzelnen Messorten erhoben und dokumentiert. Einerseits wurden gebäudespezifische Daten wie Baujahr, Fundamenttyp, Unterkellerung, Dichte der Fenster etc. erhoben, sowie das Lüftungsverhalten in jedem gemessenen Raum abgefragt. Außerdem wurden die Teilnehmer*innen darauf hingewiesen, während der Dauer der Messungen ihr alltägliches Nutzungsverhalten beizubehalten.

Die im Zuge dieser Studie durchgeführten Langzeit- und Kurzzeit-Radonmessungen von Oktober 2022 bis Juli 2023 sind in einem Beitrag zur ÖVS-FS-Strahlenschutztagung in Mondsee, 18.-22. September 2023, ausführlich beschrieben [14]

Die Radonmessungen wurden im Rahmen akademischer Arbeiten von vier Studenten an der TU Wien, Fakultät für Physik, Atominstitut – drei Projektarbeiten und eine Bachelorarbeit unter Anleitung des wissenschaftlichen Projektleiters – durchgeführt. [15], [16], [17], [18]

7 Erstellung eines Leitfadens

Auf Basis der Auswertung der durchgeführten Radon-222-Messungen wurde ein Leitfaden zur Abschätzung des Jahresmittelwertes der Radon-222-Aktivitätskonzentration aus rund dreiwöchigen Kurzzeitmessungen entwickelt. Insgesamt standen zur Entwicklung des Leitfadens 50 Kurzzeitmessungen in 24 Innenräumen zur Verfügung. Die für die Kurzzeit- und Langzeit-Radonmessungen verwendeten Messgeräte, Detektoren und Messmethoden sind, ebenso wie die erhobenen Umweltdaten (GeoSphere Austria Data Hub, [13]), ausführlich und detailliert in [14], [15], [16], [17], [18] dokumentiert. Das physikalisch-statistische Konzept zur Erstellung des Leitfadens, die zugrundeliegenden Einflussparameter und das entwickelte Verfahren sind im ‚Leitfaden – Abschätzung des Radon-222-Jahresmittelwerts in Innenräumen aus Kurzzeitmessungen‘ (Anlage) zusammenfassend dargestellt.

8 Schlussfolgerungen und Ausblick

Mit der vorliegenden Arbeit wurde ein Verfahren entwickelt, das es ermöglicht, aus dreiwöchigen Messungen der Radon-222-Aktivitätskonzentration (Stundenmittelwerte) mit aktiven Radonmessgeräten unter funktionaler Berücksichtigung definierter Einflussparameter, den Radon-222-Jahresmittelwert eines Innenraums abzuschätzen. Das Verfahren – dokumentiert in einem Leitfaden – wurde anhand der Messungen in 24 Innenräumen in vier österreichischen Bundesländern entwickelt und erfolgreich getestet. Mit der entwickelten Methode können die wesentlichen Einflüsse auf die Kurzzeitmessungen ‚herausgerechnet‘ und die Abweichungen der Ergebnisse der Kurzzeitmessungen, von den Ergebnissen der Langzeitmessung signifikant verringert werden.

Anhand von weiteren Messungen und gleichartigen physikalisch-statistischen Analysen wäre es möglich, die Verallgemeinerung der Methode auf andere Innenräume zu testen, zu verbessern und die funktionalen Zusammenhänge weiterzuentwickeln. Zur Validierung und Verbesserung der vorgelegten Methode hinsichtlich einer zur gesicherten Anwendung, wird daher empfohlen, in weiteren Innenräumen (verschiedene Bundesländer, unterschiedliche Gebäudetypen) gleichartige Messungen durchzuführen und entsprechende Anpassungen in der Auswahl der Einflussparameter und deren funktionalen Zusammenhänge vorzunehmen bzw. bereits vorhandene Messungen diesbezüglich auszuwerten.

Referenzen

- [1] **V. Schauer**, Ermittlung und Bewertung von Schnellmethoden zur Erfassung der Radonsituation in Gebäuden, Statusbericht BMLFUW-UW.1.1.11/0016-I/7/2015, AGES, 2017
- [2] **Leitfaden Radon-Kurzzeitmessungen**, Bundesamt für Verbraucherschutz BAG, Bern, 2020
- [3] **Luca Pampuri**, Orientierende Messungen der Konzentration von radon-222 in der Raumluft (Protokoll des Schnellverfahrens 6+1), Bundesamt für Verbraucherschutz BAG, Bern, 2022 (persönliche Kommunikation)
- [4] **H. Friedmann u. a.**, „Das österreichische nationale Radonprojekt – ÖNRAP Projekt-Endbericht (in German)“, 2007, doi: 10.13140/RG.2.2.34760.01285.
- [5] **D. J. Steck**, „Spatial and Temporal Indoor Radon Variations“, Health Phys., Bd. 62, Nr. 4, S. 351–355, Apr. 1992, doi: 10.1097/00004032-199204000-00009.
- [6] **Fachstelle für Radon**, „Wie messe ich Radon?“
<https://www.radon.gv.at/zielgruppen/privatpersonen/wie-messe-ich-radon>
(zugegriffen 6. Juni 2023).
- [7] **„Allgemeines zu Radon“**.
https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/strahlenschutz/radon/allgemein.html
(zugegriffen 5. Juni 2023).
- [8] **J. F. Rey, S. Goyette, M. Gandolla, M. Palacios, F. Barazza, und J. Goyette Pernot**, „Long-Term Impacts of Weather Conditions on Indoor Radon Concentration Measurements in Switzerland“, Atmosphere, Bd. 13, Nr. 1, S. 92, Jan. 2022, doi: 10.3390/atmos13010092.
- [9] **J. C. H. Miles, C. B. Howarth, und N. Hunter**, „Seasonal variation of radon concentrations in UK homes“, J. Radiol. Prot., Bd. 32, Nr. 3, S. 275–287, Sep. 2012, doi: 10.1088/0952-4746/32/3/275.

[10] AGES, „AGES - Strahlenschutz Serviceleistungen“, <https://www.ages.at/umwelt/radioaktivitaet/strahlenschutz-serviceleistungen> (zugegriffen 6. Juni 2023).

[11] AGES, „AGES - Radon - Risiko, Messung & Schutz“, AGES. <https://www.ages.at/umwelt/radioaktivitaet/radon> (zugegriffen 6. Juni 2023).

[12] Bundesamt für Strahlenschutz „Wann ist mein Haus / meine Wohnung besonders gefährdet?“, <https://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/radon/schutz/gefaehrdung.html> (zugegriffen 6. Juni 2023).

[13] „GeoSphere Austria Data Hub“. <https://data.hub.zamg.ac.at/dataset/klima-v1-1h> (zugegriffen 23. Juni 2023).

[14] M. Blum, D. Boya, X. Goidinger, F. J. Maringer, T. Moreau, J. Toth, H. Wiedner, Abschätzung des Jahresmittelwertes der Radonkonzentration in Innenräumen mittels aktiver Kurzzeitmessungen, Tagungsband, 10. Gemeinsame Fachtagung des ÖVS und FS, Hg. F.J. Maringer, H. Völkle, M. Froning, Österreichischer Verband für Strahlenschutz, Fachverband für Strahlenschutz, Seibersdorf, 2023.

[15] M. Blum, Abschätzung des Jahresmittelwertes der Rn-222-Aktivitätskonzentration in Innenräumen mittels aktiver Kurzzeitmessungen: Messungen im südlichen Niederösterreich, Projektarbeit, TU Wien, 2023.

[16] D. Boya, Abschätzung des Jahresmittelwerts von Radon-222-Konzentrationen in Innenräumen durch aktive Kurzzeitmessungen: Vergleich von aktiven mit passiven Messungen in Oberösterreich, Projektarbeit, TU Wien, 2023.

[17] X.A. Goidinger, Abschätzung des Jahresmittelwerts von Radon-222-Konzentrationen in Innenräumen durch aktive Kurzzeitmessungen: Untersuchung der meteorologischen Einflussfaktoren auf die Radonkonzentration in Privathäusern, Bachelorarbeit, TU Wien, 2023.

[18] J. Toth, Abschätzung des Jahresmittelwerts von Radon-222-Konzentrationen in Innenräumen durch aktive Kurzzeitmessungen: Kalibriermessungen von aktiven Radonmessgeräten, Projektarbeit, TU Wien, 2023.

**Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie**

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

+43 (0) 800 21 53 59

servicebuero@bmk.gv.at

bmk.gv.at