



Bundesamt
für Strahlenschutz

Bericht

BfS Vergleichs- und Eignungsprüfung für Radon-Exposimeter 2025

*BfS Interlaboratory Comparison and Proficiency
Testing of Radon Exposimeters 2025*

BfS-71/25

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
De-Mail: epost@bfs.de-mail.de

www.bfs.de

Bitte beziehen Sie sich beim Zitieren dieses Dokumentes immer auf folgende URN:
[urn:nbn:de:0221-2025091555050](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0221-2025091555050)

Juli/2025

Zusammenfassung / Summary

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

Für diese Messungen werden meist 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 Atmosphäre 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 Radonmessungen 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 22. BfS Vergleichs- und Eignungsprüfung vor, die im Jahr 2025 durchgeführt wurde. Der Teilnehmerkreis umfasst sowohl behördlich bestimmte Messstellen nach § 169 des Strahlenschutzgesetzes und anerkannte Stellen nach § 155 der Strahlenschutzverordnung 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 2025 zeigten 31 der 32 teilnehmenden Gerätesets eine zufriedenstellende Leistung. Darunter befanden sich auch alle 6 Messsysteme der in diesem Jahr teilnehmenden Messstellen und anerkannten Stellen mit eigenem Auswertelabor. 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 measurement instruments as well as the analysis 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 measurement instruments are exposed in a controlled way in 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 22nd BfS interlaboratory comparison and proficiency testing, which was performed in 2025. 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 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 2025, 31 of 32 instrument sets from participating institutions have shown a satisfactory performance in proficiency testing. This includes all of the 6 sets of measurement instruments of the participating measuring bodies 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 in der Vergleichsprüfung / <i>Results of the Interlaboratory Comparison</i>	18
5.3 Ergebnisse in 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 teilzunehmen. 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 zu prüfenden Messgeräte 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 measurement instruments to be tested 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 wird etwa zwei Monate vor deren Beginn angekündigt. Allgemeine Informationen werden auf der Internetseite des Bundesamtes für Strahlenschutz [10] sowie im Europäischen Informationssystem über Eignungsprüfungen EPTIS bereitgestellt, das als Internetdatenbank verfügbar ist [11]. Des Weiteren wird 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 registrieren sich bis zu dem in der Ankündigung genannten Termin mit dem bereitgestellten Anmeldeformular beim Bundesamt für Strahlenschutz, Fachgebiet Radonmetrologie (UR 1). Bei gesetzlich verpflichtender Teilnahme ist auch 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 die gesetzlich vorgegebene Erfordernis zur Teilnahme (siehe Kapitel 1.1) einfließt. Für jeden Messgerätetyp muss ein vollständiges Set von Messgeräten eingesendet werden, die jeweils einzeln nach Vorgabe des BfS von den teilnehmenden Institutionen eindeutig gekennzeichnet sind.

Die eingereichten Messgeräte verbleiben zunächst in den Originalverpackungen und werden in einem Lagerraum mit geringer Radonkonzentration aufbewahrt (siehe Anhang A4). Zur Kontrolle der Lagerbedingungen werden die Radon-Aktivitätskonzentration, die Umgebungsäquivalentdosisleistung, die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit aufgezeichnet. Vor Beginn der Prüfungen wird eine Eingangskontrolle durchgeführt, bei der die Vollständigkeit, Unversehrtheit und eindeutige Kennzeichnung der Messgeräte geprüft wird. Eine Information an die teilnehmende Institution erfolgt, wenn defekte Messgeräte festgestellt werden oder die Messgeräteelieferung unvollständig ist. Bei unvollständiger oder nicht eindeutiger Kennzeichnung der Messgeräte wird eine neue Kennzeichnung vergeben.

Die Geräte eines Sets werden 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 Messgeräte vorliegen, werden diese nach Möglichkeit berücksichtigt. Nach der Vorbereitung der Messgeräte (Entnahme aus der Originalverpackung, Versetzen in Messbereitschaft, Einteilung in Gruppen) erfolgt die kontrollierte Lagerung der Geräte in einem Lagerraum mit geringer Radon-Aktivitätskonzentration. Die Messgeräte der Transitgruppe verbleiben bis zum Versand in diesem Lagerraum.

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

Vor der Auswertung erhalten 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 werden zu Korrekturzwecken mitgeteilt.

Die teilnehmenden Institutionen werten die Messgeräte aus und stellen für jedes Messgerät den Messwert der Radon-Exposition fest. Die Berücksichtigung von Transiteffekten liegt im Ermessen der Institution. Die Werte werden an das Bundesamt für Strahlenschutz übermittelt und dienen als Grundlage für die Endauswertung.

The Federal Office for Radiation Protection announces the interlaboratory comparison and proficiency testing about two months in advance. General information is 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 are considered with an announcement of the comparison.

Interested institutions can register for participation until deadline by submitting the application form to the Federal Office for Radiation Protection, section Radon Metrology (UR 1). Institutions that are legally obligated to participate can also 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). For each type of measurement instrument, a complete set has to be supplied with each measurement instrument clearly labelled by the participant according to BfS instruction.

The submitted measurement instruments initially remain in the original packaging and are 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 are monitored. At first, an entry check is carried out, where the completeness, integrity and clear labelling of the measurement instruments are checked. In case of defective measurement instruments or incomplete delivery, an information is sent to the participating institution. If labelling of the measurement instruments is incomplete or unclear, new labelling is issued.

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

The measurement instruments from the exposure groups are removed from the storage room and subjected to different radon atmospheres for a defined period of time. After exposure, the measurement instruments are 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, the measurement instruments are stored again in the storage room. After the termination of all exposures, the measurement instruments are assorted and repacked using radon-proof bags or as specified by the participant. Subsequently, the measurement instruments are returned to the participant.

Prior to the analysis of the detectors 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 devices to the exposure groups. Only the identification numbers of measurement instruments in the transit group are given for measures of correction.

The participants analyse each measurement instrument for its value for radon exposure. In this process it is the decision of the participant to take transit effects into account. The values are communicated to the Federal Office for Radiation Protection for the final analysis.

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 „zufriedenstellend“ 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 zufriedenstellend“ bewertet.

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

Die Ursachen für eine nicht zufriedenstellende 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 “satisfactory” 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 satisfactory”.

Each year, about 6 % of the participating sets show an unsatisfactory 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-satisfactory 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, 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 das Verhältnis $R_{g,i}$ aus Messwert und Referenzwert berechnet (siehe Formel (4)). Dieses muss innerhalb eines zulässigen Bereiches liegen, der durch eine untere Grenze UG und eine obere Grenze OG definiert ist (siehe Formel (5)) [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 „zufriedenstellend“ bewertet. Andernfalls wird die Leistung als „nicht zufriedenstellend“ 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. This ratio is required to be within an admissible range defined by a lower limit (UG) and an upper limit (OG) (equation (5)) [12]. These limits are defined in equation (6) and (7), respectively. Two decimal places are considered.

Measurement values of a participant's instrument 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 "satisfactory" if the number of outliers does not exceed this value. Otherwise, the performance is "not satisfactory".

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 2025 haben 29 Institutionen mit insgesamt 32 Messgerätesets teilgenommen (Überblick über die Sets siehe Anhang A2). Zwei weitere zugelassene Institutionen haben 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 Zuordnung von Ergebnissen zu den teilnehmenden Institutionen zulassen.

In 2025, 29 institutions with a total of 32 sets of measurement instruments have participated in the interlaboratory comparison (see appendix A2 for an overview). Two other institutions have 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. These do neither refer to instrument types nor to participants.

5.2 Ergebnisse der Vergleichsprüfung / Results of the Interlaboratory Comparison

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

Der Mittelwert des Betrages der relativen Messabweichungen aller teilnehmenden Sets vom jeweiligen Referenzwert der Expositionsgruppe liegt bei $(7 \pm 5) \%$. 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 absolute values of the relative errors of all participating sets from the respective reference values is $(7 \pm 5) \%$. 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.

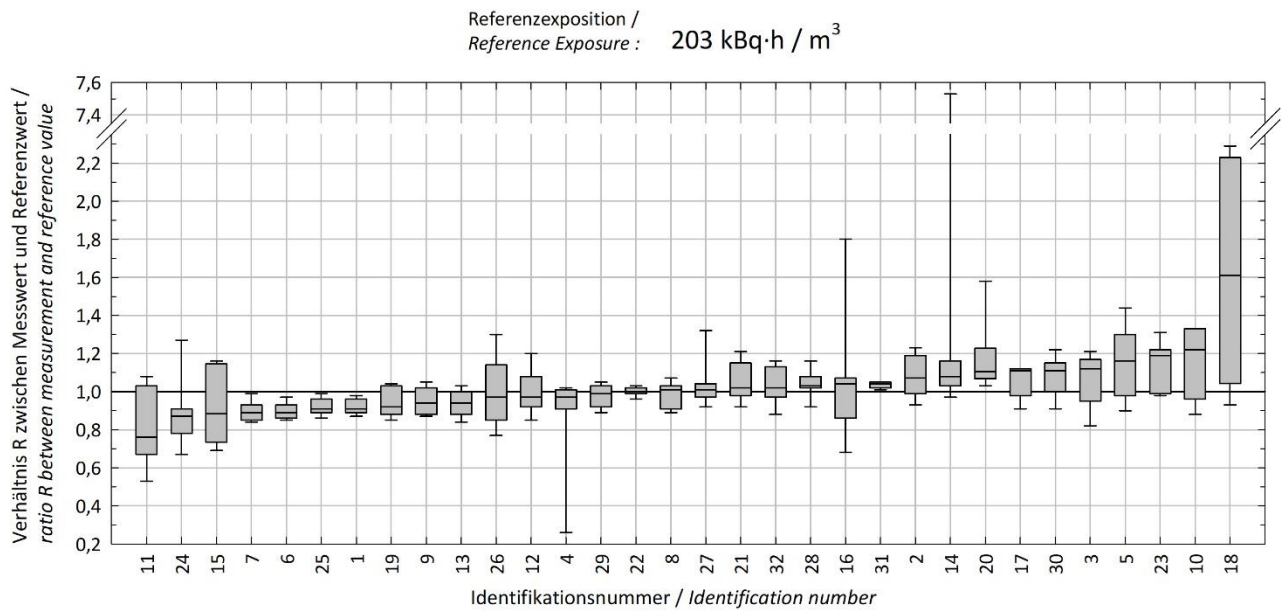


Abbildung 5-1 Verhältnis von Messwert zu Referenzwert der Messgeräte je Set in der Expositionsgruppe 1 /
Figure 5-1 Ratio between measurement and reference value of the measurement instruments per set in exposure group 1

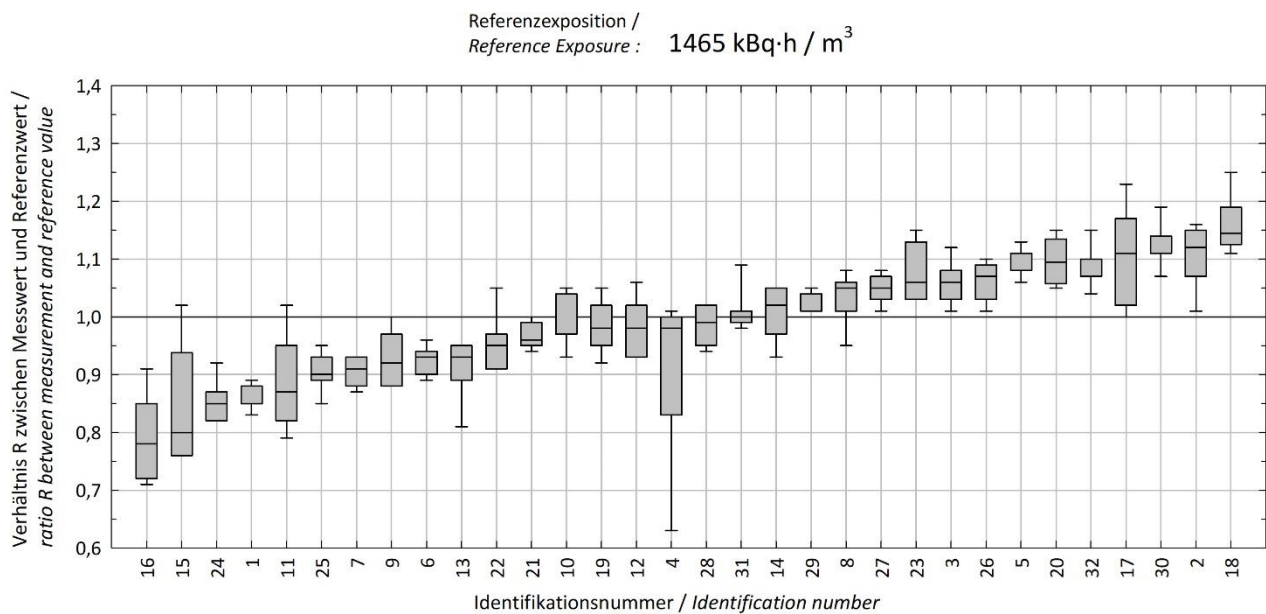


Abbildung 5-2 Verhältnis von Messwert zu Referenzwert der Messgeräte je Set in der Expositionsgruppe 2 /
Figure 5-2 Ratio between measurement and reference value of the measurement instruments per set in exposure group 2

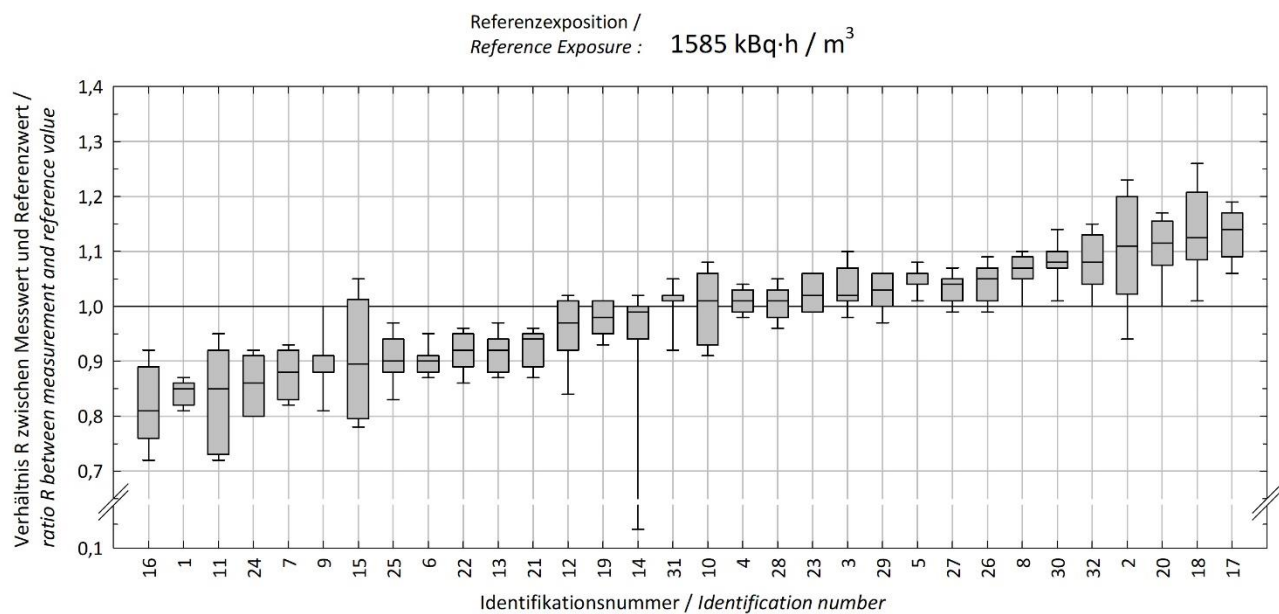


Abbildung 5-3 Verhältnis von Messwert zu Referenzwert der Messgeräte je Set in der Expositionsgruppe 3 /
Figure 5-3 Ratio between measurement and reference value of the measurement instruments per set in exposure group 3

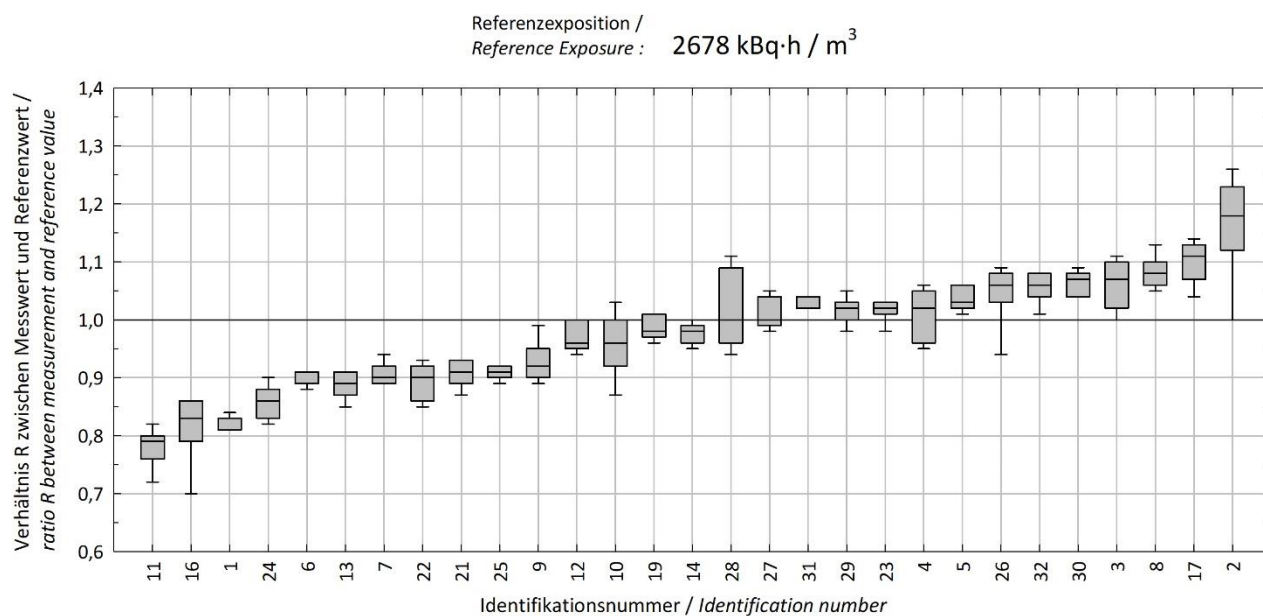


Abbildung 5-4 Verhältnis von Messwert zu Referenzwert der Messgeräte je Set in der Expositionsgruppe 4 /
Figure 5-4 Ratio between measurement and reference value of the measurement instruments per set in exposure group 4

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 der teilnehmenden Messgerätesets in der Auswertung in einem Boxplot gezeigt. Es handelt sich um 1087 Einzelmesswerte der 29 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 2025 innerhalb der sogenannten Trompetenkurve (siehe Kapitel 4.2).

Die Leistungsbewertung eines 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. 31 der 32 teilnehmenden Sets (97 %) haben die Leistungsbewertung „zufriedenstellend“ erhalten. Lediglich ein Set von Elektret-Detektoren zeigte mit mehr als zwei Ausreißern eine „nicht zufriedenstellende“ Leistung. Insgesamt 5 Sets von FKSD-Messgeräten und 1 Elektret-Set wiesen zwar ebenfalls Ausreißer auf, blieben aber unter der erlaubten Grenze.

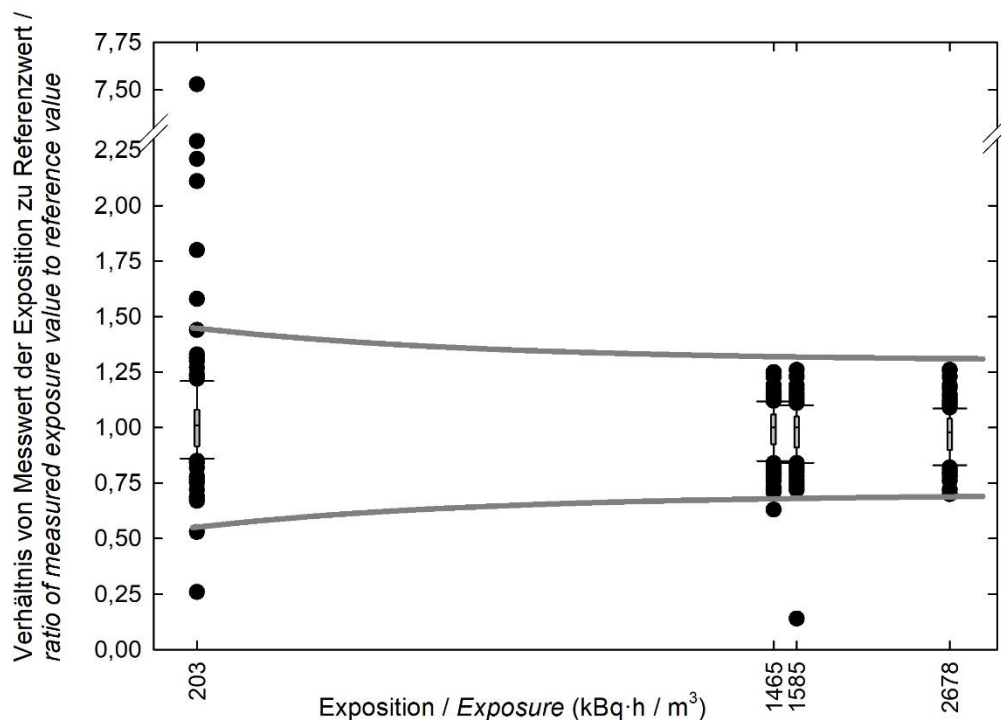


Abbildung 5-5 Verhältnis von Messwert und jeweiligem Referenzwert der 32 Messgeräte-Sets in den vier Expositionsgruppen (Gesamtdarstellung) und erlaubter Bereich / Figure 5-5 Ratio between measurement and reference values of the 32 sets of measurement instruments in 4 exposure groups (overview) and admissible 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 1087 measurements values of the 29 FKSD 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 2025 (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 devices of the 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, 31 of 32 participating sets (97 %) have fulfilled the criteria of the proficiency testing. Their performance is evaluated as “satisfactory”. Only one set with electret ionization chamber design showed an “unsatisfactory” performance with more than two outliers. 5 sets with solid state nuclear track detector design and another electret set that also featured outliers stayed below the admissible limit.

Tabelle 5-1 Verteilung der Ausreißer der 32 teilnehmenden Sets mit grau unterlegter Markierung des Bereiches zufriedenstellender Leistung sowie die Verteilung der Leistungsbewertung / Table 5-1 Distribution of outliers of the 32 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	24	1	
1	3	1	
2	2	0	
>2	0	1	
Leistungsbewertung Performance	FKSD SSNTD	Elektret Electret	Gesamt Total
zufriedenstellend satisfactory	29	2	31
nicht zufriedenstellend unsatisfactory	0	1	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 sowie den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Fachgebietes UR 1 Radonmetrologie, die bei der Durchführung der 22. Vergleichs- und Eignungsprüfung 2025 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 as well as to the members of section UR 1 Radon Metrology, who have contributed to this 22nd interlaboratory comparison 2025.

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 2025 teilgenommen haben /
Table A1-1 *Participants of the interlaboratory comparison and proficiency testing 2025*

Teilnehmende Institution / <i>Participant</i>	Land / <i>Country</i>
AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH Radon und Radioökologie	Österreich <i>Austria</i>
ARPACAL DAP CATAZANZARO Laboratorio Fisico Ettore Majorana	Italien <i>Italy</i>
Babes-Bolyai University Faculty of Environmental Science and Engineering - "Constantin Cosma" Radon Laboratory	Rumänien <i>Romania</i>
Bundesamt für Strahlenschutz UR 1 Radonmetrologie	Deutschland <i>Germany</i>
Calidad Radiologica S.L.	Spanien <i>Spain</i>
Direction de la Santé Laboratoire des Analyses Radiologiques	Luxemburg <i>Luxembourg</i>
ENEA Radon Service	Italien <i>Italy</i>
Hirosaki University Professor Shinji Tokonami Institute of Radiation Emergency Medicine	Japan <i>Japan</i>
Horia Hulubei National Institute for Research and Development in Physics and Nuclear Engineering (IFIN-HH) Ionizing Radiation Metrology Laboratory (LMRI)	Rumänien <i>Romania</i>
IST-LPSR Campus Tecnologico e Nuclear	Portugal <i>Portugal</i>
Keskkonnaamet kliima- ja kiirgusosakond	Estland <i>Estland</i>
LABORAD SRL	Italien <i>Italy</i>
Laboratorio di Radioattività Lab.RAD CeSMA Advanced Metrological and Technological Service Centre	Italien <i>Italy</i>
Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz	Deutschland <i>Germany</i>
Landesanstalt für Personendosimetrie und Strahlenschutz Ausbildung Mecklenburg-Vorpommern	Deutschland <i>Germany</i>
LaRUC Universidad de Cantabria	Spanien <i>Spain</i>
Materialprüfungsamt NRW	Deutschland <i>Germany</i>

Teilnehmende Institution / Participant	Land / Country
Mi.am S.r.l.	Italien <i>Italy</i>
Radiation and Nuclear Safety Authority (STUK)	Finnland <i>Finland</i>
Radon Aware Group Ltd	Irland <i>Ireland</i>
Radonanalys GJAB	Schweden <i>Sweden</i>
Radonova Laboratories AB	Schweden <i>Sweden</i>
Radosys KFT.	Ungarn <i>Hungary</i>
Seibersdorf Labor GmbH Radiation Safety & Applications	Österreich <i>Austria</i>
Turkish Energy, Nuclear and Mineral Research Agency Nuclear Energy Research Institute Yarimburgaz Mah.	Türkei <i>Turkey</i>
Turkish Energy, Nuclear and Mineral Research Agency Nuclear Energy Research Institute Health Physics and Dosimetry Services Group Radon Monitoring Lab	Türkei <i>Turkey</i>
Universitat Rovira i Virgili Laboratori de radó Facultat de Medicina i Ciències de la Salut	Spanien <i>Spain</i>
White Lab S.r.l. - U-Series	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]
AA		CR-39	0,9	100	52	20 – 2 000
AD		CR-39	1,5	290	160	25 – 50 000
			1,5	290	160	120 -225 000
AG		LR-115	0,012	200	200	45 – 5 000
AH		Makrofol®	0,25	2 580,75	757	20 – 17 000
B		CR-39	1,5	440	210	25 – 50 000

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]
C		CR-39	1	100	55,7	30 – 80 000
D		Makrofol®	0,3	4 000	600	100 – 15 000
GA		Elektret (Teflon®)	k.A. / n.s.	44,2	8,6	50 – 1 600
GB		Elektret (Teflon®)	0,127	3 421	n.z. / n.a.	50 – 3 000
			n.z. / n.a.	k.A. / n.s	n.z. / n.a.	16 – 3 526
L		CR-39	0,8	100	10	500 – 3 000

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]
N		CR-39	0,9	100	52	20 – 20 000
			1	100	55,7	30 – 75 000
			1	100	52	150 – 3 000
			1	100	50	40 – 8 000
			1	100	50	40 – 8 000
			k.A. / n.s.	100	52	50 – 10 000
			1	100	51,7	40 – 12 000
			1	100	46,8	20 – 12 000
			3	100	50	k.A. / n.s. – 12 000
			1	100	51,7131	150 – 2 000
			0,9	100	50	50 – 8 000
O		LR-115	0,115	900	246	5 – 20 000
P		CR-39	1,5	625	about 100	<100 – 40 000
			1,5	625	221	25 – 4 000
			1,5	625	100	1 – 10 000

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]
T		CR-39	1,4	900	42	20 – 15 000
U		CR-39	1,5	225	68	25 – 16 000
			1x2	25x25	10x10	60 – 60 000
			15	625	104	146 – 4 673
			1,5	15x15	12x10	20 – 40 000

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

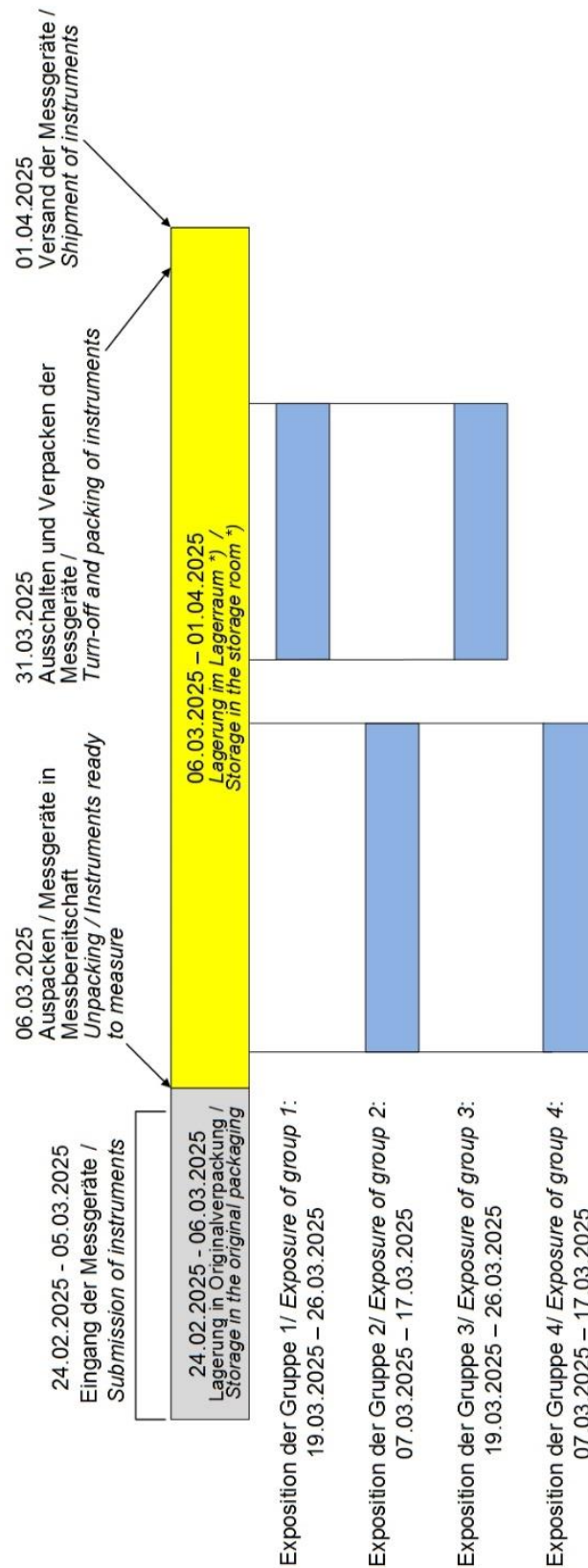


Abbildung A3-1 Ablaufschema / Figure A3-1: Time course

Erläuterung zu Abbildung A3-1 / Explanation for figure A3-1: *) Messgeräte ausgepackt und messbereit / Measurement instruments unpacked and ready for measurement

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]
8	5	40	8	16	1	1007	3	72	5

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*

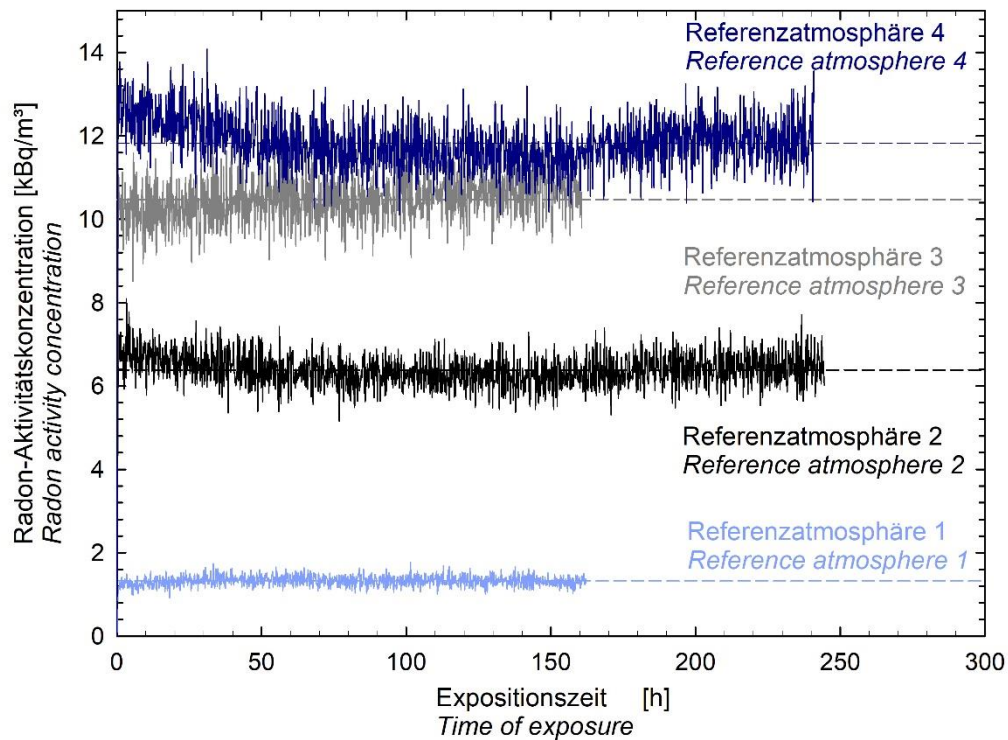


Abbildung A5-1 Zeitlicher Verlauf der Radon-Aktivitätskonzentrationen der Radon-Atmosphären / *Figure A5-1 Radon activity concentration of the radon atmospheres over the time of exposure*

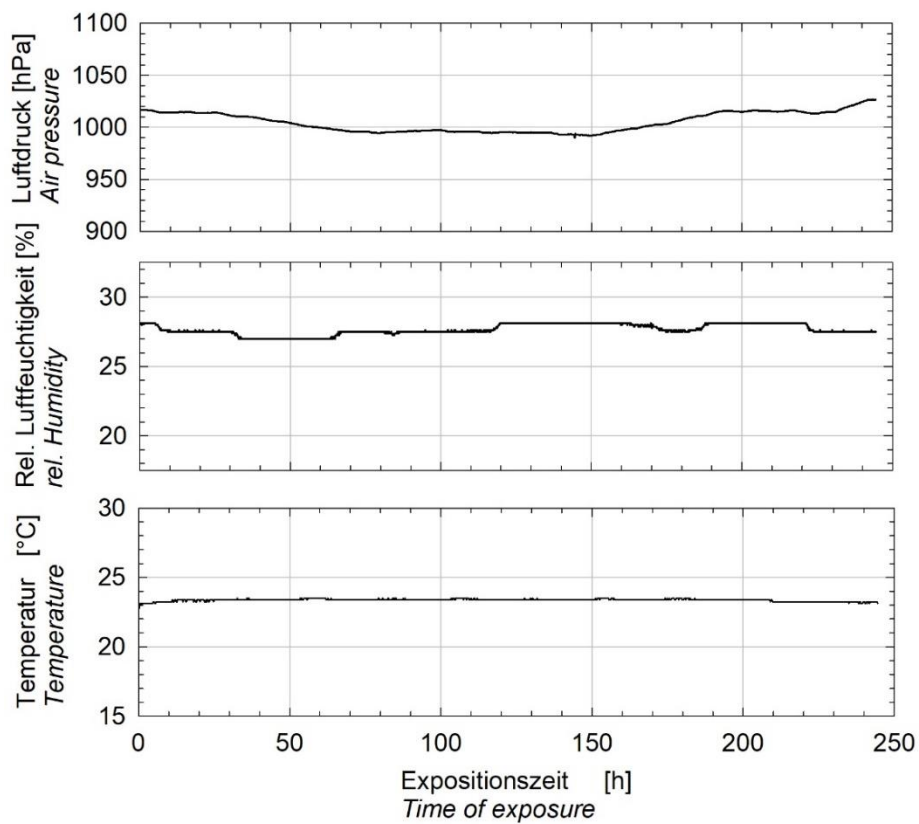


Abbildung A5-2 Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit und Luftdruck exemplarisch für Expositiongruppe 2 / *Figure A5-2 Temperature, relative humidity and air pressure during exposure group 2 as an example*

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	19.03.-26.03.2025	162,2	1,25	0,06	203	30	22	16	1015
2	07.03.-17.03.2025	244,5	5,99	0,30	1465	30	22	20	1007
3	19.03.-26.03.2025	160,7	9,86	0,41	1585	11	23	12	1014
4	07.03.-17.03.2025	241,0	11,11	0,47	2678	11	23	17	1007

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 mit einer erweiterten Messunsicherheit von 0,6 °C ($k = 2$), Mittelwert der relativen Luftfeuchtigkeit r.H. mit einer erweiterten Messunsicherheit von 8 % ($k = 2$) und Mittelwert des Luftdrucks p mit einer erweiterten Messunsicherheit von 1 hPa ($k = 2$).

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 with an expanded uncertainty of 0.6 °C ($k = 2$), the mean value of relative humidity r.H. with an expanded uncertainty of 8 % ($k = 2$) and the mean value of air pressure p with an expanded uncertainty of 1 hPa ($k = 2$).

A6 Messwerte / Measurement values

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

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]	Transit-Effekt berücksichtigt? <i>Transit effect taken into account?</i>
1	7	12	2	Ja / Yes
2	7	12	4	Ja / Yes
3	7	47	13	Ja / Yes
4	7	12	5	Ja / Yes
5	7	53	7	Ja / Yes
6	7	45	12	Ja / Yes
7	7	13	6	Ja / Yes
8	7	6	3	Ja / Yes
9	7	13	8	Ja / Yes
10	7	12	8	Ja / Yes
11	7	28	6	Ja / Yes
12 ¹	5	12	4	Ja / Yes
13	7	9	5	Nein / No
14	7	21	10	Nein / No
15	6	61	13	Ja / Yes
16	7	34	20	Nein / No
17	7	6	8	Ja / Yes
18	6	93	149	Ja / Yes
19	7	8	3	Nein / No
20	6	25	3	Ja / Yes
21	7	44	24	Ja / Yes
22	7	20	6	Nein / No
23 ²	7	-	-	Ja / Yes
24	7	15	16	Nein / No
25	7	11	5	Ja / Yes
26	7	19	20	Nein / No
27	7	30	8	Ja / Yes
28	7	16	3	Ja / Yes
29	7	26	7	Ja / Yes
30	7	33	20	Ja / Yes
31	7	22	2	Ja / Yes
32	7	17	8	Ja / Yes

¹ Berechnung nach Kanisch [16] / Calculation according to Kanisch [16]

² Es wurden keine Messwerte berichtet. / No measurement values were reported.

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 Messwerte der Radon-Messgeräte wurden den jeweiligen Expositionsgruppen zugeordnet. Es lag in der Verantwortung der teilnehmenden Institution, bei der Angabe der Messwerte der exponierten Messgeräte den Transit-Nulleffekt in geeigneter Weise zu berücksichtigen. Für jede Expositionsgruppe wurden Mittelwert und Standardabweichung der von der teilnehmenden Institution ermittelten Radon-Expositionen berechnet und angegeben. Die Nettoexposition (Differenz aus dem Mittelwert der Messwerte der jeweiligen Expositionsgruppe und dem Mittelwert der Transitgruppe) wurde nicht durch das BfS ermittelt. 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.

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 the radon instruments tested were assigned to the exposure groups. The net exposure (difference between the mean values of the exposure group and the transit group) was not calculated by the BfS. It was in the responsibility of each participating laboratory to decide whether and how to take account of the indications of their transit group instruments for the evaluation of the exposed instruments. 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.

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

ID- Nummer <i>ID- Number</i>	Messgeräte- anzahl <i>Number of instruments</i>	Mittelwert <i>Mean value</i> [kBq·h/m ³]	Standard- abweichung <i>Standard deviation</i> [kBq·h/m ³]	Referenzwert <i>Reference value</i> $P_{Rn,Ref}$ [kBq·h/m ³]	relative Mess- abweichung <i>Relative error</i> [%]
1	7	187	9	203	-7,9
2	7	220	22		8,4
3	7	215	29		6,0
4	7	178	57		-13,0
5	7	235	38		16
6	7	182	9		-11
7	7	182	11		-11
8	7	202	14		-0,5
9	7	194	15		-4,5
10	7	233	37		15
11	7	164	40		-20
12	7	203	24		0,0
13	7	191	15		-6,0
14	7	404	497		100
15	6	187	40		-7,9
16	7	218	72		7,4
17	7	214	18		5,5
18	6	330	131		63
19	7	193	16		-5,0
20	6	237	41		17,0
21	7	215	21		6,0
22	7	204	5		0,5
23	7	231	26		14
24	7	181	38		-11
25	7	187	9		-7,9
26	7	203	37		0,0
27	7	211	27		4,0
28	7	212	16		4,5
29	7	198	13		-2,5
30	7	219	22		7,9
31	7	211	4		4,0
32	7	209	21		3,0

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

ID- Nummer <i>ID- Number</i>	Messgeräte- anzahl <i>Number of instruments</i>	Mittelwert <i>Mean value</i> [kBq·h/m ³]	Standard- abweichung <i>Standard deviation</i> [kBq·h/m ³]	Referenzwert <i>Reference value</i> $P_{Rn,Ref}$ [kBq·h/m ³]	relative Mess- abweichung <i>Relative error</i> [%]
1	7	1261	33	1465	-14
2	7	1622	83		11
3	7	1555	50		6,2
4	7	1339	205		-8,7
5	7	1597	37		9,1
6	7	1352	36		-7,8
7	7	1326	34		-9,5
8	7	1516	61		3,5
9	7	1361	70		-7,1
10	7	1448	64		-1,2
11	7	1294	116		-12
12	7	1440	73		-1,8
13	7	1338	71		-8,7
14	7	1474	68		0,7
15	6	1237	151		-16
16	7	1154	110		-22
17	7	1613	118		11
18	6	1696	71		16
19	7	1448	62		-1,2
20	6	1607	55		9,7
21	7	1413	33		-3,6
22	7	1398	72		-4,6
23	7	1578	72		7,8
24	7	1249	54		-15
25	7	1326	51		-9,5
26	7	1556	45		6,3
27	7	1534	36		4,8
28	7	1447	49		-1,3
29	7	1510	24		3,1
30	7	1645	55		13
31	7	1482	53		1,2
32	7	1599	49		9,2

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

ID- Nummer <i>ID- Number</i>	Messgeräte- anzahl <i>Number of instruments</i>	Mittelwert <i>Mean value</i> [kBq·h/m ³]	Standard- abweichung <i>Standard deviation</i> [kBq·h/m ³]	Referenzwert <i>Reference value</i> $P_{Rn,Ref}$ [kBq·h/m ³]	relative Mess- abweichung <i>Relative error</i> [%]
1	7	1337	33	1585	-16
2	6	1750	162		11
3	7	1636	62		3,3
4	7	1601	32		1,1
5	7	1661	34		4,8
6	7	1429	40		-9,9
7	7	1396	68		-12
8	7	1689	52		6,6
9	7	1416	90		-11
10	7	1576	107		-0,6
11	7	1314	149		-18
12	7	1518	104		-4,3
13	7	1446	56		-8,8
14	7	1369	510		-14
15	6	1430	174		-9,8
16	7	1294	115		-19
17	7	1788	74		13
18	6	1802	138		14
19	7	1545	45		-2,6
20	6	1759	91		11
21	7	1465	55		-7,6
22	7	1455	54		-8,3
23	7	1622	50		2,4
24	7	1357	74		-15
25	7	1440	74		-9,2
26	7	1650	55		4,2
27	7	1634	45		3,1
28	7	1597	47		0,8
29	7	1623	52		2,4
30	7	1713	62		8,1
31	7	1592	63		0,5
32	7	1719	83		8,5

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

ID- Nummer <i>ID- Number</i>	Messgeräte- anzahl <i>Number of instruments</i>	Mittelwert <i>Mean value</i> [kBq·h/m ³]	Standard- abweichung <i>Standard deviation</i> [kBq·h/m ³]	Referenzwert <i>Reference value</i> $P_{Rn,Ref}$ [kBq·h/m ³]	relative Mess- abweichung <i>Relative error</i> [%]
1	7	2206	28	2678	-18
2	7	3112	231		17
3	7	2849	109		6,4
4	7	2704	123		1,0
5	7	2777	60		3,7
6	7	2397	32		-11
7	7	2433	44		-9,2
9	7	2490	94		-7,1
10	7	2557	143		-4,6
11	7	2092	88		-22
12	7	2605	65		-2,8
13	7	2377	55		-12
14	7	2607	50		-2,7
16	7	2170	150		-19
17	7	2944	99		10
18	7	2788	133		4,2
19	7	2646	51		-1,2
21	7	2426	61		-9,5
22	7	2390	86		-11
23	7	2720	47		1,6
24	7	2291	83		-15
25	7	2436	34		-9,1
26	7	2906	69		8,6
27	7	2712	75		1,3
28	7	2722	178		1,7
29	7	2721	60		1,7
30	7	2854	54		6,6
31	7	2750	24		2,7
32	7	2827	66		5,6

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: 23.06.2025
Bericht-ID / Report ID: VPrf2025_LLL1
Seite 1 von 7 / Page 1 of 7

BfS-Vergleichs- und Eignungsprüfung für Radon-Exposimeter 2025 Ergebnisse

*BfS Interlaboratory Comparison and Proficiency Testing of Radon Exposimeters 2025
Results*

Teilnehmende Institution: <i>Participant</i>	Bundesamt für Strahlenschutz UR1 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> Detektorname		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>	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>		16.05.2025	
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> ☒ zufriedenstellend / <i>satisfactory</i> . ☐ nicht zufriedenstellend / <i>unsatisfactory</i> .			
Datum <i>Date</i>	Koordinatorin <i>Coordinator</i>	Bearbeitende Personen <i>Persons in charge</i>	
23.06.2025	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 Messgrößen Radon-222-Aktivitätskonzentration in Luft und potenzielle Alphaenergiekonzentration der kurzlebigen Radon-222-Folgeprodukte in Luft (PAEC) akkreditiert. Alle für die Vergleichsprüfung relevanten Messungen unterliegen einem akkreditierten Qualitätsmanagementsystem und sind auf die jeweiligen nationalen Normale zurückgeführt.

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

Zur Vergleichsprüfung zugelassen wurden nur Detektoren geschlossenen Typs (mit Diffusionsbarriere). Die 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). Die verbleibenden Gruppen wurden jeweils den verschiedenen Referenzatmosphären ausgesetzt. 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 (DAkkS, registry no. D-K-15063-01-00) for the calibration of measurands activity concentration of radon-222 in air and potential alpha energy concentration of the short-lived radon decay products. All relevant measurements concerning the interlaboratory comparison are subject to an accredited quality management system. In total four Radon-222 reference atmospheres were generated in different stainless-steel containers. Only radon exposimeters of closed type (with diffusion barrier) were accepted for participation in the interlaboratory comparison. The exposimeters submitted by the participant were separated into 5 groups with 7 devices each. One of the groups was used as a transit group to determine effects of transport and storage. Each of the remaining groups was exposed in one of the reference atmospheres. After exposure the instruments were returned to the participant for evaluation without disclosing the exposure data. Exposure data are summarised in table 1. The exposure period 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 <i>Exposure group</i>	Datum (von – bis) <i>Date (from – to)</i> 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	19.03.-26.03.2025	162,2	1,25	0,06	203	22	16	1015
2	07.03.-17.03.2025	244,5	5,99	0,30	1465	22	20	1007
3	19.03.-26.03.2025	160,7	9,86	0,41	1585	23	12	1014
4	07.03.-17.03.2025	241,0	11,11	0,47	2678	23	17	1007

Lagerbedingungen der Transitgruppe / Storage conditions of the transit group

Zu Beginn der Expositionsphase wurden alle Radonexposimeter 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 (28 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.

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 (28 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.

Tabelle 2: Parameter der Atmosphäre des Lageraums / 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]
8	5	40	8	16	1	1007	3	72	5

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

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.

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

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

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

g Nummer der Expositionsgruppe ($g = 1 \dots 4$, Transitgruppe: $g = 0$)
Number of the exposure group ($g = 1 \dots 4$, transit group: $g = 0$)

n Anzahl der Messwerte der entsprechenden Expositionsgruppe
Number of measurement values of the corresponding exposure group

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

Verfahren der Eignungsprüfung / Proficiency Testing Scheme

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

Für jede Expositionsgruppe g wurde der Wert für die untere Grenze UG_g und die obere Grenze OG_g ermittelt. Werte von $x_{g,i}/X_g$, die außerhalb dieser Grenzen liegen, sind in Tabelle 4 rot markiert. Es werden zwei Nachkommastellen der relativen Abweichung berücksichtigt. Übersteigt die Summe der Ausreißer für alle Gruppen g nicht den in Tabelle 3 genannten Wert, wird die Leistung in der Eignungsprüfung als „zufriedenstellend“ bewertet. Andernfalls wird die Leistung als „nicht zufriedenstellend“ bewertet. Fehlende Messwerte werden als Ausreißer gewertet.

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

The lower limit UG_g and the upper limit OG_g are determined for each exposure group g , respectively. Values $x_{g,i}/X_g$ that are outside of these limits are marked in red in table 4. Two decimal places of the deviation value are taken into account. If the total number of outliers does not exceed the number given in table 3 the performance is evaluated as "satisfactory". Otherwise, the performance is evaluated as "unsatisfactory". Missing values are treated as outliers.

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

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

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

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

Gesamtbericht

Das BfS veröffentlicht einen Gesamtbericht zur Vergleichs- und Eignungsprüfung 2025, der die pseudonymisierten Ergebnisse aller Teilnehmer enthält.

BfS publishes a comprehensive report on the interlaboratory comparison and proficiency testing 2025. This report contains the pseudonymized results of all participants.

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 2025

Bfs Interlaboratory Comparison and Proficiency Testing of Radon Exposimeters 2025

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		1				2				3				4			
Referenzwert der Rn-222- Exposition/ Reference exposure to radon-222		203				1465				1585				2678			
$P_{Rn,Ref}$ [kBq·h/m³]																	
Nummer / Number	Messgeräte- Code/ Code of device	Anzeigewert/ Indication [kBq·h/m³]	Messgeräte- Code/ Code of device	$P_{mess} / P_{Rn,Ref}$	Messgeräte- Code/ Code of device	Anzeigewert/ Indication [kBq·h/m³]	$P_{mess} / P_{Rn,Ref}$	Messgeräte- Code/ Code of device	Anzeigewert/ Indication [kBq·h/m³]	$P_{mess} / P_{Rn,Ref}$	Messgeräte- Code/ Code of device	Anzeigewert/ Indication [kBq·h/m³]	$P_{mess} / P_{Rn,Ref}$	Messgeräte- Code/ Code of device	Anzeigewert/ Indication [kBq·h/m³]	$P_{mess} / P_{Rn,Ref}$	
1	LLL102	6	LLL103	173	0,85	LLL105	1355	0,92	LLL101	1505	0,95	LLL106	2582	0,96			
2	LLL104	8	LLL114	187	0,92	LLL112	1437	0,98	LLL109	1549	0,98	LLL107	2680	1,00			
3	LLL108	7	LLL116	185	0,91	LLL113	1480	1,01	LLL111	1540	0,97	LLL119	2705	1,01			
4	LLL110	12	LLL122	203	1,00	LLL117	1536	1,05	LLL115	1559	0,98	LLL120	2610	0,97			
5	LLL118	5	LLL126	210	1,03	LLL121	1398	0,95	LLL125	1596	1,01	LLL123	2706	1,01			
6	LLL124	11	LLL129	212	1,04	LLL128	1497	1,02	LLL127	1593	1,01	LLL132	2620	0,98			
7	LLL130	10	LLL131	179	0,88	LLL134	1436	0,98	LLL133	1472	0,93	LLL135	2618	0,98			
Mittelwert/ Mean value [kBq·h/m³]	8			193			1448			1545			2646				
Relative Standardabweichung/ Relative standard deviation [%]	33			8,1			4,3			3,0			1,9				
Relative Messabweichung/ Relative error [%]				-5,0			-1,2			-2,6			-1,2				
Untere Grenze / Lower limit					0,55			0,68			0,68					0,69	
Obere Grenze / Upper limit					1,45			1,32			1,32					1,31	
Anzahl der Ausreißer/ Number of outliers					0			0			0					0	
Der Expositions- und Eignungsprüfung 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		Erlaubte Anzahl an Ausreißern/ Allowed number of outliers		Bewertung der Leistung in der Eignungsprüfung (zufriedenstellend / nicht zufriedenstellend)/ Evaluation of performance in proficiency testing (satisfactory / unsatisfactory)		zufriedens- tollend / satisfactory							
				0		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) / <i>Figure 3-1: Calibration chamber in the Radon Calibration Laboratory of the BfS (volume: 30 m³)</i>	13
Abbildung 5-1 Verhältnis von Messwert zu Referenzwert der Messgeräte je Set in der Expositionsgruppe 1 / <i>Figure 5-1: Ratio between measurement and reference value of the measurement instruments per set in exposure group 1</i>	19
Abbildung 5-2 Verhältnis von Messwert zu Referenzwert der Messgeräte je Set in der Expositionsgruppe 2 / <i>Figure 5-2: Ratio between measurement and reference value of the measurement instruments per set in exposure group 2</i>	19
Abbildung 5-3 Verhältnis von Messwert zu Referenzwert der Messgeräte je Set in der Expositionsgruppe 3 / <i>Figure 5-3: Ratio between measurement and reference value of the measurement instruments per set in exposure group 3</i>	20
Abbildung 5-4 Verhältnis von Messwert zu Referenzwert der Messgeräte je Set in der Expositionsgruppe 4 / <i>Figure 5-4: Ratio between measurement and reference value of the measurement instruments per set in exposure group 4</i>	20
Abbildung 5-5 Verhältnis von Messwert und jeweiligem Referenzwert der 32 Messgeräte-Sets in den vier Expositionsgruppen (Gesamtdarstellung) und erlaubter Bereich. / <i>Figure 5-5 Ratio between measurement and reference values of the 32 sets of measurement instruments in 4 exposure groups (overview) and admissible range</i>	21
Abbildung A3-1 Ablaufschema / <i>Figure A3-1: Time course</i>	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 32 teilnehmenden Sets mit grau unterlegter Markierung des Bereiches zufriedenstellender Leistung sowie die Verteilung der Leistungsbewertung. / <i>Table 5-1 Distribution of outliers over the 32 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 2025 teilgenommen haben / <i>Table A1-1 Participants of the interlaboratory comparison and proficiency testing 2025</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