



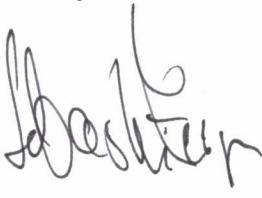
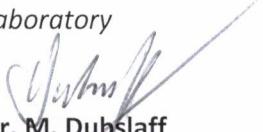
Datum / Date: 14.06.2023

Bericht-ID / Report ID: VPrf2023\_0661

Seite 1 von 8 / Page 1 of 8

## BfS-Vergleichs- und Eignungsprüfung für passive Radonmessgeräte 2023 Ergebnisse

*BfS Interlaboratory Comparison and Proficiency Testing of Passive Radon Detectors 2023  
Results*

Teilnehmendes Labor: <i>Participant</i>	Harmat srls Radon lab Services Via Abetonea 30 00041 Albano Laziale RM ITALY	Laborcode: <i>Laboratory code</i> <b>066</b>	
Gerätetyp: <i>Type of device</i>	Radonmessgerät mit Festkörperspurdetektor <i>Radon measurement device with solid state nuclear track detector</i> <b>Radonalpha-C</b>	Bauform: <i>Design</i> <b>P</b>	
Anzahl der Geräte: <i>Number of devices</i>	<b>35</b>	Geräte-Codes: <i>Code of devices</i>	<b>066101 - 066135</b>
Detektormaterial: <i>Detector material</i>	<b>PADC (CR-39)</b>	Detektordicke: <i>Detector thickness</i>	<b>1,5 mm</b>
Gesamt-Detektorfläche: <i>Total detector size</i>	<b>625 mm<sup>2</sup></b>	Ausgewertete Detektorfläche: <i>Analyzed detector size</i>	<b>59 mm<sup>2</sup></b>
Bereich der Radonexposition in der Vergleichsprüfung: <i>Range of the exposure to radon in the interlaboratory comparison:</i>	<b>150 - 3000 kBq·h/m<sup>3</sup></b>		
Eingangsdatum der Messergebnisse: <i>Date of receipt of results</i>	<b>26.04.2023</b>		
Identifikationsnummer im Gesamtbericht: <i>Identification number in comprehensive report</i>	<b>33</b>		
Die Leistung gemäß des auf Seite 5 beschriebenen Eignungsprüfungsverfahrens wird bewertet als <i>The performance is evaluated on basis of the proficiency testing scheme described on page 5 as</i>	<input checked="" type="checkbox"/> zufriedenstellend / <i>satisfactory</i> . <input type="checkbox"/> nicht zufriedenstellend / <i>unsatisfactory</i> .		
Datum <i>Date</i>	Fachgebietsleiter UR 1 <i>Head of Section UR 1</i>   <b>S. Feige</b>	Technische Laborleitung im Radon-Kalibrierlaboratorium <i>Technical head of the Radon Calibration Laboratory</i>   <b>Dr. M. Dubslaff</b>	Koordinatorin <i>Coordinator</i>   <b>Dr. F. Friedrich-Kees</b>
14.06.2023			

## Verfahren der Vergleichsprüfung / Procedure of the Interlaboratory Comparison

Die Vergleichsprüfung wurde im Radon-Kalibrierlaboratorium des BfS durchgeführt. Das Laboratorium ist bei der Deutschen Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS) unter der Nummer D-K-15063-01-00 für die Messgrößen Aktivitätskonzentration von Radon-222 in Luft und potentielle Alphaenergie-Konzentration der kurzlebigen Radon-222-Zerfallsprodukte (PAEC) akkreditiert. Alle für die Vergleichsprüfung relevanten Messungen unterliegen einem akkreditierten Qualitätsmanagementsystem und sind auf die jeweiligen nationalen Normale zurückgeführt.

Es wurden vier Radon-222-Referenzatmosphären in verschiedenen Edelstahlbehältern erzeugt und die Radon-222-Aktivitätskonzentration mit Gebrauchsnorm-Messeinrichtungen ermittelt.

Zur Vergleichsprüfung zugelassen wurden nur Detektoren geschlossenen Typs (mit Diffusionsbarriere). Die vom teilnehmenden Labor eingesandten Geräte wurden in 5 Gruppen mit jeweils 7 Geräten aufgeteilt. Messgeräte mit Elektretdetektoren wurden in 4 Gruppen mit jeweils 6 Geräten aufgeteilt. Eine Messgerätegruppe wurde zur Bestimmung der Transport- und Lagerungseffekte verwendet (Transitgruppe). Die verbleibenden Gruppen wurden jeweils den verschiedenen Referenzatmosphären ausgesetzt. Nach Abschluss aller Expositionen wurden die Geräte ohne Bekanntgabe der Expositionsdaten zur Auswertung an das teilnehmende Labor zurückgesandt.

Die Expositionsdaten sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Das Datum gibt den Zeitraum an, in dem die Messgeräte in den Referenzatmosphären exponiert wurden. Der Parameter  $C_{Rn,Ref}$  ist der Mittelwert der Radon-222-Aktivitätskonzentration während der Expositionszeit  $t$  und  $P_{Rn,Ref}$  die Radonexposition, die sich aus dem Produkt von  $C_{Rn,Ref}$  und  $t$  ergibt (Angabe in der Tabelle als gerundeter Wert). Die erweiterte relative Messunsicherheit der Radon-222-Aktivitätskonzentration ( $U$ ) ergibt sich aus der Standardmessunsicherheit multipliziert mit dem Erweiterungsfaktor  $k=2$  (95% Vertrauensbereich). Sie wurde gemäß EA-4/02 M [1] und GUM [2] ermittelt. Zur Charakterisierung der Referenzatmosphäre sind die Mittelwerte der Temperatur ( $T$ ), der relativen Luftfeuchtigkeit ( $r.H.$ ) und des Luftdrucks ( $p$ ) angegeben.

Zahlenangaben im Bericht erfolgen mit Komma als Dezimaltrennzeichen.

*The interlaboratory comparison was carried out in the BfS Radon Calibration Laboratory. The laboratory is accredited by the German accreditation body Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkkS, registry no. D-K-15063-01-00) for the calibration of measurands activity concentration of radon-222 in air and potential alpha energy concentration of the short-lived radon decay products. All relevant measurements concerning the interlaboratory comparison are subject to an accredited quality management system.*

*In total four Radon-222 reference atmospheres were generated in different stainless-steel containers. Only passive radon monitors of closed type (with diffusion barrier) were accepted for participation in the interlaboratory comparison. The monitors submitted by the participant were separated into 5 groups with 7 devices each. Monitors with electret detectors were separated into 4 groups with 6 devices each. One of the groups was used as a transit group to determine effects of transport and storage. Each of the remaining groups was exposed in one of the reference atmospheres. After exposition the instruments were returned to the laboratory for evaluation without disclosing the exposure data.*

*Exposure data are summarised in table 1. The exposure interval is given in the date column.  $C_{Rn,Ref}$  is the mean activity concentration of radon-222 during exposure time  $t$  whereas  $P_{Rn,Ref}$  is the radon exposure calculated as the product of  $C_{Rn,Ref}$  and  $t$  (given in rounded numbers).  $U$  is the extended relative uncertainty of the radon-222 activity concentration resulting from the standard uncertainty of the measurement multiplied with a coverage factor  $k = 2$  (95% confidence interval) in accordance with EA-4/02 M [1] and GUM [2]. Additionally, mean values of temperature ( $T$ ), relative humidity ( $r.H.$ ) and air pressure ( $p$ ) of reference atmospheres are given.*

*Numbers are given with a comma as decimal separator.*

Tabelle 1 Expositionsdaten / Table 1: Exposure data

Expositionsguppe Exposure group	Datum (von – bis) Date (from – to) dd.mm.yyyy	t [h]	$C_{Rn,Ref}$ [kBq/m³]	$U(C_{Rn,Ref})$ [kBq/m³]	$P_{Rn,Ref}$ [kBq·h/m³]	$V^*)$ [m³]	T [°C]	r.H. [%]	p [hPa]
1	24.02.-03.03.2023	167,1	2,75	0,14	460	30	22	23	1010
2	28.02.-07.03.2023	169,0	7,85	0,42	1327	11	23	17	1006
3	14.02.-23.02.2023	215,1	7,33	0,37	1577	30	22	25	1008
4	15.02.-24.02.2023	216,2	11,73	0,59	2536	11	23	23	1005

\*) Volumen des Kalibrierbehälters / Volume of the calibration container

#### Lagerbedingungen der Transitgruppe / Storage conditions of the transit group

Zu Beginn der Expositionssphase wurden alle Radonmessgeräte ausgepackt und im messbereiten Zustand in einen Raum mit geringer Radon-222-Aktivitätskonzentration gebracht (Lagerraum). Die Messgeräte der Transitgruppe wurden über den gesamten Zeitraum der Expositionssphase (24 Tage) in diesem Raum gelagert. Alle anderen Geräte wurden vor und nach der Exposition in den Referenzatmosphären ebenfalls im Lagerraum aufbewahrt. Am Ende der Expositionssphase wurden alle exponierten und Transit-Radonmessgeräte zur gleichen Zeit aus dem Lagerraum entnommen und verpackt. Die Parameter der Atmosphäre im Lagerraum sind in Tabelle 2 dargestellt.

*At the beginning of the exposure term all radon measurement instruments were unpacked, made ready for measurement and brought into a room with low radon-222 activity concentration (storage room). The instruments of the transit group were stored over the entire exposure term (24 days) in this storage room. All other instruments were stored in this room before the beginning and after the end of the exposures in reference atmospheres. At the end of the exposure term, all exposed and transit instruments were removed from the storage room and re-packed at the same time. The parameters of the atmosphere in the storage room are given in table 2.*

Tabelle 2 Parameter der Atmosphäre des Lagerraums / Table 2: Parameters of the storage-room atmosphere

$C_{Rn}$ [Bq/m³]	$U(C_{Rn})$ [Bq/m³]	r.H. [%]	$U_{r.H.}$ [%]	T [°C]	$U_T$ [K]	p [hPa]	$U_p$ [hPa]	$\dot{H}^*(10)$ [nSv/h]	$U_{\dot{H}^*(10)}$ [nSv/h]
4	5	42	5	17	3	1011	12	72	2

Der Parameter  $C_{Rn}$  ist die mittlere Radon-222-Aktivitätskonzentration, die während der Lagerung der Messgeräte im Lagerraum ermittelt wurde.  $U(C_{Rn})$  ist die erweiterte Messunsicherheit der Messgröße Radon-222-Aktivitätskonzentration. In der Tabelle sind weiterhin die Klimabedingungen während der Lagerzeit angegeben: Mittelwert der relativen Luftfeuchtigkeit (r.H.) und erweiterte Messunsicherheit der relativen Luftfeuchtigkeit  $U_{r.H.}$  ( $k=2$ ), Mittelwert der Temperatur (T) und erweiterte Messunsicherheit der Temperatur  $U_T$  ( $k=2$ ), Mittelwert des Luftdrucks (p) und erweiterte Messunsicherheit des Luftdrucks  $U_p$  ( $k=2$ ). Der Parameter  $\dot{H}^*(10)$  ist die mittlere Umgebungsäquivalentdosisleistung mit der erweiterten Messunsicherheit  $U_{\dot{H}^*(10)}$  ( $k=2$ ).

*$C_{Rn}$  is the mean radon-222 activity concentration determined during the storage of instruments in the storage room.  $U(C_{Rn})$  is the expanded relative measurement uncertainty of the radon-222 activity concentration. Furthermore, the table lists the mean value of relative humidity (r.H.), expanded relative measurement uncertainty of relative humidity  $U_{r.H.}$  ( $k=2$ ), mean value of temperature (T), expanded measurement uncertainty of temperature  $U_T$  ( $k=2$ ), mean value of air pressure (p) and expanded measurement uncertainty of air pressure  $U_p$  ( $k=2$ ). The parameter  $\dot{H}^*(10)$  is the mean ambient dose rate with the expanded measurement uncertainty  $U_{\dot{H}^*(10)}$  ( $k=2$ ).*

## Messergebnisse / Measurement results

Das teilnehmende Labor hat die Messwerte der Radon-222-Exposition für jedes Gerät ermittelt und dem BfS mitgeteilt. Diese Messwerte sind in Tabelle 4 entsprechend der Zugehörigkeit zur Expositionsgruppe dargestellt. Für die Expositionsgruppen 1 bis 4 sind die Referenzwerte der Radon-222-Exposition  $P_{Rn,Ref}$  angegeben. Jeder Referenzwert ist auf ein nationales Normal zurückgeführt und wird als der richtige Wert der Radonexposition betrachtet.

Das teilnehmende Labor erhielt keine Information darüber, welche Geräte zu welcher Expositionsgruppe gehören. Nur die Detektor-Nummern der Transitgruppe wurden bekannt gegeben. Die Transitgruppe umfasst die Messgeräte, welche den gleichen Transport- und Lagerungsbedingungen ausgesetzt waren, jedoch nicht in den Referenzatmosphären exponiert wurden. Es lag in der Verantwortung des teilnehmenden Labors, den Transit-Nulleffekt bei der Auswertung in geeigneter Weise zu berücksichtigen.

*The participating laboratory has determined the measurement values of exposure to radon-222 for each individual instrument and has reported them to the BfS. These measurement values are given in table 4 according to the affiliation to the exposure group. For exposure groups 1 to 4 the reference values of exposure to radon-222  $P_{Rn,Ref}$  are given. Each reference value is traced back to a national standard and is considered to be the conventional true value used for the exposure group.*

*The laboratory was not informed by BfS which instrument belongs to which exposure group. Only the detector numbers of the transit group were announced. The transit group comprises instruments which were not exposed in reference atmospheres but transported and stored under the same conditions like all other instruments. It was the responsibility of the laboratory to decide whether and how to take the transit background into account.*

## Datenauswertung / Analysis of data

Für die Expositionsgruppen g und die Transitgruppe wurden jeweils Mittelwert und relative Standardabweichung der Messwerte berechnet (siehe Formeln (1) und (2)). Die relative Messabweichung wurde für die Expositionsgruppen 1 bis 4 gemäß Gleichung (3) berechnet. Mittelwert, relative Standardabweichung und relative Messabweichung wurden in der durch die Nachkommastellen angezeigten Genauigkeit berechnet und in Tabelle 4 angegeben.

*Mean value and relative standard deviation of the determined exposures to radon-222 were calculated for each exposure group and the transit group according to equations (1) and (2). The relative error was calculated for exposure groups 1 to 4 according to equation (3). In table 4 mean value, standard deviation and relative error are calculated and stated in the accuracy indicated by the decimal places of the given numbers.*

$$\bar{x}_g = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n x_{g,i} \quad (1)$$

$$RSD_g = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{g,i} - \bar{x}_g)^2}{n-1}} \times 100 \quad (2)$$

$$RERR_g = \frac{(\bar{x}_g - x_g)}{x_g} \times 100 \quad (3)$$

- g      Nummer der Expositionsgruppe ( $g = 1 \dots 4$ , Transitgruppe:  $g = 0$ )  
*Number of the exposure group ( $g = 1 \dots 4$ , transit group:  $g = 0$ )*
- n      Anzahl der Messwerte der entsprechenden Expositionsgruppe  
*Number of measurement values of the corresponding exposure group*

$x_{g,i}$	Messwert der Radon-222-Exposition des Gerätes i der Expositionsgruppe g <i>Measurement value of the exposure to radon-222 of instrument i in exposure group g</i>
$\bar{x}_g$	Arithmetischer Mittelwert der Radon-222-Exposition der Expositionsgruppe g <i>Arithmetic mean value of the exposure to radon-222 of exposure group g</i>
$RSD_g$	Relative Standardabweichung der Messwerte der Expositionsgruppe g in Prozent <i>Relative standard deviation of the measurement values of exposure group g in percent</i>
$X_g$	Referenzwert der Radon-222-Exposition $P_{Rn,Ref}$ für die Expositionsgruppe g <i>Reference value of the exposure to radon-222 <math>P_{Rn,Ref}</math> for exposure group g</i>
$RERR_g$	Relative Messabweichung der Messwerte der Expositionsgruppe g vom Referenzwert in Prozent <i>Relative error of the measurement values of exposure group g from the reference value in percent</i>

### Verfahren der Eignungsprüfung / Proficiency Testing Scheme

Die Eignungsprüfung findet auf Grundlage der Daten der Vergleichsprüfung statt. Eine zufriedenstellende Leistung ist gegeben, wenn nicht mehr als die in Tabelle 3 dargestellte Anzahl der ermittelten Radon-222-Expositionswerte (=Messwerte) außerhalb des Bereiches der maximal zulässigen Abweichung liegen [3]. Der Bereich der maximal zulässigen Abweichung ist definiert in Gleichung (4).

Für jede Expositionsgruppe  $g$  wurde der Wert für die untere Grenze  $UG_g$  und die obere Grenze  $OG_g$  ermittelt. Werte von  $x_{g,i}/X_g$ , die außerhalb dieser Grenzen liegen, sind in Tabelle 5 rot markiert. Übersteigt die Summe der Ausreißer für alle Gruppen  $g$  nicht den in Tabelle 3 genannten Wert, wird die Leistung in der Eignungsprüfung als „zufriedenstellend“ bewertet. Andernfalls wird die Leistung als „nicht zufriedenstellend“ bewertet. Fehlende Messwerte werden als Ausreißer gewertet.

*The proficiency testing is performed on basis of the results of the interlaboratory comparison. Satisfactory performance is given if the number of radon 222 exposure values (=measurement values) outside of the maximum admissible deviation range does not exceed the number given in table 3 [3]. The maximum admissible deviation range is defined in equation 4.*

*The lower limit  $UG_g$  and the upper limit  $OG_g$  are determined for each exposure group  $g$ , respectively. Values  $x_{g,i}/X_g$  that are outside of these limits are marked in red in table 5. If the total number of outliers does not exceed the number given in table 3 the performance is evaluated as "satisfactory". Otherwise, the performance is evaluated as "unsatisfactory". Missing values are treated as outliers.*

$$UG_g \leq \frac{x_{g,i}}{X_g} \leq OG_g \quad \text{mit/with} \quad UG_g = 0,7 - \frac{30}{X_g} \quad \text{und/and} \quad OG_g = 1,3 + \frac{30}{X_g} \quad (4)$$

$g$	Nummer der Expositionsgruppe ( $g = 1....4$ , Transitgruppe: $g = 0$ ) <i>Number of the exposure group (<math>g = 1....4</math>, transit group: <math>g = 0</math>)</i>
$x_{g,i}$	Messwert $P_{mess}$ der Radon-222-Exposition des Gerätes i der Expositionsgruppe g <i>Measurement value <math>P_{mess}</math> of the exposure to radon-222 of instrument i in exposure group g</i>
$X_g$	Referenzwert der Radon-222-Exposition $P_{Rn,Ref}$ für die Expositionsgruppe g <i>Reference value of the exposure to radon-222 <math>P_{Rn,Ref}</math> for exposure group g</i>
$UG_g$	Untere Grenze für die Expositionsgruppe g <i>Lower limit for the exposure group g</i>
$OG_g$	Obere Grenze für die Expositionsgruppe g <i>Upper limit for the exposure group g</i>



Tabelle 3: Zulässige Anzahl an Ausreißern  
Table 3: Admissible number of outliers

Messgerätetyp / <i>Detector type</i>	Anzahl exponierter Messgeräte / <i>Number of exposed monitors</i>	Anzahl Ausreißer / <i>Number of outliers</i>
Elektret / Electret	18	1
FKSD / SSNTD	28	2

**Literaturangaben / References:**

- [1] EA-4/02 M: 2022 „Evaluation of the Uncertainty of Measurement in Calibration“, EA (European Accreditation), re-published 4th April 2022\_rev 03
- [2] Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen (*Guide to expression of uncertainty in measurement*), International Organization for Standardization, Genf, 1995
- [3] Beck et al., The measurement accuracy of passive radon instruments, Radiation Protection Dosimetry, Vol. 158, No. 1, pp. 59-67, 2014

## BfS-Vergleichs- und Eignungsprüfung für passive Radonmessgeräte 2023: Vergleichsprüfung

*BfS Interlaboratory Comparison and Proficiency Testing of Passive Radon Detectors 2023: Interlaboratory Comparison*

Tabelle 4 Messergebnisse für Laborcode 066, Setnummer 1, Bauform P, Identifikationsnummer im Gesamtbericht 33  
Table 4: Measurement results for laboratory code 066, set 1, design P, Identification number in comprehensive report 33

Expositiongruppe/ Exposure group		Transitgruppe/ Transit group		1		2		3		4	
Referenzwert der Rn-222-Exposition/ Reference exposure to radon-222				<b>460</b>		<b>1327</b>		<b>1577</b>		<b>2536</b>	
Nummer / Number	Messgeräte- Code/ Code of device	Anzeigewert/ Indication [kBq·h/m <sup>3</sup> ]	Messgeräte- Code/ Code of device								
1	066105	6	066102	438	066101	1260	066104	1402	066103	2359	
2	066107	6	066109	445	066113	1259	066110	1500	066106	2442	
3	066108	6	066114	439	066116	1275	066111	1496	066123	2414	
4	066112	5	066120	447	066126	1248	066115	1492	066124	2395	
5	066118	6	066129	465	066130	1266	066117	1555	066125	2379	
6	066119	8	066133	446	066131	1262	066121	1511	066128	2448	
7	066127	6	066134	434	066135	1251	066122	1492	066132	2460	
Mittelwert/ Mean value [kBq·h/m <sup>3</sup> ]		<b>6</b>		<b>445</b>		<b>1260</b>		<b>1493</b>		<b>2414</b>	
Relative Standardabweichung/ Relative standard deviation [%]		15		2,3		0,8		3,1		1,6	
Relative Messabweichung / Relative error [%]				-3,3		-5,0		-5,4		-4,8	

Der Expositionswert der Radon-Messgeräte der Transitgruppe wurde bei der Auswertung durch den Teilnehmer berücksichtigt. /  Ja / Yes  Nein / No

The exposure value of the radon measurement devices of the transit group was taken into account by the participant.

## BfS-Vergleichs- und Eignungsprüfung für passive Radonmessgeräte 2023: Eignungsprüfung

### BfS Interlaboratory Comparison and Proficiency Testing of Passive Radon Detectors 2023: Proficiency Testing

Tabelle 5 Leistung in der Eignungsprüfung nach beschriebenem Verfahren (S.5) für die BfS Vergleichsprüfung Bericht-ID VPrf2023\_0661  
Table 5: Performance in proficiency testing according to the described scheme (p.5) for the BfS interlaboratory comparison report ID VPrf2023\_0661

Expositionsgruppe / Exposure group	1	2	3	4
Referenzwert der Rn-222-Exposition/ Reference exposure to radon-222 $P_{Rn,Ref} [\text{kBq}\cdot\text{h}/\text{m}^3]$	460	1327	1577	2536
Messgeräte- Code/ Code of device	Messgeräte- Code/ Code of device	Messgeräte- Code/ Code of device	Messgeräte- Code/ Code of device	Messgeräte- Code/ Code of device
066102	1,0	066101	0,9	066104
066109	1,0	066113	0,9	066110
066114	1,0	066116	1,0	066111
066120	1,0	066126	0,9	066115
066129	1,0	066130	1,0	066117
066133	1,0	066131	1,0	066121
066134	0,9	066135	0,9	066122
UG	0,6	0,7	0,7	0,7
OG	1,4	1,3	1,3	1,3
Anzahl der Ausreißer / Number of outliers	0	0	0	0
Gesamtanzahl der Ausreißer / Total number of outliers	0			
Erlaubte Anzahl an Ausreißern / Allowed number of outliers	2			
Leistung in der Eignungsprüfung / Performance in Proficiency testing				
Zufriedenstellend/ satisfactory				