



BfS-Vergleichsprüfung für passive Radonmessgeräte 2019: Ergebnisse  
 BfS Interlaboratory Comparison of Passive Radon Detectors 2019: Results

Bericht-ID / Report ID: VPrf2019\_ 066 1

Messstelle: <i>Laboratory</i>	<b>GEOEX SRLS RADON LAB CORSO MATTEOTTI 44 00041 ALBANO LAZIALE ROMA-ITALY</b>	Laborcode / <i>Laboratory code :</i> <b>066</b> Set Nummer / <i>Set number:</i> <b>1</b>
Gerätetyp: <i>Type of device</i>	<b>Radonmessgerät mit Festkörperspurdetektor</b> <i>Radon measurement device with solid state nuclear track detector</i>  <b>Radonalpha</b>	Prüfcode: <i>Test code</i>  <b>P09</b>
Anzahl der Geräte: <i>Number of devices</i>	<b>35</b>	Geräte-Codes: <i>Code of devices</i>  <b>066101 - 066135</b>
Detektortyp: <i>Type of detector</i>	<input checked="" type="checkbox"/> Festkörperspurdetektor <i>Solid state nuclear track detector</i>	<input type="checkbox"/> Elektret <i>Electret</i>
Detektormaterial: <i>Detector material</i>	<b>PADC (CR-39®)</b>	Detektordicke: <i>Detector thickness</i>  <b>1 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>
Messbereich der Radonexposition: <i>Measuring range of the exposure to radon</i>	<b>200 - 3 500 kBq·h·m<sup>-3</sup></b>	
Eingangsdatum der Messergebnisse: <i>Date of receipt of results</i>	<b>03.04.2019</b>	

Datum:  
*Date*

**02.07.2019**

Fachgebietsleiter UR 1:  
*Head of Section UR 1*

**S. Feige**

Stellv. Leiter des Radon-  
Kalibrierlaboratoriums:  
*Deputy head of the Radon  
Calibration Laboratory*

**Dr. M. Dubsclaff**

Koordinatorin:  
*Coordinator*

**Dr. F. Friedrich**

**Verfahren der Vergleichsprüfung / Procedure:**

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 Kalibrierung von Geräten zur Messung der Aktivitätskonzentration von Radon-222 in Luft und der potenziellen 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 Gebrauchsnormal-Messeinrichtungen ermittelt. Es wurden zwei Gebrauchsnormale verwendet, deren Kalibrierung über ein Bezugsnormal auf das nationale Normal zurückgeführt ist.

Zur Vergleichsprüfung zugelassen wurden nur Detektoren geschlossenen Typs (mit Diffusionsbarriere). Die von der Messstelle 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 die Messstelle 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 aus  $C_{Rn,Ref}$  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-4/02M:2013 [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.

*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 devices measuring the activity concentration of radon-222 in air and the 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. Two working standards traceable to the national standard were used to monitor the radon-222 activity concentration.*

*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-4/02M:2013 [1] and GUM [2]. Additionally mean values of temperature ( $T$ ), relative humidity ( $r.H.$ ) and air pressure ( $p$ ) of reference atmospheres are given.*

**Tabelle 1: Expositionsdaten / Table 1: Exposure data**

Exposi- tions- gruppe <i>Exposure group</i>	Datum von – bis <i>Date from - to</i>	t [h]	$C_{Rn,Ref}$ [kBq·m <sup>-3</sup> ]	Volumen/ <i>Volume</i> *) [m <sup>3</sup> ]	$P_{Rn,Ref}$ [kBq·h·m <sup>-3</sup> ]	U [%]	T [°C]	r.H. [%]	p [hPa]
1	06.03.– 14.03.2019	189,0	1,42	11	268	5	23	26	999
2	07.03.– 14.03.2019	191,0	3,37	30	644	5	22	28	998
3	26.02.– 07.03.2019	221,3	3,21	30	710	5	22	27	1002
4	26.02.– 06.03.2019	191,6	10,20	11	1954	5	23	25	1004

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

**Lagerbedingungen der Transitgruppe/ *Storage conditions of the transit group:***

Zu Beginn der Vergleichsprüfungen 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 Vergleichsprüfung (22 Tage) in diesem Raum gelagert. Alle anderen Geräte wurden vor und nach der Exposition in den Referenzatmosphären ebenfalls im Lagerraum aufbewahrt. Am Ende der Vergleichsprüfungen 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 interlaboratory comparison 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 period of interlaboratory comparison (22 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 interlaboratory comparison 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 atmosphere in the storage room***

$C_{Rn}$ [Bq·m <sup>-3</sup> ]	$C_{Rn,EG}$ [Bq·m <sup>-3</sup> ]	r.H. [%]	$U_{r.H.}$ [%]	T [°C]	$U_T$ [K]	p [hPa]	$U_p$ [hPa]	$\dot{H}^*(10)$ [nSv·h <sup>-1</sup> ]	$U_{\dot{H}^*(10)}$ [nSv·h <sup>-1</sup> ]
≤ 5	5	39	8	18	1	1003	3	69	2

Der Parameter  $C_{Rn}$  ist die mittlere Radon-222-Aktivitätskonzentration, die während der Lagerung der Messgeräte im Lagerraum ermittelt wurde.  $C_{Rn,EG}$  ist die Erkennungsgrenze der verwendeten Messeinrichtung. 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 activity concentration determined during the storage of instruments in the storage room.  $C_{Rn,EG}$  is the detection limit of the measuring system used for monitoring. Furthermore, in the table are given 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:**

Die Messstelle hat die Messwerte der Radon-222-Exposition für jedes Gerät ermittelt und dem BfS mitgeteilt. Diese Messwerte sind in Tabelle 3 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 das nationale Normal zurückgeführt und wird als der richtige Wert der Radonexposition betrachtet.

Die Messstelle 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 der Messstelle, den Transit-Nulleffekt bei der Auswertung in geeigneter Weise zu berücksichtigen.

*The laboratory has determined the measurement values of exposure to radon-222 and reported to the BfS for each individual instrument. These measurement values are given in table 3 according to the affiliation of 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 the 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 3 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 3 mean value, standard deviation and relative error are 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 ( $g = 1...4$ , Transitgruppe:  $g = 0$ )  
Number of the exposure group ( $g = 1...4$ , transit group:  $g = 0$ )

$x_{g,i}$  Messwert der Radon-222-Exposition des Gerätes  $i$  der Expositionsgruppe  $g$   
Measurement value of the exposure to radon-222 of instrument  $i$  in exposure group  $g$

$\bar{x}_g$  Arithmetischer Mittelwert der Radon-222-Exposition der Expositionsgruppe  $g$   
Arithmetic mean value of the exposure to radon-222 of exposure group  $g$

$RSD_g$	Relative Standardabweichung der Messwerte der Expositionsgruppe $g$ in Prozent <i>Relative standard deviation of the measurement values of exposure group <math>g</math> 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 <math>g</math></i>
$RERR_g$	Relative Messabweichung der Messwerte der Expositionsgruppe $g$ vom Referenzwert in Prozent <i>Relative error of the measurement values of exposure group <math>g</math> from the reference value in percent</i>

**Bewertung / Assessment:**

Es liegt in der Verantwortung der teilnehmenden Messstelle, die Resultate entsprechend ihres Qualitätsmanagementsystems zu bewerten. Anhand der Analyse von Daten der bisherigen BfS-Vergleichsprüfungen für passive Radonmessgeräte konnte gezeigt werden, dass die relative Messabweichung der Einzelmesswerte in Abhängigkeit vom Referenzwert bei geeigneter Qualitätssicherung innerhalb eines zulässigen Bereichs liegen können [3]. Seit 2019 wird durch das BfS eine auf den Ergebnissen der aktuellen Vergleichsprüfung basierende Eignungsprüfung angeboten.

*It is the responsibility of the participating laboratory to evaluate the results according to their quality management system. Analyzing the data from previous BfS interlaboratory comparisons of passive radon detectors it has been shown that the relative deviation of every single measurement value from the reference can assume values within an accepted range, if an appropriate quality management system is operated [3]. Since 2019, BfS offers a proficiency testing based on the results of the current interlaboratory comparison.*

**Literaturangaben / References:**

- [1] EA-4/02M:2013 "Ermittlung der Messunsicherheit bei Kalibrierungen", (*Evaluation of the Uncertainty of Measurement in Calibration*), European Accreditation, 2013 bzw. 2018 (Deutsche Übersetzung)
- [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



**Tabelle 3: Messergebnisse für Laborcode 066, Set Nummer 1, Prüfcode P09**

**Table 3: Measurement results for laboratory code 066, set number 1, test code P09**

Expositionsgruppe/ Exposure group	Transitgruppe/ Transit group		1		2		3		4	
	Messgeräte- Code/ Code of device	Anzeigewert/ Indication [kBq·h / m <sup>3</sup> ]	Messgeräte- Code/ Code of device	Anzeigewert/ Indication [kBq·h / m <sup>3</sup> ]	Messgeräte- Code/ Code of device	Anzeigewert/ Indication [kBq·h / m <sup>3</sup> ]	Messgeräte- Code/ Code of device	Anzeigewert/ Indication [kBq·h / m <sup>3</sup> ]	Messgeräte- Code/ Code of device	Anzeigewert/ Indication [kBq·h / m <sup>3</sup> ]
Referenzwert der Rn-222-Exposition/ Reference exposure to radon-222 $P_{Rn,Ref}$ [kBq·h·m <sup>-3</sup> ]				<b>268</b>		<b>644</b>		<b>710</b>		<b>1954</b>
Nummer / Number										
1	066105	1	066102	281	066101	621	066104	674	066103	1693
2	066108	3	066109	294	066106	638	066110	652	066107	1680
3	066113	2	066111	289	066115	615	066112	614	066114	1750
4	066119	2	066118	284	066116	626	066120	698	066117	1678
5	066124	3	066121	279	066123	619	066125	659	066122	1722
6	066126	1	066127	278	066129	637	066128	650	066130	1817
7	066132	2	066134	297	066131	643	066135	652	066133	1790
Mittelwert/ Mean value [kBq·h·m <sup>-3</sup> ]		2		286		628		657		1733
Standardabweichung/ Standard deviation [%]		40,8		2,6		1,7		3,9		3,2
Relative Messabweichung / Relative error [%]				6,7		-2,4		-7,5		-11,3

Der Expositionswert der Radon-Messgeräte der Transitgruppe wurde bei der Auswertung durch den Teilnehmer berücksichtigt. /  
 The exposure value of the radon measurement devices of the transit group has been taken into account by the participant.

Ja / Yes  Nein / No