



Bericht über die Vergleichsmessung 2024 für Radondosimeter

Noah Messerli, Dr. Peter Peier



Ihre Referenz.

Eidgenössisches Institut für Metrologie (METAS)
Labor Ionisierende Strahlung
Lindenweg 50
CH-3003 Bern-Wabern

Oktober 2024

Inhalt

1	Einleitung.....	3
1.1	Gegenstand und Zweck.....	3
1.2	Gesetzliche Regelung der Radonmessmittel in der Schweiz	3
2	Organisation und Ablauf der Vergleichsmessung.....	3
2.1	Ablauf	4
2.2	Zeitplan.....	4
2.3	Teilnehmende.....	4
2.4	Prüflinge	4
3	Radonexposition.....	5
3.1	Referenzlabor	5
3.2	Vergleichsmessung der passiven Radondosimeter.....	5
3.3	Expositionsparameter	6
4	Ergebnisse und Beurteilung.....	7
4.1	Meldung der Messwerte.....	7
4.2	Resultate	7
4.2.1	Fazit	9
5	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	11
	Referenzen.....	12
	Anhang 1: Teilnehmende Radonvergleichsmessung 2024.....	13
	Anhang 2: Prüflinge	14
	Anhang 3: Messwerte und Ergebnisse.....	15
	Anhang 4: Zeitlicher Verlauf von Temperatur, relativer Luftfeuchtigkeit und Druck.....	17
	Anhang 5: Übersicht Zulassungen Radonmessmittel.....	18

1 Einleitung

1.1 Gegenstand und Zweck

Die Strahlenschutzverordnung (StSV, [1]) schreibt vor, dass Radonmessungen in der Schweiz durch anerkannte Radonmessstellen durchgeführt werden müssen. Das Bundesamt für Gesundheit (BAG) kann eine Radonmessstelle anerkennen, falls die von der StSV geforderten Voraussetzungen dafür gegeben sind. Hinsichtlich der von den Radonmessstellen zu verwendenden Messmittel schreibt Art. 159, Abs. 4 StSV vor, dass diese den Anforderungen gemäss der Messmittelverordnung (MessMV, [2]) sowie der Verordnung des EJPD über Messmittel für ionisierende Strahlung (StMmV, [3]) zu genügen haben.

Auf Grundlage der StMmV müssen Radonmessmittel periodisch auf Ihre Messbeständigkeit geprüft werden. Zu diesem Zweck finden regelmässig Eichkampagnen bzw. alle zwei Jahre eine Radonvergleichsmessung statt. Durch die erfolgreiche Teilnahme an einer Eichkampagne bzw. der Vergleichsmessung können die Messstellen den Nachweis erbringen, dass die von ihnen eingesetzten Radonmessmittel die von der StMmV geforderten Toleranzen einhalten.

Die Radonvergleichsmessung 2024 wurde am Eidgenössischen Institut für Metrologie (METAS) durchgeführt.

1.2 Gesetzliche Regelung der Radonmessmittel in der Schweiz

Die bereits erwähnte Verordnung über Messmittel für ionisierende Strahlung (StMmV, [3]) regelt die messtechnischen Anforderungen an die Radonmessmittel im Detail. Diese Regelung geschieht grundsätzlich auf zwei Ebenen: (i) Im Rahmen einer Zulassung ist für einen bestimmten Messmitteltyp nachzuweisen, dass die entsprechende Bauart die grundlegenden Anforderungen erfüllt. (ii) Wird ein Messmittel einer zugelassenen Bauart in Verkehr gebracht und verwendet, so muss dieses in vorgegebenen Zeitintervallen auf die Einhaltung der messtechnischen Toleranzen geprüft werden. Durch eine Eichung bzw. einer erfolgreichen Teilnahme an der im Zweijahresrhythmus durchgeführten Radonvergleichsmessung können die Verwender diesen Nachweis erbringen.

Die StMmV [3] unterscheidet grundsätzlich zwei Gruppen von Radonmessmitteln:

Radonmessgeräte (nach Art. 2, Bst. g StMmV):

Dies sind Messmittel mit hoher Empfindlichkeit und integrierter Messwertanzeige. Ein Radonmessgerät zeigt den über ein Intervall von einer Stunde (oder kürzer) gemittelten Messwert der Radonaktivitätskonzentration an. Im Rahmen der Radonvergleichsmessung 2024 wurden keine Radonmessgeräte nach Art. 2, Bst. g StMmV exponiert.

Radondosimeter (nach Art. 2, Bst. h StMmV):

Passive Radondosimeter oder ebenso elektronische Radondosimeter mit integrierter Messwertanzeige und/oder Messdatenspeicher zeigen den Messwert der Radonexposition an, d.h. die über einen Zeitraum von einem Monat bis ein Jahr integrierte Radonaktivitätskonzentration. Im Rahmen der Radonvergleichsmessung 2024 wurden lediglich Radondosimeter der Messung unterzogen.

Die Zulassungszertifikate der vom METAS zugelassenen Bauarten werden in der Datenbank "certsearch" [4] publiziert. Die zugelassenen Bauarten der *Radonmessgeräte* und *Radondosimeter* können in dieser Datenbank unter der entsprechenden Rubrik eingesehen werden. Eine Übersicht der zum Zeitpunkt dieser Vergleichsmessung zugelassenen Bauarten von Radonmessmitteln findet sich im Anhang 4.

2 Organisation und Ablauf der Vergleichsmessung

Wie bei den früheren Radonvergleichsmessungen wurde auch bei dieser Vergleichsmessung ein möglichst praxisnahes Vorgehen gewählt. Das bedeutet, dass die zu prüfenden

Messmittel, nachfolgend als Prüflinge bezeichnet, möglichst identisch wie im regulären Einsatz behandelt werden, mit dem Unterschied, dass die Prüflinge nicht an einem realen Messort, sondern in einer Referenzatmosphäre von Radon in Luft (Radon-Messkammer) aufgestellt werden. Die Teilnehmenden müssen nach erfolgter Exposition in der Radon-Messkammer den für die Radonvergleichsmessung massgeblichen Messwert sowie die Messunsicherheit ihrer Prüflinge selber bestimmen.

2.1 Ablauf

Für die passiven Radondosimeter wurde vom BAG für jeden Typ je eine anerkannte Radonmessstelle bezeichnet, welche an der Vergleichsmessung teilzunehmen hatte, stellvertretend für alle anderen Radonmessstellen, welche dieselben passiven Radondosimeter verwenden.

Die anerkannten Radonmessstellen wurden in einem Informationsschreiben im April 2024 über den Ablauf der Radonvergleichsmessung 2024 informiert. Ebenso wurde dieses Informationsschreiben an weitere Institutionen und Personen versandt, welche vorgängig oder bei früheren Radonvergleichsmessungen ihr Interesse an der Teilnahme bekundet hatten.

Die Teilnehmenden mussten die der Vergleichsmessung zu unterziehenden Radonmessmittel beim METAS vorgängig anmelden und diese bis zum vereinbarten Termin beim METAS in Bern-Wabern abgeben. Nach der erfolgten Exposition in der Radon-Messkammer wurden die Messmittel wieder zurück an die Teilnehmenden versendet.

Zusammen mit dem jeweiligen Prüfling erhielten die Teilnehmenden die für die Meldung der Messwerte erforderlichen Informationen.

2.2 Zeitplan

Die Radonvergleichsmessung 2024 wurde nach dem folgenden Zeitplan durchgeführt:

- | | |
|---|--------------------|
| • Versand Informationsschreiben | 24. April 2024 |
| • Anmeldeschluss: | 15. Juli 2024 |
| • Einsendeschluss Messmittel (am METAS): | 15. Juli 2024 |
| • Start Radonexposition: | 25. Juli 2024 |
| • Ende Radonexposition: | 14. August 2024 |
| • Rücksendung Dosimeter an Teilnehmende: | 15. August 2024 |
| • Termin Messwertmeldung durch Teilnehmende | 30. September 2024 |
| • Kommunikation der Ergebnisse | 31. Oktober 2024 |

2.3 Teilnehmende

Die in der Tabelle im Anhang 1 aufgeführten Institutionen haben mit jeweils einem oder mehreren Prüflingen an der Radonvergleichsmessung 2024 teilgenommen.

2.4 Prüflinge

Die der Radonvergleichsmessung 2024 unterzogenen passiven Radondosimeter wurden alle gleichzeitig in der Radon-Messkammer exponiert (s. Kap. 3). Die Ergebnisse sind in Kapitel 4 dargestellt. Die Zusammenstellung sämtlicher Prüflinge der Radonvergleichsmessung 2024 findet sich im Anhang 2.

Im Rahmen der Radonvergleichsmessung 2024 wurden Radondosimeter der Messung unterzogen, welche auf Grundlage der StMmV zugelassen sind (Art. 2, Bst. h StMmV), sowie ein weiterer Typ eines passiven Radondosimeters, für welchen zum Zeitpunkt der Vergleichsmessung keine Zulassung vorlag. Für jeden Prüfling wurden jeweils 7 Exemplaren in der Radon-Messkammer exponiert. Zudem mussten die Teilnehmenden je zwei weitere Exemplare einsenden, welche als sogenannte Transportdosimeter dienten. Diese Transportdosimeter wurden nicht in der Radon-Messkammer exponiert, jedoch ansonsten über den gesamten Ablauf identisch behandelt wie die eigentlichen Prüflinge. Auf diese Weise könnte eine unerwünschte, zusätzliche Exposition der Prüflinge, beispielsweise beim Versand, festgestellt werden. Die Resultate der Transportdosimeter wurden bei den Resultaten der expo-

nierten Radondosimeter jedoch nicht berücksichtigt, da die Expositionswerte der Transportdosimeter sehr gering waren und somit eine unbeabsichtigte Exposition ausgeschlossen werden konnte. Uns ist bewusst, dass bei niedrigen Expositionen die Transportdosis einen erheblichen Einfluss auf die Präzision der Messergebnisse haben kann. Mehrere Teilnehmer haben uns erneut darauf hingewiesen und erklärt, dass sie in ihrem Standardausleseprozess die Transportdosis der Dosimeter von den eigentlichen Messwerten abziehen würden. Obwohl dieses Vorgehen in gewissen Fällen zu scheinbar genaueren Ergebnissen führt, spiegelt es nicht alltägliche Messungen wider, in denen häufig keine Transportdosimeter verfügbar sind. Die Transportdosimeter befanden sich ausserdem während der gesamten Expositionszeit ausserhalb der Expositionskammer, wo die Radonkonzentration bei einem unbestimmten Wert unter 30 Bq/m^3 lag. Ein Hintergrund von 30 Bq/m^3 während der gesamten Expositionszeit sättigt bereits nahezu die gesamte Hintergrunddosis, welche die exponierten Dosimeter nicht erhalten haben, da für die Messung der exponierten Dosimeter radonfreie Gasflaschenluft verwendet wurde. Ein direkter Vergleich der Hintergrunddosis wäre in diesem Fall daher nicht gerechtfertigt.

Um also einen fairen Vergleich der Ergebnisse zwischen den verschiedenen Teilnehmern zu gewährleisten, vergleichen wir hier die Bruttodosis der Dosimeter, wohl wissend, dass die Messwerte eine kleine Transportdosis enthalten.

3 Radonexposition

3.1 Referenzlabor

Die Exposition der Prüflinge in der Referenzatmosphäre für die Radonaktivitätskonzentration in der Luft wurde am METAS, Labor ionisierende Strahlung, in Bern-Wabern durchgeführt.

Zur Durchführung der Exposition wurden die Prüflinge in die Radon-Messkammer gebracht, in welchem über die gesamte Expositionsdauer eine annähernd konstante Atmosphäre der Radonaktivitätskonzentration herrschte. Der Referenzwert der Radonaktivitätskonzentration innerhalb der Radon-Messkammer wurde aus der Ra-226-Aktivität und den Emanationskoeffizienten der Radon-Emanationsquellen (EUROSTANDARD CZ [9]), dem Volumen der Messkammer und dem Luftdurchfluss bestimmt (steady flow method [10]). Für die Emanationsquellen stellt das Tschechische Metrologische Institut (CMI) mit seiner Einbindung in das internationale Referenzsystem (Système International de Référence, SIR [11]) die Rückführbarkeit der Messungen auf international abgestützte Realisierungen der SI-Einheit Bq sicher. Das METAS gewährleistet die Rückführbarkeit der Kalibrierung der Luftdurchflussregler und der Volumenbestimmung der Messkammer bei oben beschriebener Methode. Für die Messung der direkten Messgrössen Lufttemperatur und Luftdruck sowie der Einflussgrössen Luftfeuchtigkeit werden Geräte verwendet, die jeweils von den zuständigen METAS-Labors auf nationale Normale rückführbar kalibriert werden. Dabei wurde die Kammertemperatur mittels Heiz/Kühlschlauch gezielt auf 20°C reguliert. Die Radonaktivitätskonzentration wird zusätzlich mit zwei Referenzmessgeräten (Gebrauchsnorm Typ AlphaGUARD PQ2000 PRO und RadonMAPPER) während der gesamten Exposition überwacht, dessen Messgrösse auf ein nationales Normal der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) rückführbar ist.

Die zu den Prüflingen gehörenden zwei Transportdosimeter (s. Kap. 2.4) wurden im Zeitraum der Radonexposition ausgepackt im Labor gelagert, in welchem eine Radonaktivitätskonzentration von weniger als 30 Bq/m^3 herrschte.

3.2 Vergleichsmessung der passiven Radondosimeter

Das Ziel der Radonvergleichsmessung 2024 ist die periodische Bestimmung der Messbeständigkeit.

Abbildung 1 zeigt den Ablauf der Radonvergleichsmessung in den einzelnen Prozessschritten. Nach erfolgter Exposition aller Radondosimeter wurden sämtliche Prüflinge während 24 Stunden bei abnehmender Radonaktivitätskonzentration in der Radon-Messkammer ge-

lagert. Dieser Prozessschritt wird als 'Ausgasen' bezeichnet. Die Ausgasung dient zum Abbau der Radonaktivitätskonzentration innerhalb der Radon-Messkammer von 557.5 Bq/m³ auf einen Wert von < 10 Bq/m³. Abbildung 2 zeigt den Verlauf der Radonaktivitätskonzentration während der Vergleichsmessung. Die Zeiträume der Exposition und der Ausgasung sind markiert.

Anschliessend wurden die Prüflinge sowie die Transportdosimeter offen in Pappkartons an die jeweiligen Teilnehmenden zurückgesandt. Die Bestimmung und Meldung der Messwerte erfolgte durch die einzelnen Teilnehmenden selbst.

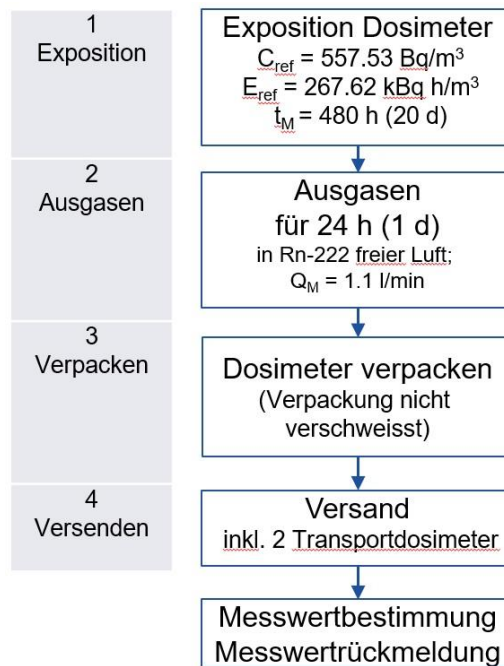


Abbildung 1: Ablauf der Vergleichsmessung

3.3 Expositionsparameter

Die Prüflinge (s. Kap. 2.4) wurden in einem Durchgang in der Radon-Messkammer exponiert. Die Zielwerte der Expositionsparameter wurden vorgängig definiert. Nachfolgend sind die Parameter aufgeführt.

Referenzwert Radonaktivitätskonzentration C_{Ref}	557.53 Bq/m ³
Referenzwert Radonexposition E_{Ref}	267.62 kBq h/m ³
Unsicherheit U_{95} des Referenzwertes	4.3 %
Expositionszeitraum	25.07.2024, 13:00 – 14.08.2024, 13:00
Expositionsdauer t_M :	480 h
Volumen der Referenzatmosphäre:	129.7 ± 0.294 dm ³
Luftdruck:	946.2 – 960.1 hPa
Lufttemperatur:	19.27 – 20.37 °C
Relative Luftfeuchtigkeit:	5.2 – 23.6 % r.F.

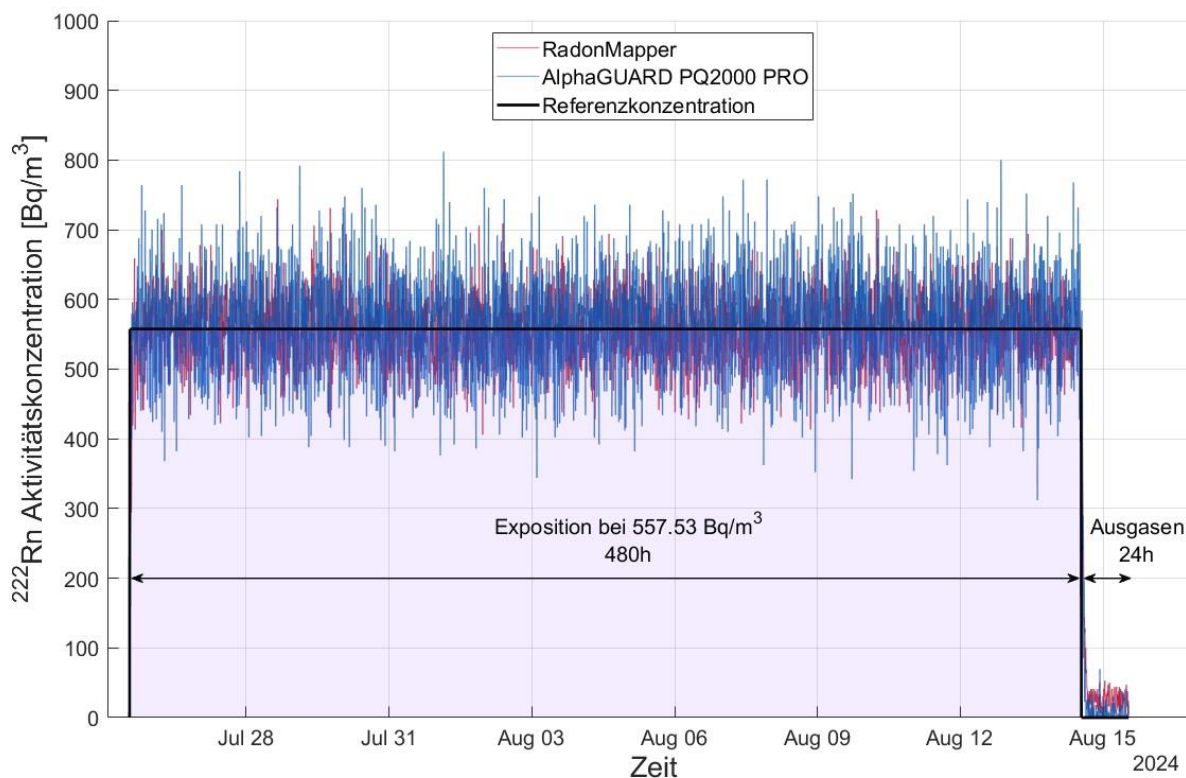


Abbildung 2: Verlauf der Rn-222 Aktivitätskonzentration während der Vergleichsmessung

4 Ergebnisse und Beurteilung

4.1 Meldung der Messwerte

Nach erfolgter Exposition am METAS, wurden die Prüflinge den Teilnehmenden zurückgeschickt. Zusammen mit den Prüflingen erhielten die Teilnehmenden ein Informationsschreiben mit den benötigten Angaben für die Meldung der Messwerte.

Die Teilnehmenden wurden angewiesen, den Brutto-Messwert der Radonexposition (in kBq h/m^3) zusammen mit der Angabe der kombinierten Unsicherheit (Vertrauensintervall von 95 %, $k=2$) für alle Dosimeter schriftlich dem METAS zu übermitteln.

4.2 Resultate

Die vollständige Zusammenstellung der Resultate findet sich in den entsprechenden Tabellen im Anhang 3. Die in der Tabelle aufgeführten Werte bzw. Kolonnen haben die folgende Bedeutung:

<i>ID-Code:</i>	Nummer zur Identifikation der Prüflinge.
<i>Messwert:</i>	Der von den Teilnehmenden ermittelte und dem METAS gemeldete Messwert der Radonexposition für den jeweiligen Prüfling.
<i>U_{95}:</i>	Die von den Teilnehmenden ermittelte und dem METAS gemeldete kombinierte Unsicherheit. Im erwähnten Informationsschreiben (s. Kap. 4.1) wurden die Teilnehmenden angehalten, den Wert der kombinierten Unsicherheit bei einem Vertrauensintervall von 95 % ($k=2$) zu ermitteln.
<i>Relativer Messwert:</i>	Das Verhältnis des Messwertes zum Referenzwert für die Radonexposition.

- U_{95} relativ:** Das Verhältnis der von den Teilnehmenden gemeldeten Messunsicherheit U_{95} zum gemeldeten Messwert des jeweiligen Prüflings.
- <Relativer Messwert>:** Der Mittelwert der relativen Messwerte sämtlicher Prüflinge desselben Typs bzw. derselben Bauart.
- Standardabweichung:** Die Standardabweichung der relativen Messwerte sämtlicher Prüflinge desselben Typs bzw. derselben Bauart.

In den Tabellen im Anhang 3 sind die Prüflinge nach verschiedenen Bauarten gruppiert. Dort sind die Brutto-Messwerte der exponierten sowie der Transportdosimeter aufgeführt.

Im Diagramm Abbildung 3 sind die Ergebnisse der Vergleichsmessung dargestellt. Das Diagramm zeigt die sieben gemeldeten Einzelmesswerte der exponierten Dosimeter für jeden untersuchten Typ der passiven Radondosimeter. Für jede Gruppe (Code-ID) der 7 Einzelmesswerte ist im Diagramm zudem deren Mittelwert sowie die relative Standardabweichung dargestellt.

Für passive Radondosimeter auf Grundlage von Art. 2, Bst. h StMmV [3] wird eine Toleranz für Linearität und Reproduzierbarkeit von Einzelmessungen vorgeschrieben. Daraus leiten sich die folgenden beiden kumulativ anzuwendenden Beurteilungskriterien ab, welche so auch in den früheren Radonvergleichsmessungen angewendet wurden:

- i. *Abweichung des Mittelwertes der Einzelmessungen < 20 %:* Der Mittelwert von Einzelmessungen mit identisch exponierten Exemplaren von Radondosimetern darf die Toleranzgrenze von 20 % nicht überschreiten.
- ii. *Standardabweichung der Einzelmessungen < 20 %:* Kumulativ zum Kriterium i) wird für die Streuung der Einzelmesswerte gefordert, dass deren Standardabweichung relativ zum Mittelwert die Toleranzgrenze von 20 % nicht überschreiten darf.

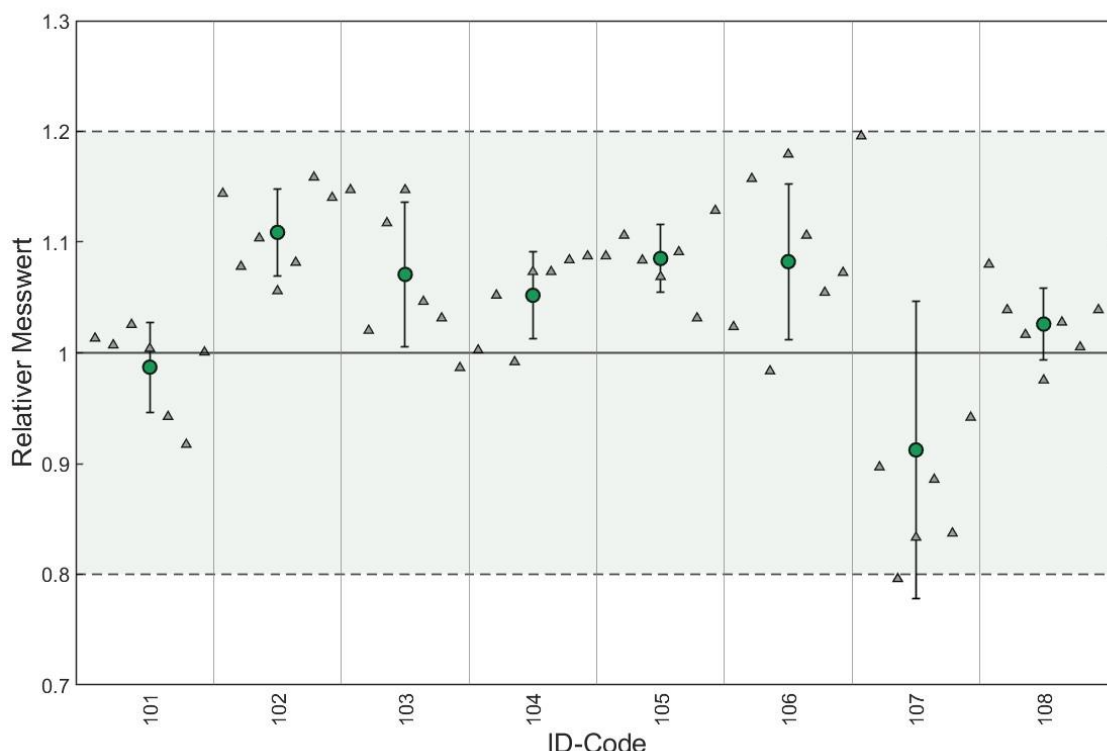


Abbildung 3: Übersicht der relativen Messwerte der passiven Radondosimeter (Code 101 - 108). Darin entsprechen die Datenpunkte (Δ) den relativen Messwerten der 7 Exemplare, welche je Radondosimeter-Typ exponierten wurden. Die grünen (\bullet) entsprechen dem Mittelwert der 7 Einzelmessungen, für welche dieser innerhalb bzw. über der vorgegebenen Toleranz von 20 % liegt. Die dargestellte Unsicherheit entspricht der relativen Standardabweichung der 7 Einzelmesswerte.

Im Diagramm der Abbildung 4 wurde für die Beurteilung der Erfüllung der beiden erwähnten Kriterien *i*) und *ii*) für jeden Prüfling der Mittelwert der relativen Abweichung vom Referenzwert (horizontale Achse) sowie die dazugehörige relative Standardabweichung (vertikale Achse) dargestellt. Die kumulative Erfüllung der beiden Kriterien *i*) und *ii*) ist dann gegeben, wenn der jeweilige Punkt innerhalb des 20 %-Halbkreises liegt.

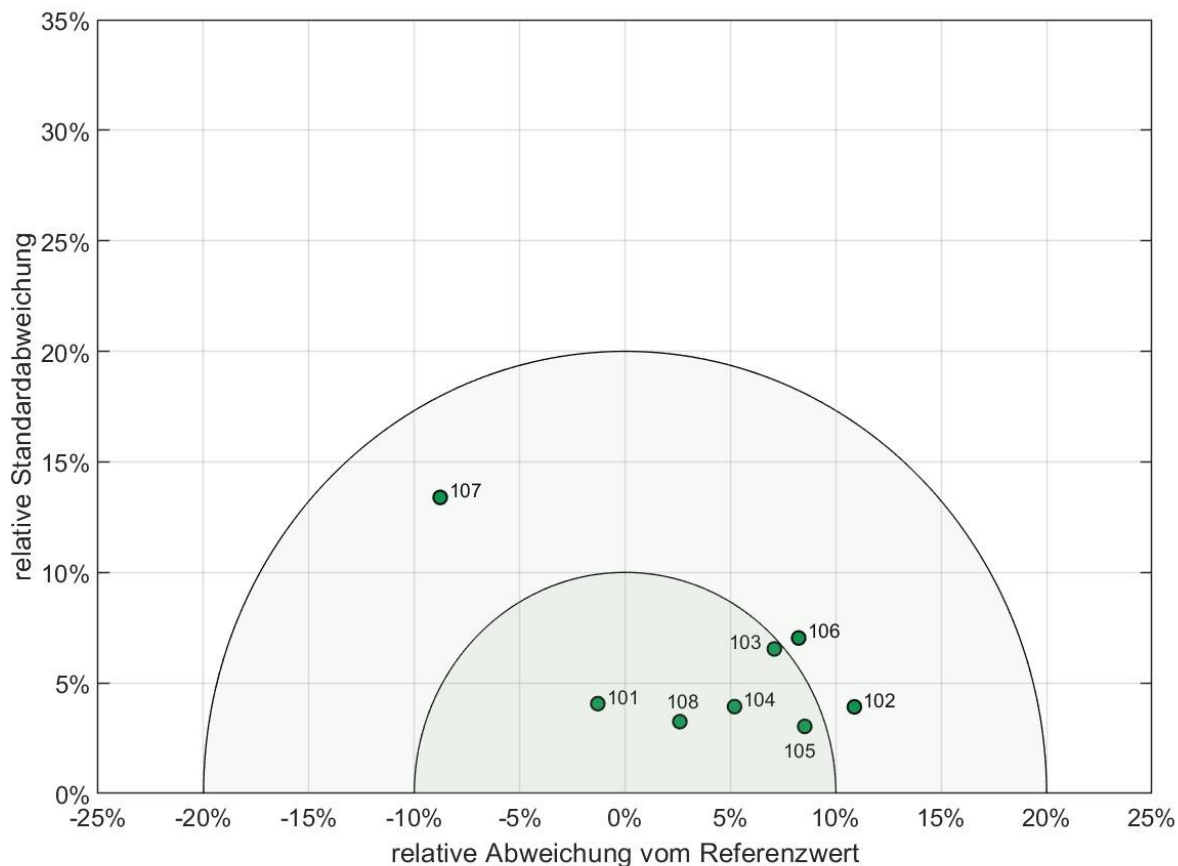


Abbildung 4: Diagramm zur Beurteilung der passiven Radondosimeter (ID-Code 101 – 108) anhand der Beurteilungskriterien *i*) (Abweichung des Mittelwertes der Einzelmessungen < 20 %) und *ii*) (Standardabweichung der Einzelmessungen < 20 %).

Wie in den Abbildungen Abbildung 3 und Abbildung 4 dargestellt, erfüllen alle exponierten Dosimetertypen die Kriterien *i*) und *ii*). Die Dosimeter liefern also unabhängig vom Typ eine zuverlässige und konsistente Messung unter den vorgegebenen Bedingungen.

Die Messwerte der Dosimeter mit dem ID-Code 107 weisen im Vergleich zu den anderen Dosimetern eine vergleichsweise erhöhte Streuung auf. Dennoch werden auch hier die Kriterien *i*) und *ii*) weiterhin gut erfüllt.

Da es sich bei den dargestellten Messwerten um Brutto-Messwerte handelt, ist zu erwarten, dass die Dosismesswerte leicht über dem Referenzwert liegen. Wenn die tatsächliche Transportdosis subtrahiert wird (s. Kap. 2.4), würde dies hier bei den meisten Dosimetern zu einer geringeren relativen Abweichung führen, was den Erwartungen entspricht.

4.2.1 Fazit

Die Resultate aller passiven Radondosimeter liegen innerhalb der vorgegebenen Toleranz von 20 % der Abweichung vom Referenzwert (Beurteilungskriterium *i*) und der Standardab-

weichung der Einzelmessung (Bewertungskriterium ii). Die gemessenen Abweichungen sind gering und könnten in einigen Fällen auf die bewusste Vernachlässigung der Transportdosis zurückzuführen sein. Die Dosimeter bleiben alle zugelassen und die Situation wird nach der nächsten Vergleichsmessung erneut bewertet.

5 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die Durchführung der Vergleichsmessung für Radonmessmittel findet seit 2018 am Eidgenössischen Institut für Metrologie (METAS) im Zweijahresrhythmus statt.

Zum dritten Mal konnte die Vergleichsmessung der Radondosimeter für die Exposition in der Referenzatmosphäre der Radonaktivitätskonzentration eigenständig am METAS durchgeführt werden.

Die Referenzwerte der Radonaktivitätskonzentration sowie der Radonexposition wurden so gewählt, dass die Radonmessmittel in einem Messbereich geprüft wurden, welcher für den durch das Inkrafttreten der revidierten Strahlenschutzverordnung (StSV, [1]) neu eingeführten Referenzwert der Radonaktivitätskonzentration von 300 Bq/m^3 repräsentativ ist.

Die Prüflinge wurden zusammen in der Radon-Messkammer exponiert. Die für die erfolgreiche Teilnahme an der Vergleichsmessung geforderten Toleranzen ergeben sich aus der Verordnung über Messmittel für ionisierende Strahlung (StMmV, [3]).

Von jedem der insgesamt 8 Typen passiver Radondosimeter wurden je 7 Exemplare in der Radon-Messkammer exponiert. Die zugehörigen zwei Transportdosimeter wurden während der Messung im Labor gelagert und, abgesehen von der Exposition, identisch behandelt.

Die Beurteilungskriterien für passive Radondosimeter verlangen eine Toleranz von 20 % sowohl für die relative Abweichung des Mittelwertes vom Referenzwert als auch für die relative Standardabweichung der 7 Einzelmessungen. In der Vergleichsmessung 2024 wurden diese Kriterien von allen Dosimetertypen erfüllt. Die Referenzexposition im Jahr 2024 betrug 267.62 kBq h/m^3 und lag somit etwas höher als die Exposition von 2022 (202 kBq h/m^3). Sie war jedoch immer noch mehr als fünfmal höher als die von der Verordnung geforderte niedrigste messbare Exposition von 50 kBq h/m^3 . Weitere Details zu den Resultaten, wurden im Abschnitt 4.2 gegeben. Man beachte ausserdem, dass aus administrativen Gründen in der Vergleichsmessung 2024 keine Radosys-Dosimeter berücksichtigt wurden. Sie bleiben jedoch weiterhin zugelassen.

Referenzen

- [1] Strahlenschutzverordnung (StSV), vom 26. April 2017 (Stand am 1. Januar 2022), SR 814.501.
- [2] Messmittelverordnung (MessMV), vom 15. Februar 2006 (Stand am 1. Januar 2016), SR 941.210.
- [3] Verordnung des EJPD über Messmittel für ionisierende Strahlung (StMmV), vom 7. Dezember 2012 (Stand am 1. Januar 2013), SR 941.210.5.
- [4] Datenbank "certsearch": <http://legnet.metas.ch/legnet2/Eichstellen/certsearch>, METAS
- [5] G. Butterweck, B. Hofstetter-Boillat, E. Hohmann und S. Mayer, Die Vergleichsmessung 2016 für Radonmessmittel am PSI, PSI Bericht Nr. 16-02, 2018.
- [6] C. Kottler, M. Trachsel und K. Lauterbach, Bericht über die Vergleichsmessung 2018 für Radonmessmittel, METAS Bericht, 2019.
- [7] K.-U. Lauterbach und P. Peier, Bericht über die Vergleichsmessung 2020 für Radonmessmittel, METAS Bericht, 2020.
- [8] L. Maret und P. Peier, Bericht über die Vergleichsmessung 2022 für Radonmessmittel, METAS Bericht, 2022
- [9] CMI/Eurostandard <https://www.eurostandard.cz/products.html#rf>
- [10] P. Kotrappa et al., Radiation Protection Dosimetry 113, 70-74 (2005)
- [11] BIPM technical services: Radionuclide metrology <https://www.bipm.org/en/radionuclide-metrology>

Anhang 1: Teilnehmende Radonvergleichsmessung 2024

Böhm Geologie / Hydrologie

Christian Böhm, Obere Gasse 40, CH-7000 Chur

Chuv - Institut de Radiophysique (IRA)

Fabienne Gaudard, Rue du Grand-Pré 1, CH-1007 Lausanne

ECONS SA, Servizio di misurazione ufficiale

Mauro Gandolla, Via Stazione 19, CH-6934 Bioggio

Stefano Coria, Mi.am Srl, Strada Val Nure 3, IT-29122 Piacenza (PC)

ALTRAC Radon-Messtechnik

Andreas Guhr, Dorothea-Viehmann-Strasse 28, D-12524 Berlin

SUPSI: Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana

Luca Pampuri, Via Flora Ruchat-Runcati 15, CH-6850 Mendrisio

Tryggve Rönqvist, Radonova Laboratories AB, P.O. Box 6522, SE-75138 Uppsala

Anhang 2: Prüflinge

ID-Code	Hersteller / Lieferant	Bauart / Typ / Modell	Zulassung
101/1 – 101/9	ALTRAC	Typ LD	CH-I-23249-00
102/1 – 102/9	Radonova Laboratories AB	Radtrak ² ®	CH-I-23250-00
103/1 – 103/9	Radonova Laboratories AB	Radtrak ³ ®	CH-I-21491-00
104/1 – 104/9	Radonova Laboratories AB	Duotrak®	---
105/1 – 105/9	Mi.am Srl	Radout® CR-39	CH-I-23251-00
106/1 – 106/9	Mi.am Srl	Politrack	CH-I-20208-00
107/1 – 107/9	Rad Elec Inc.	E-PERM Elektret LLT	CH-I-23254-00
108/1 – 108/9	Rad Elec Inc.	E-PERM Elektret SLT	CH-I-23254-00

Anhang 3: Messwerte und Ergebnisse

ID-Code	Messwert kBq-h/m ³	U ₉₅ kBq-h/m ³	Relativer Messwert	U ₉₅ relativ	< Relativer Messwert >	Standard- abweichung
101/1	271.1	17.1	1.013	0.063	0.987	0.041
101/2	269.5	17.1	1.007	0.063		
101/3	274.4	17.0	1.025	0.062		
101/4	268.7	17.1	1.004	0.064		
101/5	252.2	17.4	0.942	0.069		
101/6	245.5	16.9	0.917	0.069		
101/7	267.8	17.6	1.001	0.066		
101/8	34.6	34.0	T	0.982		
101/9	25.2	39.0	T	1.527		
102/1	306.1	46.0	1.144	0.150	1.109	0.039
102/2	288.5	44.0	1.078	0.153		
102/3	295.3	44.0	1.104	0.149		
102/4	282.6	42.0	1.056	0.149		
102/5	289.5	44.0	1.082	0.152		
102/6	310.0	46.0	1.159	0.148		
102/7	305.1	46.0	1.140	0.151		
102/8	11.0	14.0	T	1.237		
102/9	14.0	14.0	T	1.000		
103/1	307.0	42.0	1.147	0.137	1.071	0.065
103/2	273.0	40.0	1.020	0.147		
103/3	299.0	42.0	1.117	0.140		
103/4	307.0	42.0	1.147	0.137		
103/5	280.0	40.0	1.046	0.143		
103/6	276.0	40.0	1.031	0.145		
103/7	264.0	38.0	0.986	0.144		
103/8	9.0	12.0	T	1.333		
103/9	9.0	12.0	T	1.333		
104/1	268.2	38.0	1.002	0.142	1.052	0.039
104/2	281.5	40.0	1.052	0.142		
104/3	265.4	38.0	0.992	0.143		
104/4	287.2	40.0	1.073	0.139		
104/5	287.2	42.0	1.073	0.146		
104/6	290.0	42.0	1.084	0.145		
104/7	291.0	42.0	1.087	0.144		
104/8	10.0	4.0	T	0.400		
104/9	9.0	4.0	T	0.444		

ID-Code	Messwert kBq·h/m ³	U ₉₅ kBq·h/m ³	Relativer Messwert	U ₉₅ relativ	< Relativer Messwert >	Standard- abweichung
105/1	291.0	48.0	1.087	0.165	1.085	0.030
105/2	296.0	49.0	1.106	0.166		
105/3	290.0	48.0	1.084	0.166		
105/4	286.0	47.0	1.069	0.164		
105/5	292.0	48.0	1.091	0.164		
105/6	276.0	46.0	1.031	0.167		
105/7	302.0	50.0	1.128	0.166		
105/8	16.0	13.0	T	0.813		
105/9	8.0	12.0	T	1.500		
106/1	273.9	50.9	1.023	0.186	1.082	0.070
106/2	309.7	53.6	1.157	0.173		
106/3	263.2	50.2	0.984	0.191		
106/4	315.6	54.0	1.179	0.171		
106/5	296.0	52.5	1.106	0.177		
106/6	282.2	51.5	1.054	0.182		
106/7	287.0	51.9	1.072	0.181		
106/8	20.6	37.1	T	1.801		
106/9	40.2	37.7	T	0.938		
107/1	320.0	48.0	1.196	0.150	0.912	0.134
107/2	240.0	36.0	0.897	0.150		
107/3	213.0	32.0	0.796	0.150		
107/4	223.0	33.0	0.833	0.148		
107/5	237.0	36.0	0.886	0.152		
107/6	224.0	34.0	0.837	0.152		
107/7	252.0	38.0	0.942	0.151		
107/8	0.0	0.0	T	-		
107/9	0.0	0.0	T	-		
108/1	289.0	43.0	1.080	0.149	1.026	0.032
108/2	278.0	42.0	1.039	0.151		
108/3	272.0	41.0	1.016	0.151		
108/4	261.0	39.0	0.975	0.149		
108/5	275.0	41.0	1.028	0.149		
108/6	269.0	40.0	1.005	0.149		
108/7	278.0	42.0	1.039	0.151		
108/8	0.0	0.0	T	-		
108/9	0.0	0.0	T	-		

Anhang 4: Zeitlicher Verlauf von Temperatur, relativer Luftfeuchtigkeit und Druck

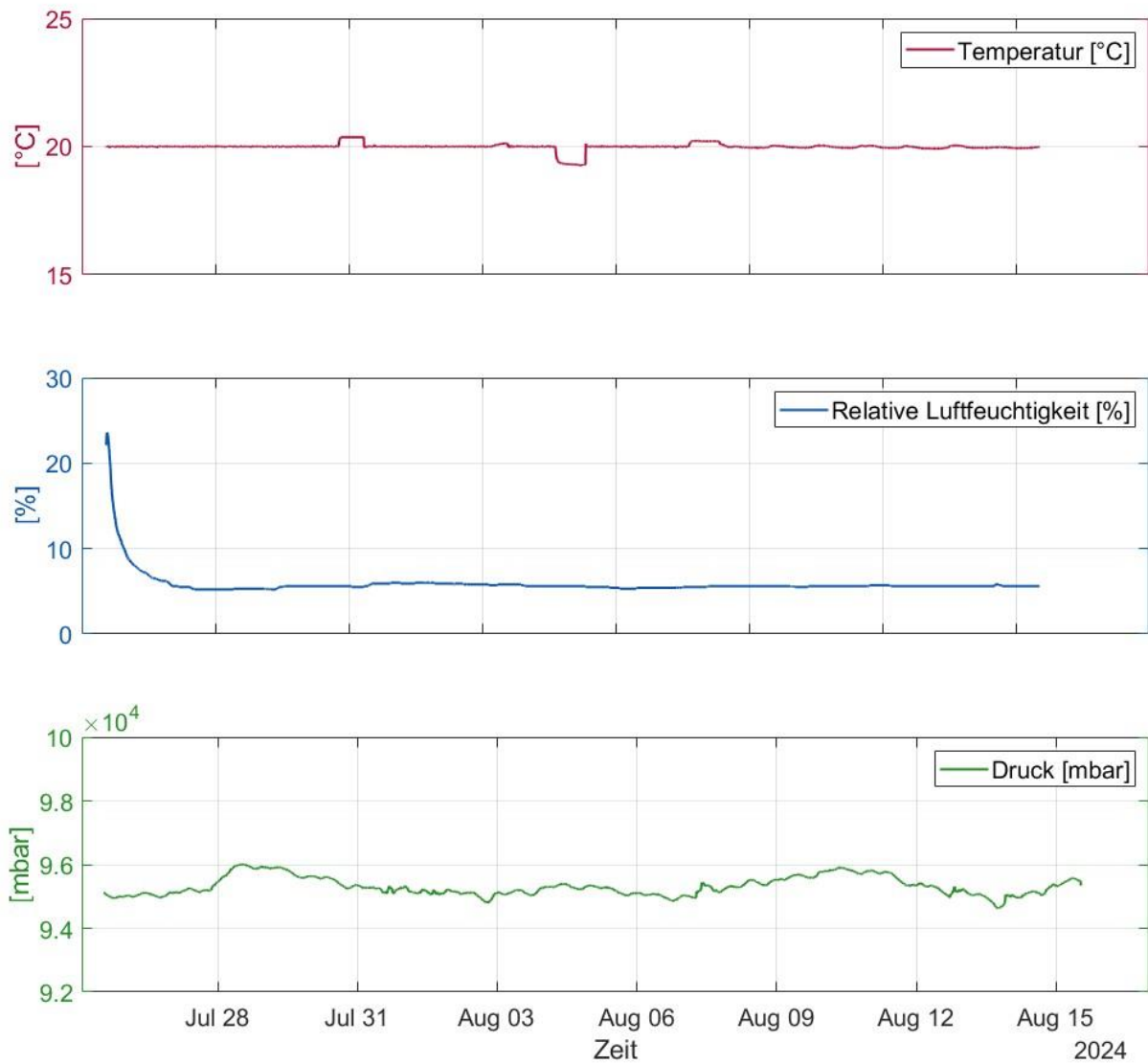


Abbildung 5: Zeitlicher Verlauf von Temperatur, relativer Luftfeuchtigkeit und Druck während der Vergleichsmessung

Anhang 5: Übersicht Zulassungen Radonmessmittel

Radondosimeter

CH-I-23249-00	ALTRAC - Messstelle	Typ PD, Typ SD, Typ LD
CH-I-23250-00	Radonova Laboratories AB	Radtrak ² (Gammadata)
CH-I-23251-00	Mi.am Srl	Radout
CH-I-13252-00	AGES	Radosys / RSKS
CH-I-13253-00	GT-Analytic	Ramon 2.2
CH-I-23254-00	Rad Elec Inc.	E-Perm Elektret LLT, LST, SLT, SST
CH-I-13255-00	Sarad GmbH	Radon Scout
CH-I-13256-00	Landauer Inc.	Radtrak
CH-I-19300-00	ALTRAC	Radosys RSX
CH-I-20208-00	IRA	Politrack
CH-I-21491-00	Radonova Laboratories AB	Radtrak ³
CH-I-22238-00	U-series Srl	TASL / Radosure