



Datum / Date: 22.06.2026
Bericht-ID / Report ID: VPrf2026_0661
Seite 1 von 7 / Page 1 of 7

BfS-Vergleichs- und Eignungsprüfung für Radon-Exposimeter 2026 Ergebnisse

BfS Interlaboratory Comparison and Proficiency Testing of Radon Exposimeters 2026 Results

Teilnehmende Institution: <i>Participant</i>	Harmat srls via Abetonia 30 00041 Albano Laziale RM Italia		Laborcode: <i>Laboratory code</i> 066
			Set Nummer: <i>Set number</i> 1
Gerätetyp: <i>Type of device</i>	Exposimeter mit Festkörperspurdetektor <i>Exposimeter with solid state nuclear track detector</i> Radonalpha-C		Bauform: <i>Design</i> P
Anzahl der Geräte: <i>Number of devices</i>	35	Geräte-Codes: <i>Code of devices</i>	066101 - 066135
Detektormaterial: <i>Detector material</i>	PADC (CR-39)	Detektordicke: <i>Detector thickness</i>	1,5 mm
Gesamt-Detektorfläche: <i>Total detector size</i>	625 mm²	Ausgewertete Detektorfläche: <i>Analyzed detector size</i>	59 mm²
Bereich der Radonexposition in der Vergleichsprüfung: <i>Range of the exposure to radon in the interlaboratory comparison</i>		150 - 3000 kBq·h/m³	
Eingangsdatum der Messergebnisse: <i>Date of receipt of measurement results</i>		23.04.2026	
Identifikationsnummer im Gesamtbericht: <i>Identification number in comprehensive report</i>		36	
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> ☒ annehmbar / <i>acceptable</i> . ☐ nicht annehmbar / <i>not acceptable</i> .			
Datum <i>Date</i>	Koordinatorin <i>Coordinator</i>	Bearbeitende Personen <i>Persons in charge</i>	
22.06.2026	Dr. F. Friedrich-Kees	F. Schneider	F. Tugnoli

Verfahren der Vergleichsprüfung / Procedure of the Interlaboratory Comparison

Die Expositionen der Vergleichsprüfung wurden 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 Messgröße Radon-222-Aktivitätskonzentration in Luft akkreditiert. Alle für die Vergleichsprüfung relevanten Messungen unterliegen einem akkreditierten Qualitätsmanagementsystem und sind auf die jeweiligen nationalen Normale zurückgeführt.

Zur Vergleichsprüfung zugelassen wurden nur Detektoren geschlossenen Typs (mit Diffusionsbarriere). Die von der teilnehmenden Institution eingesandten Geräte wurden in 5 Gruppen mit jeweils 7 Geräten aufgeteilt. Eine Exposimetergruppe wurde zur Bestimmung der Transport- und Lagerungseffekte verwendet (Transitgruppe). Für die verbleibenden Gruppen wurden in verschiedenen Edelstahlbehältern vier Radon-222-Referenzatmosphären erzeugt, denen die Exposimeter jeweils ausgesetzt wurden. Die Radon-222-Aktivitätskonzentration wurde mit Gebrauchsnormalen ermittelt. Nach Abschluss aller Expositionen wurden die Geräte ohne Bekanntgabe der Expositionsdaten zur Auswertung an die teilnehmende Institution zurückgesandt.

Die Expositionsdaten sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Das Datum gibt den Zeitraum an, in dem die Exposimeter 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 exposures for the interlaboratory comparison were carried out in the BfS Radon Calibration Laboratory. The laboratory is accredited by the German accreditation body Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS, registry no. D-K-15063-01-00) for the calibration of the measurand activity concentration of radon-222 in air. All relevant measurements concerning the interlaboratory comparison are subject to an accredited quality management system.

Only radon exposimeters of closed type (with diffusion barrier) were accepted for participation in the interlaboratory comparison. The exposimeters submitted by the participant were divided into 5 groups with 7 devices each. One of the groups was used to determine effects of transport and storage (transit group). The remaining groups were each exposed to one of four Radon-222 reference atmospheres that were generated in different stainless-steel containers. The respective Radon-222-activity concentration was determined with a working standard. After exposure the instruments were returned to the participant for evaluation without disclosing the exposure data.

Exposure data are summarised in table 1. The exposure term 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

Expositions- gruppe Exposure group	Datum (von – bis) Date (from – to) dd.mm.yyyy	t [h]	$C_{Rn,Ref}$ [kBq/m ³]	$U(C_{Rn,Ref})$ [kBq/m ³]	$P_{Rn,Ref}$ [kBq·h/m ³]	T [°C]	r.H. [%]	p [hPa]
1	04.03.-10.03.2026	150,0	1,99	0,10	299	22	25	1023
2	24.02.-03.03.2026	170,0	2,52	0,13	428	22	31	1019
3	24.02.-03.03.2026	166,0	8,23	0,35	1366	24	24	1020
4	05.03.-13.03.2026	188,8	12,62	0,53	2383	24	17	1019

Lagerbedingungen der Transitgruppe / Storage conditions of the transit group

Zu Beginn der Expositionsphase wurden alle Exposimeter ausgepackt und im messbereiten Zustand in einen Raum mit geringer Radon-222-Aktivitätskonzentration gebracht (Lageraum). Die Exposimeter der Transitgruppe wurden über den gesamten Zeitraum der Expositionsphase (21 Tage) in diesem Raum gelagert. Alle anderen Geräte wurden vor und nach der Exposition in den Referenzatmosphären ebenfalls im Lageraum aufbewahrt. Am Ende der Expositionsphase wurden alle exponierten und Transit-Geräte zur gleichen Zeit aus dem Lageraum entnommen und verpackt. Die Parameter der Atmosphäre im Lageraum sind in Tabelle 2 dargestellt.

Der Parameter C_{Rn} ist die mittlere Radon-222-Aktivitätskonzentration, die während der Lagerung der Exposimeter im Lageraum 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 $U_{\dot{H}^*(10)}$ ($k=2$).

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

C_{Rn} [Bq/m ³]	$U(C_{Rn})$ [Bq/m ³]	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]
9	5	45	8	13,7	1,0	1016	3	71,5	2,2

At the beginning of the exposure term all exposimeters were unpacked, made ready for measurement and brought into a room with low radon-222 activity concentration (storage room). The exposimeters of the transit group were stored over the entire exposure term (21 days) in this storage room. All other exposimeters 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 exposimeters 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.

C_{Rn} is the mean radon-222 activity concentration determined during the storage of exposimeters 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

Die teilnehmende Institution hat die Messwerte der Radon-222-Exposition für jedes Gerät ermittelt und dem BfS vor Veröffentlichung der Referenzwerte mitgeteilt. Diese Messwerte sind in Tabelle 4 entsprechend der Zugehörigkeit zu den Expositionsgruppen 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.

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

The participant has determined the measurement values of exposure to radon-222 for each individual instrument and has reported them to the BfS before announcement of reference values. 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 participant was not informed by BfS which exposimeter belongs to which exposure group. Only the detector numbers of the transit group were announced. The transit group comprises exposimeters which were not exposed in reference atmospheres but transported and stored under the same conditions like all other exposimeters. It was the responsibility of the participant 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 gemäß Gleichung (1) und (2) berechnet. 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.

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

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

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

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 Exposimeters i der Expositionsgruppe g
Measurement value of the exposure to radon-222 of exposimeter 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
Relative standard deviation of the measurement values of exposure group g in percent
- X_g Referenzwert der Radon-222-Exposition $P_{Rn,Ref}$ für die Expositionsgruppe g
Reference value of the exposure to radon-222 $P_{Rn,Ref}$ for exposure group g
- $RERR_g$ Relative Messabweichung der Messwerte der Expositionsgruppe g vom Referenzwert in Prozent
Relative error of the measurement values of exposure group g from the reference value in percent

Verfahren der Eignungsprüfung / Proficiency Testing Scheme

Die Eignungsprüfung findet auf Grundlage der Daten der Vergleichsprüfung statt. Für jeden Messwert der Exposition $x_{g,i}$ der teilnehmenden Institution wird die relative Abweichung vom Referenzwert $\frac{x_{g,i}}{X_g}$ berechnet. Weiterhin werden nach Gleichung (4) für jede Expositionsgruppe g die Werte UG_g und OG_g für die untere bzw. obere Grenze ermittelt. Diese Grenzen definieren den Bereich der maximal zulässigen Abweichung. Werte von $x_{g,i}/X_g$, die außerhalb dieser Grenzen liegen, gelten als Ausreißer. Sie sind in Tabelle 4 rot markiert. Es werden zwei Nachkommastellen der relativen Abweichung berücksichtigt.

Die Leistung ist „annehmbar“, wenn die in Tabelle 3 dargestellte Anzahl an Ausreißern nicht überschritten wird [3]. Andernfalls wird die Leistung als „nicht annehmbar“ bewertet. Fehlende Messwerte werden als Ausreißer gewertet.

The proficiency testing is performed on basis of the results of the interlaboratory comparison. For each exposure measurement value $x_{g,i}$ of a participant the relative deviation from the reference value $\frac{x_{g,i}}{X_g}$ is calculated. Further, for each exposure group g the values UG_g and OG_g for the lower and upper limit are calculated according to equation 4, respectively. These limits define the maximum admissible deviation range. Values $x_{g,i}/X_g$ that are outside of these limits are considered as outliers. They are marked in red in table 4. Two decimal places of the deviation value are taken into account.

The performance is “acceptable” if the number of outliers does not exceed the number given in table 3 [3]. Otherwise, the performance is evaluated as “not acceptable”. Missing values are treated as outliers.

$$UG_g \leq \frac{x_{g,i}}{X_g} \leq OG_g \quad \text{mit/with} \quad UG_g = 0,70 - \frac{30 \text{ kBq}\cdot\text{h}/\text{m}^3}{X_g} \quad \text{und/and} \quad OG_g = 1,30 + \frac{30 \text{ kBq}\cdot\text{h}/\text{m}^3}{X_g} \quad (4)$$

- 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 P_{mess} der Radon-222-Exposition des Gerätes i der Expositionsgruppe g
Measurement value P_{mess} of the exposure to radon-222 of instrument i in exposure group g
- X_g Referenzwert der Radon-222-Exposition $P_{Rn,Ref}$ für die Expositionsgruppe g
Reference value of the exposure to radon-222 $P_{Rn,Ref}$ for exposure group g
- UG_g Untere Grenze für die Expositionsgruppe g
Lower limit for the exposure group g
- OG_g Obere Grenze für die Expositionsgruppe g
Upper limit for the exposure group g

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

Messgerätetyp / <i>Detector type</i>	Anzahl exponierter Geräte / <i>Number of exposed devices</i>	Anzahl Ausreißer / <i>Number of outliers</i>
FKSD / SSNTD	28	2

Gesamtbericht

Das BfS veröffentlicht einen Gesamtbericht zur Vergleichs- und Eignungsprüfung 2026, der die pseudonymisierten Ergebnisse aller Teilnehmer enthält. Als Pseudonym wird eine Identifikationsnummer verwendet (siehe Seite 1).

BfS publishes a comprehensive report on the interlaboratory comparison and proficiency testing 2026. This report contains the pseudonymized results of all participants. The alias is the identification number (see page 1).

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 Radon-Exposimeter 2026

BfS Interlaboratory Comparison and Proficiency Testing of Radon Exposimeters 2026

Tabelle 4: Messergebnisse für Laborcode 066, Setnummer 1, Bauform P, Identifikationsnummer im Gesamtbericht 36

Table 4: Measurement results for laboratory code 066, set 1, design P, Identification number in comprehensive report 36

Expositionsgruppe/ Exposure group	Transitgruppe/ Transit group		1			2			3			4		
Referenzwert der Rn-222- Exposition/ Reference exposure to radon-222 $P_{Rn,Ref}$ [kBq·h/m³]			299			428			1366			2383		
Nummer / Number	Messgeräte- Code/ Code of device	Anzeigewert/ Indication [kBq·h/m³]	Messgeräte- Code/ Code of device	Anzeigewert/ Indication [kBq·h/m³]	$P_{mess}/P_{Rn,Ref}$	Messgeräte- Code/ Code of device	Anzeigewert/ Indication [kBq·h/m³]	$P_{mess}/P_{Rn,Ref}$	Messgeräte- Code/ Code of device	Anzeigewert/ Indication [kBq·h/m³]	$P_{mess}/P_{Rn,Ref}$	Messgeräte- Code/ Code of device	Anzeigewert/ Indication [kBq·h/m³]	$P_{mess}/P_{Rn,Ref}$
1	066103	6	066106	266	0,89	066104	395	0,92	066101	1223	0,90	066109	2178	0,91
2	066108	5	066110	285	0,95	066105	405	0,95	066102	1241	0,91	066113	2170	0,91
3	066115	6	066112	263	0,88	066107	377	0,88	066111	1225	0,90	066116	2108	0,88
4	066123	6	066118	303	1,01	066114	401	0,94	066120	1216	0,89	066121	2175	0,91
5	066129	8	066119	280	0,94	066117	387	0,90	066125	1226	0,90	066122	2170	0,91
6	066132	6	066130	292	0,98	066124	382	0,89	066126	1217	0,89	066127	2171	0,91
7	066135	9	066131	295	0,99	066128	406	0,95	066133	1331	0,97	066134	2283	0,96
Mittelwert/ Mean value [kBq·h/m³]		7		283			393			1240			2179	
Relative Standardabweichung/ Relative standard deviation [%]		20		5,3			3,0			3,4			2,4	
Relative Messabweichung/ Relative error [%]				-5,4			-8,2			-9,3			-8,6	
Untere Grenze / Lower limit					0,60			0,63			0,68			0,69
Obere Grenze / Upper limit					1,40			1,37			1,32			1,31
Anzahl der Ausreißer/ Number of outliers					0			0			0			0

Der Expositionszeitwert der Radon-Messgeräte der Transitgruppe wurde bei der Auswertung durch den Teilnehmer berücksichtigt. The exposure value of the radon exposimeters of the transit group was taken into account by the participant.	Nein / No
Gesamtanzahl der Ausreißer/ Total number of outliers	0
Erlaubte Anzahl an Ausreißern/ Allowed number of outliers	2
Bewertung der Leistung in der Eignungsprüfung (annehmbar / nicht annehmbar)/ Evaluation of performance in proficiency testing (acceptable / not acceptable)	annehmbar / acceptable