



Bundesamt
für Strahlenschutz

Bericht

BfS Vergleichs- und Eignungsprüfung für Radon-Exposimeter 2026

*BfS Interlaboratory Comparison and Proficiency
Testing of Radon Exposimeters 2026*

BfS-79/26

Felice Friedrich-Kees
Felix Schneider
Francesca Tugnoli
Martin Dubslaff
Sebastian Feige

Abteilung Umweltradioaktivität
Department Environmental Radioactivity

Fachgebiet Radonmetrologie
Section Radon Metrology

Impressum

Bundesamt für Strahlenschutz
Postfach 10 01 49
38201 Salzgitter

Tel.: +49 30 18333-0
Fax: +49 30 18333-1885
E-Mail: ePost@bfs.de

www.bfs.de

Bitte beziehen Sie sich beim Zitieren dieses Dokumentes immer auf folgende URN:
[urn:nbn:de:0221-2026090862479](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0221-2026090862479)

August/2026

Zusammenfassung / Summary

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) hat die gesetzliche Aufgabe zur Durchführung von Maßnahmen zur Qualitätssicherung für Radon-Messungen, die dem Strahlenschutz an Arbeitsplätzen dienen.

Für diese Messungen werden meist Radon-Exposimeter, also nicht-elektronische Messgeräte eingesetzt, mit denen die Radon-Aktivitätskonzentration in der Raumluft oder die personenbezogene Exposition bestimmt wird. Zur Qualitätssicherung dieser Messsysteme, bestehend aus Messgerät und Auswertesystem, haben sich Vergleichs- und Eignungsprüfungen bewährt, die das BfS seit 2003 anbietet. Dabei werden Messgeräte einer teilnehmenden Institution unter kontrollierten Bedingungen in einer radonhaltigen Referenzatmosphäre im Radon-Kalibrierlaboratorium des BfS exponiert. Die anschließend von der Institution mit ihrem Auswertesystem ermittelten Messergebnisse werden mit dem vom BfS bestimmten Referenzwert quantitativ verglichen und die Leistung des Messsystems anhand der Abweichungen bewertet.

Durch die Teilnahme an der Vergleichs- und Eignungsprüfung können Anbieter von Radon-Messungen die Qualität ihrer Verfahren überprüfen und nachweisen. Öffentliche und private Auftraggeber sowie Verbraucher können sich anhand des Berichts einen allgemeinen Überblick über die Leistungsfähigkeit der Anbieter von Radonmessungen mit Exposimetern verschaffen.

Der vorliegende Bericht stellt die Ergebnisse der 23. BfS Vergleichs- und Eignungsprüfung für Radon-Exposimeter vor, die im Jahr 2026 durchgeführt wurde. Der Teilnehmerkreis umfasst sowohl behördlich bestimmte Messstellen nach § 169 des Strahlenschutzgesetzes und anerkannte Stellen nach § 155 der Strahlenschutzverordnung mit eigenem Auswertelabor als auch weitere, jährlich wechselnde Messlabore aus dem In- und Ausland. Der Bericht listet die teilnehmenden Institutionen auf und fasst die Ergebnisse in der Vergleichs- und Eignungsprüfung in pseudonymisierter Form zusammen. Im Jahr 2026 zeigten 38 der 39 teilnehmenden Gerätesets eine annehmbare Leistung. Darunter befanden sich auch alle 12 Messsysteme der in diesem Jahr teilnehmenden Messstellen und anerkannten Stellen. Diese Gerätetypen werden zu Messungen an Arbeitsplätzen in Deutschland eingesetzt.

Individuelle Berichte liegen den teilnehmenden Institutionen für Zwecke der Qualitätssicherung vor. Die Gesamtberichte der zurückliegenden BfS-Vergleichs- und Eignungsprüfungen sind im Online-Repository des Bundesamtes für Strahlenschutz zugänglich [1].

The German government has entrusted the Federal Office for Radiation Protection (BfS) to operate measures for quality assurance of radon measurements concerning the radiation protection at workplaces.

To a large extent, these measurements concerning the radon activity concentration in air or the individual exposure are performed with exposimeters, that is to say non-electronic measurement instruments. The quality of their results depends on the measurement system which consists of the exposimeters as well as the evaluation system. The quality of such systems is typically assured by participation in interlaboratory comparison and proficiency testing schemes as offered by BfS since 2003. Here, a number of exposimeters are exposed in a controlled way in reference atmospheres provided by the BfS Radon calibration laboratory. After the analysis of the exposimeters by the participants, the results are compared quantitatively to the BfS reference value. The performance of the measurement system is evaluated based on the deviations.

By participation, institutions offering radon measuring services can demonstrate the effective operation of their quality management system and procedures. This allows public and private customers to get a general idea of the performance of radon measuring institutions using exposimeters.

This report presents the results of the 23rd BfS interlaboratory comparison and proficiency testing of radon exposimeters, which was performed in 2026. The group of participants comprises measuring bodies according to section 169 of the Radiation Protection Act and recognised bodies according to section 155 of the Radiation Protection Ordinance operating an in-house evaluation system as well as alternating measuring institutions from all over the world. The report lists the participating measuring institutions and summarizes the pseudonymised results of the interlaboratory comparison and proficiency testing. In 2026, 38 of 39 instrument sets from participating institutions have shown an acceptable performance in proficiency testing. This includes all 12 sets of the participating measuring and recognized bodies. These exposimeter types are operated at workplaces in Germany.

Individual reports were sent to the participating institutions for quality assurance purposes. Comprehensive reports on previous BfS interlaboratory comparison and proficiency testings are available in the BfS online repository DORIS [1].

Inhalt / Content

Zusammenfassung / Summary.....	3
1 Einleitung / Introduction	7
1.1 Rechtliche Grundlagen und Festlegungen / <i>Legal principles and provisions</i>	7
1.2 Zweck der Vergleichs- und Eignungsprüfung / <i>Purpose of the interlaboratory comparison and proficiency testing</i>	8
2 Organisation / Organisation	9
2.1 Qualitätssicherung / <i>Quality assurance</i>	9
2.2 Anzahl der Messgeräte pro Gerätetyp / <i>Number of measurement instruments per instrument type</i>	9
2.3 Ablauf der Vergleichsprüfung / <i>Process of the interlaboratory comparison</i>	10
2.4 Eignungsprüfung / <i>Proficiency testing</i>	12
3 Expositionen / Exposures.....	13
3.1 Herstellung der Radon-Atmosphären / <i>Generation of the radon atmospheres</i>	13
3.2 Raum zur Lagerung der Messgeräte / <i>Storage of the measurement instruments</i>	14
3.3 Exposition der Messgeräte / <i>Exposure of the measurement instruments</i>	14
4 Datenauswertung / Analysis of data	16
4.1 Vergleichsprüfung / <i>Interlaboratory comparison</i>	16
4.2 Eignungsprüfung / <i>Proficiency testing</i>	16
5 Ergebnisse / Results	18
5.1 Teilnehmende Institutionen / <i>Participants</i>	18
5.2 Ergebnisse der Vergleichsprüfung / <i>Results of the Interlaboratory Comparison</i>	18
5.3 Ergebnisse der Eignungsprüfung / <i>Results in proficiency testing</i>	21
6 Literaturverzeichnis / Bibliography.....	24
Anlagenverzeichnis / List of Appendices	25
A1 Teilnehmende Institutionen / Participants.....	26

A2	Messgerätetypen / <i>Types of measurement instruments</i>	28
A3	Ablaufschema / <i>Time course</i>	32
A4	Atmosphäre im Lagerraum / <i>Atmosphere in the storage room</i>	33
A5	Radon-Atmosphären / <i>Radon atmospheres</i>	34
A6	Messwerte / <i>Measurement values</i>	36
A7	Ergebnisbericht (Muster) / <i>Report (example)</i>	42
	Begriffe und Definitionen / <i>Terms and Definitions</i>	49
	Abbildungsverzeichnis / <i>List of Figures</i>	52
	Tabellenverzeichnis / <i>List of tables</i>	53

1 Einleitung / Introduction

1.1 Rechtliche Grundlagen und Festlegungen / Legal principles and provisions

Basierend auf der Richtlinie 2013/59/EURATOM des Rates der Europäischen Union [2] bildet das deutsche Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) [3], ergänzt durch die Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) [4], die Grundlage für den gesetzlichen Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung.

In Bezug auf Radon regeln die §§ 127 und 128 des StrlSchG die Durchführung von Messungen an bestimmten Arbeitsplätzen in Innenräumen. Gemessen wird dabei die Radon-Aktivitätskonzentration mit Geräten von Anbietern, die nach § 155 Abs. 4 StrlSchV durch das BfS anerkannt wurden [5].

Weiterhin regeln § 169 StrlSchG und § 172 StrlSchV die Vorgehensweise im beruflichen Strahlenschutz und die diesbezüglichen Messungen der Radon-Exposition durch behördlich bestimmte Messstellen.

Sowohl die Messung der Radon-Aktivitätskonzentration als auch die Bestimmung der Radon-Exposition von Personen, die während der Ausübung ihres Berufes einer Inhalation von Radon und dessen kurzlebigen Folgeprodukten ausgesetzt sind, erfolgt derzeit hauptsächlich mit Exposimetern, also nicht-elektronischen, passiven Messgeräten mit Festkörperspur- oder Elektretdetektoren.

Gemäß § 172 Abs. 3 bzw. § 155 Abs. 4 der StrlSchV sind die behördlich bestimmten Messstellen und die durch das BfS anerkannten Stellen verpflichtet, an Maßnahmen zur Qualitätssicherung des Bundesamtes für Strahlenschutz teilzunehmen, um eine zuverlässige Ermittlung der Strahlenexposition durch Radon bzw. der Radon-Aktivitätskonzentration zu ermöglichen. Eine solche Maßnahme ist die Vergleichs- und Eignungsprüfung für Radon-Exposimeter.

The European Council Directive 2013/59/EURATOM [2] is the basis for the German Radiation Protection Act (RPA) [3] supplemented by the Radiation Protection Ordinance (RPO) [4] that lay down the legal principles and provisions for the protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation.

In regard to radon, sections 127 and 128 of the RPA contain provisions for measurements at specific indoor workplaces. The measurand radon activity concentration is determined with measurement instruments provided by a body recognised by the BfS according to section 155 of the RPO [5].

Section 169 of the RPA and section 172 of the RPO specify regulations on occupational radiation protection and the measuring bodies that determine the occupational exposure.

The measurement of the radon activity concentration as well as the determination of the radon exposure of persons that are subject to occupational inhalation of radon or its short-lived decay products is typically performed with exposimeters, that is to say non-electronic, passive measurement instruments based on solid-state nuclear track detectors or electret detectors.

According to section 172 subsection 3 and section 155 subsection 4 RPO measuring bodies as well as recognised bodies have to take part in measures for quality assurance at the Federal Office for Radiation Protection on regular terms, respectively. Such a measure is the interlaboratory comparison and proficiency testing for radon exposimeters.

1.2 Zweck der Vergleichs- und Eignungsprüfung / *Purpose of the interlaboratory comparison and proficiency testing*

Die Vergleichs- und Eignungsprüfung ist eine Maßnahme zur Qualitätssicherung für Messungen von Strahlenexpositionen durch Radon und Radonfolgeprodukte sowie für die Messung der Radon-Aktivitätskonzentration in Luft. Sie soll einen einheitlichen Qualitätsstandard sicherstellen. Art und Umfang der Vergleichs- und Eignungsprüfung orientiert sich an Verfahren, die in anderen Gebieten der physikalischen Strahlenschutzkontrolle, insbesondere in der Personendosimetrie externer Strahlung, durchgeführt werden [6],[7].

Die Vergleichs- und Eignungsprüfung wird vom BfS in der Regel jährlich für die Messgröße Radon-222-Exposition organisiert, die mit Exposimetern des Typs Festkörperspurdetektor (FKSD) und Elektret-Ionisationskammer bestimmt wird. Die Messgröße Radon-222-Exposition ist das Produkt aus der mittleren Radon-222-Aktivitätskonzentration und der Expositionsdauer.

Die Ergebnisse sollen von den teilnehmenden Institutionen für die Validierung ihrer Messverfahren genutzt werden. Neben den zur Teilnahme verpflichteten Institutionen können auch Anbieter von Messungen, die nicht im Zusammenhang mit der beruflichen Strahlenexposition stehen, zur Qualitätssicherung an Vergleichs- und Eignungsprüfungen teilnehmen. Die erfolgreiche Teilnahme erhöht das Vertrauen der Kunden in die durchgeführten Messungen und die Akzeptanz der erhaltenen Ergebnisse. Für Anbieter, die eine Akkreditierung auf dem Gebiet der Bestimmung der Radon-222-Exposition oder der Radon-222-Aktivitätskonzentration in Luft unter Verwendung nicht-elektronischer Messgeräte besitzen oder eine solche anstreben, kann die Teilnahme an der Vergleichs- und Eignungsprüfung als Bestandteil der Validierung des Messverfahrens nach DIN EN ISO/IEC 17025 [8] anerkannt werden. Daneben ist die erfolgreiche Teilnahme an der Eignungsprüfung eine Voraussetzung für die Anerkennung nach § 155 StrlSchV.

The interlaboratory comparison and proficiency testing is a measure for quality assurance in measurements of radiation exposure from radon and its decay products. It should ensure a consistent quality standard. The type and scope of the interlaboratory comparison and proficiency testing are oriented towards procedures that are established in other areas of physical radiation protection monitoring, in particular in the personal dosimetry of external radiation [6],[7].

The interlaboratory comparison and proficiency testing is organised for the measurand radon exposure and usually takes place on an annual basis. Instruments addressed are exposimeters with solid state nuclear track detectors (SSNTD) or electret ionization chambers. The radon exposure is the product of the average radon activity concentration in air and the exposure time.

The results should serve for the validation of the measurement procedures of the participating institutions. Besides compulsory participation the interlaboratory comparison is open for other national and international institutions. A successful participation helps to increase the trust of the customer in the measurements and results. For institutions, that have or are willing to obtain accreditation in the field of determining the radon-222 exposure or radon-222 activity concentration in air using non-electronic measurement instruments, participation in the interlaboratory comparison can be accepted as a component of the validation of their measurement process as required by DIN EN ISO/IEC 17025 [8]. Besides, a satisfactory performance in the proficiency testing is required for recognition according to section 155 subsection 4 of the RPO.

2 Organisation / Organisation

2.1 Qualitätssicherung / Quality assurance

Alle durchgeführten Arbeiten unterliegen dem Qualitätsmanagementsystem des Bundesamtes für Strahlenschutz. Die qualitätssichernden Maßnahmen bei der Organisation, Durchführung und Bewertung der Vergleichs- und Eignungsprüfungen orientieren sich zusätzlich an den Forderungen der DIN EN ISO/IEC 17043 [7].

Die Messgeräte der teilnehmenden Institutionen werden im Radon-Kalibrierlaboratorium des BfS exponiert. Das Laboratorium unterhält ein Qualitätsmanagementsystem nach DIN EN ISO/IEC 17025 [8] und 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 potentiellen Alphaenergie-Konzentration der kurzlebigen Radon-222-Folgeprodukte akkreditiert.

All works carried out are subject to the quality management system of the Federal Office for Radiation Protection. The measures to assure quality in the organisation, implementation and assessment of the interlaboratory comparison are further oriented towards the requirements of DIN EN ISO/IEC 17043 [7].

The participant's measurement instruments are exposed in the radon calibration laboratory of BfS. The laboratory maintains a quality management system according to DIN EN ISO/IEC 17025 [8] and is accredited by the Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DAKKS) [National Accreditation Body] under number D-K-15063-01-00 for the calibration of instruments for the measurands activity concentration of radon-222 in air and potential alpha energy concentration of short-lived radon-222 decay products.

2.2 Anzahl der Messgeräte pro Gerätetyp / Number of measurement instruments per instrument type

Durch jede teilnehmende Institution ist ein Set mit einer definierten Anzahl von Exposimetern eines Typs zur Prüfung einzureichen. Von diesen wird der überwiegende Teil in überwachten Radon-Aktivitätskonzentrationen exponiert (siehe Tabelle 2-1, Spalte 2), die verbleibenden Geräte bilden die Transitgruppe (siehe Tabelle 2-1, Spalte 3). In begründeten Fällen kann das Bundesamt für Strahlenschutz in Absprache mit der teilnehmenden Institution eine abweichende Anzahl der einzusendenden Messgeräte festlegen.

Each participant is required to supply a certain number of exposimeters of one type for testing. One part of the instruments is exposed at a monitored radon activity concentration (see table 2-1, column 2). Another part is used to form the transit group (see table 2-1, column 3). The Federal Office for Radiation Protection can determine other numbers of measurement instruments to be supplied in justified cases and after consultation with the participating institution.

Tabelle 2-1 Anzahl der einzureichenden Messgeräte und der Expositionsgruppen / Table 2-1 Number of measurement instruments to be submitted and number of exposure groups

Messgeräte- bzw. Detektortyp <i>Measurement instrument and/or detector type</i>	Anzahl der Messgeräte zur Exposition <i>Number of measurement instruments to be exposed</i>	Anzahl der Messgeräte der Transitgruppe <i>Number of measurement instruments for the transit group</i>	Anzahl der Expositionsgruppen <i>Number of exposure groups</i>
Festkörperspurdetektoren <i>Solid-state nuclear track detectors</i>	28	7	4
Elektrettdetektoren <i>Electrets</i>	18	6	3

2.3 Ablauf der Vergleichsprüfung / *Process of the interlaboratory comparison*

Die Vergleichs- und Eignungsprüfung wurde etwa zwei Monate vor deren Beginn angekündigt. Allgemeine Informationen wurden auf der Internetseite des Bundesamtes für Strahlenschutz [10] sowie im Europäischen Informationssystem über Eignungsprüfungen EPTIS bereitgestellt, das als Internetdatenbank verfügbar ist [11]. Des Weiteren wurde internationalen Gremien und Interessenverbindungen wie EURADOS oder dem European Metrology Network Radiation Protection (EMN RP) von EURAMET die Durchführung bekannt gegeben.

An der Teilnahme interessierte Institutionen registrierten sich bis zu dem in der Ankündigung genannten Termin online oder per E-Mail mit dem bereitgestellten Anmeldeformular beim Bundesamt für Strahlenschutz, Fachgebiet Radonmetrologie (UR 1). Bei gesetzlich verpflichtender Teilnahme ist eine Anmeldung über das Bundesportal [9] möglich. Die Zusammensetzung der teilnehmenden Institutionen wechselt jährlich und ist in der Regel auf eine Anzahl von 30 begrenzt. Gegebenenfalls erfolgt eine Priorisierung, in die unter anderem eine gesetzlich gegebene Erfordernis zur Teilnahme (siehe Kapitel 1.1) einfließt. 2026 wurde allen Teilnahmeanträgen entsprochen.

Für jeden Messgerätetyp musste ein vollständiges Set von Exposimetern eingesendet werden, die jeweils einzeln nach Vorgabe des BfS von den teilnehmenden Institutionen eindeutig gekennzeichnet waren. Die eingereichten Exposimeter verblieben zunächst in den Originalverpackungen und wurden in einem Lagerraum mit geringer Radonkonzentration aufbewahrt (siehe Anhang A4). Zur Kontrolle der Lagerbedingungen wurden die Radon-Aktivitätskonzentration, die Umgebungsäquivalentdosisleistung, die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit aufgezeichnet. Vor Beginn der Prüfungen wurde eine Eingangskontrolle durchgeführt, bei der die Vollständigkeit, Unversehrtheit und eindeutige Kennzeichnung der Exposimeter geprüft wurde. Eine Information an die teilnehmende Institution erfolgte, wenn defekte Exposimeter festgestellt wurden oder ein Set unvollständig war. Bei unvollständiger oder nicht eindeutiger Kennzeichnung der Exposimeter wurde eine neue Kennzeichnung vergeben.

Die Geräte eines Sets wurden per Zufallsprinzip in Gruppen mit jeweils gleich großer Geräteanzahl eingeteilt (Expositionsgruppen und Transitgruppe, siehe Tabelle 2-1). Sofern schriftliche Anweisungen der teilnehmenden Institutionen zur Handhabung der Exposimeter vorlagen, wurden diese nach Möglichkeit berücksichtigt. Nach der Vorbereitung der Exposimeter (Entnahme aus der Originalverpackung, Versetzen in Messbereitschaft, Einteilung in Gruppen) erfolgte die kontrollierte Lagerung der Geräte in einem Lagerraum mit geringer Radon-Aktivitätskonzentration. Die Geräte der Transitgruppe verblieben bis zum Versand in diesem Lagerraum.

Für den Messvergleich wurden die Geräte der Expositionsgruppen aus dem Lagerraum entnommen und verschiedenen Radon-Atmosphären während einer festgelegten Zeitdauer ausgesetzt. Nach den Expositionen erfolgte die Aufbewahrung der Geräte für circa eine Stunde in Frischluft mit geringer Radon-Aktivitätskonzentration, damit das innerhalb der Diffusionskammer der Geräte befindliche Radon herausdiffundieren kann. Anschließend wurden diese Geräte kontrolliert im Lagerraum gelagert. Nach Abschluss aller Expositionen wurden die Geräte den teilnehmenden Institutionen zugeordnet und radondicht bzw. nach Kundenwunsch verpackt und an die teilnehmenden Institutionen zurückgesendet.

Vor der Auswertung erhielten die teilnehmenden Institutionen weder Informationen über die Referenzwerte der Radon-Aktivitätskonzentration beziehungsweise -Exposition, noch über die Zugehörigkeit der einzelnen Geräte zu den Expositionsgruppen. Lediglich die Identifikationsnummern der Geräte der Transitgruppe wurden zu Korrekturzwecken mitgeteilt.

Die teilnehmenden Institutionen werteten die Exposimeter aus und stellten für jedes Gerät den Messwert der Radon-Exposition fest. Die Berücksichtigung von Transiteffekten liegt dabei im Ermessen der Institution. Die Ergebnisse wurden an das Bundesamt für Strahlenschutz übermittelt und dienten als Grundlage für die Endauswertung.

The Federal Office for Radiation Protection announced the interlaboratory comparison and proficiency testing about two months in advance. General information was provided on the homepage [10] as well as in the European Information System for proficiency testing EPTIS, which is available as an internet database [11]. In addition, international institutions such as EURADOS and the European Metrology Network Radiation Protection (EMN RP) of EURAMET were considered with an announcement of the comparison.

Interested institutions could register for participation until deadline by submitting the application form online or via email to the Federal Office for Radiation Protection, section Radon Metrology (UR 1). Institutions that are legally obligated to participate could register via Bundesportal [9]. The number of participants changes annually and is usually limited to a maximum of 30. If required, prioritization is performed based on the necessity of participation (see chapter 1.1). In 2026, all applications were confirmed.

For each type of measurement instrument, a complete set has to be supplied with each exposimeter clearly labelled by the participant according to BfS instruction. The submitted exposimeters initially remained in the original packaging and were stored in a storage room with a low radon concentration (see appendix A4). The radon activity concentration, the ambient equivalent dose rate, the temperature and the relative humidity in the storage room were monitored. At first, an entry check was carried out, where the completeness, integrity and clear labelling of the exposimeters are checked. In case of defective exposimeters or incomplete delivery, an information was sent to the participating institution. If labelling of the exposimeters was incomplete or unclear, new labelling was issued.

The measurement instruments from each set were randomly divided into evenly sized groups (exposure groups and transit group, see table 2-1). Written instructions on special handling of the exposimeters were taken into consideration as far as possible. After the preparation of the measurement instruments (removal from the original packaging, setting measurement readiness, grouping), they were stored in a storage room with a low radon activity concentration. The exposimeters of the transit group remained in this storage room until they were returned to the participating institution.

The exposure group's exposimeters were removed from the storage room and subjected to different radon atmospheres for a defined period of time. After exposure, the exposimeters were kept for about one hour in fresh air with a low radon activity concentration in order to let the radon diffuse out of the diffusion chamber. Subsequently, they were stored again in the storage room. After the termination of all exposures, the exposimeters were assorted and repacked using radon-proof bags or as specified by the participant and returned to the participant.

Prior to the evaluation of the exposimeters by the participants no information is provided about the reference values of the radon activity concentration or exposure as well as the assignment of individual exposimeters to the exposure groups. Only the identification numbers of the transit group's exposimeters are given for measures of correction.

The participants evaluate each exposimeter for its value for radon exposure. In this process it is the decision of the participant whether and how to take transit effects into account. The obtained values are communicated to the Federal Office for Radiation Protection for the final evaluation.

2.4 Eignungsprüfung / *Proficiency testing*

Die Eignungsprüfung wird auf Basis der Daten der Vergleichsprüfung eines Messgerätesets durchgeführt. Dabei wird die Abweichung der bestimmten Radon-Expositionen der einzelnen Messgeräte des Sets vom Referenzwert der Exposition der jeweiligen Gruppe untersucht (siehe Kapitel 4.2). Die Leistung in der Eignungsprüfung wird als „annehmbar“ bewertet, wenn die Werte innerhalb eines vorab definierten zulässigen Bereiches liegen. Abhängig von der Anzahl der Messgeräte ist dabei eine bestimmte maximale Anzahl von Werten, die außerhalb des zulässigen Bereiches liegen, erlaubt [12]. Bei Überschreitung dieser Anzahl von Ausreißern wird die Leistung als „nicht annehmbar“ bewertet.

Jährlich zeigen etwa 6 % der insgesamt teilnehmenden Sets eine nicht annehmbare Leistung. Dies unterstreicht die Notwendigkeit der regelmäßigen Teilnahme von nicht-elektronischen Messgeräten an Vergleichsprüfungen, um Probleme erkennen und nachfolgend beheben zu können.

Die Ursachen für eine nicht annehmbare Leistung sind vielfältig. Systematische Abweichungen zeigen in der Regel Probleme bei der Verfahrensführung auf (bspw. Verwendung neuer Materialchargen mit abweichenden Eigenschaften, Nicht-Berücksichtigung des Transiteffektes). Einzelne Ausreißer weisen eher auf defekte Einzelgeräte, instabile Verfahren oder Materialqualität oder aber Fehler in der Ergebnisübertragung hin. Nicht zuletzt gibt es auch teilnehmende Institutionen, die die Vergleichsprüfung zur Kalibrierung eines geänderten oder neuen Auswerteverfahrens nutzen, bevor das angewendete Auswerteverfahren kommerziell eingesetzt wird.

Proficiency testing for a set of measurement instruments is performed on basis of the data reported for the interlaboratory comparison. For each exposure group, the deviation of the reported radon exposure values of the individual measurement instruments from the reference exposure value of the respective group is determined (see chapter 4.2). The performance is evaluated as “acceptable” if these values are within a predefined admissible range. Depending on the number of measurement instruments, a certain number of values outside of this range is tolerable [12]. By exceeding this limit, the performance is evaluated as “not acceptable”.

Each year, about 6 % of the participating sets show a non-acceptable performance. This underlines the necessity for regular participation of non-electronic radon measuring instruments in interlaboratory comparisons in order to perceive and subsequently remedy quality problems.

There are manifold reasons for non-acceptable performance. Systematic errors are indicative for problems in processing and procedures (e.g. changes in batch material properties, disregard of transit-effect). Individual errors are indicative for malfunctioning single devices, fluctuations in processes or materials or even errors in reporting. Finally, some participants use the results of the interlaboratory comparison in order to establish an improved or new evaluation procedure that has not yet been applied for commercial measurements.

3 Expositionen / *Exposures*

3.1 Herstellung der Radon-Atmosphären / *Generation of the radon atmospheres*

Für die Herstellung der Radon-Atmosphären wurden die im Radon-Kalibrierlaboratorium des Bundesamtes für Strahlenschutz zur Verfügung stehenden Kalibrierkammern aus Edelstahl mit Volumina von 11 m³ und 30 m³ verwendet. Die hergestellten Radon-Atmosphären sind durch ihre Radon-222-Aktivitätskonzentrationen sowie durch die klimatischen Parameter Temperatur, Luftdruck und relative Luftfeuchte gekennzeichnet. Die Radon-Aktivitätskonzentration wird für jede Kammer auf einen zuvor festgelegten Wert eingestellt und kontinuierlich überwacht. Durch automatische Nachdosierung von Radon wird der durch den radioaktiven Zerfall bedingte Verlust kompensiert, so dass die Radon-Aktivitätskonzentrationen in den Kammern während der Exposition zeitlich ausreichend konstant bleiben. Die Atmosphäre in den Kammern wird durch Ventilatoren homogenisiert.

Die Verfahren zur Herstellung und Aufrechterhaltung von Radon-Atmosphären sind auf der Internetseite des Bundesamts für Strahlenschutz dargestellt [13]. Die Messungen der Radon-Aktivitätskonzentration sowie der relevanten Umgebungsparameter sind auf nationale Normale zurückgeführt. Alle während der Expositionen aufgenommenen Messdaten werden aufgezeichnet und sämtliche Messbedingungen dokumentiert, so dass die Wiederholbarkeit und die Reproduzierbarkeit der Messungen sichergestellt sind.



Abbildung 3-1 Kalibrierkammer im Radon-Kalibrierlaboratorium des BfS (Volumen: 30 m³) / *Figure 3-1 Calibration chamber in the Radon Calibration Laboratory of the BfS (volume: 30 m³)*

The radon calibration laboratory at the Federal Office for Radiation Protection features two calibration chambers with volumes of 11 m³, and 30 m³, respectively. Therein, reference atmospheres can be created that are characterised by their radon activity concentrations as well as by the climatic parameters of temperature, air pressure and relative humidity. The radon activity concentration for each chamber is set to a predefined value and continually monitored. By automated additional dosing of radon, the losses from radioactive decay are compensated, keeping the radon activity concentrations within the chambers sufficiently constant for the duration of the exposure. The atmosphere within the chambers is homogenised by internally installed fans.

The procedures for the creation and maintenance of radon reference atmospheres are presented on the website of the Federal Office for Radiation Protection [13]. The measurements of the radon activity concentration and the relevant environmental parameters are traced back to national standards. All measurement data recorded during exposure as well as the measurement conditions are documented in order to ensure the repeatability and reproducibility of the measurements.

3.2 Raum zur Lagerung der Messgeräte / Storage of the measurement instruments

Für die Lagerung der zu prüfenden Messgeräte vor und nach der Exposition wird ein Lagerraum genutzt, dessen Raumluft ständig mit Außenluft gespült wird (siehe Anhang A4). Die Überwachung der Radon-Aktivitätskonzentration sowie der klimatischen Parameter erfolgt mittels eines Gebrauchsnormals vom Typ Alphaguard® DF 2000. Zusätzlich wird ein Messgerät zur Messung der Ortsdosisleistung vom Typ GE Reuter-Stokes RSDetection RS-S131-200 eingesetzt, um die Strahlenexposition durch externe Gammastrahlung während der Lagerung innerhalb des Lagerraums zu erfassen. Die ermittelte Ortsdosis kann von teilnehmenden Institutionen, die Messgeräte mit Elektretdetektoren eingereicht haben, verwendet werden, um den durch äußere Gammastrahlung hervorgerufenen Messeffekt nachträglich zu korrigieren.

The measurement instruments to be exposed in the interlaboratory comparison are stored both before and after exposure in a storage room, the air of which is replaced continually by fresh air (see appendix A4). The monitoring of the radon activity concentration as well as of the climatic parameters is carried out by using a working standard of type Alphaguard® DF 2000. In addition, a measurement instrument of type GE Reuter-Stokes RSDetection RS-S131-200 is used to measure the ambient equivalent dose rate so as to record the radiation exposure through external gamma radiation within the storage room during storage. The participant can use the mean ambient equivalent dose rate to subsequently correct for measurement effects caused by external gamma radiation.

3.3 Exposition der Messgeräte / Exposure of the measurement instruments

Die Expositionsdaten für die einzelnen Expositionsgruppen in den Radon-Atmosphären sind im Anhang A5 angegeben. Zur Charakterisierung der Radon-Atmosphären sind die Mittelwerte der Radon-Aktivitätskonzentrationen während der Expositionszeiten und die Radon-Expositionen sowie deren Messunsicherheiten angegeben. Des Weiteren werden die mittlere relative Luftfeuchtigkeit, die Lufttemperatur und der Luftdruck aufgeführt.

Exposimeter mit Festkörperspurdetektoren oder Elektretdetektoren sind über die Expositionszeit integrierende Messgeräte, deren Anzeigewert direkt proportional zur Radon-Exposition ist. In dieser Vergleichsprüfung wird deshalb die Messgröße Radon-Exposition als Vergleichsgröße festgelegt. Die mittlere Radon-Aktivitätskonzentration kann durch Division des Expositionswertes mit der Expositionszeit ermittelt werden.

Für die Expositionen werden Radon-Atmosphären mit unterschiedlichen Niveaus der Radon-Aktivitätskonzentration hergestellt. Die Expositionsdauer beträgt jeweils mindestens fünf Tage. Die Radon-Expositionen liegen in einem für die Praxis relevanten Bereich zwischen 150 kBq·h/m³ und 3000 kBq·h/m³.

Die Messunsicherheit des Referenzwertes wird gemäß Qualitätsmanagementsystem [14] auf Basis des Dokuments EA-4/02 M:2022 [15] berechnet. Die Messunsicherheit der Expositionsdauer ist vernachlässigbar.

The exposure data for the individual exposure groups in the radon atmospheres are given in the appendix A5. The reference atmospheres are characterised by the average values of radon activity concentrations during the exposure times as well as the radon exposures including the measurement uncertainties. Furthermore, the average relative humidity, the air temperature and the air pressure are given.

Solid-state nuclear track detectors or electrets are exposimeters, that is to say integrating passive measurement instruments. Their indication value is directly proportional to the radon exposure. Therefore, the radon exposure is chosen as comparative measurand in this interlaboratory comparison. The average radon activity concentration can be determined by dividing the exposure value by the exposure time.

For the exposures, reference atmospheres with different radon activity concentration levels were created. The exposure times comprised at least five days. The radon exposures were between 150 kBq·h/m³ and 3000 kBq·h/m³ and, thus, in a range relevant for practical applications of such detectors.

The measurement uncertainty was determined in accordance with the quality management system [14] and EA-4/02 M:2022 [15]. The measurement uncertainty for the exposure time is negligible.

4 Datenauswertung / Analysis of data

4.1 Vergleichsprüfung / Interlaboratory comparison

Für jedes teilnehmende Set werden die im Folgenden dargestellten Berechnungen durchgeführt. Für die einzelnen Expositionsgruppen sowie die Transitgruppe wird jeweils der arithmetische Mittelwert nach Formel (1) und die Standardabweichung der Messwerte nach Formel (2) berechnet. Für die Expositionsgruppen wird zusätzlich die relative Messabweichung nach Gleichung (3) berechnet.

Falls bei der Transitgruppe Messwerte unterhalb der Nachweisgrenze berichtet werden, wird der Mittelwert und die Standardabweichung nach Kanisch berechnet [16].

For each participating set the following calculations have been performed. Arithmetic mean value and standard deviation of the determined radon exposures were calculated for each exposure group as well as the transit group according to equations (1) and (2). The relative error was calculated for exposure groups according to equation (3).

In case of transit values below the detection threshold the arithmetic mean value and standard deviation are calculated according to Kanisch [16].

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

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

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

- 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-Exposition des Gerätes i der Expositionsgruppe g
Measurement value of the exposure to radon of instrument i in exposure group g
- $\bar{x}_g$ Arithmetischer Mittelwert der Radon-Exposition der Expositionsgruppe g
Arithmetic mean value of the exposure to radon of exposure group g
- SD_g Standardabweichung der Messwerte der Expositionsgruppe g
Standard deviation of the measurement values of exposure group g
- X_g Referenzwert der Radon-Exposition $P_{Rn,Ref}$ für die Expositionsgruppe g
Reference value of the exposure to radon $P_{Rn,Ref}$ for exposure group g
- $RERR_g$ Relative Abweichung der Messwerte der Expositionsgruppe g vom Referenzwert
Relative error of the measurement values of exposure group g from the reference value

4.2 Eignungsprüfung / Proficiency testing

Für die Leistungsbewertung in der Eignungsprüfung wird nach Formel (4) das Verhältnis $R_{g,i}$ aus Messwert und Referenzwert berechnet. Dieses muss nach Formel (5) innerhalb eines zulässigen Bereiches liegen, der durch eine untere Grenze UG und eine obere Grenze OG definiert ist [12]. Für die hier durchgeführte Leistungsbewertung sind diese Grenzen durch die Formeln (6) und (7) festgelegt. Betrachtet werden 2 Stellen nach dem Komma.

Messwerte eines Messgerätetyps einer teilnehmenden Institution liegen allgemein mit einer Wahrscheinlichkeit von mindestens 90 % in diesem Bereich, wenn eine bestimmte Anzahl von Ausreißern pro Set nicht überschritten wird [12]. Als Ausreißer werden Messwerte bezeichnet, die außerhalb des zulässigen Bereiches liegen sowie fehlende Messwerte.

Die Anzahl der erlaubten Ausreißer pro Set beträgt 2 für Festkörperspurdetektoren mit je 28 exponierten Messgeräten sowie 1 für Elektrete mit je 18 exponierten Messgeräten.

Die Leistung von Messgerätesets mit höchstens dieser Anzahl an Ausreißern unter den Messergebnissen wird als „annehmbar“ bewertet. Andernfalls wird die Leistung als „nicht annehmbar“ bewertet.

Die Anzahl der teilnehmenden Institutionen, Ergebnisse anderer teilnehmender Institutionen oder die von den Institutionen angegebene Messunsicherheit werden nicht für die Bewertung herangezogen. Somit ist das Bewertungskriterium unabhängig von zufälligen Variationen oder Änderungen in der Grundgesamtheit der teilnehmenden Institutionen [17].

For proficiency testing the ratio $R_{g,i}$ between measurement value and reference value is calculated according to equation (4). This ratio is according to equation (5) required to be within an admissible range defined by a lower limit (UG) and an upper limit (OG) [12]. These limits are defined in equation (6) and (7), respectively. Two decimal places are considered.

Measurement values measured with a specific participant's exposimeter type can be expected to be within this range with a probability of at least 90 %, if the number of outliers for the set does not exceed a certain value [12]. An outlier is a measurement value outside of the admissible range as well as missing values. The admissible number of outliers is 2 for a set of solid-state nuclear track detectors with 28 exposed measurement instruments. For electrets, the admissible number is 1 for a set of 18 exposed measurement instruments.

The performance of a set is evaluated as "acceptable" if the number of outliers does not exceed this value. Otherwise, the performance is "not acceptable".

The number of participating laboratories, the results of other participants or the measurement uncertainties provided by participants do not contribute to the evaluation of performance. Thus, the evaluation criteria are independent of random variations or changes in the basic population (participants) [17].

$$R_{g,i} = \frac{x_{g,i}}{x_g} \quad (4)$$

$$UG \leq R_{g,i} \leq OG \quad (5)$$

$$UG = 0,70 - \frac{30}{x_g/(kBq \cdot h/m^3)} \quad (6)$$

$$OG = 1,30 + \frac{30}{x_g/(kBq \cdot h/m^3)} \quad (7)$$

5 Ergebnisse / Results

5.1 Teilnehmende Institutionen / Participants

An der Vergleichsprüfung 2026 haben 33 Institutionen mit insgesamt 39 Messgerätesets teilgenommen. Eine weitere zugelassene Institution hat die Teilnahme frühzeitig wieder abgesagt.

Die teilnehmenden Institutionen und allgemeine Informationen zu den teilnehmenden Messgerätetypen sind in Anhang A1 und Anhang A2 aufgelistet.

Zur Pseudonymisierung der Daten werden im Gesamtbericht ID-Nummern verwendet, die keine allgemeine Zuordnung von Ergebnissen zu den teilnehmenden Institutionen zulassen.

In 2026, 33 institutions with a total of 39 sets of measurement instruments have participated in the interlaboratory comparison. Another institution has canceled participation at an early stage. A list of participants and general exposimeter specifications is shown in the appendices A1 and A2, respectively.

To pseudonymise the data, ID numbers are used in the comprehensive report. Thus, the presented measurements results can generally not be referred to an individual participant.

5.2 Ergebnisse der Vergleichsprüfung / Results of the Interlaboratory Comparison

Die einzelnen Ergebnisse der Auswertung sind in Anhang A6 für jedes Messgeräteset dargestellt (Tabelle A6-1 bis Tabelle A6-5).

Die relative Abweichung $RERR_g$ der einzelnen Expositionsgruppen liegt im Mittel aller teilnehmenden Sets und Gruppen bei $(-5 \pm 8) \%$. Die festgestellten Ausreißer (siehe Kapitel 5.3) wurden hierbei nicht einbezogen.

Die Verhältnisse $R_{g,i}$ der einzelnen Messgerätesets in den Expositionsgruppen sind in den folgenden Diagrammen (Abbildung 5-1 bis Abbildung 5-4) vergleichend als Boxplot dargestellt, einschließlich der Ausreißer. Auf der Abszisse sind die ID-Nummern der Messgerätesets angegeben, sortiert nach aufsteigendem Median.

Jede teilnehmende Institution erhielt einen individuellen Bericht über die Ergebnisse ihres jeweiligen Messgerätesets. Ein Muster-Bericht ist in Anhang A7 dargestellt.

The individual results of the data analysis are presented in appendix A6, tables A6-2 to A6-5.

The average of the relative error $RERR_g$ over all participating sets and groups is $(-5 \pm 8) \%$. Outliers (see chapter 5.3) were not included in this calculation.

The distributions of the ratio $R_{g,i}$ within their sets are presented in the following figures as box plots for each exposure group (figure 5-1 to figure 5-4). This includes the outliers, too. The ID numbers of the sets are given on the abscissa in the order of ascending median values.

Each participating institution received an individual report on the results of their set. An example report is shown in appendix A7.

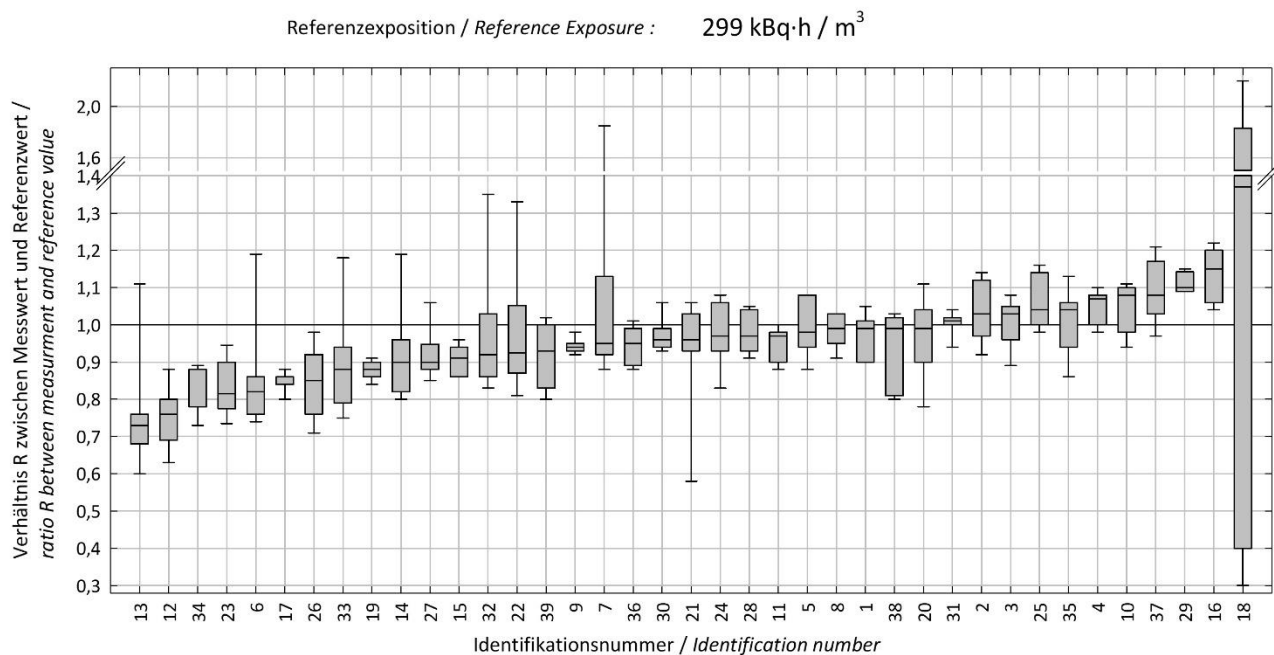


Abbildung 5-1 Verhältnis von Messwert zu Referenzwert der Messgeräte je Set in der Expositionsgruppe 1 /
 Figure 5-1 Ratio between measurement and reference value of the measurement instruments per set in exposure group 1

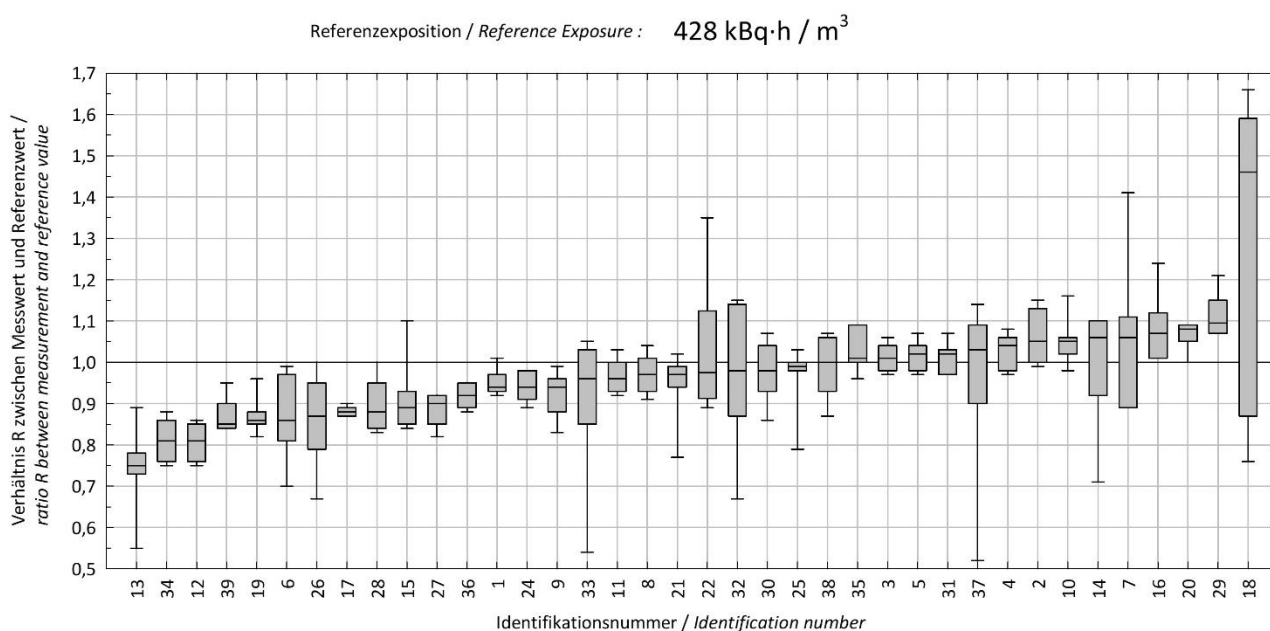


Abbildung 5-2 Verhältnis von Messwert zu Referenzwert der Messgeräte je Set in der Expositionsgruppe 2 /
 Figure 5-2 Ratio between measurement and reference value of the measurement instruments per set in exposure group 2

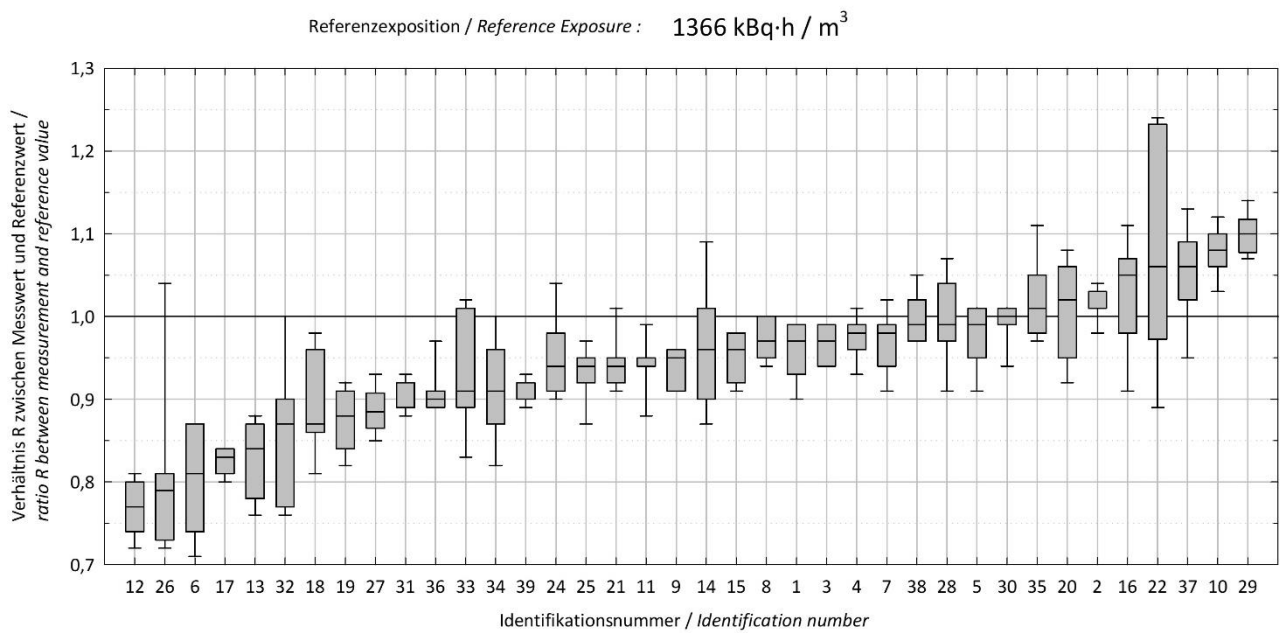


Abbildung 5-3 Verhältnis von Messwert zu Referenzwert der Messgeräte je Set in der Expositionsgruppe 3 /
 Figure 5-3 Ratio between measurement and reference value of the measurement instruments per set in exposure group 3

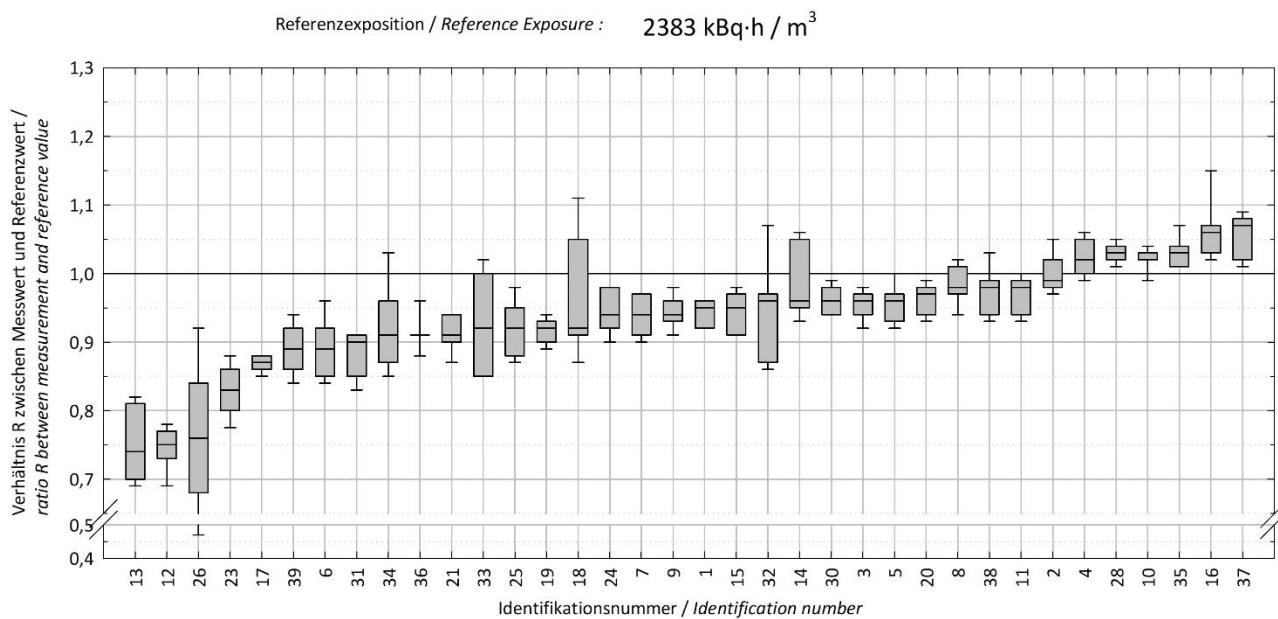


Abbildung 5-4 Verhältnis von Messwert zu Referenzwert der Messgeräte je Set in der Expositionsgruppe 4 /
 Figure 5-4 Ratio between measurement and reference value of the measurement instruments per set in exposure group 4

5.3 Ergebnisse der Eignungsprüfung / Results in proficiency testing

Die Leistungsbewertung zeigt, ob die Messunsicherheit des geprüften Messgerätetyps der teilnehmenden Institution in einem vorgegebenen zulässigen Bereich liegt.

In Abbildung 5-5 sind die Daten zur Leistungsbewertung aller teilnehmenden Exposimeter in der Auswertung in einem Boxplot gezeigt. Es handelt sich um 1062 Einzelmesswerte der 36 FKSD- und 3 Elektret-Sets aufgeteilt in die vier Expositionsgruppen. Dargestellt ist die Abweichung jedes gemessenen Expositionswertes vom jeweiligen Referenzwert als Verhältniswert. Weiterhin dargestellt ist der erlaubte Bereich der BfS-Eignungsprüfung 2026 innerhalb der sogenannten Trompetenkurve (siehe Kapitel 4.2).

Die Leistungsbewertung eines einzelnen teilnehmenden Sets hängt von der Gesamtzahl der Messgeräte in dem Set und der Anzahl der Ausreißer unter diesen Messwerten ab (siehe Kapitel 4.2).

Tabelle 5-1 gibt einen Überblick über die erhaltenen Leistungsbewertungen. 38 der 39 teilnehmenden Sets (97 %) haben die Leistungsbewertung „annehmbar“ erhalten. Lediglich ein FKSD-Set zeigte mit mehr als zwei Ausreißern eine „nicht annehmbare“ Leistung. Insgesamt 6 Sets von FKSD-Messgeräten wiesen zwar ebenfalls Ausreißer auf, blieben aber unter der erlaubten Grenze.

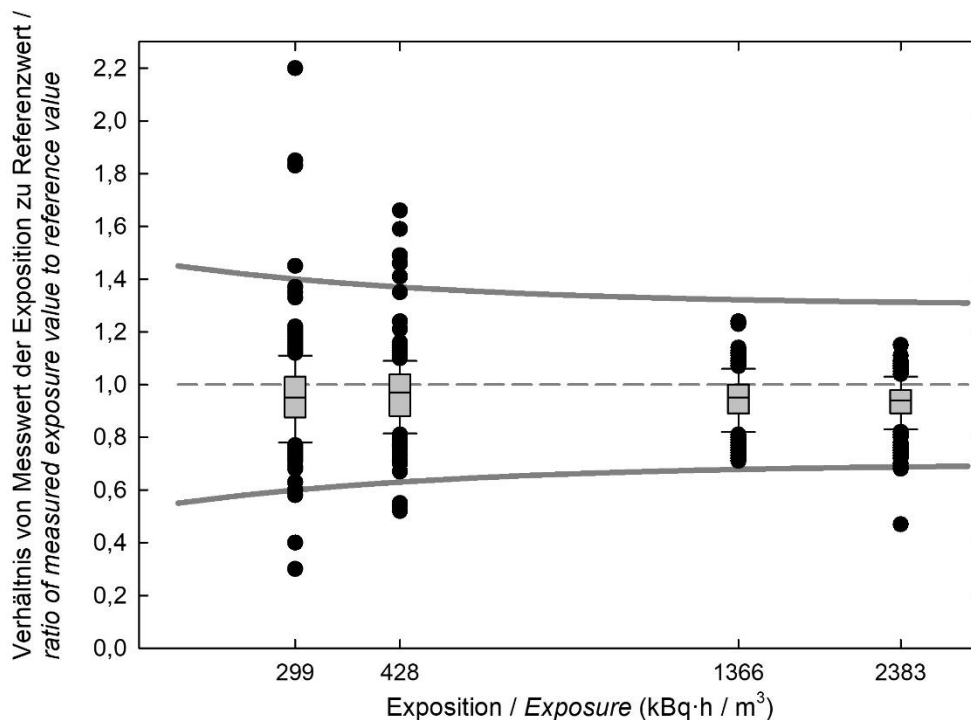


Abbildung 5-5 Verhältnis von Messwert und jeweiligem Referenzwert der 39 Messgeräte-Sets in den vier Expositionsgruppen (Gesamtdarstellung) und erlaubter Bereich / Figure 5-5 Ratio between measurement and reference values of the 39 sets of measurement instruments in 4 exposure groups (overview) and admissible range

The performance shows whether the measurement uncertainty of the tested instrument type of the participant lies within an admissible confidence range or not.

Figure 5-5 shows the proficiency testing data for all participating sets in a box plot. The plot summarizes 1062 measurements values of the 36 SSNTD as well as 3 electret sets split into the four exposure groups. The ordinate shows the ratio of the measurement value and the reference value as a measure of deviation. Additionally, a trumpet curve is depicted that shows the admissible range for the BfS proficiency testing 2026 (see chapter 4.2). Values outside of this range are denoted as outliers by definition.

The evaluation of the performance of an individual set depends on the total number of exposimeters of this set as well as the number of outliers (see chapter 4.2).

The distribution of outliers over the participating sets with solid-state nuclear track detectors and electrets is shown in table 5-1. In total, 38 of 39 participating sets (97 %) have fulfilled the criteria of the proficiency testing. Their performance is evaluated as “acceptable”. Only one SSNTD set showed a “non-acceptable”

performance with more than two outliers. 6 other SSNTD sets that also featured outliers stayed below the admissible limit.

Tabelle 5-1 Verteilung der Ausreißer der 39 teilnehmenden Sets mit grau unterlegter Markierung des Bereiches zufriedenstellender Leistung sowie die Verteilung der Leistungsbewertung / Table 5-1 Distribution of outliers of the 39 participating sets with highlighted range of satisfactory performance as well as distribution of performance

	Anzahl der Sets / Number of sets		
Anzahl der Ausreißer Number of outliers	FKSD SSNTD	Elektret Electret	
0	29	3	
1	4	0	
2	2	0	
>2	1	0	
Leistungsbewertung Performance	FKSD SSNTD	Elektret Electret	Gesamt Total
annehmbar acceptable	35	3	38
nicht annehmbar not acceptable	1	0	1

Danksagung / Acknowledgements

Wir danken allen teilnehmenden Institutionen für die freundliche Zusammenarbeit, dem Fachgebiet UR 5 Dosimetrie und Spektrometrie des BfS für die Unterstützung bei den Messungen, der BfS-Poststelle Berlin sowie den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Fachgebietes UR 1 Radonmetrologie, die bei der Durchführung der 23. Vergleichs- und Eignungsprüfung 2026 mitgewirkt haben.

Sincere thanks are given to all participants for the pleasant cooperation, to the BfS section UR 5 Dosimetry and Spectrometry for measuring assistance, the BfS Berlin post service as well as to the members of section UR 1 Radon Metrology, who have contributed to this 23rd interlaboratory comparison 2026.

6 Literaturverzeichnis / Bibliography

- [1] Digitales Online Repositorium und Informations-System (DORIS) des BfS, <https://doris.bfs.de>
- [2] Rat der Europäischen Union, Richtlinie 2013/59/EURATOM des Rates vom 5. Dezember 2013 zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung und zur Aufhebung der Richtlinien 89/618/EURATOM, 90/641/EURATOM, 96/29/EURATOM, 97/43/EURATOM und 2003/122/EURATOM, Amtsblatt der Europäischen Union, Reihe L, Nr. 13/1 vom 17.01.2014
- [3] Gesetz zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzgesetz – StrlSchG) vom 27. Juni 2017 (BGBl. I S. 1966), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 20. Mai 2021 (BGBl. I S. 1194) geändert worden ist
- [4] Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV) vom 29. November 2018 (BGBl. I S. 2034, 2036), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 8. Oktober 2021 (BGBl. I S. 4645) geändert worden ist
- [5] Liste der anerkannten Stellen im Internet, http://www.bfs.de/DE/themen/ion/service/radon-messung/anererkennung/anererkennung_node.html
- [6] Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Regeln für die Durchführung von Vergleichsmessungen von Dosimetern gemäß § 2 Abs. 3 Satz 3 der Eichordnung, PTB-Mitteilungen 122 (2012), Heft 4
- [7] DIN EN ISO/IEC 17043:2010-05, Konformitätsbewertung - Allgemeine Anforderungen an Eignungsprüfungen (ISO/IEC 17043:2010) / *Conformity assessment - General requirements for proficiency testing (ISO/IEC 17043:2010)*
- [8] DIN EN ISO/IEC 17025:2018-03, Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (ISO/IEC 17025:2017) / *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories (ISO/IEC 17025:2017)*
- [9] <https://verwaltung.bund.de/leistungsverzeichnis/de/leistung/99009047058000>
- [10] <https://www.bfs.de/radon-qs>
- [11] <http://www.eptis.org>
- [12] Beck, T.R., Foerster, E., Buchröder, H., Schmidt, V., Döring, J., The measurement accuracy of passive radon instruments, Radiation Protection Dosimetry, Vol. 158, No. 1, S. 59-67, 2014, doi: 10.1093/rpd/nct182
- [13] <http://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/labore/radon/radon>
- [14] Qualitätsmanagementhandbuch des Radon-Kalibrierlaboratoriums, Bundesamt für Strahlenschutz, Fachgebiet Radonmetrologie
- [15] EA-4/02 M:2022, Ermittlung der Messunsicherheit bei Kalibrierungen (Deutsche Übersetzung)
- [16] Kanisch, G., Verfahren zur statistischen Auswertung von Daten mit als "<G" dokumentierten Werten, DOKUM/STATAUSW, in: Messanleitungen für die "Überwachung radioaktiver Stoffe in der Umwelt und externer Strahlung", ISSN 1865-8725, BMU, 1998
- [17] DIN ISO 13528:2020-09, Statistische Verfahren für Eignungsprüfungen durch Ringversuche (ISO 13528:2015, korrigierte Fassung 2016-10-15) / Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparison (ISO 13528:2015, Corrected version 2016-10-15)
- [18] Hartung, J., Statistik: Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik. R. Oldenburg Verlag GmbH, München 1986

Anlagenverzeichnis / *List of Appendices*

A1	Teilnehmende Institutionen / <i>Participants</i>	26
A2	Messgerätetypen / <i>Types of measurement instruments</i>	28
A3	Ablaufschema / <i>Time course</i>	32
A4	Atmosphäre im Lagerraum / <i>Atmosphere in the storage room</i>	33
A5	Radon-Atmosphären / <i>Radon atmospheres</i>	34
A6	Messwerte / <i>Measurement values</i>	36
A7	Ergebnisbericht (Muster) / <i>Report (example)</i>	42

A1 Teilnehmende Institutionen / *Participants*

Tabelle A1-1 Institutionen, die an der Vergleichs- und Eignungsprüfung 2026 teilgenommen haben /
Table A1-1 *Participants of the interlaboratory comparison and proficiency testing 2026*

Teilnehmende Institution / <i>Participant</i>	Land / <i>Country</i>
Adarga Radón SL	Spanien <i>Spain</i>
Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente di Trento - Settore laboratorio	Italien <i>Italy</i>
AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Radon und Radioökologie	Österreich <i>Austria</i>
ALTRAC	Deutschland <i>Germany</i>
ARPAV	Italien <i>Italy</i>
Babes-Bolyai University, Faculty of Environmental Science and Engineering - 'Constantin Cosma' Radon Laboratory	Rumänien <i>Romania</i>
Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)	Deutschland <i>Germany</i>
BragaMetro, Lda.	Portugal <i>Portugal</i>
CALIDAD RADIOLOGICA S.L.	Spanien <i>Spain</i>
Division de la Radioprotection SAR	Luxemburg <i>Luxembourg</i>
ENEA	Italien <i>Italy</i>
Eurofins Radon Testing Sweden AB	Schweden <i>Sweden</i>
Harmat srls	Italien <i>Italy</i>
Hirosaki University, Institute of Radiation Emergency Medicine, Prof. Shinji Tokonami	Japan <i>Japan</i>
IFIN-HH, Ionizing Radiation Metrology Laboratory (LMRI)	Rumänien <i>Romania</i>
Institute of Public Health of North Macedonia	Nordmazedonien <i>North Macedonia</i>
Instituto Superior Técnico - LPSR	Portugal <i>Portugal</i>
INTA	Spanien <i>Spain</i>
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)	Deutschland <i>Germany</i>

Teilnehmende Institution / Participant	Land / Country
LABORAD SRL	Italien <i>Italy</i>
Laboratorio di Radioattività Lab.RAD - CeSMA Advanced Metrological and Technological Service Centre	Italien <i>Italy</i>
Laboratory of Environmental Radioactivity- University of A Coruña	Spanien <i>Spain</i>
Landesanstalt für Personendosimetrie und Strahlenschutz Ausbildung Mecklenburg-Vorpommern (LPS)	Deutschland <i>Germany</i>
LaRUC - Universidad de Cantabria	Spanien <i>Spain</i>
Materialprüfungsamt NRW	Deutschland <i>Germany</i>
PROTEX ITALIA S.r.l.	Italien <i>Italy</i>
RADIATION AND NUCLEAR SAFETY AUTHORITY (STUK)	Finnland <i>Finland</i>
Radonanalys GJAB	Schweden <i>Sweden</i>
Radonova Laboratories AB	Schweden <i>Sweden</i>
United Kingdom Health Security Agency	Großbritannien <i>UK</i>
Universitat Rovira i Virgili (Laboratori de radó)	Spanien <i>Spain</i>
White Lab S.r.l.	Italien <i>Italy</i>
ZVD d.o.o.	Slowenien <i>Slovenia</i>

A2 Messgerätetypen / Types of measurement instruments

Tabelle A2-1 Messgeräte mit Festkörperspurdetektoren oder Elektreten / Table A2-1 Measuring instruments using solid-state nuclear track detectors or electrets

Messgerätetyp (Bauf orm) / Instrument type (design)	Abbildung des Messgerätetyps (nicht maßstabsgerecht) <i>Figure of instrument type (not to scale)</i>	Detektor / Detector	Detektordicke detector thickness [mm]	Gesamt-Detektorfläche total detector area [mm ²]	Ausgewertete Detektorfläche Analysed detector area [mm ²]	Expositionsbereich range of exposure [kBq·h/m ³]
A		Makrofol®	0,3	210	127	20 - 5000
		LR-115	0,115	350	108	75 - 7000
AA		CR-39	1	100	51	32 - 15000
AD		CR-39	1,5	290	160	25 - 50 000
			1,5	290	160	120 - 225 000
AG		LR-115	0,012	200	200	100 - 3000
AH		Makrofol®	0,25	2 580,75	757	20 - 17 000

Messgerättyp (Bauform) / Instrument type (design)	Abbildung des Messgerätetyps (nicht maßstabsgerecht) Figure of instrument type (not to scale)	Detektor / Detector	Detektordicke detector thickness [mm]	Gesamt-Detektorfläche total detector area [mm ²]	Ausgewertete Detektorfläche Analysed detector area [mm ²]	Expositionsbereich range of exposure [kBq·h/m ³]
B		CR-39	1,5	610	100	10 - 8100
			1	1036	535	20 - 20000
C		CR-39	1	100	51	32 - 15000
			1	100	55,7	30 - 75000
D		Makrofol®	0,3	4 000	600	100 - 15 000
GA		Elektret (Teflon®)	k.A. / n.s.	k.A. / n.s.	k.A. / n.s.	50 - 1600
			k.A. / n.s.	k.A. / n.s.	k.A. / n.s.	50 - 10000
GB		Elektret (Teflon®)	k.A. / n.s.	k.A. / n.s.	k.A. / n.s.	16 - 3526

Messgerättyp (Bauform) / Instrument type (design)	Abbildung des Messgerätetyps (nicht maßstabsgerecht) <i>Figure of instrument type (not to scale)</i>	Detektor / Detector	Detektordicke detector thickness [mm]	Gesamt-Detektorfläche total detector area [mm ²]	Ausgewertete Detektorfläche Analysed detector area [mm ²]	Expositionsbereich range of exposure [kBq·h/m ³]
L		CR-39	0,8	100	10	300 - 3 000
N		CR-39	1	100	51	32 - 15000
			1	100	55,7	30 - 80000
			1	100	52	150 - 12000
			1	100	50	40 - 8000
			1	100	50	40 - 8000 (50 000 bei erweiter- tem Messbereich / at extended range)
			1	100	52	50 - 10000
			1	100	50	150 - 3000
			3	100	50	80 - 8000
			1	100	50	150 - 3000
			0,9	100	50	50 - 8000
			2	50	50	40 - 8000
			6	100	100	50 - 10000
O		LR-115	0,115	900	246	5 - 20 000

Messgerättyp (Bauform) / Instrument type (design)	Abbildung des Messgerätetyps (nicht maßstabsgerecht) <i>Figure of instrument type (not to scale)</i>	Detektor / Detector	Detektordicke detector thickness [mm]	Gesamt-Detektorfläche total detector area [mm ²]	Ausgewertete Detektorfläche Analysed detector area [mm ²]	Expositionsbereich range of exposure [kBq·h/m ³]
P		CR-39	1,5	625	100	110 - 10000
			1,5	625	59	100 - 5000
			1,5	625	100	1 - 10000
T		CR-39	1,4	900	90	50 - 5000
U		CR-39	1,5	440	210	25 - 50000
			15	625	104	102 - 4545
			20	2000	225	20 - 40000
			1,5	225	77	150 - 3000
			1,5	225	120	20 - 40000
			1,5	15	15	20 - 18000

Erläuterungen zur Tabelle A2-1: Die Angaben zum Detektor, zur Detektordicke, der Gesamt-Detektorfläche, der ausgewerteten Detektorfläche sowie zum Expositionsbereich sind Angaben der teilnehmenden Institutionen; k.A.: keine Angabe; n.z.: nicht zutreffend /

Explanations for table A2-1: Details on detector, detector thickness, total detector area, analysed detector area and range of exposure were indicated by the participants; n.s.: not specified; n.a.: not applicable

A3 Ablaufschema / Time course

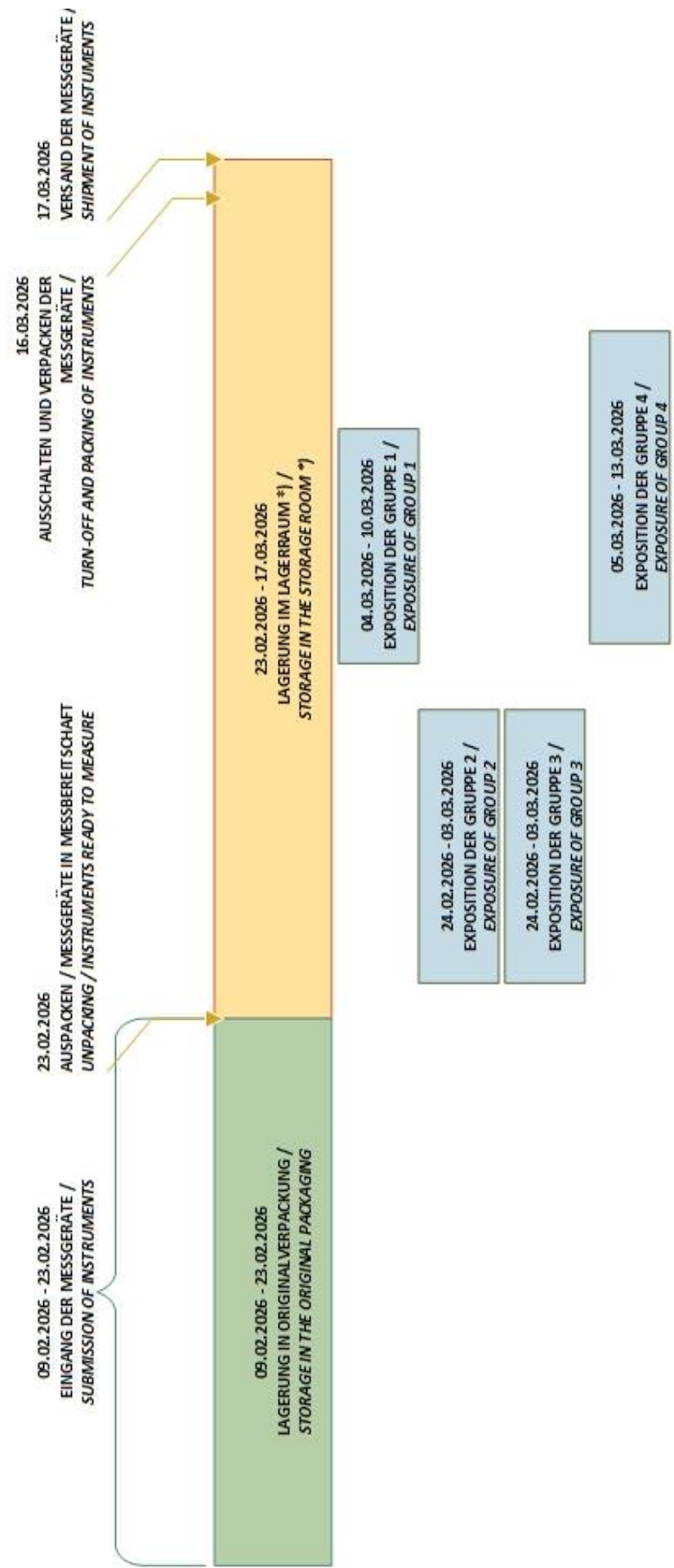


Abbildung A3-1 Ablaufschema / Figure A3-1: Time course

A4 Atmosphäre im Lagerraum / *Atmosphere in the storage room*

Tabelle A4-1 Parameter der Atmosphäre im Lagerraum / *Table A4-1 Parameters of the atmosphere in the storage room*

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

Der Parameter C_{Rn} ist die mittlere Radon-Aktivitätskonzentration, die während der Lagerung der Messgeräte im Lagerraum ermittelt wurde. $U(C_{Rn})$ ist die erweiterte Messunsicherheit der Messgröße Radon-Aktivitätskonzentration. In der Tabelle sind weiterhin die Klimabedingungen während der Lagerzeit angegeben: Mittelwert der relativen Luftfeuchtigkeit r.H., erweiterte Messunsicherheit $U_{r.H.}$ ($k=2$), 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 storage room with the expanded measurement uncertainty $U(C_{Rn})$. Further parameters given in the table are 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 ($k=2$) during the storage of instruments. The parameter $\dot{H}^(10)$ is the mean ambient equivalent dose rate with the expanded measurement uncertainty $U_{\dot{H}^*(10)}$ ($k=2$).*

A5 Radon-Atmosphären / *Radon atmospheres*

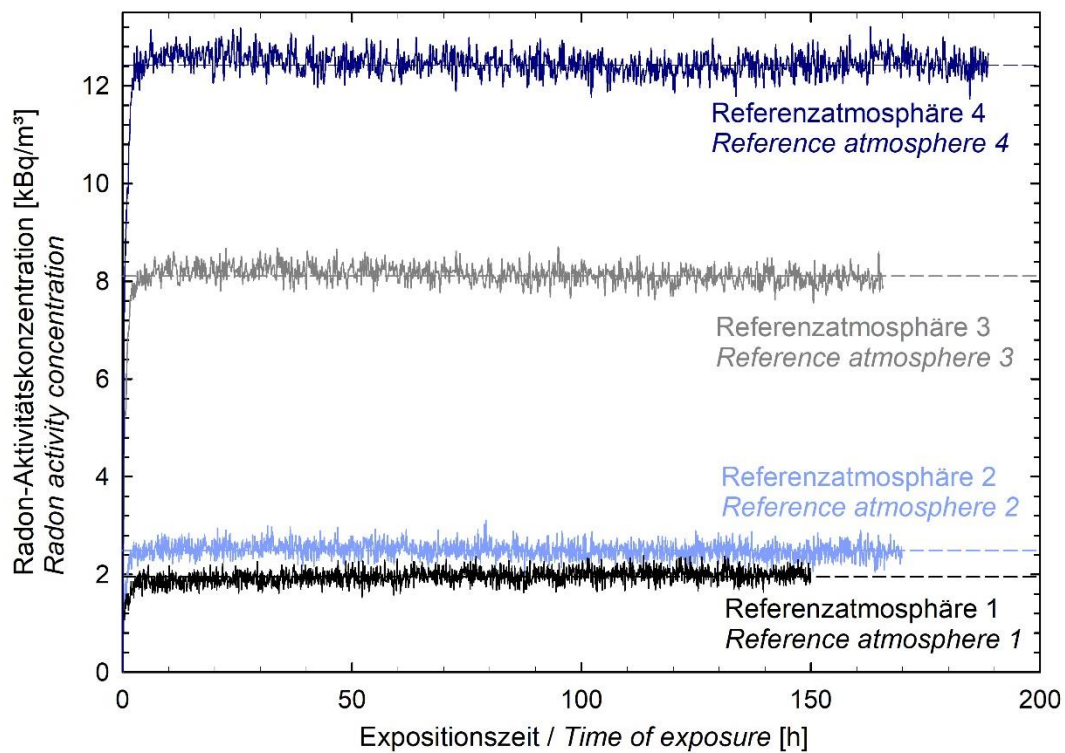


Abbildung A5-1 Zeitlicher Verlauf der Radon-Aktivitätskonzentrationen der Radon-Atmosphären / *Figure A5-1 Radon activity concentration of the radon atmospheres over the exposure time*

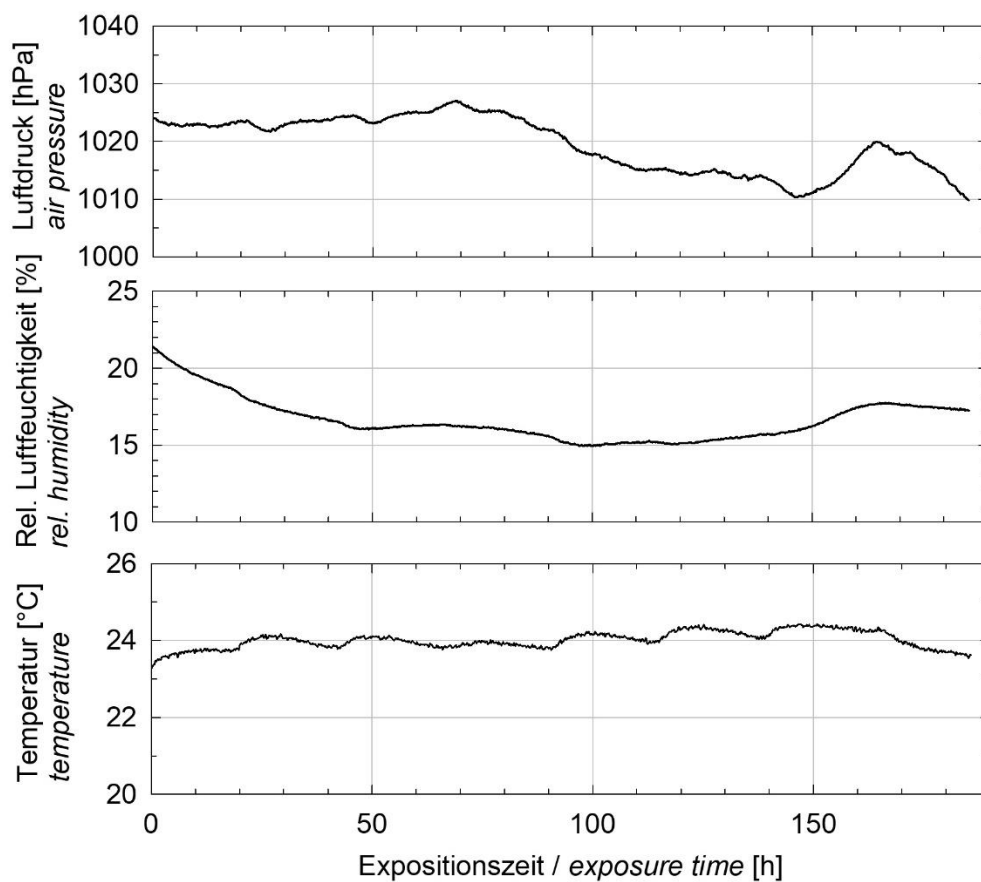


Abbildung A5-2 Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit und Luftdruck exemplarisch für Expositiongruppe 4 / *Figure A5-2 Temperature, relative humidity and air pressure during exposure group 4 as an example*

Tabelle A5-1 Werte der Radon-Atmosphären / Table A5-1 Parameters of the radon atmospheres

Nr. No.	Expositionszeitraum exposure period	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	04.03.-10.03.2026	150,0	1,99	0,10	299	30	22	25	1023
2	24.02.-10.03.2026	170,0	2,52	0,13	428	30	22	31	1019
3	24.02.-03.03.2026	166,0	8,23	0,35	1366	11	24	24	1020
4	05.03.-13.03.2026	188,8	12,62	0,53	2383	11	24	17	1019

Erläuterung zu Tabelle A5-1:

Die Spalte Nr. gibt die Nummer der Expositionsgruppe an. Aus dem Expositionszeitraum ergibt sich die Expositionszeit t, in dem die Messgeräte in den Radon-Atmosphären exponiert wurden. Der Parameter $C_{Rn,Ref}$ ist der Mittelwert der Radon-Aktivitätskonzentration und $P_{Rn,Ref}$ die Radon-Exposition, die sich aus dem Produkt von $C_{Rn,Ref}$ und t ergibt. U ist die erweiterte relative Messunsicherheit der Radon-Aktivitätskonzentration, die aus der Standardmessunsicherheit multipliziert mit dem Erweiterungsfaktor $k = 2$ resultiert und den Vertrauensbereich des wahren Wertes der Messgröße mit einer statistischen Sicherheit von 95 % angibt. Die erweiterte relative Messunsicherheit wurde gemäß EA-4/02 M:2022 [15] ermittelt. Zur Charakterisierung der Radon-Atmosphären sind außerdem das Volumen des Kalibrierbehälters V und die Klimabedingungen angegeben: Mittelwert der Temperatur T, Mittelwert der relativen Luftfeuchtigkeit r.H. und Mittelwert des Luftdrucks p.

Explanation for table A5-1:

In the No. column the number of the exposure group is indicated. $C_{Rn,Ref}$ is the mean activity concentration of radon during the exposure period yielding exposure time t. $P_{Rn,Ref}$ is the exposure to radon as product of $C_{Rn,Ref}$ and t. U is the expanded uncertainty of radon activity concentration resulting from standard uncertainty of the measurement multiplied by a factor $k = 2$ (95 % confidence interval). The expanded uncertainty has been determined in accordance to EA-4/02 M:2022 [15]. The radon reference atmospheres in the volume V of the calibration containers are characterized by the climatic conditions: the mean value of temperature T, the mean value of relative humidity r.H. and the mean value of air pressure p.

A6 Messwerte / *Measurement values*

Tabelle A6-1 Messwerte der Transitgruppe / *Table A6-1 Measurement values of the transit group*

Transitgruppe				
ID-Nummer <i>ID-Number</i>	Messgeräteanzahl <i>Number of instruments</i>	Mittelwert <i>Mean value</i> [kBq·h/m ³]	Standard- abweichung <i>Standard deviation</i> [kBq·h/m ³]	Transit-Effekt berücksichtigt? <i>Transit effect taken into account?</i>
1	7	9	2	Ja / Yes
2	7	11	5	Ja / Yes
3	7	23	8	Ja / Yes
4	7	7	2	Nein / No
5	7	21	6	Ja / Yes
6	7	52	15	Ja / Yes
7	7	26	19	Ja / Yes
8	7	7	5	Ja / Yes
9	7	13	6	Ja / Yes
10	7	25	7	Ja / Yes
11	7	9	3	Ja / Yes
12	7	36	15	Ja / Yes
13	7	42	15	Ja / Yes
14	7	30	8	Ja / Yes
15	7	10	6	Nein / No
16	7	11	3	Ja / Yes
17	7	27	3	Ja / Yes
18	7	442	140	Ja / Yes
19	7	10	7	Ja / Yes
20	7	18	8	Ja / Yes
21	7	20	11	Ja / Yes
22	6	65	17	Ja / Yes
23	7	6	4	Ja / Yes
24	7	9	9	Ja / Yes
25	7	74	15	Ja / Yes
26	7	6	5	Ja / Yes
27	6	41	6	Ja / Yes
28	7	20	12	Nein / No
29 ¹	6	0	-	Ja / Yes
30	7	31	23	Ja / Yes
31	7	42	7	Nein / No
32	7	29	5	Ja / Yes
33	7	21	5	Ja / Yes
34	7	39	19	Ja / Yes
35	7	43	16	Ja / Yes
36	7	7	2	Nein / No
37	7	74	15	Ja / Yes
38	7	18	5	Ja / Yes
39	7	87	15	Ja / Yes

¹ Es wurden allein Messwerte „0“ berichtet. / *Measurement values „0“ were reported, only.*

Erläuterungen zu Tabelle A6-1:

Jede teilnehmende Institution erhielt eine Information darüber, welche Messgeräte der Transitgruppe angehören. Es lag in ihrer Verantwortung, den Transit-Nulleffekt bei der Auswertung der exponierten Messgeräte in geeigneter Weise zu berücksichtigen. Für die Transitgruppe jedes Sets wurden Mittelwert und Standardabweichung der von den teilnehmenden Institutionen ermittelten Radon-Expositionen berechnet und gerundet angegeben. Wenn alle Werte unterhalb der Nachweisgrenze lagen, wurde kein Transit-Mittelwert angegeben.

Erläuterungen zu Tabelle A6-2 bis Tabelle A6-5:

Die von einer teilnehmenden Institution berichteten, gegebenenfalls bezüglich des Transiteffekt korrigierten Messwerte der Radon-Messgeräte wurden den jeweiligen Expositionsgruppen zugeordnet. Für jede Expositionsgruppe wurden Mittelwert und Standardabweichung der Radon-Exposition berechnet und in der Tabelle angegeben.

Die Referenzexposition ist die Radon-Exposition, der die Radon-Messgeräte in der Radon-Atmosphäre ausgesetzt waren. Sie ist auf das nationale Normal zurückgeführt und wird als der richtige Wert der Radon-Exposition betrachtet. Die relative Messabweichung ist die Differenz aus dem Mittelwert und der Referenzexposition bezogen auf die Referenzexposition (Angabe in Prozent, Betrag des Wertes aufgerundet). Mittelwert und Standardabweichung werden gerundet angegeben.

Elektretdetektoren wurden nur in den Expositionsgruppen 1, 2 und 3 exponiert.

Die Messgeräte einer teilnehmenden Institution wurden aus Zeitgründen lediglich in den späteren Gruppen 1 und 4 exponiert (jeweils 14, siehe Abbildung A3-1).

Details for table A6-1:

Each participant was informed which instruments belong to the transit group. The participants were responsible to take account of the transit background. For each transit group of a set mean value and standard deviation were calculated and rounded as indicated. In cases where all values were below the detection limit, no transit mean value was indicated.

Details for table A6-2 to table A6-5:

The measurement values of a participant's exposimeters, transit-corrected if applicable, were assigned to the exposure groups.

For each group, the mean value and the standard deviation were calculated. The reference exposure is the exposure to radon in a reference atmosphere. The reference exposure is traced back to the national standard and is considered as the conventionally true value used for the exposure group. The relative error is the difference between mean value and reference exposure related to reference exposure (given in percent, absolute value rounded up). Mean value and standard deviation are rounded as indicated.

Electrets were exposed in exposure groups 1, 2, and 3 only.

Due to time constraints one participant's exposimeters were exposed in the subsequent groups 1 and 4, only (14 exposimeters each, see figure A3-1).

Tabelle A6-2 Ergebnisse der Expositionsgruppe 1 / Table A6-2 Results of exposure group 1

Referenzwert / Reference Value $P_{Rn,Ref}$: 299 kBq·h/m ³				
ID-Nummer <i>ID-Number</i>	Messgeräte- anzahl <i>Number of instruments</i>	Mittelwert <i>Mean value</i> [kBq·h/m ³]	Standardabweichung <i>Standard deviation</i> [kBq·h/m ³]	relative Mess- abweichung <i>Relative error</i> [%]
1	7	290	18	-3,1
2	7	310	25	3,7
3	7	301	20	0,7
4	7	314	13	5,1
5	7	297	23	-0,7
6	7	256	47	-15
7	7	331	102	11
8	7	294	14	-1,7
9	7	282	6	-5,7
10	7	315	21	5,4
11	7	284	14	-5,1
12	7	223	24	-26
13	7	227	50	-25
14	7	277	40	-7,4
15	7	271	12	-9,4
16	7	340	21	14
17	7	252	7	-16
18	7	356	216	20
19	7	262	8	-13
20	7	290	33	-3,1
21	7	279	49	-6,7
22	6	292	54	-2,4
23	14	249	22	-17
24	7	290	26	-3,1
25	7	318	23	6,4
26	7	255	29	-15
27	6	274	22	-8,4
28	7	291	16	-2,7
29	6	333	8	12
30	7	291	14	-2,7
31	7	300	10	0,4
32	7	292	54	-2,4
33	7	267	43	-11
34	7	243	19	-19
35	7	303	27	1,4
36	7	283	15	-5,4
37	7	326	25	9,1
38	7	277	32	-7,4
39	7	277	26	-7,4

Tabelle A6-3 Ergebnisse der Expositionsgruppe 2 / Table A6-3 Results of exposure group 2

Referenzwert / Reference Value $P_{Rn,Ref}$: 428 kBq·h/m ³				
ID-Nummer <i>ID-Number</i>	Messgeräte- anzahl <i>Number of instruments</i>	Mittelwert <i>Mean value</i> [kBq·h/m ³]	Standardabweichung <i>Standard deviation</i> [kBq·h/m ³]	relative Mess- abweichung <i>Relative error</i> [%]
1	7	408	14	-4,7
2	7	456	26	6,6
3	7	432	14	1
4	7	442	17	3,3
5	7	434	17	1,5
6	7	370	43	-14
7	7	455	76	6,4
8	7	416	20	-2,9
9	7	396	23	-7,5
10	7	451	23	5,4
11	7	413	17	-3,6
12	7	343	19	-20
13	7	318	43	-26
14	7	423	61	-1,2
15	7	392	38	-8,5
16	7	465	33	8,7
17	7	377	6	-12
18	7	545	156	28
19	7	373	18	-13
20	7	457	15	6,8
21	7	405	36	-5,4
22	6	439	74	2,6
24	7	402	16	-6,1
25	7	414	35	-3,3
26	7	366	46	-15
27	6	379	17	-12
28	7	382	27	-11
29	6	475	23	11
30	7	419	31	-2,2
31	7	432	16	1
32	7	418	73	-2,4
33	7	387	75	-9,6
34	7	348	21	-19
35	7	439	21	2,6
36	7	393	12	-8,2
37	7	409	91	-4,5
38	7	425	32	-0,8
39	7	373	17	-13

Tabelle A6-4 Ergebnisse der Expositionsgruppe 3 / Table A6-4 Results of exposure group 3

Referenzwert / Reference Value $P_{Rn,Ref}$: 1366 kBq·h/m ³				
ID-Nummer <i>ID-Number</i>	Messgeräte- anzahl <i>Number of instruments</i>	Mittelwert <i>Mean value</i> [kBq·h/m ³]	Standardabweichung <i>Standard deviation</i> [kBq·h/m ³]	relative Mess- abweichung <i>Relative error</i> [%]
1	7	1307	48	-4,4
2	7	1393	29	2
3	7	1318	32	-3,6
4	7	1334	36	-2,4
5	7	1339	50	-2
6	7	1098	83	-20
7	7	1325	52	-3,1
8	7	1329	31	-2,8
9	7	1279	36	-6,4
10	7	1472	42	7,8
11	7	1292	44	-5,5
12	7	1050	48	-24
13	7	1123	65	-18
14	7	1310	100	-4,1
15	7	1301	38	-4,8
16	7	1401	93	2,6
17	7	1128	18	-18
18	7	1226	86	-11
19	7	1194	50	-13
20	7	1371	82	0,4
21	7	1287	43	-5,8
22	6	1475	195	8
24	7	1299	67	-5
25	7	1275	45	-6,7
26	7	1103	147	-20
27	6	1212	38	-12
28	7	1357	69	-0,7
29	6	1504	34	11
30	7	1355	32	-0,9
31	7	1231	27	-9,9
32	7	1179	113	-14
33	7	1266	94	-7,4
34	7	1247	82	-8,8
35	7	1398	66	2,4
36	7	1240	42	-9,3
37	7	1439	75	5,4
38	7	1363	41	-0,3
39	7	1248	23	-8,7

Tabelle A6-5 Ergebnisse der Expositionsgruppe 4 / Table A6-5 Results of exposure group 4

Referenzwert / Reference Value $P_{Rn,Ref}$: 2383 kBq·h/m ³				
ID-Nummer <i>ID-Number</i>	Messgeräte- anzahl <i>Number of instruments</i>	Mittelwert <i>Mean value</i> [kBq·h/m ³]	Standardabweichung <i>Standard deviation</i> [kBq·h/m ³]	relative Mess- abweichung <i>Relative error</i> [%]
1	7	2248	46	-5,7
2	7	2385	65	0,1
3	7	2273	47	-4,7
4	7	2435	64	2,2
5	7	2277	65	-4,5
6	7	2131	102	-11
7	7	2230	67	-6,5
8	7	2340	59	-1,9
9	7	2252	52	-5,5
10	7	2443	39	2,6
11	7	2310	62	-3,1
12	7	1779	76	-26
13	7	1805	133	-25
14	7	2336	125	-2
15	7	2262	70	-5,1
16	7	2538	99	6,6
17	7	2063	26	-14
18	7	2286	210	-4,1
19	7	2185	45	-8,4
20	7	2292	55	-3,9
21	7	2176	61	-8,7
23	14	1980	84	-17
24	7	2253	73	-5,5
25	7	2193	93	-8
26	7	1770	343	-26
28	7	2456	36	3,1
30	7	2293	47	-3,8
31	7	2098	76	-12
32	7	2239	179	-6,1
33	7	2202	169	-7,6
34	7	2196	141	-7,9
35	7	2449	58	2,8
36	7	2179	52	-8,6
37	7	2511	77	5,4
38	7	2317	81	-2,8
39	7	2127	81	-11

A7 Ergebnisbericht (Muster) / Report (example)



Bundesamt
für Strahlenschutz

Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)
Fachgebiet UR 1 - Radonmetrologie
Köpenicker Allee 120-130
10318 Berlin
Deutschland

Datum / Date: 22.06.2026
Bericht-ID / Report ID: VPrf2026_LLL1
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>	Bundesamt für Strahlenschutz UR 1 Köpenicker Allee 120-130 10318 Berlin		Laborcode: <i>Laboratory code</i> LLL
			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> BfS Detektor		Bauform: <i>Design</i> BB
Anzahl der Geräte: <i>Number of devices</i>	35	Geräte-Codes: <i>Code of devices</i>	LLL101 – LLL135
Detektormaterial: <i>Detector material</i>	Polycarbonat (Makrofol®)	Detektordicke: <i>Detector thickness</i>	0,3 mm
Gesamt-Detektorfläche: <i>Total detector size</i>	4000 mm²	Ausgewertete Detektorfläche: <i>Analyzed detector size</i>	600 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>		24.04.2026	
Identifikationsnummer im Gesamtbericht: <i>Identification number in comprehensive report</i>		ID	
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 Gebrauchsnormen 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 measured 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 Umgebungsäquivalenzdosisleistung 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.

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

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

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

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 ($g = 1 \dots 4$, Transitgruppe: $g = 0$)
Number of the exposure group ($g = 1 \dots 4$, 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 / Detector type	Anzahl exponierter Geräte / Number of exposed devices	Anzahl Ausreißer / Number of outliers
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 LLL, Setnummer 1, Bauform BB, Identifikationsnummer im Gesamtbericht ID

Table 4: Measurement results for laboratory code LLL, set 1, design BB, Identification number in comprehensive report ID

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]	$P_{mess}/P_{Rn,Ref}$
1	LLL103	6	LLL106	294	0,98	LLL104	441	1,03	LLL101	1383	1,01
2	LLL108	6	LLL110	324	1,08	LLL105	421	0,98	LLL102	1339	0,98
3	LLL115	8	LLL112	298	1,00	LLL107	446	1,04	LLL111	1273	0,93
4	LLL123	4	LLL118	315	1,05	LLL114	452	1,06	LLL116	2450	1,03
5	LLL129	9	LLL119	319	1,07	LLL117	417	0,97	LLL121	2351	0,99
6	LLL132	6	LLL130	320	1,07	LLL124	452	1,06	LLL122	2398	1,01
7	LLL135	7	LLL131	328	1,10	LLL128	462	1,08	LLL127	2434	1,02
Mittelwert/ Mean value [kBq·h/m³]		7		334			442			2435	
Relative Standardabweichung/ Relative standard deviation [%]		24		4,2			3,8			2,7	
Relative Messabweichung/ Relative error [%]				3,3			3,3			2,2	
Untere Grenze / Lower limit					0,60			0,63			0,69
Obere Grenze / Upper limit					1,40			1,37			1,31
Anzahl der Ausreißer/ Number of outliers					0			0			0
Der Expositions- und Transitwert 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					Bewertung der Leistung in der Eignungsprüfung (annehmbar / nicht annehmbar) Evaluation of performance in proficiency testing (acceptable / not acceptable)	annehmbar / acceptable
				Erlaubte Anzahl an Ausreißern/ Allowed number of outliers	2						

Begriffe und Definitionen / Terms and Definitions

Anerkannte Stelle / Recognised body

Eine durch das Bundesamt für Strahlenschutz anerkannte Stelle zur Messung der Radon-Aktivitätskonzentration an Arbeitsplätzen nach § 127 Abs. 1 bzw. § 128 Abs. 2 des Strahlenschutzgesetzes, welche die Bedingungen nach § 155 Abs. 4 der Strahlenschutzverordnung erfüllt.

A measurement institution recognised by the Federal Office for Radiation Protection for the measurement of radon activity concentration at workplaces according to section 127 (1) or section 128 (2) of the Radiation Protection Act that fulfills the requirements of section 155 (4) of the Radiation Protection Ordinance.

Bauform / Instrument type

Details zu den verschiedenen Bauformen, die an der aktuellen Vergleichsprüfung teilgenommen haben, finden sich in Anhang A2.

Details on the different instrument designs that have participated in the current interlaboratory comparison are listed in appendix A2.

Behördlich bestimmte Messstelle / Measuring body

Messstelle zur Bestimmung der beruflichen Exposition durch Radon, welche nach § 169 des Strahlenschutzgesetzes durch die zuständige Behörde bestimmt wird.

Measuring body for the determination of the occupational exposure by radon determined by the competent authority according to section 169 of the Radiation Protection Act.

Boxplot / Box plot

Der Boxplot [18] ist eine grafische Darstellung, bei der mindestens 50 % der Ergebnisse innerhalb der Box liegen. Die schwarze Linie innerhalb der Box zeigt den Medianwert an. Linien unterhalb und oberhalb der Box geben das 5 %- bzw. 95 %-Perzentil an. Einzelne Ergebnisse außerhalb dieses Bereiches können als Punkte angezeigt sein.

A box plot [18] is a graphic presentation. At least 50 % of the results are within the box. The black line within the box indicates the median value. Lines ("whisker") below and above the box indicate the 5 % and 95 % percentile, respectively. Individual results outside of this range can be indicated as points.

Eignungsprüfung / Proficiency testing

Bewerten der Leistung eines Teilnehmers nach zuvor aufgestellten Kriterien durch Vergleiche zwischen Laboratorien (DIN EN ISO/IEC 17043:2010-05)

Evaluation of participant performance against pre-established criteria by means of interlaboratory comparison (DIN EN ISO/IEC 17043:2010-05)

Exposimeter / Exposimeter

Ein Exposimeter ist ein nichtelektronisches, integrierendes Messgerät mit passiver Probenahme und ohne direkte Messwertanzeige. Die Messergebnisse werden nach der Probenahme in einem separaten Auswerteprozess ermittelt. Typische Exposimeter sind Geräte mit Festkörperspurdetektor (FKSD) oder Elektret-Ionisationskammer. Während der Probenahme diffundiert Radon in eine Messkammer mit Detektor. Der Detektor registriert die mit dem radioaktiven Zerfall des Radons (und seiner Folgeprodukte) entstehenden Signale (Spuren bzw. Spannungsabfall) und speichert diese. Der Detektor wird nach Ablauf der Probenahmezeit ausgewertet. Aus dem Auswertungsergebnis (Spurendichte bzw. Spannungsabfall) wird der Wert der Radon-Exposition berechnet.

An exposimeter is a non-electronic integrating measurement instrument with passive sampling and without a display unit. Thus, the measurement result can be determined only after the sampling process by a separate analysis. Typical exposimeters are solid-state nuclear track detectors (SSNTD) or electret ionization

chambers. During the sampling period radon diffuses into a chamber equipped with a detector. The detector records the signals (tracks or voltage drop) caused by the radioactive decay of radon (and its decay products). After the sampling period the detector is analysed. Radon exposure is calculated from the result (track density or total voltage drop).

Expositionsgruppe / Exposure group

Die Messgeräte jedes eingesandten Sets werden durch BfS-Mitarbeiter per Zufallsprinzip in mehrere Gruppen gleicher Größe aufgeteilt. Jede Gruppe wird durch eine laufende Nummer (0 bis 4) eindeutig gekennzeichnet. Die Gruppen 1 bis 4 bilden die Expositionsgruppen, deren Messgeräte in einer Radon-Atmosphäre exponiert werden. Für Elektrete werden drei Expositionsgruppen gebildet.

The measurement instruments of each set are evenly divided into several groups. Each group is labeled with a unique number (0 to 4). Groups 1 to 4 are the exposure groups. Measurement instruments of these groups are exposed to the reference atmospheres. Electrets feature 3 exposure groups.

ID-Nummer / ID number

Die Identifikationsnummer wird zur Pseudonymisierung der Ergebnisse in diesem Gesamtbericht verwendet. Die ID-Nummer wird dem Messgeräteset im individuellen Bericht zugeordnet.

The identification number is employed in this comprehensive report for displaying only pseudonymized results. The assigned ID number is displayed in the individual report of the set.

Messgerätetyp / Measurement instrument type

Der Messgerätetyp ist durch sein Design sowie den physikalischen oder physikalisch-chemischen Prozess zur Ermittlung der Messgröße gekennzeichnet.

The measurement instrument type is characterised by its design and the applied physical-chemical processes for the determination of the measurement value.

Passives Messgerät / Passive measurement instrument

siehe Exposimeter

see Exposimeter

Radon / Radon

In diesem Bericht steht „Radon“ stets für das Isotop Radon-222.

Throughout this report “radon” stands for the isotope radon-222.

Set / Set

Eine teilnehmende Institution muss für jeden Messgerätetyp eine bestimmte Anzahl an Geräten zur Vergleichs- und Eignungsprüfung einreichen. Diese bilden ein Set. Die Anzahl der Geräte pro Set ist abhängig vom Detektortyp. In der Regel bilden 35 Festkörperspurdetektor-Messgeräte bzw. 24 Elektret-Messgeräte ein Set.

Each participant has to supply a certain number of measurement instruments of one type for the interlaboratory comparison and proficiency testing. These form a set. The number of measurement instruments per set depends on the detector type. Typically, it comprises 35 solid-state nuclear track detectors or 24 electret detectors.

Transitgruppe / Transit group

Die Messgeräte der Transitgruppe (Gruppe 0) werden nicht in den Radon-Atmosphären exponiert, sondern über den gesamten Zeitraum der Vergleichsprüfung in einem Raum mit nachweislich geringer Radon-Aktivitätskonzentration gelagert. Der Mittelwert der Auswertungsergebnisse der Transitgruppe ist ein Maß für die Transport- und Lagerungseffekte, denen alle eingesandten Messgeräte ausgesetzt waren (siehe

„Transit-Nulleffekt“).

The measurement instruments of the transit group (group 0) are not exposed in the radon atmospheres. Instead, they are stored in a room with proven low radon activity concentration during the exposure period. The average value of the transit measurement instruments results is an indication for effects related to transport and storage that all measurement instruments of the set were subjected to (see “transit background”).

Transit-Nulleffekt / Transit background

Die Messgeräte sind Transport- und Lagerungseffekten ausgesetzt, die die Messungen beeinflussen können. Dieser „Transit-Nulleffekt“ sollte mit Hilfe der Transitgruppe bestimmt und von den Messergebnissen subtrahiert werden.

Measurement instruments are subject to transport and storage effects that can affect the measurement. The “transit background” should be determined via the transit group and consequently subtracted from the measurement results.

Vergleichsprüfung / Interlaboratory Comparison

Organisation, Durchführung und Bewertung von Messungen oder Prüfungen gleicher oder gleichartiger Prüfgegenstände durch zwei oder mehrere Laboratorien nach vorgegebenen Bedingungen (gemäß DIN EN ISO/IEC 17043:2010-05)

Organization, performance and evaluation of measurements or tests on the same or similar items by two or more laboratories in accordance with predetermined conditions (according to DIN EN ISO/IEC 17043:2010-05)

Abbildungsverzeichnis / *List of Figures*

Abbildung 3-1 Kalibrierkammer im Radon-Kalibrierlaboratorium des BfS (Volumen: 30 m ³) / Figure 3-1 Calibration chamber in the Radon Calibration Laboratory of the BfS (volume: 30 m ³)	13
Abbildung 5-1 Verhältnis von Messwert zu Referenzwert der Messgeräte je Set in der Expositionsgruppe 1 / Figure 5-1 Ratio between measurement and reference value of the measurement instruments per set in exposure group 1	19
Abbildung 5-2 Verhältnis von Messwert zu Referenzwert der Messgeräte je Set in der Expositionsgruppe 2 / Figure 5-2 Ratio between measurement and reference value of the measurement instruments per set in exposure group 2	19
Abbildung 5-3 Verhältnis von Messwert zu Referenzwert der Messgeräte je Set in der Expositionsgruppe 3 / Figure 5-3 Ratio between measurement and reference value of the measurement instruments per set in exposure group 3	20
Abbildung 5-4 Verhältnis von Messwert zu Referenzwert der Messgeräte je Set in der Expositionsgruppe 4 / Figure 5-4 Ratio between measurement and reference value of the measurement instruments per set in exposure group 4	20
Abbildung 5-5 Verhältnis von Messwert und jeweiligem Referenzwert der 39 Messgeräte-Sets in den vier Expositionsgruppen (Gesamtdarstellung) und erlaubter Bereich / Figure 5-5 Ratio between measurement and reference values of the 39 sets of measurement instruments in 4 exposure groups (overview) and admissible range.....	21
Abbildung A3-1 Ablaufschema / Figure A3-1: Time course.....	32

Tabellenverzeichnis / *List of tables*

Tabelle 2-1 Anzahl der einzureichenden Messgeräte und der Expositionsgruppen / <i>Table 2-1 Number of measurement instruments to be submitted and number of exposure groups</i>	9
Tabelle 5-1 Verteilung der Ausreißer der 39 teilnehmenden Sets mit grau unterlegter Markierung des Bereiches zufriedenstellender Leistung sowie die Verteilung der Leistungsbewertung / <i>Table 5-1 Distribution of outliers of the 39 participating sets with highlighted range of satisfactory performance as well as distribution of performance</i>	22
Tabelle A1-1 Institutionen, die an der Vergleichs- und Eignungsprüfung 2026 teilgenommen haben / <i>Table A1-1 Participants of the interlaboratory comparison and proficiency testing 2026</i>	26
Tabelle A2-1 Messgeräte mit Festkörperspurdetektoren oder Elektreten / <i>Table A2-1 Measuring instruments using solid-state nuclear track detectors or electrets</i>	28
Tabelle A4-1 Parameter der Atmosphäre im Lagerraum / <i>Table A4-1 Parameters of the atmosphere in the storage room</i>	33
Tabelle A5-1 Werte der Radon-Atmosphären / <i>Table A5-1 Parameters of the radon atmospheres</i>	35
Tabelle A6-1 Messwerte der Transitgruppe / <i>Table A6-1 Measurement values of the transit group</i>	36
Tabelle A6-2 Ergebnisse der Expositionsgruppe 1 / <i>Table A6-2 Results of exposure group 1</i>	38
Tabelle A6-3 Ergebnisse der Expositionsgruppe 2 / <i>Table A6-3 Results of exposure group 2</i>	39
Tabelle A6-4 Ergebnisse der Expositionsgruppe 3 / <i>Table A6-4 Results of exposure group 3</i>	40
Tabelle A6-5 Ergebnisse der Expositionsgruppe 4 / <i>Table A6-5 Results of exposure group 4</i>	41