



Bericht über die Vergleichsmessung 2020 für Radondosimeter

Kai-Uwe Lauterbach, Peter Peier



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

Oktober 2020

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	Teilnehmer	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	10
	Referenzen.....	11
	Anhang 1: Teilnehmer Radonvergleichsmessung 2020	12
	Anhang 2: Prüflinge	13
	Anhang 3: Messwerte und Ergebnisse.....	14
	Anhang 4: 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 2020 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 2020 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 2020 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 Teilnehmer¹ 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 2020 über den Ablauf der Radonvergleichsmessung 2020 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 Teilnehmer 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 Teilnehmer versendet.

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

2.2 Zeitplan

Die Radonvergleichsmessung 2020 wurde nach dem folgenden Zeitplan durchgeführt:

- | | |
|---|----------------|
| • Versand Informationsschreiben | 24. März 2020 |
| • Anmeldeschluss: | 14. April 2020 |
| • Einsendeschluss Messmittel (am METAS): | 24. April 2020 |
| • Start Radonexposition: | 28. April 2020 |
| • Ende Radonexposition: | 26. Mai 2020 |
| • Rücksendung Dosimeter an Teilnehmer: | 26. Mai 2020 |
| • Termin Messwertmeldung durch Teilnehmer | 30. Juni 2020 |
| • Messwertmeldungen erfolgt | 30. Juni 2020 |
| • Kommunikation der Ergebnisse | Oktober 2020 |

2.3 Teilnehmer

Die in der Tabelle im Anhang 1 aufgeführten Institutionen haben mit jeweils einem oder mehreren Prüflingen an der Radonvergleichsmessung 2020 teilgenommen.

2.4 Prüflinge

Die der Radonvergleichsmessung 2020 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 2020 findet sich im Anhang 2.

Im Rahmen der Radonvergleichsmessung 2020 wurden Radondosimeter der Messung unterzogen, welche auf Grundlage der StMmV zugelassen sind (Art. 2, Bst. h StMmV) sowie ein weiterer Typ passiver Radondosimeter, für welche zum Zeitpunkt der Vergleichsmessung keine Zulassung vorlag. Für jeden Prüfling wurden 2 Chargen mit je 7 Exemplare in der Ra-

¹ Im vorliegenden Bericht wird aus Gründen der Übersichtlichkeit jeweils die männliche Sprachbezeichnung verwendet. Dieser Sprachgebrauch ist selbstverständlich als geschlechtsneutral zu verstehen und hat auch für weibliche Personen Geltung.

don-Messkammer exponiert. Zudem mussten die Teilnehmer 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 mit einem Gebrauchsnorm vom Typ AlphaGUARD PQ2000Pro bestimmt, 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 Bq/m^3 herrschte.

3.2 Vergleichsmessung der passiven Radondosimeter

Erstes Ziel der Radonvergleichsmessung 2020 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 [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 $1'945 \text{ kBq/m}^3$ 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 μm) 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 Teilnehmer offen, in Pappkartons zurückgesandt. Die Messwertbestimmung und -meldung erfolgte durch die einzelnen Teilnehmer.

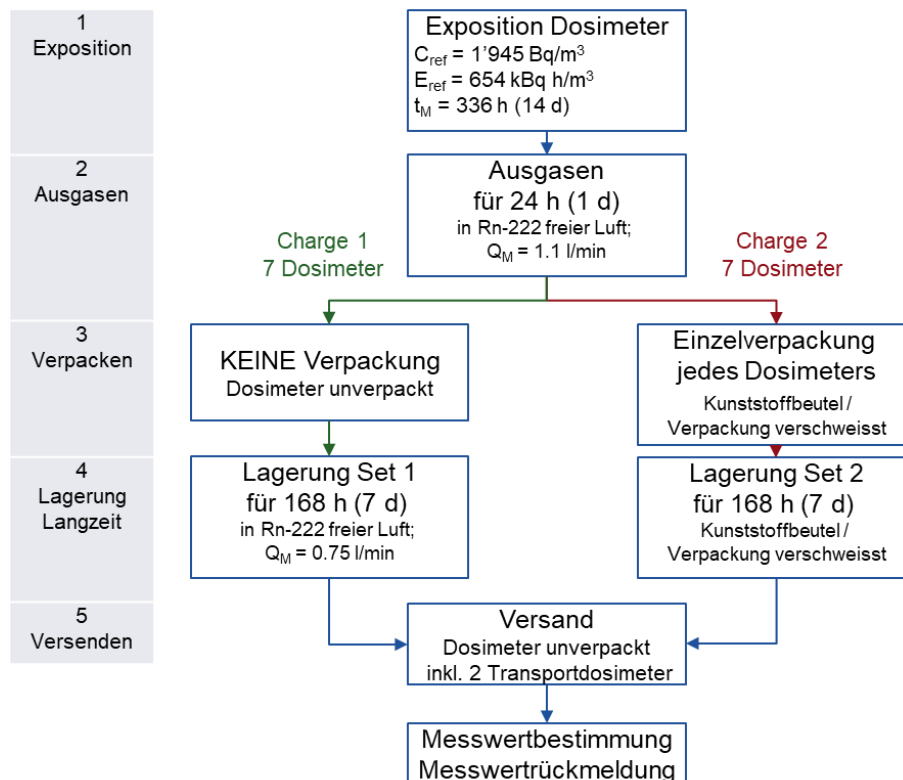


Abbildung 1: Ablauf der Vergleichsmessung

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}	1'944.7 Bq/m ³
Referenzwert Radonexposition E_{Ref}	653.7 kBq h/m ³
Unsicherheit U_{95} des Referenzwertes	4.3 %
Expositionszeitraum	24.04.2020, 14:40 – 13.05.2020, 14:40
Expositionsdauer t_M :	336.0 h
Volumen der Referenzatmosphäre:	131.3 ± 0.294 dm ³
Luftdruck:	934.0 - 958.6 hPa
Lufttemperatur:	22.5 - 24.5 °C
Relative Luftfeuchtigkeit:	2.6 - 41.7 % r.F.

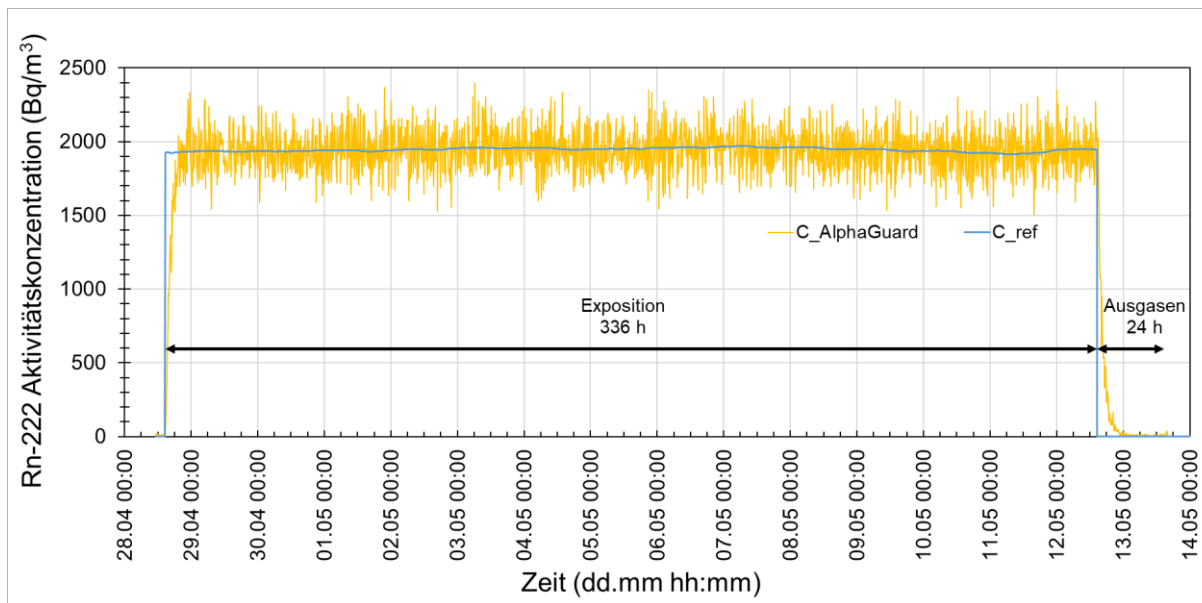


Abbildung 2: Verlauf Rn-222 Aktivitätskonzentration während der Vergleichsmessung

4 Ergebnisse und Beurteilung

4.1 Meldung der Messwerte

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

Die Teilnehmer wurden angewiesen, den Messwert der Radonexposition (in 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 vom Teilnehmer ermittelte und dem METAS gemeldete Messwert der Radonexposition für den jeweiligen Prüfling.
<i>U_{95}:</i>	Die vom Teilnehmer ermittelte und dem METAS gemeldete kombinierte Unsicherheit. Im erwähnten Informationsschreiben (s. Kap. 4.1) wurden die Teilnehmer 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>U_{95} relativ:</i>	Das Verhältnis der vom Teilnehmer gemeldeten Messunsicherheit U_{95} zum gemeldeten Messwert des jeweiligen Prüflings.
<i><Relativer Messwert>:</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.

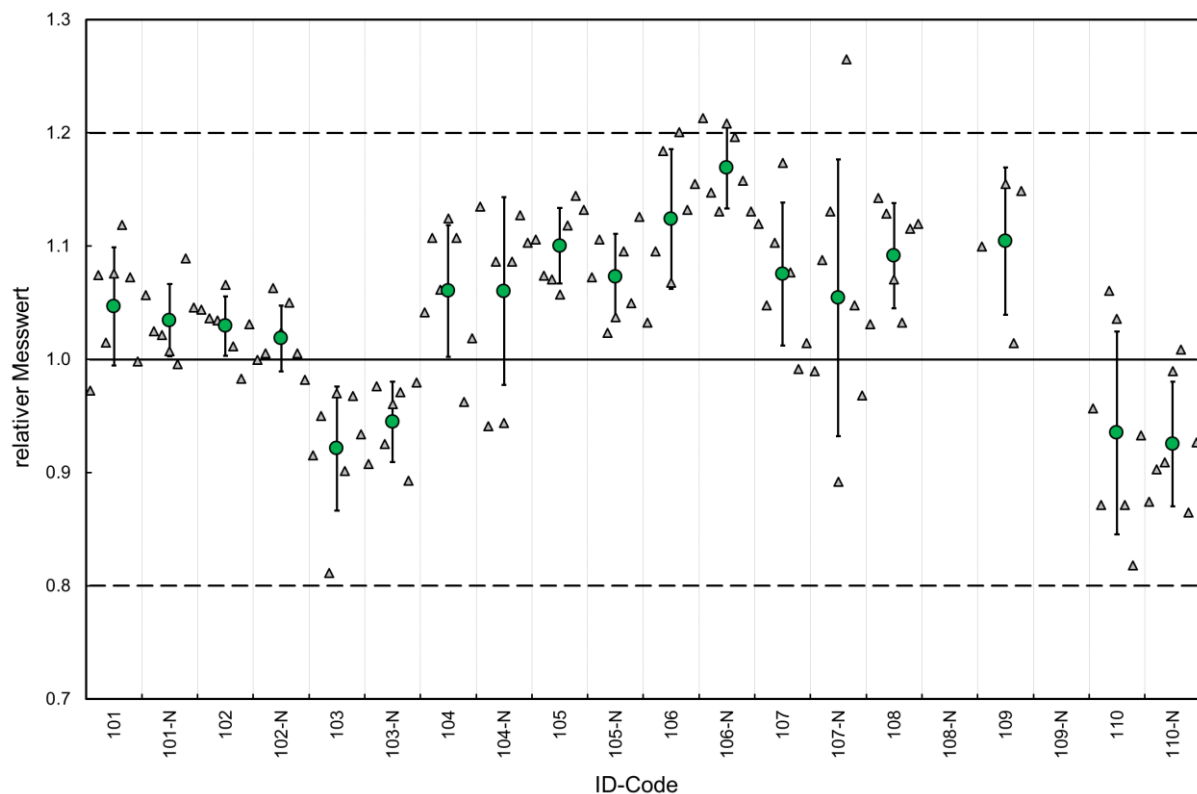


Abbildung 3: Übersicht der relativen Messwerte der passiven Radondosimeter (Code 101 - 110). Darin entsprechen die Datenpunkte (Δ) den relativen Messwerten der 7 Exemplare, welche je Radondosimeter-Typ exponiert wurden. Die grünen (\bullet) entsprechen dem Mittelwert der 7 Einzelmessungen, für welche 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.

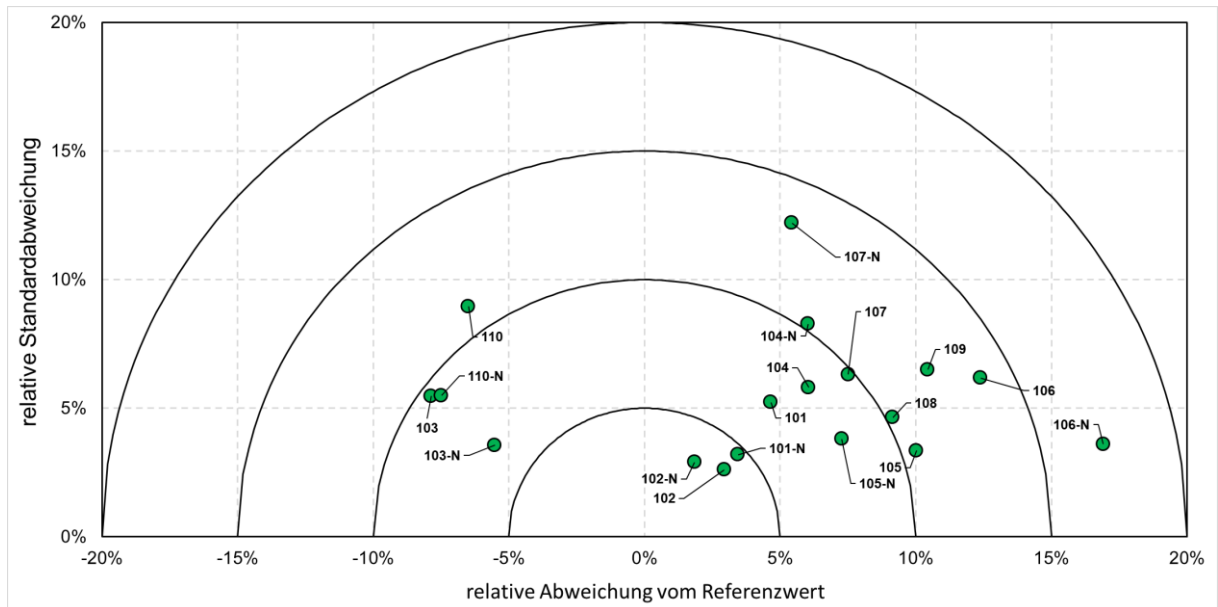


Abbildung 4: Diagramm zur Beurteilung der passiven Radondosimeter (ID-Code 101 – 110) anhand der Beurteilungskriterien *i*) (Abweichung des Mittelwertes der Einzelmessungen < 20 %) und *ii*) (Standardabweichung der Einzelmessungen < 20 %).

Sämtliche Prüflinge bzw. Typen passiver Radondosimeter erfüllen die beiden Kriterien *i*) und *ii*).

4.2.1 Fazit

Die Resultate der passiven Radondosimeter liegen innerhalb der vorgegebenen Toleranz von 20 % der Abweichung vom Referenzwert (Beurteilungskriterium *i*) und der Standardabweichung der Einzelmessung (Bewertungskriterium *ii*).

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.

Erstmals 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 so erreichte Exposition der Dosimeter entspricht einer Radonaktivitätskonzentration von 300 Bq/m^3 während drei Monaten.

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. In allen Fällen waren diese Kriterien erfüllt.

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, Stand 8.2.2019.
- [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.

Anhang 1: Teilnehmer Radonvergleichsmessung 2020

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

SUPSI, CCR - Centro Competenze Radon

Luca Pampuri, Via Trevano, Campus Trevano, CH-6952 Canobbio

Anhang 2: Prüflinge

ID-Code	Hersteller / Lieferant	Bauart / Typ / Modell	Zulassung
101/1 – 101/14	Mi.am Srl	Radout GM-918	CH-I-13251-00
102/1 – 102/14	Mi.am Srl	Radout GM-911	CH-I-13251-00
103/1 – 103/14	Mi.am Srl	Politrack	CH-I-15208-00
104/1 – 104/14	Radonova Laboratories AB	Radtrak2	CH-I-13250-00
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 ³	U ₉₅ kBq·h/m ³	Relativer Messwert	U ₉₅ relativ	< Relativer Messwert >	Standard- abweichung
101/1	636	106	0.972	0.167	1.047	0.052
101/2	702	116	1.074	0.165		
101/3	663	110	1.015	0.166		
101/4	703	116	1.076	0.165		
101/5	731	120	1.119	0.164		
101/6	701	116	1.072	0.165		
101/7	652	109	0.998	0.167		
101/8	691	114	1.057	0.165	1.034	0.032
101/9	670	111	1.025	0.166		
101/10	668	111	1.021	0.166		
101/11	659	110	1.007	0.167		
101/12	651	109	0.996	0.167		
101/13	712	117	1.089	0.165		
101/14	684	113	1.046	0.166		
102/1	682	111	1.044	0.163	1.029	0.026
102/2	677	110	1.036	0.163		
102/3	676	110	1.034	0.163		
102/4	697	113	1.066	0.162		
102/5	661	108	1.011	0.163		
102/6	643	105	0.983	0.164		
102/7	674	110	1.031	0.163		
102/8	653	107	0.999	0.164	1.018	0.029
102/9	657	108	1.005	0.164		
102/10	695	113	1.063	0.162		
102/11	669	109	1.024	0.163		
102/12	687	112	1.050	0.163		
102/13	657	108	1.005	0.164		
102/14	642	105	0.982	0.164		
103/1	598	76	0.915	0.127	0.921	0.055
103/2	621	78	0.950	0.126		
103/3	530	70	0.811	0.132		
103/4	634	79	0.970	0.125		
103/5	589	75	0.901	0.128		
103/6	633	79	0.968	0.125		
103/7	611	77	0.934	0.126		
103/8	593	76	0.907	0.128	0.945	0.036
103/9	638	80	0.976	0.125		
103/10	605	77	0.925	0.127		
103/11	628	79	0.961	0.125		

ID-Code	Messwert kBq·h/m³	U₉₅ kBq·h/m³	Relativer Messwert	U₉₅ relativ	< Relativer Messwert >	Standard- abweichung
103/12	635	79	0.971	0.125		
103/13	584	75	0.893	0.128		
103/14	640	80	0.980	0.125		
104/1	681	86	1.042	0.126	1.060	0.058
104/2	724	90	1.107	0.124		
104/3	694	86	1.062	0.124		
104/4	735	90	1.124	0.122		
104/5	724	90	1.107	0.124		
104/6	629	82	0.962	0.130		
104/7	666	86	1.019	0.129		
104/8	742	90	1.135	0.121	1.060	0.083
104/9	615	80	0.941	0.130		
104/10	710	88	1.086	0.124		
104/11	617	80	0.944	0.130		
104/12	710	88	1.086	0.124		
104/13	737	92	1.127	0.125		
104/14	721	92	1.103	0.128		
105/1	723	98	1.106	0.136	1.100	0.033
105/2	702	94	1.074	0.134		
105/3	700	96	1.071	0.137		
105/4	691	94	1.057	0.136		
105/5	731	100	1.118	0.137		
105/6	748	102	1.144	0.136		
105/7	740	102	1.132	0.138		
105/8	701	96	1.072	0.137	1.073	0.038
105/9	723	98	1.106	0.136		
105/10	669	92	1.023	0.138		
105/11	678	94	1.037	0.139		
105/12	716	98	1.095	0.137		
105/13	686	96	1.049	0.140		
105/14	736	102	1.126	0.139		
106/1	675	101	1.033	0.150	1.124	0.062
106/2	716	107	1.095	0.149		
106/3	774	116	1.184	0.150		
106/4	698	98	1.068	0.140		
106/5	785	110	1.201	0.140		
106/6	740	104	1.132	0.141		
106/7	755	106	1.155	0.140		
106/8	793	111	1.213	0.140	1.169	0.036
106/9	750	105	1.147	0.140		
106/10	739	103	1.130	0.139		

ID-Code	Messwert kBq·h/m ³	U ₉₅ kBq·h/m ³	Relativer Messwert	U ₉₅ relativ	< Relativer Messwert >	Standard- abweichung
106/11	790	111	1.208	0.141		
106/12	782	109	1.196	0.139		
106/13	757	106	1.158	0.140		
106/14	739	103	1.130	0.139		
107/1	732	110	1.120	0.150	1.075	0.063
107/2	685	103	1.048	0.150		
107/3	721	108	1.103	0.150		
107/4	767	115	1.173	0.150		
107/5	704	106	1.077	0.150		
107/6	648	97	0.991	0.150		
107/7	663	99	1.014	0.150		
107/8	647	97	0.990	0.150	1.054	0.122
107/9	711	107	1.088	0.150		
107/10	739	111	1.130	0.150		
107/11	583	87	0.892	0.150		
107/12	827	124	1.265	0.150		
107/13	685	103	1.048	0.150		
107/14	633	95	0.968	0.150		
108/1	674	101	1.031	0.150	1.092	0.046
108/2	747	112	1.143	0.150		
108/3	738	111	1.129	0.150		
108/4	700	105	1.071	0.150		
108/5	675	101	1.033	0.150		
108/6	729	109	1.115	0.150		
108/7	732	110	1.120	0.150		
109/1	719	144	1.100	0.200	1.104	0.065
109/2	ungültig	ungültig	---	---		
109/3	ungültig	ungültig	---	---		
109/4	755	151	1.155	0.200		
109/5	663	133	1.014	0.200		
109/6	751	150	1.149	0.200		
109/7	ungültig	ungültig	---	---		
110/1	625	96	0.957	0.153	0.935	0.090
110/2	570	88	0.871	0.155		
110/3	693	105	1.060	0.151		
110/4	677	102	1.036	0.151		
110/5	570	88	0.871	0.155		
110/6	535	83	0.818	0.156		
110/7	610	94	0.933	0.153		
110/8	572	89	0.874	0.155	0.925	0.055
110/9	590	91	0.903	0.154		

ID-Code	Messwert kBq·h/m³	U₉₅ kBq·h/m³	Relativer Messwert	U₉₅ relativ	< Relativer Messwert >	Standard- abweichung
110/10	594	92	0.909	0.154		
110/11	647	98	0.990	0.152		
110/12	659	100	1.009	0.152		
110/13	565	88	0.865	0.155		
110/14	606	93	0.926	0.154		

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	Radtrak2
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-15208-00	IRA	Politrack
CH-I-16238-00	U-series Srl	TASL / Radosure