



---

# Bericht über die Vergleichsmessung 2022 für Radondosimeter

---

Dr. Lucie Maret, Dr. Peter Peier



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

October 2022

# 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 .....	10
5	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen .....	11
	Referenzen.....	12
	Anhang 1: Teilnehmende Radonvergleichsmessung 2022.....	13
	Anhang 2: Prüflinge .....	14
	Anhang 3: Messwerte und Ergebnisse.....	15
	Anhang 4: Übersicht Zulassungen Radonmessmittel.....	19

# 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 2022 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 2022 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 2022 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 März 2022 über den Ablauf der Radonvergleichsmessung 2022 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 Teilnehmende versendet.

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

## 2.2 Zeitplan

Die Radonvergleichsmessung 2022 wurde nach dem folgenden Zeitplan durchgeführt:

- |   |                 |
|---|-----------------|
| • Versand Informationsschreiben             | 24. März 2022   |
| • Anmeldeschluss:                           | 14. April 2022  |
| • Einsendeschluss Messmittel (am METAS):    | 27. Mai 2022    |
| • Start Radonexposition:                    | 1. Juni 2022    |
| • Ende Radonexposition:                     | 15. Juni 2022   |
| • Rücksendung Dosimeter an Teilnehmende:    | 23. Juni 2022   |
| • Termin Messwertmeldung durch Teilnehmende | 12. August 2022 |
| • Messwertmeldungen erfolgt                 | 18. August 2022 |
| • Kommunikation der Ergebnisse              | Oktober 2022    |

## 2.3 Teilnehmende

Die in der Tabelle im Anhang 1 aufgeführten Institutionen haben mit jeweils einem oder mehreren Prüflingen an der Radonvergleichsmessung 2022 teilgenommen.

## 2.4 Prüflinge

Die der Radonvergleichsmessung 2022 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 2022 findet sich im Anhang 2.

Im Rahmen der Radonvergleichsmessung 2022 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 2 Chargen mit je 7 Exemplare in der Radon-Messkammer exponiert. Zudem mussten die Teilnehmende 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 absolut 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 exponierten Radondosimeter nicht berücksichtigt, da die Expositionswerte der Transportdosimeter sehr gering waren und somit eine unbeabsichtigte Exposition ausgeschlossen werden konnte.

### 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. Die Radonaktivitätskonzentration wird zusätzlich mit einem Referenzmessgerät (Gebrauchsnorm Typ Alphaguard PQ 2000 PRO) 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 in den originalen Kunststoffbeuteln in einem Raum gelagert, in welchem eine Radonaktivitätskonzentration von weniger als  $30 \text{ Bq/m}^3$  herrschte.

#### 3.2 Vergleichsmessung der passiven Radondosimeter

Erstes Ziel der Radonvergleichsmessung 2022 ist die periodischen Bestimmung der Messbeständigkeit.

Zweites Ziel ist die Untersuchung der Nachlagerungseffekte von passiven Radondosimetern, wenn diese über einen Zeitraum von mehreren Tagen verpackt in Kunststoffbeutel gelagert werden. Das zweite Ziel der Untersuchung wurde auf Grund der Resultate der Radonvergleichsmessung 2018 [7] und 2020 [8] und [5] vereinbart.

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 gelagert. Dieser Prozessschritt wird als 'Ausgasen' bezeichnet. Die Ausgasung dient zum Abbau der Radonaktivitätskonzentration innerhalb der Radon-Messkammer von  $598.5 \text{ Bq/m}^3$  auf einen Wert von  $< 10 \text{ Bq/m}^3$ . Abbildung 2 zeigt den Verlauf der Radonaktivitätskonzentration während der Vergleichsmessung. Die Zeiträume der Exposition und der Ausgasung sind markiert.

Anschliessend wurden die Prüflinge eines Typs in zwei Chargen zu je 7 Exemplaren aufgeteilt. Charge 1 (in Abbildung 1 links, grün) wurden offen und unverpackt für weitere 7 Tage bei einer Radonaktivitätskonzentration von  $< 10 \text{ Bq/m}^3$  in der Radon-Messkammer gelagert. Die Radondosimeter der Charge 2 (in Abbildung 1 rechts, rot) wurden einzeln in Kunststoffbeutel (Material LDPE, Dicke 100  $\mu\text{m}$ ) verpackt, verschweisst und ebenfalls für weitere 7 Tage Radonaktivitätskonzentration von  $< 10 \text{ Bq/m}^3$  gelagert. Nach der Langzeit-

Nachlagerung wurden beide Chargen und die Transportdosimeter an die jeweiligen Teilnehmende offen, in Pappkartons zurückgesandt. Die Messwertbestimmung und -meldung erfolgte durch die einzelnen Teilnehmende.

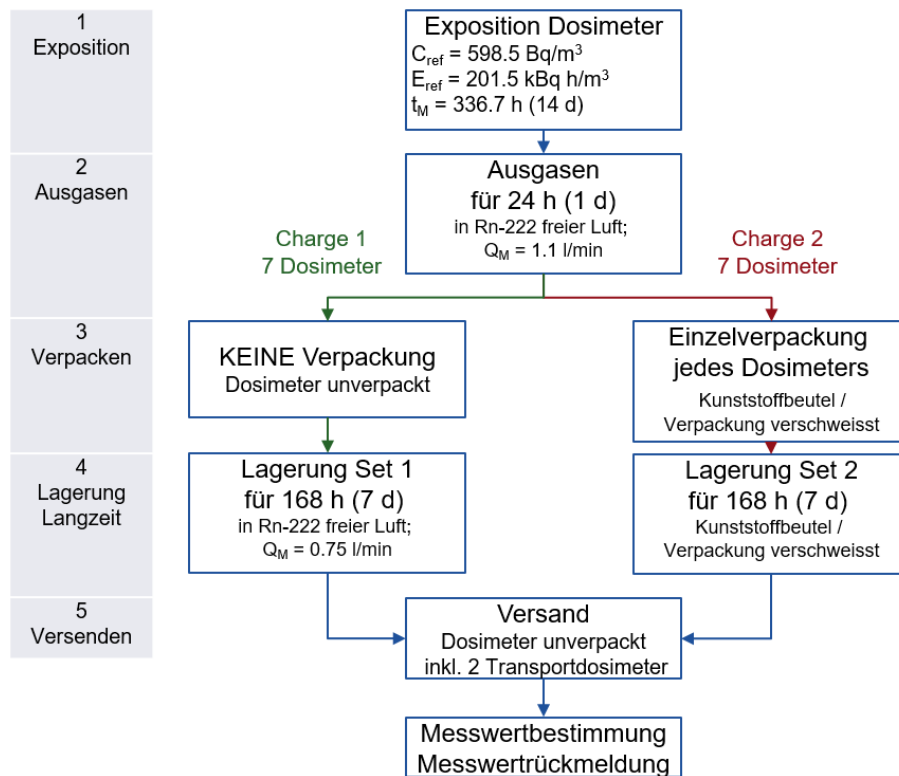
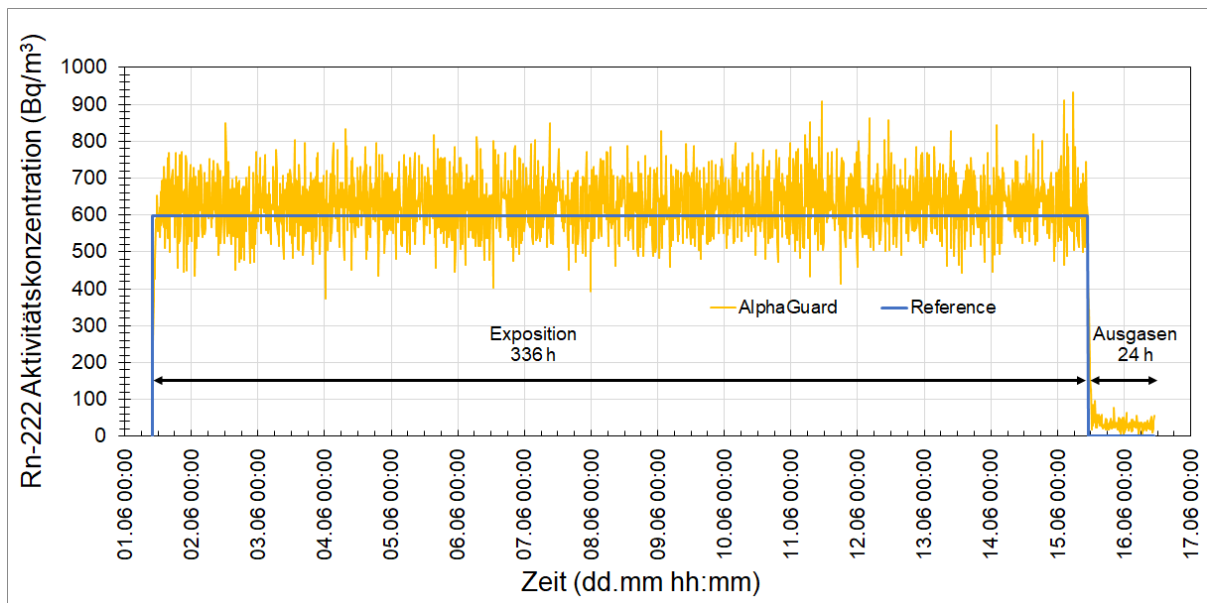


Abbildung 1: Ablauf der Vergleichsmessung

### 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 $C_{\text{Ref}}$	598.5 Bq/m <sup>3</sup>
Referenzwert Radonexposition $E_{\text{Ref}}$	201.5 kBq h/m <sup>3</sup>
Unsicherheit $U_{95}$ des Referenzwertes	4.3 %
Expositionszeitraum	01.06.2022, 10:00 – 15.06.2022, 10:00
Expositionsdauer $t_M$ :	336.7 h
Volumen der Referenzatmosphäre:	129.7 ± 0.294 dm <sup>3</sup>
Luftdruck:	948.1 – 960.8 hPa
Lufttemperatur:	24.5 – 26.9 °C
Relative Luftfeuchtigkeit:	0.0 – 43 % r.F.



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

## 4 Ergebnisse und Beurteilung

### 4.1 Meldung der Messwerte

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

Die Teilnehmende wurden angewiesen, den Messwert der Radonexposition (in  $\text{kBq h/m}^3$ ) zusammen mit der Angabe der kombinierten Unsicherheit (Vertrauensintervall von 95 %,  $k=2$ ) schriftlich dem METAS zu melden.

### 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:

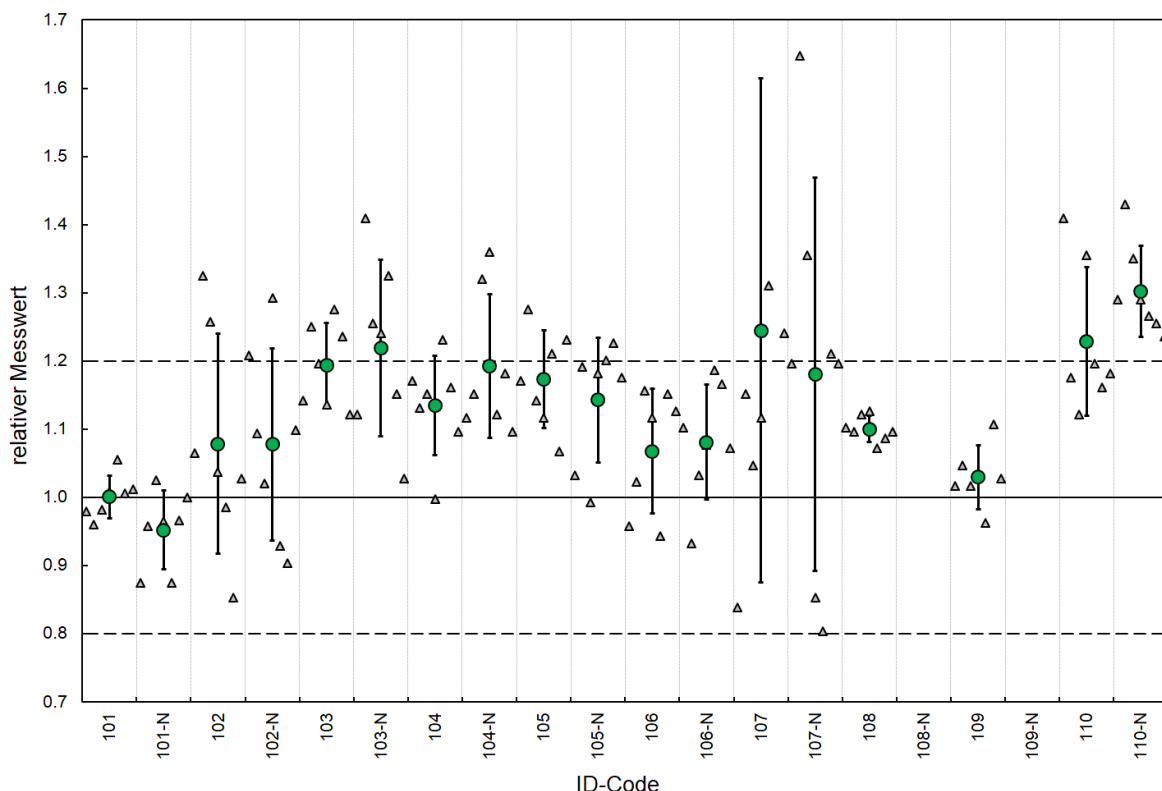
<i>ID-Code:</i>	Nummer zur Identifikation der Prüflinge.
<i>Messwert:</i>	Der von den Teilnehmenden ermittelte und dem METAS gemeldete Messwert der Radonexposition für den jeweiligen Prüfling.
<i><math>U_{95}</math>:</i>	Die von den Teilnehmenden ermittelte und dem METAS gemeldete kombinierte Unsicherheit. Im erwähnten Informationsschreiben (s. Kap. 4.1) wurden die Teilnehmende 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.
<i><math>U_{95}</math> relativ:</i>	Das Verhältnis der von den Teilnehmenden gemeldeten Messunsicherheit $U_{95}$ zum gemeldeten Messwert des jeweiligen Prüflings.
<i>&lt;Relativer Messwert&gt;:</i>	Der Mittelwert der relativen Messwerte sämtlicher Prüflinge desselben Typs bzw. derselben Bauart.
<i>Standardabweichung:</i>	Die Standardabweichung der relativen Messwerte sämtlicher Prüflinge desselben Typs bzw. derselben Bauart.

Innerhalb der Tabellen in Anhang 3 sind die Prüflinge nach den verschiedenen Bauarten gruppiert, jeweils zuerst die zugelassenen Bauarten und danach die weiteren Messmittel. Ansonsten ist die Reihenfolge der Aufführung der einzelnen Prüflinge zufällig.

Im Diagramm Abbildung 3 sind die Ergebnisse der Vergleichsmessung dargestellt. Das Diagramm zeigt für jeden untersuchten Typ der passiven Radondosimeter die 7 gemeldeten Einzelmesswerte. Für jede Gruppe (Code-ID) der 7 Einzelmesswerte ist im Diagramm zudem deren Mittelwert sowie die relative Standardabweichung dargestellt. Die Unterscheidung der jeweiligen Charge ist durch den Zusatz '-N' für die jeweilige Charge 2 gekennzeichnet. Code 101 entspricht Charge 1 und Code 101-N entspricht Charge 2 des jeweiligen Typs. Ausnahme bilden die Radondosimeter der Code-ID 108 und 109, da wurden jeweils nur eine Charge à 7 Stück exponiert und nicht einzeln verpackt nachgelagert, da nicht genügend Radondosimeter für die Vergleichsmessung zur Verfügung standen.

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:

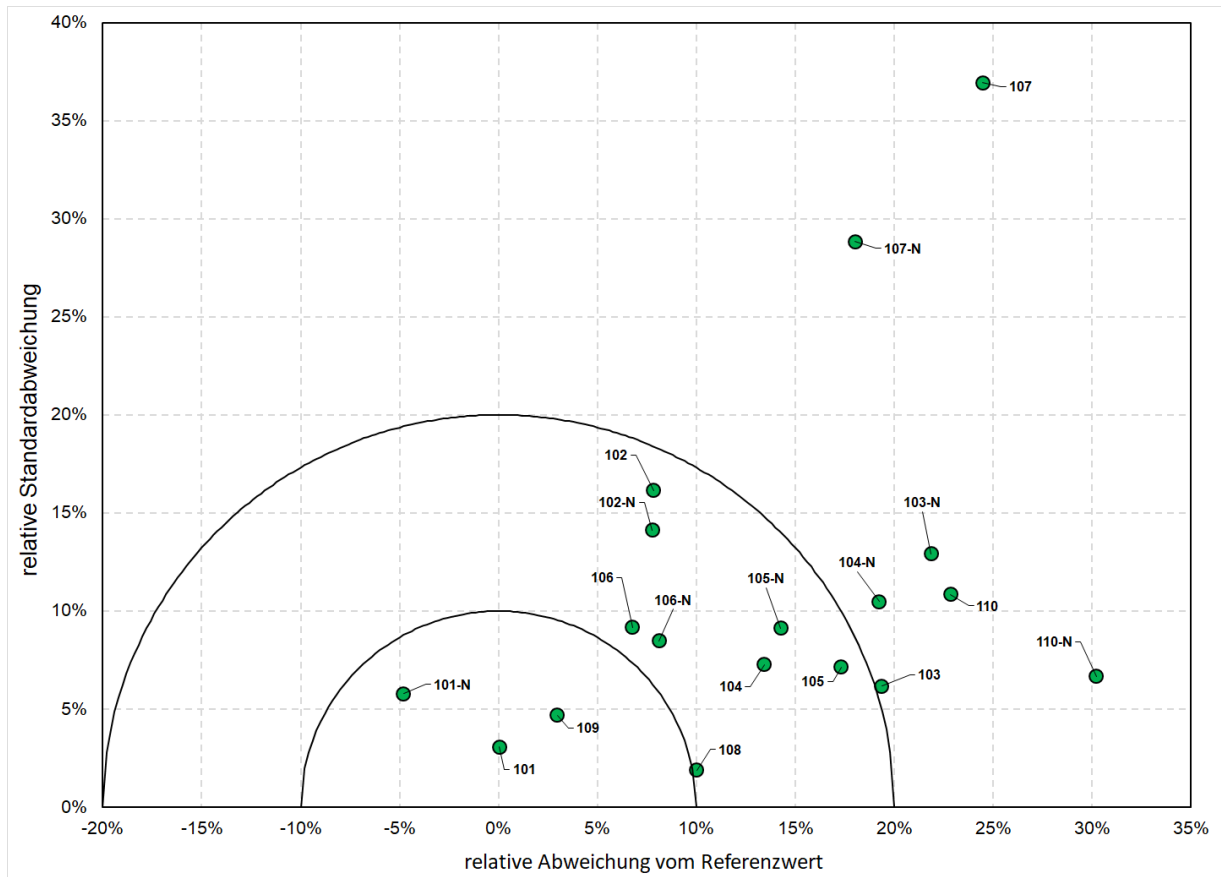
- i. *Abweichung des Mittelwertes der Einzelmessungen < 20 %*: Der Mittelwert von Einzelmessungen mit identisch exponierten Exemplaren von Radondosimetern darf die Toleranzgrenze von 20 % nicht überschreiten.
- ii. *Standardabweichung der Einzelmessungen < 20 %*: Kumulativ zum Kriterium i) wird für die 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 - 110). Darin entsprechen die Datenpunkte (Δ) den relativen Messwerten der 7 Exemplare, welche je Radondosimeter-Typ exponiert wurden. Die grünen (●) 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 – 110) anhand der Beurteilungskriterien *i*) (Abweichung des Mittelwertes der Einzelmessungen < 20 %) und *ii*) (Standardabweichung der Einzelmessungen < 20 %).

Die Radondosimeter mit den ID-Codes 103, 103-N, 104-N, 107, 107-N, 110 und 110-N erfüllen die Kriterien nicht. Die entsprechenden Messstellen bzw. Hersteller wurden mit den Resultaten konfrontiert und um Stellungnahme gebeten.

Im Fall der Radondosimeter mit den ID-Codes 103, 103-N, 104-N wurde festgestellt, dass das Analyselabor bei der Bewertung des Hintergrunds bei der Lagerung der Dosimeter einen Fehler gemacht hat. Ein Bericht wurde erstellt und die Anwendung des korrekten Korrekturfaktors löst dieses Problem.

Die Messwerte von den Dosimetern mit den ID-Codes 107 und 107-N zeigen eine sehr starke Streuung. Da die Gesamtexposition gering ist, hat dies einen starken Einfluss auf das Ergebnis. Nach Angaben des Herstellers wurden ähnliche Ergebnisse bereits bei anderen Messungen mit Radonexpositionen in der gleichen Größenordnung beobachtet.

Die Abweichung der Dosimeter mit den ID-Codes 110 und 110-N ist höchstwahrscheinlich durch den Hintergrund der Exposition während des Transports zu erklären. Wenn der Messwert der Transportdosimeter vom Mittelwert abgezogen wird, ist die Abweichung kleiner als 20%.

#### **4.2.1 Fazit**

Die Resultate der passiven Radondosimeter mit den ID-Codes 101, 101-N, 102, 102-N, 104, 105, 105-N, 106, 106-N, 108, 109 liegen innerhalb der vorgegebenen Toleranz von 20 % der Abweichung vom Referenzwert (Beurteilungskriterium i) und der Standardabweichung der Einzelmessung (Bewertungskriterium ii). Die Abweichung von den anderen Resultaten ist nachvollziehbar und wurde oben in Details beschrieben. Die Dosimeter bleiben zugelassen und die Situation wird nach der nächsten Vergleichsmessung neu beurteilt werden.

Die Nachlagerung der einzelnen Chargen führt zu keiner merklichen Erhöhung der gemessenen Exposition, respektive höheren relativen Abweichung vom Referenzwert der Exposition.

## 5 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

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

Zum zweiten 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  $300 \text{ Bq/m}^3$  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 10 Typen passiver Radondosimeter wurden zwei Chargen à je 7 Exemplare in der Radon-Messkammer exponiert. Ausgenommen ID 108 und ID 109, da wurden jeweils eine Charge à 7 Stück exponiert, da nicht genügend Radondosimeter für die Vergleichsmessung zur Verfügung standen.

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. Nicht in allen Fällen waren diese Kriterien erfüllt. Bei vier Dosimetertypen wurden Messwerte festgestellt, die ausserhalb der Toleranz von 20 % liegen. Bei der Vergleichsmessung 2020 erfüllten alle Dosimetertypen die Kriterien. Die Referenz-Exposition in 2022 ( $202 \text{ kBq h/m}^3$ ), war etwa dreimal tiefer als in 2020 ( $654 \text{ kBq h/m}^3$ ) diesem Jahr, aber immer noch viermal höher als die von der Verordnung geforderte tiefste messbare Exposition ( $50 \text{ kBq h/m}^3$ ). Dieser Unterschied ist ein Grund für das schlechtere Abschneiden einiger Dosimetertypen. Weitere Details dazu, wurden im Abschnitt 4.2 gegeben.

Ein Nachlagerungseffekt kann mit dem hier beschriebenen Vorgehen nicht nachgewiesen werden. Erhöhte Radonexpositionswerte in Folge der Nachlagerung der untersuchten Radondosimeter sind messtechnisch nicht feststellbar. Werden die Radondosimeter nach dem in Kapitel 3.2 beschriebenen Verfahren gehandhabt, d.h. wird im Anschluss an die Radonexposition das Radondosimeter während rund 24 Stunden an einem Ort mit sehr geringer Radonaktivitätskonzentration gelagert, können die Radondosimeter anschliessend unverpackt oder in Kunststoffbeutel verpackt an die Messstelle zur Auswertung gesendet werden.

## Referenzen

- [1] Strahlenschutzverordnung (StSV), vom 26. April 2017 (Stand am 1. Februar 2019), SR 814.501.
- [2] Messmittelverordnung (MessMV), vom 15. Februar 2006 (Stand am 20. April 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] H. Möre and L.M. Hubbard: "Rn-222 absorption in plastic holders for alpha track detectors: a source of error", Radiat. Prot. Dosim. 74, 85-91 (1997)
- [6] G. Butterweck, B. Hofstetter-Boillat, E. Hohmann und S. Mayer, Die Vergleichsmessung 2016 für Radonmessmittel am PSI, PSI Bericht Nr. 16-02, 2018.
- [7] C. Kottler, M. Trachsel und K. Lauterbach, Bericht über die Vergleichsmessung 2018 für Radonmessmittel, METAS Bericht, 2019.
- [8] K.-U. Lauterbach und P. Peier, Bericht über die Vergleichsmessung 2020 für Radonmessmittel, METAS Bericht, 2020.
- [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 2022**

Böhm Geologie / Hydrologie

*Christian Böhm, Obere Gasse 40, CH-7000 Chur*

Chuv - Institut de Radiophysique (IRA)

*Andreas Pitzschke, Rue du Grand-Pré 1, CH-1007 Lausanne*

ECONS SA, Servizio di misurazione ufficiale

*Mauro Gandolla, Via Stazione 19, CH-6934 Bioggio*

Im Rank Engineering

*Stefan Miller, Im Rank 1, CH-8104 Weiningen*

Radonova Laboratories AB (ECOSSENS AG)

*Tryggve Rönntqvist, P.O. Box 6522, SE-75138 Uppsala*

*ECOSSENS AG, Grindelstrasse 5, 8304 Walisellen*

## Anhang 2: Prüflinge

<b>ID-Code</b>	<b>Hersteller / Lieferant</b>	<b>Bauart / Typ / Modell</b>	<b>Zulassung</b>
101/1 – 101/14	Mi.am Srl	Radout® CR-39	CH-I-13251-00
102/1 – 102/14	Mi.am Srl	Politrack	CH-I-20208-00
103/1 – 103/14	Radonova Laboratories AB	Radtrak <sup>2</sup> ®	CH-I-13250-00
104/1 – 104/14	Radonova Laboratories AB	Radtrak <sup>3</sup> ®	CH-I-21491-00
105/1 – 105/14	Radonova Laboratories AB	Duotrak®	---
106/1 – 106/14	AGES / Radosys	Radosys / RSKS	CH-I-13252-00
107/1 – 107/14	Rad Elec Inc.	E-PERM Elektret LLT	CH-I-13254-00
108/1 – 108/7	Rad Elec Inc.	E-PERM Elektret SLT	CH-I-13254-00
109/1 – 109/7	Rad Elec Inc.	E-PERM Elektret LST	CH-I-13254-00
110/1 – 110/14	Altrac	Typ LD	CH-I-13249-00

### Anhang 3: Messwerte und Ergebnisse

ID-Code	Messwert kBq·h/m <sup>3</sup>	U <sub>95</sub> kBq·h/m <sup>3</sup>	Relativer Messwert	U <sub>95</sub> relativ	< Relativer Messwert >	Standard- abweichung
101/1	197.3	46.1	0.979	0.234	1.000	0.031
101/2	193.5	45.5	0.960	0.235		
101/3	197.8	46.2	0.982	0.234		
101/4	203.3	47.0	1.009	0.231		
101/5	212.7	48.4	1.056	0.228		
101/6	202.8	46.9	1.006	0.231		
101/7	203.9	47.1	1.012	0.231		
101/8	176.3	43.0	0.875	0.244	0.952	0.058
101/9	193.1	45.5	0.958	0.236		
101/10	206.7	47.5	1.026	0.230		
101/11	194.4	45.7	0.965	0.235		
101/12	176.2	42.9	0.874	0.243		
101/13	194.8	45.7	0.967	0.235		
101/14	201.4	46.7	0.999	0.232		
102/1	214.5	46.8	1.064	0.218	1.078	0.162
102/2	267.0	50.4	1.325	0.189		
102/3	253.3	49.5	1.257	0.195		
102/4	209.0	46.5	1.037	0.222		
102/5	198.5	45.8	0.985	0.231		
102/6	171.9	44.1	0.853	0.257		
102/7	207.1	46.3	1.028	0.224		
102/8	243.4	48.8	1.208	0.200	1.078	0.141
102/9	220.3	47.2	1.093	0.214		
102/10	205.5	46.2	1.020	0.225		
102/11	260.4	50.0	1.292	0.192		
102/12	187.2	45.1	0.929	0.241		
102/13	182.0	44.7	0.903	0.246		
102/14	221.4	47.3	1.099	0.214		
103/1	230	34	1.141	0.148	1.194	0.062
103/2	252	36	1.251	0.143		
103/3	241	34	1.196	0.141		
103/4	229	34	1.136	0.148		
103/5	257	36	1.275	0.140		
103/6	249	34	1.236	0.137		
103/7	226	32	1.122	0.142		
103/8	226	32	1.122	0.142	1.219	0.129
103/9	284	38	1.409	0.134		
103/10	253	36	1.255	0.142		
103/11	250	36	1.241	0.144		

ID-Code	Messwert kBq-h/m <sup>3</sup>	U <sub>95</sub> kBq-h/m <sup>3</sup>	Relativer Messwert	U <sub>95</sub> relativ	< Relativer Messwert >	Standard- abweichung
103/12	267	36	1.325	0.135		
103/13	232	32	1.151	0.138		
103/14	207	36	1.027	0.174		
104/1	236	38	1.171	0.161	1.134	0.073
104/2	228	38	1.131	0.167		
104/3	232	38	1.151	0.164		
104/4	201	34	0.997	0.169		
104/5	248	40	1.231	0.161		
104/6	234	38	1.161	0.162		
104/7	221	36	1.097	0.163		
104/8	225	36	1.117	0.160	1.192	0.105
104/9	232	38	1.151	0.164		
104/10	266	42	1.320	0.158		
104/11	274	42	1.360	0.153		
104/12	226	36	1.122	0.159		
104/13	238	38	1.181	0.160		
104/14	221	36	1.097	0.163		
105/1	236	30	1.171	0.127	1.173	0.072
105/2	257	38	1.275	0.148		
105/3	230	32	1.141	0.139		
105/4	225	30	1.117	0.133		
105/5	244	34	1.211	0.139		
105/6	215	30	1.067	0.140		
105/7	248	34	1.231	0.137		
105/8	208	30	1.032	0.144	1.143	0.091
105/9	240	32	1.191	0.133		
105/10	200	30	0.992	0.150		
105/11	238	34	1.181	0.143		
105/12	242	34	1.201	0.140		
105/13	247	34	1.226	0.138		
105/14	237	34	1.176	0.143		
106/1	193	36	0.958	0.187	1.068	0.092
106/2	206	38	1.022	0.184		
106/3	233	42	1.156	0.180		
106/4	225	40	1.117	0.178		
106/5	190	34	0.943	0.179		
106/6	232	42	1.151	0.181		
106/7	227	42	1.126	0.185		
106/8	222	40	1.102	0.180	1.081	0.085
106/9	188	34	0.933	0.181		
106/10	208	38	1.032	0.183		



ID-Code	Messwert kBq-h/m <sup>3</sup>	U <sub>95</sub> kBq-h/m <sup>3</sup>	Relativer Messwert	U <sub>95</sub> relativ	< Relativer Messwert >	Standard- abweichung
106/11	217	40	1.077	0.184		
106/12	239	44	1.186	0.184		
106/13	235	42	1.166	0.179		
106/14	216	40	1.072	0.185		
107/1	169	25	0.839	0.148	1.245	0.369
107/2	232	35	1.151	0.151		
107/3	211	32	1.047	0.152		
107/4	225	34	1.117	0.151		
107/5	264	40	1.310	0.152		
107/6	405	61	2.010	0.151		
107/7	250	38	1.241	0.152		
107/8	241	36	1.196	0.149	1.180	0.288
107/9	332	50	1.648	0.151		
107/10	273	41	1.355	0.150		
107/11	172	26	0.854	0.151		
107/12	162	24	0.804	0.148		
107/13	244	37	1.211	0.152		
107/14	241	36	1.196	0.149		
108/1	222	33	1.102	0.149	1.100	0.019
108/2	221	33	1.097	0.149		
108/3	226	34	1.122	0.150		
108/4	227	34	1.126	0.150		
108/5	216	32	1.072	0.148		
108/6	219	33	1.087	0.151		
108/7	221	33	1.097	0.149		
109/1	205	41	1.017	0.200	1.030	0.047
109/2	211	42	1.047	0.199		
109/3	205	41	1.017	0.200		
109/4	ungültig	ungültig	---	---		
109/5	194	39	0.963	0.201		
109/6	223	45	1.107	0.202		
109/7	207	41	1.027	0.198		
110/1	284	51	1.409	0.180	1.229	0.109
110/2	237	45	1.176	0.190		
110/3	226	43	1.122	0.190		
110/4	273	49	1.355	0.180		
110/5	241	46	1.196	0.190		
110/6	234	44	1.161	0.190		
110/7	238	45	1.181	0.190		
110/8	260	47	1.290	0.180	1.302	0.067
110/9	288	52	1.429	0.180		

<b>ID-Code</b>	<b>Messwert kBq·h/m<sup>3</sup></b>	<b>U<sub>95</sub> kBq·h/m<sup>3</sup></b>	<b>Relativer Messwert</b>	<b>U<sub>95</sub> relativ</b>	<b>&lt; Relativer Messwert &gt;</b>	<b>Standard- abweichung</b>
110/10	272	49	1.350	0.180		
110/11	260	47	1.290	0.180		
110/12	255	46	1.265	0.180		
110/13	253	46	1.255	0.180		
110/14	249	45	1.236	0.180		

## Anhang 4: Übersicht Zulassungen Radonmessmittel

### Radondosimeter

CH-I-13249-00	ALTRAC - Messstelle	Typ PD, Typ SD, Typ LD
CH-I-13250-00	Radonova Laboratories AB	Radtrak <sup>2</sup>
CH-I-13251-00	Mi.am Srl	Radout
CH-I-13252-00	AGES	Radosys / RSKS
CH-I-13253-00	GT-Analytic	Ramon 2.2
CH-I-13254-00	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	Radtrak <sup>3</sup>
CH-I-22238-00	U-series Srl	TASL / Radosure