

PAUL SCHERRER INSTITUT



PSI Bericht Nr. 12-03

September 2012

ISSN 1019-0643

Fachbereich Logistik
Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit

Die Vergleichsmessung 2012 für Radongasmessmittel am PSI

Gernot Butterweck, Christoph Schuler, Herbert Hödlmoser
und Sabine Mayer

PAUL SCHERRER INSTITUT



PSI Bericht Nr. 12-03
September 2012
ISSN 1019-0643

Fachbereich Logistik
Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit

Die Vergleichsmessung 2012 für Radongasmessmittel am PSI

Gernot Butterweck, Christoph Schuler, Herbert Hödlmoser und Sabine Mayer

Paul Scherrer Institut
5232 Villigen PSI
Switzerland
Tel. +41 56 310 21 11
Fax +41 56 310 21 99
www.psi.ch

Zusammenfassung

Kandidaten für die vom 8. bis 21. März 2012 im Auftrag des Bundesamtes für Gesundheit (BAG) durchgeführte Vergleichsmessung waren vorwiegend Firmen, Institutionen oder Privatpersonen, welche die Anerkennung des BAG als Radonmessstelle besitzen und deshalb nachweisen müssen, dass die Qualität der Messresultate gewährleistet ist. Dem Aufruf des BAG zur Teilnahme folgten dreizehn anerkannte Messstellen, beziehungsweise deren Auswertelaboratorien, sowie vier weitere Messstellen. Acht Messstellen nahmen mit mehreren Messsystemen an der Vergleichsmessung teil.

Fünf verschiedene Dosimeter- oder Messgerätearten waren vertreten. Neben Kernspurdetektoren wurden als Radondosimeter Elektret-Ionisationskammern und elektronische Dosimeter eingesetzt. In diesem Jahr nahmen Messgeräte mit Ionisationskammern und Halbleiterdetektoren an der Vergleichsmessung teil.

Die Dosimeter und Messgeräte wurden einer Exposition von $8296 \text{ kBq h m}^{-3}$ bei einer durchschnittlichen Radonaktivitätskonzentration von 26624 Bq m^{-3} ausgesetzt.

Mit $8296 \text{ kBq h m}^{-3}$ lag die Exposition der diesjährigen Vergleichsmessung in der Mitte des in der Radon-Messmittelverordnung geforderten Messbereichs von 50 kBq h m^{-3} bis $15000 \text{ kBq h m}^{-3}$.

Abstract

Seventeen radon measurement services or the respective analytical laboratories participated in the 2012 Radon Intercomparison Exercise performed at the Reference Laboratory for Radon Gas Activity Concentration Measurements at the Paul Scherrer Institute (PSI) during March 8th to 21st, 2012 on behalf of the Swiss Federal Office of Public Health (FOPH). Thirteen of these laboratories were approved by the FOPH and their participation in the intercomparison exercise was a requirement to warrant quality of measurement. Radon gas dosemeters (track-etch, electronic and electret) and instruments (ionisation chambers and solid state detectors) were exposed in the PSI Radon Chamber in a reference atmosphere with an average radon gas concentration of 26624 Bq m⁻³ leading to a radon gas exposure of 8296 kBq h m⁻³.

The exposure of 8296 kBq h m⁻³ was midpoint of the measuring range defined in the Radon Measuring Device Ordinance (Radon-Messmittelverordnung) of 50 kBq h m⁻³ to 15000 kBq h m⁻³.

INHALT

1	Einleitung.....	1
2	Referenz-Messinstrumente	1
2.1	Kalibrierung der Referenz-Messinstrumente für Radongas.....	1
3	Expositionsparameter.....	1
3.1	Dauer von Expositions- und Ausgasungsperiode.....	1
3.2	Umweltbedingungen in den Vorbereitungsräumen.....	2
3.3	Umweltbedingungen in der Radonkammer	2
3.4	Resultate der Radongas-Referenzmessungen.....	2
4	Verwendete Detektor- und Messinstrumentarten der Teilnehmer	2
5	Resultate der Vergleichsmessung.....	3
6	Diskussion der Resultate der Vergleichsmessung	3
6.1	Radongas-Referenzmessungen.....	3
6.2	Teilnehmerresultate.....	4
6.2.1	Passive Radondosimeter.....	4
6.2.2	Aktive Radondosimeter	4
6.2.3	Messgeräte.....	5
6.2.4	Exposition von verpackten Detektoren	5
7	Schlussfolgerung.....	6
8	Literatur	6
9	Bisherige Berichte	6

TABELLEN

Tabelle 1: Liste der Teilnehmer	8
Tabelle 2: Daten zur Vergleichsmessung 2012	9
Tabelle 3: Expositionsparameter in der Prüfkammer.....	10
Tabelle 4: Unsicherheitsabschätzung.....	10
Tabelle 5: Verwendete Radonmessmittel	11
Tabelle 6: Teilnehmerresultate passive Radondosimeter.....	14
Tabelle 7: Teilnehmerresultate aktive Radondosimeter	16
Tabelle 8: Teilnehmerresultate Messgeräte	17

FIGUREN

Figur 1: Lufttemperatur und relative Luftfeuchte in der Prüfkammer	18
Figur 2: Radonkonzentration in der Prüfkammer.....	19
Figur 3: Resultate passive Radondosimeter.....	20
Figur 4: Resultate aktive Radondosimeter	21
Figur 5: Mittelwerte passive Radondosimeter.....	22
Figur 6: Mittelwerte aktive Radondosimeter	23
Figur 7: Resultate Messgeräte	24
Figur 8: Übersicht der Messstellen mit passiven Radondosimetern	25
Figur 9: Übersicht der Messstellen mit aktiven Radondosimetern.....	26
Figur 10: Resultate der Expositionen mit Verpackung.....	27

1 EINLEITUNG

Die Grundlage für die Vergleichsmessungen ist die „Verordnung des EJPD über Radonmessmittel vom 29. November 2008“, welche am 1. Juli 2009 in Kraft trat. Die Vergleichsmessung 2012 für Radongasmessmittel wurde in der Prüfkammer des Referenzlabors für Radongas-Konzentrationsmessungen am PSI vom 8. - 21. März durchgeführt. Es beteiligten sich 17 Privatpersonen, Firmen oder Institutionen (Tabelle 1) mit total 188 Dosimetern und 21 Messgeräten. Der vorliegende Bericht beschreibt die Vorgehensweise und die Ergebnisse dieser Vergleichsmessung.

2 REFERENZ-MESSINSTRUMENTE

Als Referenz-Messinstrumente zur punktuellen Bestimmung der Radongas-Aktivitätskonzentration in der Prüfkammer werden Szintillationszellen (Lucaszellen) verwendet (Model 300A, Pylon Electronic Development, Ottawa (CAN)). Eine solche Zelle verbunden mit einem Szintillationszähler bildet ein sogenanntes Transfernormal I. Für die automatisierte Probenahme der Prüfkammer-Atmosphäre kommen am PSI-Referenzlabor drei Transfernormale I zum Einsatz. Für die Punktmessung der Radongas-Konzentration mit diesen Transfernormalen wird eine 20-minütige Füllung der Szintillationszelle eines Transfernormals zeitlich versetzt im Abstandszyklus 100, 100, 120, 100, 100, 120,... Minuten vorgenommen. Auf diese Weise resultierten für die Vergleichsmessung 2012 total 175 Punktmessungen.

Der Radongas-Pegel in der Prüfkammer wird zusätzlich mit zwei Messgeräten mit Ionisationskammer registriert (Alphaguard, Saphymo GmbH, Frankfurt (D)).

2.1 Kalibrierung der Referenz-Messinstrumente für Radongas

Um die Rückverfolgbarkeit der Referenzatmosphäre in der Prüfkammer während der Vergleichsmessung 2012 auf international anerkannte Normale zu gewährleisten, wurden die Szintillationszellen mit einem Radongas-Standard des Institut de Radiophysique (IRA), Lausanne, Schweiz, kalibriert (Schuler 1998). Die Messgeräte mit Ionisationskammer wurden indirekt über Vergleichsmessungen mit den Szintillationszellen kalibriert.

3 EXPOSITIONSPARAMETER

3.1 Dauer von Expositions- und Ausgasungsperiode

Beginn und Ende von Expositions- und Ausgasungsperiode sind in Tabelle 2 festgehalten. Eine Ausgasungsdauer von ungefähr 24 Stunden im Anschluss an die Exposition in der Prüfkammer verhindert, dass die exponierten Detektoren nachträglich eine zusätzliche Exposition registrieren, wie das bei Einschluss der Detektoren in die Verpackungsbeutel unmittelbar nach der Exposition der Fall wäre.

3.2 Umweltbedingungen in den Vorbereitungsräumen

Die für die Exposition vorgesehenen Detektoren wurden im Raum OFLD/009 gelagert. Die Vorbereitung für die Exposition (Registrierung der Detektornummer und Kennzeichnung der Platzierungsstelle auf dem Tisch in der Prüfkammer während der Exposition) erfolgte im Raum OFLD/005. Beide Räume liegen in unmittelbarer Nachbarschaft und werden durch das gleiche Lüftungssystem versorgt. Die in Tabelle 2 angegebenen Daten von Radonkonzentrations-, Temperatur- und Feuchtemessungen in Raum OFLD/009 werden aus diesen Gründen auch für die Bedingungen in Raum OFLD/005 verwendet. Die Resultate der für die Korrektur der Messdaten von Elektret-Ionisationskammern notwendigen Messungen der γ -Dosisleistung sind ebenfalls in Tabelle 2 aufgeführt.

3.3 Umweltbedingungen in der Prüfkammer

Tabelle 3 führt die Ergebnisse der Messungen der Umweltparameter in der Prüfkammer während der Exposition auf. Figur 1 zeigt den Temperatur- und Feuchteverlauf während der Exposition. Die Erhöhung der Luftfeuchte durch das Betreten der Kammer zum Platzieren der Detektoren am 8.3. ist deutlich sichtbar. Anschliessend sinkt die relative Luftfeuchte im Verlauf der Vergleichsmessung. Die regelmässigen kurzfristigen Anstiege der Temperatur mit gleichzeitiger Absenkung der relativen Luftfeuchte werden durch den Abtauvorgang des Klimageräts verursacht.

3.4 Resultate der Radongas-Referenzmessungen

Der Referenzwert für die Radongas-Konzentration in der Prüfkammer während der Vergleichsmessung 2012 (Tabelle 3) basiert auf dem gewichteten Durchschnittswert von 175 Punktbestimmungen mit drei Transfornormalen I (Tabelle 4), welche nach dem in Tabelle 2 angegebenen Füll- und Messschema durchgeführt wurden. Aus dem Radongas-Konzentrationswert wurde der entsprechende Radongas-Expositionswert abgeleitet. Als Ergänzung sind in Tabelle 3 die Umweltparameter während der Exposition aufgeführt. In Figur 2 sind die Resultate der Radongas-Konzentrationsmessungen während der Exposition dargestellt.

Die 175 Konzentrationsbestimmungen wurden als unabhängige Einzelbestimmungen betrachtet, welche in einem Durchschnittswert zusammengefasst werden können. Die Unsicherheit dieses Durchschnitts wird dann durch Gauß'sche Fehlerfortpflanzung der Unsicherheiten der Einzelwerte erhalten (Schuler 1998). Angaben zur Unsicherheitsabschätzung der Resultate der Radongas-Konzentrationsbestimmungen erscheinen in Tabelle 4.

4 VERWENDETE DETEKTOR- UND MESSINSTRUMENTARTEN DER TEILNEHMER

Den 17 Teilnehmern der Vergleichsmessung wurden je nach Anzahl der exponierten Dosimetergruppen oder Messgeräte ein oder mehrere Codes zugeteilt. Diese Codes sowie der verwendete Dosimeter- bzw. Messgerätetyp, Produkt-

name und Hersteller des Messsystems sind in Tabelle 5 aufgeführt. In Tabelle 5 werden die Namen der Messstellen aufgeführt, welche zum Zeitpunkt der Teilnahme an der Vergleichsmessung vom BAG anerkannt waren (gemäss Auflage 7 der Verfügung für die Anerkennung einer Radongas-Messstelle durch das BAG). Werden Detektoren für eine oder mehrere anerkannte Messstellen direkt durch das entsprechende Auswertelaborator eingesendet, so wird dessen Name veröffentlicht. Die Zuordnung zwischen Codes und Messstellen wird in den Legenden der Figuren 3 - 9 wiederholt.

5 RESULTATE DER VERGLEICHSMESSUNG

Die Tabellen 6, 7 und 8 führen die Teilnehmerresultate für passive Radondosimeter, aktive Radondosimeter und Messgeräte auf. In den Tabellen 6 und 7 sind die gemeldeten Einzelresultate nach Dosimeterbezeichnung aufsteigend in alphanumerischer Reihenfolge geordnet angegeben und zusätzlich noch mit einem Detektorcode versehen. Die Tabellen 6, 7 und 8 enthalten auch das Verhältnis Messwert/Referenzwert pro Dosimeter oder Messgerät sowie Mittelwert und Standardabweichung dieser Verhältnisse. In den Figuren 3 und 4 sind die Einzelverhältnismittelwerte und in den Figuren 5, 6 und 7 die Verhältnismittelwerte sowie deren Standardabweichung pro Teilnehmercode dargestellt.

Gemäss Formular „Anerkennung als Radonmessstelle“ des BAG ist die Rückverfolgbarkeit von Messresultaten erfüllt, wenn der Mittelwert der Dosimeterresultate bei Teilnahme an einer Vergleichsmessung in der PSI-Prüfkammer nicht mehr als $\pm 15\%$ vom Referenzwert abweicht. In den Figuren 3 - 7 wurden deshalb zur Illustration dieser Grenzen bei $+ 17\%$ und bei $- 17\%$ Linien eingetragen ($\pm 2\%$ für den 1σ -Bereich der Unsicherheit des Referenzwertes [siehe Tabelle 4] plus $\pm 15\%$).

Als weiteres Kriterium zur Bewertung der anerkannten Messstellen zieht das BAG die quadratische Summe aus der relativen Standardabweichung eines Ensembles von 5 Einzeldosimetern und der relativen Abweichung des Ensemblemittelwerts vom Sollwert heran, deren Wurzel weniger als 20% betragen soll. In einem Diagramm, dessen x-Achse die relative Abweichung des Ensemblemittels vom Sollwert und dessen y-Achse die relative Standardabweichung des Ensembles darstellt, fällt dieses Kriterium auf einen Halbkreis. Figur 8 zeigt ein derartiges Diagramm für passive Radondosimeter und Figur 9 ein derartiges Diagramm für aktive Radondosimeter der teilnehmenden Messstellen.

6 DISKUSSION DER RESULTATE DER VERGLEICHSMESSUNG

6.1 Radongas-Referenzmessungen

Figur 2 zeigt den Verlauf des Radongas-Konzentrationspegels während der Expositionsperiode.

6.2 Teilnehmerresultate

6.2.1 Passive Radondosimeter

Die Exposition von $8296 \text{ kBq h m}^{-3}$ lag für ein Auswertelabor, welches mit insgesamt 36 passiven Radondosimetern mit Kernspurdetektoren teilnahm, über der maximal messbaren Exposition von $3200 \text{ kBq h m}^{-3}$. Diese Radondosimeter werden in der weiteren Auswertung nicht berücksichtigt. Neben von diesem Auswertelabor zu Testzwecken eingesandten Radondosimetern betraf dies auch Radondosimeter (Radosys), welche von einer anerkannten Messstelle in der Schweiz eingesetzt werden.

Erwartungsgemäss überschritt der diesjährige Expositionswert auch die obere Messgrenze der in der Schweiz gemeinsam mit LLT E-Perm-Dosimetern eingesetzten LST E-Perm-Dosimeter sowie von zu Testzwecken teilnehmenden 14 SLT E-Perm-Radondosimetern. Für die teilnehmenden Doppelkonfigurationen mit LST und LLT E-Perm-Dosimetern wurde der Wert des LLT-Dosimeters verwendet. Die SLT E-Perm-Dosimeter werden in der weiteren Auswertung nicht weiter berücksichtigt.

Einige der Einzelwerte (Figur 3) liegen ausserhalb des eingezeichneten Rückverfolgbarkeitskriteriums (Abschnitt 5). In den Darstellungen der Mittelwerte (Figur 5) und des BAG-Kriteriums (Figur 8) liegt nur das Ergebnis einer Messstelle ausserhalb des Toleranzbereichs. Die systematische Abweichung aller exponierten Dosimeter dieses Typs deutet auf ein Nichtlinearitätsproblem bei der Auswertung dieses Detektortyps.

Von zwei Messstellen wurden passive Radondosimeter mit Kernspurdetektoren exponiert, welche durch das BAG im Markt gekauft wurden (Blindtest). Diese Dosimeter nahmen ohne Kenntnis der Messstelle an der Vergleichsmessung teil. Wie schon in vergangenen Vergleichsmessungen beobachtet, zeigten diese Doppelblindtests beider Messstellen sowohl eine leicht höhere Abweichung vom Sollwert als auch eine etwas erhöhte Streuung im Vergleich zu den mit Wissen der Messstelle teilnehmenden Dosimetern.

6.2.2 Aktive Radondosimeter

Die Messgrösse für Radondosimeter ist die Exposition in kBq h m^{-3} . Bei aktiven Radondosimetern wird teilweise die im Zeitintervall der Exposition ermittelte Durchschnittsaktivitätskonzentration angezeigt, aus welcher die Exposition durch Multiplikation mit der Expositionsdauer abgeleitet werden kann. Die Anzeige der an der Vergleichsmessung teilnehmenden aktiven Radondosimeter des Typs Ramon 2.2 ist nach oben auf einen Wert bis 9999 Bq m^{-3} begrenzt. Daher konnte die Durchschnittskonzentration der diesjährigen Vergleichsmessung von 26624 Bq m^{-3} nicht abgelesen werden. Die zur Zeit der Vergleichsmessung mit diesem Dosimetertyp anerkannte Messstelle konnte aus diesem Grund nur eine untere Abschätzung der Exposition angeben und wird in der weiteren Auswertung nicht berücksichtigt. Zwei weitere Messstellen nahmen mit diesem Dosimetertyp an der Vergleichsmessung teil. Eine davon verwendete Dosimeter der neuesten Serie. Im Gegensatz zu älteren Serien konnten hier die Rohdaten durch den Hersteller ausgelesen werden und so eine Exposition bestimmt werden (Code 65). Obwohl der zweiten Messstelle mit Geräten älterer

Serien diese Möglichkeit nicht zur Verfügung stand, konnte sie einen Expositionswert melden (Code 66). Hierzu wurden die Dosimeter zusätzlich für einige Zeit einer niedrigen und bekannten Radonaktivitätskonzentration ausgesetzt, so dass der Durchschnittswert der Aktivitätskonzentration der nun aufsummierten Expositionen der Vergleichsmessung und der Zusatzexposition unter 9999 Bq m^{-3} fiel. Beide Lösungen führten zu gemeldeten Expositionen innerhalb der Toleranzgrenzen (Figur 4, Figur 6 und Figur 9).

Von vier aktiven Radondosimetern des Typs RadonScout eines Teilnehmers zeigte eines einen Messwert, welcher lediglich 3% der Sollexposition entsprach. Die drei weiteren Dosimeter zeigten dagegen im Mittel einen Messwert 28% über dem Sollwert. Zufällig hätte die offenkundige Fehlmessung des ersten Dosimeters das Überschätzen der drei anderen Dosimeter kompensiert. Daher wurde es in der weiteren Auswertung nicht berücksichtigt. Ein weiteres Dosimeter dieses Typs (Code 61) zeigte ebenfalls eine Überschätzung. Dagegen lagen weitere RadonScouts, bei welchen ein individueller Korrekturfaktor, abgeleitet aus vergangenen Vergleichsmessungen, auf die Werkskalibrierung angewendet wurde (Code 62), innerhalb der Toleranzgrenzen (Figur 4, Figur 6 und Figur 9). Dies gilt ebenso für ein Ensemble von RadonScout-Dosimetern (Code 67), von denen ein Teil nach einem unbefriedigenden Abschneiden bei vergangenen Vergleichsmessungen vom Hersteller nachjustiert wurde. Generell scheint ein Verbesserungsbedarf bei der Werkskalibrierung dieses Dosimetertyps aufzu-scheinen.

6.2.3 Messgeräte

Die Resultate der Messgeräte erscheinen in Tabelle 8 und Figur 7. Neben den bereits seit einigen Jahren in der Schweiz eingesetzten Messgeräten nahmen sechs Messgeräte eines neuen Herstellers (Tecnavia SA) teil. Mit Ausnahme eines dieser Messgeräte (Code 110), welches trotz nachweisbar angelegter Netzspannung keine Messwerte lieferte, stimmen die Resultate gut mit dem Sollwert überein. Ein Teilnehmer verwendete ein gebraucht erstandenes Messgerät des Typs Durrige Rad7 (Code 107) und wendete einen mit dem Gerät gelieferten Korrekturfaktor an. Es zeigte sich, dass dieser Korrekturfaktor des Vorbesitzers den korrekten Messwert verfälschte.

6.2.4 Exposition von verpackten Detektoren

Aufgrund der geplanten hohen Exposition der diesjährigen Vergleichsmessung wurde den Messstellen angeboten, durch eine Exposition von verpackten Detektoren die Qualität der Transport- und Lagerverpackung qualitativ zu überprüfen. Wegen des qualitativen Charakters der Studie und aus Datenschutzgründen werden die Ergebnisse anonym behandelt.

Elf Gruppen von passiven Radondosimetern (alle mit Kernspurdetektoren) wurden in den Transport- und Lagerverpackungen exponiert. Bei einem davon (Teilnehmer A) wird der Transport ohne zusätzliche radondichte Verpackung durchgeführt, da dieses Dosimeter eine on/off-Stellung besitzt.

Lediglich bei zwei Dosimetern (Teilnehmer A und Teilnehmer K) kann ein systematisches Problem bei der Verhinderung eines zusätzlichen Messsignals wäh-

rend Transport und Lagerung nicht ausgeschlossen werden. Ansonsten liegt der Messwert zumindest eines der verpackten Dosimeter auf dem gleichen Niveau wie die nicht exponierten Transportdetektoren (Figur 10). Die Transportdetektoren dienen zum Aufspüren einer etwaigen Zusatzexposition während der Handhabung und des Transports der „normal“ exponierten Detektoren. Sie werden zeitgleich mit diesen vor der Exposition ausgepackt. Daher können sie leicht höhere Expositionen als die in der Verpackung exponierten Detektoren aufweisen.

Dennoch zeigen einige der in der Verpackung exponierten Detektoren deutlich erhöhte Messwerte. Diese liessen sich auf kleinste Verletzungen der Verpackung oder eine ungenügende Verschweissung des Verpackungsmaterials zurückführen. Es scheint daher ratsam, die Integrität der Verpackung vor dem Einsatz zu prüfen. Bei Radondosimetern, welche mit Unter- oder Überdruck verpackt wurden, kann diese Prüfung mit geringem Zeitaufwand durchgeführt werden.

7 SCHLUSSFOLGERUNG

Die Exposition und die Radongas-Durchschnittskonzentration der Vergleichsmessung 2012 waren die höchsten bisher bei Vergleichsmessungen eingesetzten Werte. Einige Radondosimetertypen zeigten bei diesen Expositionsbedingungen Verbesserungsmöglichkeiten. Insgesamt lässt sich aber konstatieren, dass die Radongas-Messtechnik in der Schweiz bezüglich Rückverfolgbarkeit ihren hohen Qualitätsstandard beibehalten hat.

8 LITERATUR

Eidgenössisches Justiz- und Polizeidepartement
Verordnung des EJPD über Radonmessmittel vom 29. November 2008
SR 941.215.

Schuler, Ch.

Das Referenzlabor für Radongas-Konzentrationsmessungen am PSI
Villigen: Paul Scherrer Institut; PSI-Bericht Nr. 98-08; 1998.

9 BISHERIGE BERICHTE

Schuler, Ch.

The 1993 Radon Intercomparison Exercise at PSI
Villigen: Paul Scherrer Institut; PSI-Bericht Nr. 94-04; 1994.

Schuler, Ch.; Butterweck-Dempewolf, G.

Die Vergleichsmessung 1996 für Radongasmessgeräte am PSI
Villigen: Paul Scherrer Institut; PSI-Bericht Nr. 97-05; 1997.

Schuler, Ch.; Butterweck-Dempewolf, G.
Die Vergleichsmessung 1997 für Radongasmessgeräte am PSI
Villigen: Paul Scherrer Institut; PSI-Bericht Nr. 98-05; 1998.

Schuler, Ch.; Butterweck-Dempewolf, G.
Die Vergleichsmessung 1998 für Radongasmessgeräte am PSI
Villigen: Paul Scherrer Institut; PSI-Bericht Nr. 99-01; 1999.

Schuler, Ch.; Butterweck, G.
Die Vergleichsmessungen 1999 und 2000 für Radongasmessgeräte am PSI
Villigen: Paul Scherrer Institut; PSI-Bericht Nr. 00-06; 2000.

Butterweck, G.; Schuler, Ch.
Die Vergleichsmessung 2001 für Radongasmessgeräte am PSI
Villigen: Paul Scherrer Institut; PSI-Bericht Nr. 01-05; 2001.

Butterweck, G.; Schuler, Ch.
Die Vergleichsmessung 2002 für Radongasmessgeräte am PSI
Villigen: Paul Scherrer Institut; PSI-Bericht Nr. 02-19; 2002.

Butterweck, G.; Schuler, Ch.
Die Vergleichsmessung 2003 für Radongasmessgeräte am PSI
Villigen: Paul Scherrer Institut; PSI-Bericht Nr. 03-14; 2003.

Butterweck, G.; Schuler, Ch.
Die Vergleichsmessung 2004 für Radongasmessgeräte am PSI
Villigen: Paul Scherrer Institut; PSI-Bericht Nr. 04-11; 2004.

Butterweck, G.; Schuler, Ch.
Die Vergleichsmessung 2005 für Radongasmessgeräte am PSI
Villigen: Paul Scherrer Institut; PSI-Bericht Nr. 05-05; 2005.

Butterweck, G.; Schuler, Ch.
Die Vergleichsmessung 2006 für Radongasmessgeräte am PSI
Villigen: Paul Scherrer Institut; PSI-Bericht Nr. 06-05; 2006.

Butterweck, G.; Schuler, Ch., Mayer, S.
Die Vergleichsmessung 2008 für Radongasmessgeräte am PSI
Villigen: Paul Scherrer Institut; PSI-Bericht Nr. 10-06; 2010.

Butterweck, G.; Schuler, Ch., Mayer, S.
Die Vergleichsmessung 2010 für Radonmessmittel am PSI
Villigen: Paul Scherrer Institut; PSI-Bericht Nr. 11-01; 2011.

Tabelle 1: Liste der Teilnehmer

AGES
Abteilung Radon und Radioökologie
G. Wurm
Wieningerstrasse 8
4020 **Linz**
Österreich

ALTRAC
Dr. A. Guhr
Dorothea-Viehmann-Str. 28
12524 **Berlin**
Deutschland

Beratender Geologe/Hydrogeologe
Ch. Böhm
Obere Gasse 40
7000 **Chur**

BPM MORE
G. Ionescu
Av. Druey 16
1018 **Lausanne**

Bundesamt für Gesundheit
W. Gfeller
Fachstelle Radon und Abfälle
3003 **Bern**

Dragan Consultants International
E. Dragan
Bodenacherstr. 58
8121 **Benglen**

Ecole d'ingénieurs et d'architectes de
Fribourg
Prof. Dr. J. Goyette
Pérolles 80
1705 **Fribourg**

ECONS SA
Prof. Dr. M. Gandolla
Via Stazione 19
6934 **Bioggio**

G+S Applicazioni SA
F. Lotti
Via Sottomontagna 14
6512 **Giubiasco**

Im Rank Engineering
St. Miller
Regensdorferstr./Im Rank
8104 **Weiningen**

LabTox SA
J. Gueniat
Rue des Prés 90
2503 **Biel/Bienne**

Landauer Nordic AB
(ehem. Gammadata Mättechnik)
Dr. T. Rönngvist
Rapsgatan 25
75450 **Uppsala**
Schweden

Radial Baubiologie GmbH
S. Schafflützel
Gumm 1
3855 **Schwanden b.B.**

RadonTicino
Dr. S. Montorfani
Via Nocc 16A
6925 **Gentilino**

Strahlenschutz Beratung und Planung
Dr. R. Müller
Rebgasse 23
4102 **Binningen**

SUPSI
Centro di Competenza Radon
M. Hoffmann
Campus Trevano
6952 **Canobbio**

Suva
Bereich Physik
Fluhmattstr. 1
6002 **Luzern**

Tabelle 2: Daten zur Vergleichsmessung 2012**Dauer der Expositionsperiode:**

Ende der Vergleichsmessung	21.3.2012 9:43
Start der Vergleichsmessung	8.3.2012 10:07
Expositionsdauer in h	311.6

Dauer der Ausgasperiode:

Ende Ausgasung	22.3.2012 10:05
Start Ausgasung	21.3.2012 9:47
Ausgasdauer in h	24.3

Messungen der Umweltparameter in dem Vorbereitungsraum OFLD/009:

Ort	Start	Ende	Rn-Konz. [Bq m ⁻³]	Temp. [°C]	Feuchte [% rF]	Bem.
OFLD/009	14.12.11 13:20	7.3.12 13:00	13 ± 9	21	24	Lagerung und Vorbereitung

Messungen γ -Dosisleistungen mit Rados RDS200:

Ort	Start	Ende	Dauer [h]	D [nSv]	DL [nSv/h]	Bem.
OFLD/009	14.12.11 12:45	5.3.12 9:47	1583.0	173100	109	Lagerung/ Vorbereitung
Prüfkammer	8.3.12 10:07	21.3.12 9:43	311.6	59200	190	Exposition

LC-Füllungen:

Konsequente Füllung einer LC nach dem Schema:	TN #515	Δt (Min) = 0
	TN #539	100
	TN #576	100
	TN #515	120
	TN #539	100
	TN #576	100
	TN #515	120
	usw.	usw.

Tabelle 3: Expositionsparameter in der Prüfkammer 8.3.12 10:07 – 21.3.12 9:43

Rn-Konzentration [Bq m ⁻³]	Rn-Exposition [kBq h m ⁻³]	Temperatur [°C]	Relative Feuchte [%]	γ-Dosisleistung [nSv h ⁻¹]
Referenzwert (Durchschnitt von 175 Punktbestimmungen der Rn-Konz.)				
26624 ± 1151	8296 ± 359	20 ± 1	28 ± 3	190

Tabelle 4: Unsicherheitsabschätzung zu den Resultaten der Radongas-Referenzmessungen in Bqm⁻³

Messung mit Transfornormal:	TN #515	TN #539	TN #576
Durchschnitt der Punktbestimmungen:	26656	25711	27644
„Statistische“ Unsicherheit (u _A):	19	19	18
„Systematische“ Unsicherheit (u _B):	299	288	310
Gesamtunsicherheit (u _C):	299	289	310
Gewichteter Durchschnittswert:	26624		
Gesamtunsicherheit des gew. DW (95%-Vertrauensintervall):	359		
Gesamtunsicherheit in %:	4.3		

Tabelle 5: Verwendete Radonmessmittel

Code	Detektor-/Messgerättyp	Produkt (Hersteller)	Anerkannte Messstelle / Auswertelabor
<i>Passive Radondosimeter</i>			
1	Kernspurdetektor	Radosure (LabTox)	LABTOX SA
2	Elektret-Ionisationskammer	LST/LLT E-Perm (Rad Elec)	
3	Elektret-Ionisationskammer	LST/LLT E-Perm (Rad Elec)	
4	Kernspurdetektor	Typ PD (Altrac)	
5	Kernspurdetektor	Alpha track (Landauer Nordic AB)	Landauer Nordic AB (ehem. Gammadata)
6	Kernspurdetektor	Radout (Mi.am)	ECONS SA
7	Kernspurdetektor	DRF (Dosirad)	
8	Kernspurdetektor	Typ PD (Altrac)	Altrac
9	Kernspurdetektor	Radosure (LabTox)	
10	Elektret-Ionisationskammer	LST/LLT E-Perm (Rad Elec)	BÖHM CHRISTIAN
11	Kernspurdetektor	Radtrack (Landauer USA)	DRAGAN CONSULTANTS INTERNATIONAL
<i>Aktive Radondosimeter</i>			
61	Halbleiterdetektor	Radon Scout (Sarad GmbH)	
62	Halbleiterdetektor	Radon Scout (Sarad GmbH)	
63	Halbleiterdetektor	Radon Scout (Sarad GmbH)	
64	Halbleiterdetektor	DOSEman (Sarad GmbH)	
65	Halbleiterdetektor	Ramon 2.2 (GT Analytic)	
66	Halbleiterdetektor	Ramon 2.2 (GT Analytic)	
67	Halbleiterdetektor	Radon Scout (Sarad GmbH)	Dr. MÜLLER RUDOLF

Fortsetzung Tabelle 5: Verwendete Radonmessmittel

Code	Detektor-/Messgerättyp	Produkt (Hersteller)	Anerkannte Messstelle
<i>Messgeräte</i>			
101	Ionisationskammer	Alphaguard (Saphymo GmbH)	
102	Ionisationskammer	Alphaguard (Saphymo GmbH)	RADON TICINO
103	Ionisationskammer	Alphaguard (Saphymo GmbH)	
104	Ionisationskammer	Alphaguard (Saphymo GmbH)	
105	Ionisationskammer	Alphaguard (Saphymo GmbH)	
106	Ionisationskammer	Alphaguard (Saphymo GmbH)	
107	Elektrostatische Sammlung/Halbleiterdetektor	RAD 7 (DurrIDGE Inc)	
108	Ionisationskammer	Alphaguard (Saphymo GmbH)	
109	Ionisationskammer	Alphaguard (Saphymo GmbH)	
110	Szintillationszelle	RadonMapper (Tecnavia SA)	
111	Szintillationszelle	RadonMapper (Tecnavia SA)	
112	Ionisationskammer	Alphaguard (Saphymo GmbH)	
113	Ionisationskammer	Alphaguard (Saphymo GmbH)	
114	Szintillationszelle	RadonMapper (Tecnavia SA)	
115	Szintillationszelle	RadonMapper (Tecnavia SA)	
116	Ionisationskammer	Alphaguard (Saphymo GmbH)	
117	Ionisationskammer	Alphaguard (Saphymo GmbH)	
118	Ionisationskammer	Alphaguard (Saphymo GmbH)	
119	Ionisationskammer	Alphaguard (Saphymo GmbH)	

Fortsetzung Tabelle 5: Verwendete Radonmessmittel

Code	Detektor-/Messgerättyp	Produkt (Hersteller)	Anerkannte Messstelle
120	Szintillationszelle	RadonMapper (Tecnavia SA)	
121	Szintillationszelle	RadonMapper (Tecnavia SA)	

Tabelle 6: Teilnehmerresultate passive Radondosimeter

Teilnehmercode	Detektorcode	Messwert [kBqhm ⁻³]	Verhältnis Messwert/ Referenzwert	Mittelwert	Standard- abweichung
1	1	9471	1.142	1.163	0.019
	2	9696	1.169		
	3	9881	1.191		
	4	9572	1.154		
	5	9603	1.158		
2	1	9812	1.183	1.101	0.072
	2	9435	1.137		
	3	9345	1.126		
	4	8763	1.056		
	5	8312	1.002		
3	1	10213	1.231	1.151	0.071
	2	9754	1.175		
	3	9920	1.195		
	4	8963	1.080		
	5	8909	1.074		
4	1	6710	0.809	0.844	0.065
	2	6785	0.818		
	3	7556	0.911		
	4	7571	0.913		
	5	6382	0.769		
5	1	8427	1.018	1.002	0.011
	2	8251	0.996		
	3	8196	0.990		
	4	8329	1.006		
	5	8277	1.000		
6	1	7763	0.928	0.932	0.013
	2	7685	0.918		
	3	7918	0.946		
	4	7910	0.945		
	5	7719	0.922		
7	1	7833	0.943	1.028	0.068
	2	7921	0.954		
	3	9158	1.103		
	4	9092	1.095		
	5	8650	1.041		

Fortsetzung Tabelle 6: Teilnehmerresultate passive Radondosimeter

Teilnehmercode	Detektorcode	Messwert [kBqhm ⁻³]	Verhältnis Messwert/ Referenzwert	Mittelwert	Standard- abweichung
8	1	7244	0.864	0.901	0.038
	2	7665	0.939		
	3	7498	0.901		
	4	7080	0.864		
	5	7753	0.939		
9	1	9936	1.198	1.187	0.031
	2	9945	1.199		
	3	9446	1.139		
	4	9781	1.179		
	5	10142	1.223		
10	1	9326	1.124	1.108	0.044
	2	9224	1.112		
	3	8744	1.054		
	4	9697	1.169		
	5	8956	1.080		
11	1	5947	0.717	0.695	0.017
	2	5584	0.673		
	3	5685	0.685		
	4	5755	0.694		
	5	5855	0.706		

Tabelle 7: Teilnehmerresultate aktive Radondosimeter

Teilnehmercode	Detektorcode	Messwert [kBqhm ⁻³]	Verhältnis Messwert/ Referenzwert	Mittelwert	Standard- abweichung
61	1	10873	1.311	1.311	0.100 ¹⁾
62	1	8601	1.037	1.012	0.018
	2	8288	0.999		
	3	8544	1.030		
	4	8375	1.010		
	5	8326	1.004		
	6	8221	0.991		
63	1	10448	1.259	1.279	0.067
	2	10158	1.224		
	3	11230	1.354		
64	1	3094	0.986	0.986	0.100 ¹⁾
65	1	8599	1.037	1.014	0.014
	2	8349	1.006		
	3	8326	1.004		
	4	8247	0.994		
	5	8424	1.015		
	6	8463	1.020		
	7	8497	1.024		
66	1	9839	1.186	1.151	0.023
	2	9598	1.157		
	3	9415	1.135		
	4	9646	1.163		
	5	9595	1.157		
	6	9730	1.173		
	7	9379	1.131		
	8	9235	1.113		
	9	9477	1.142		
67	1	8454	1.019	1.147	0.124
	2	8502	1.025		
	3	8998	1.085		
	4	10387	1.252		
	5	9802	1.182		
	6	10927	1.317		

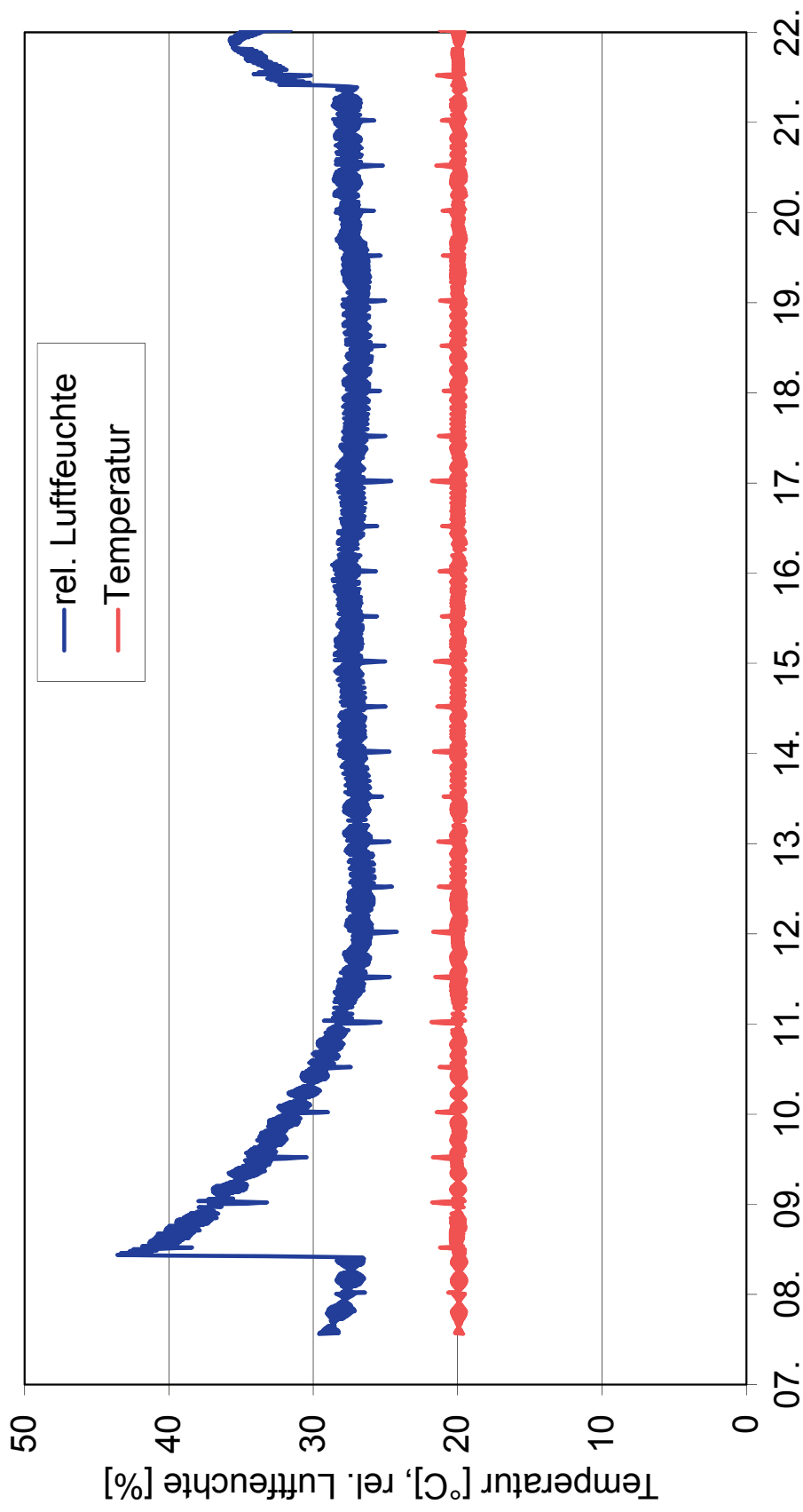
¹⁾ Vom PSI eingesetzter Wert für die Streuung einzelner Radondosimeter

Tabelle 8: Teilnehmerresultate Messgeräte

Teilnehmercode	Konzentrations- mittelwert [Bq m ⁻³]	Standard- abweichung [Bq m ⁻³]	Verhältnis Messwert/ Referenzwert	Standard- Abweichung ²⁾
101	25469	1528	0.957	0.060
102	26873	1612	1.009	0.060
103	27496	1650	1.033	0.060
104	25933	1556	0.974	0.060
105	26298	1578	0.988	0.060
106	26503	1590	0.995	0.060
107	34100	3069	1.281	0.090
108	25710	1543	0.966	0.060
109	26586	1595	0.999	0.060
110	Kein Messresultat (siehe 6.2.3)			
111	25494	1178	0.958	0.046
112	26227	1574	0.985	0.060
113	26452	1587	0.994	0.060
114	26561	1182	0.998	0.045
115	27372	1239	1.028	0.045
116	26159	1570	0.983	0.060
117	26317	1579	0.987	0.060
118	27553	1653	1.035	0.060
119	26525	1591	0.996	0.060
120	26402	1465	0.992	0.055
121	24622	1354	0.925	0.055

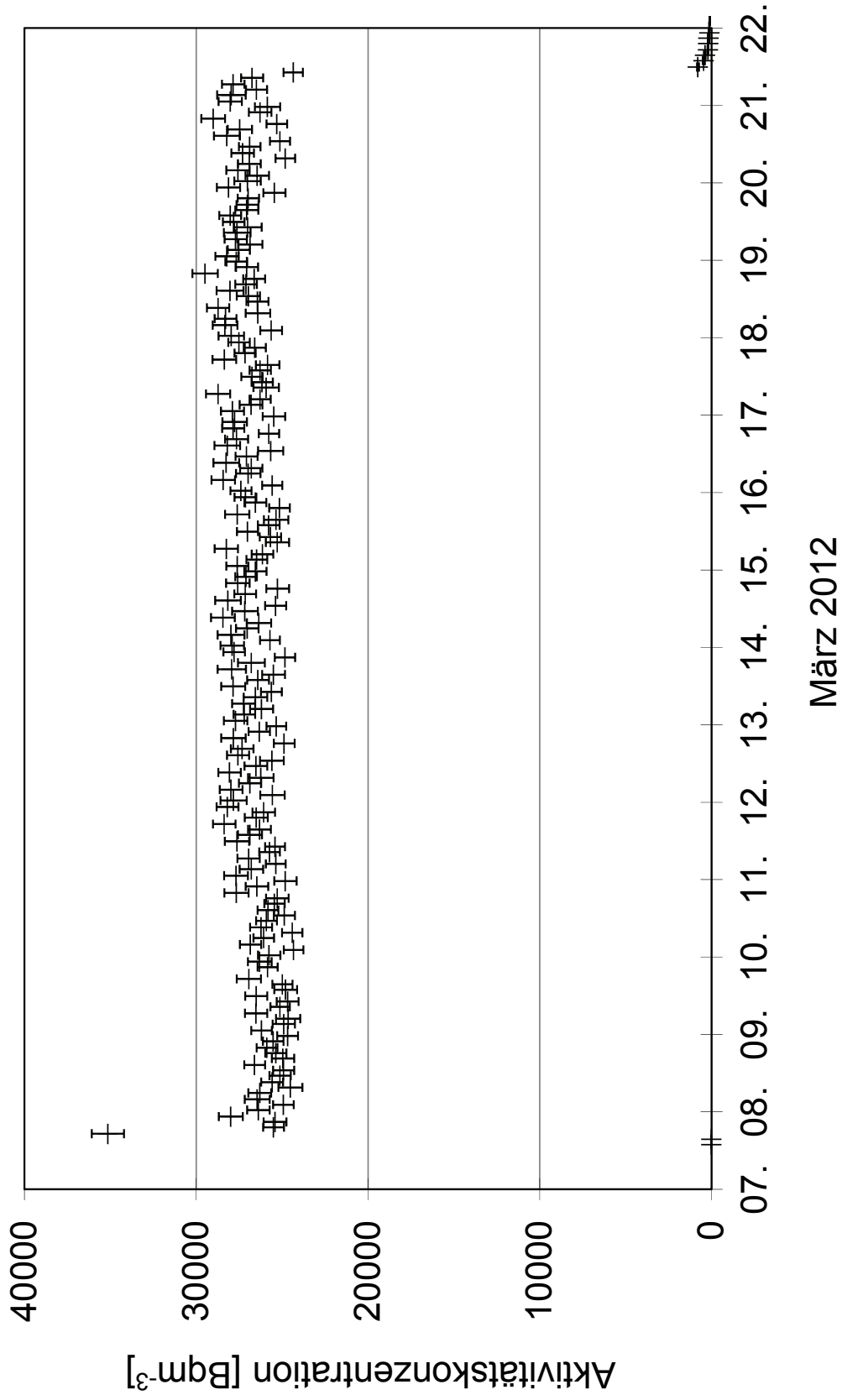
²⁾ Vom PSI eingesetzter Wert für die systematische Unsicherheit der Messresultate (nach Angaben der Hersteller).

Figur 1: Vergleichsmessung 2012 - Lufttemperatur und relative Luftfeuchte in der Prüfkammer



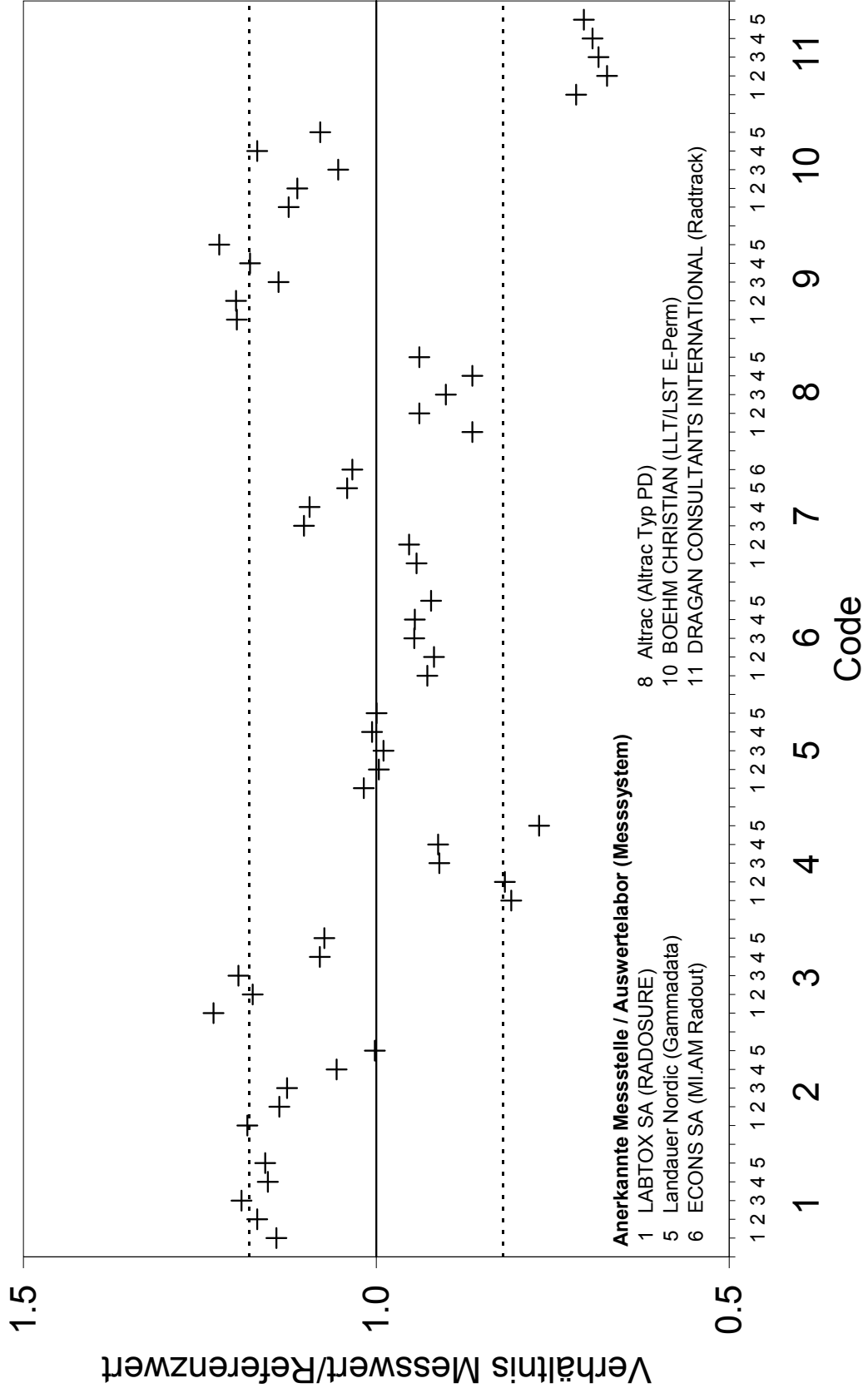
März 2012

Figur 2: Vergleichsmessung 2012 - Radonkonzentration in der Prüfkammer

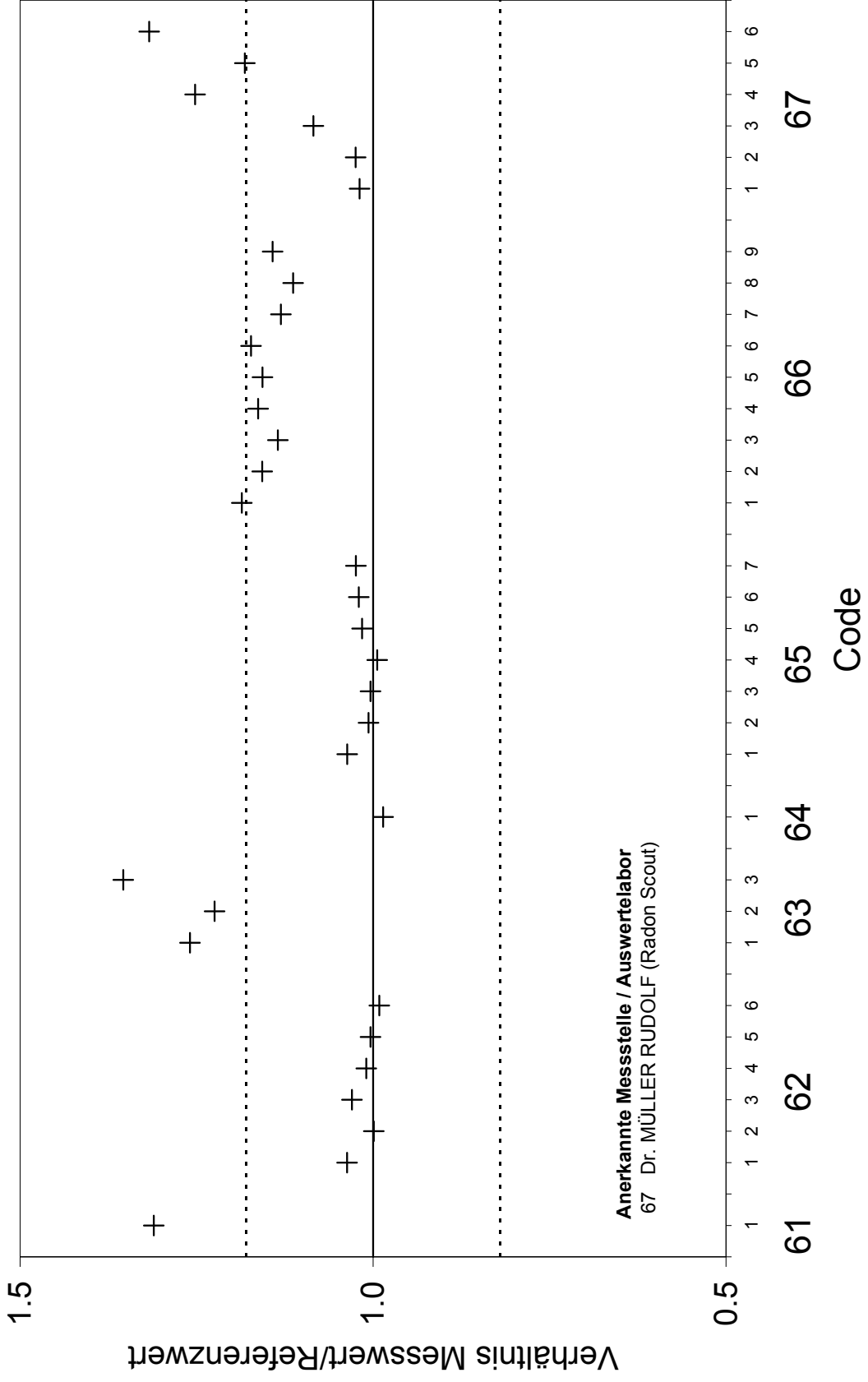


März 2012

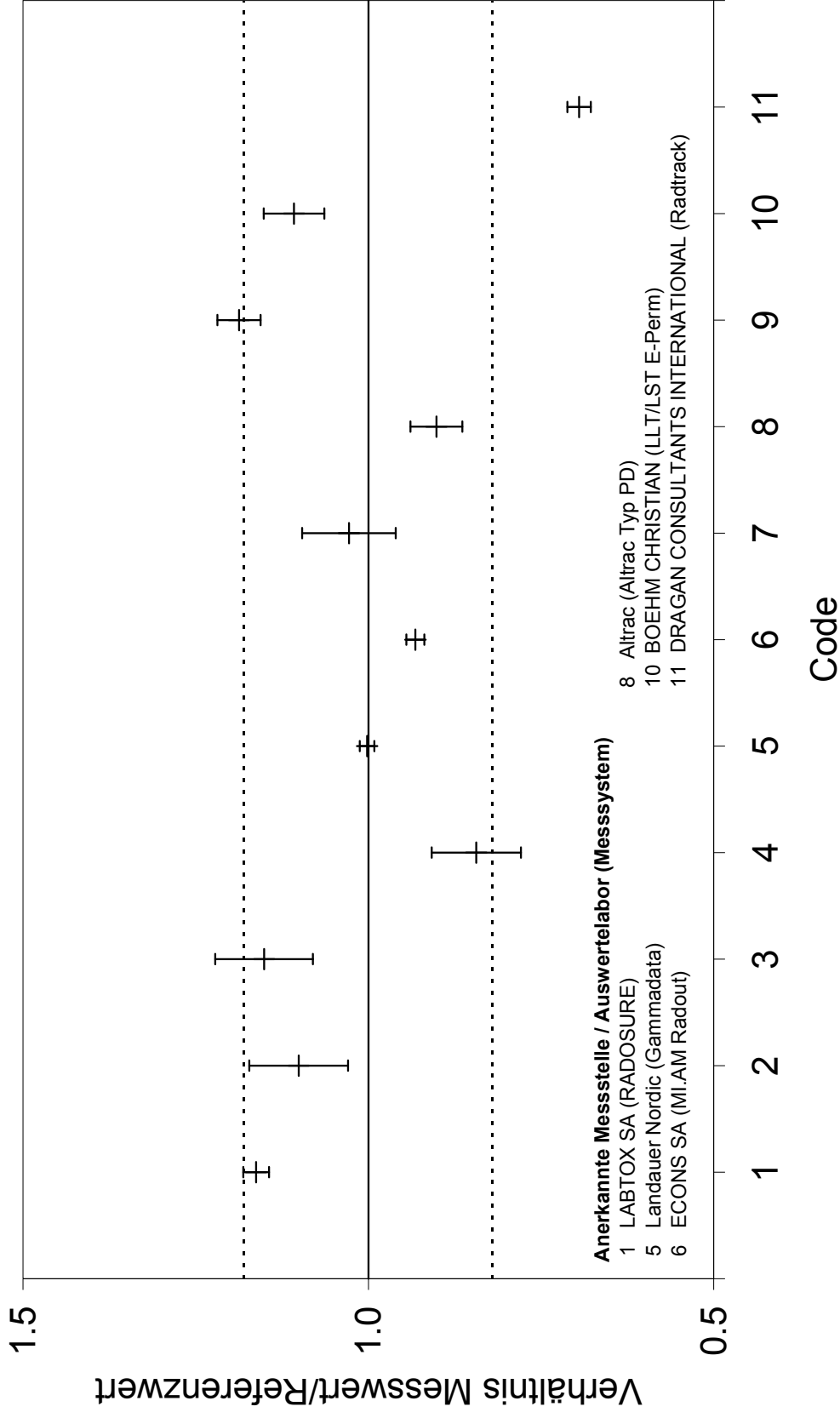
Figur 3: Vergleichsmessung 2012 - Resultate passive Radondosimeter



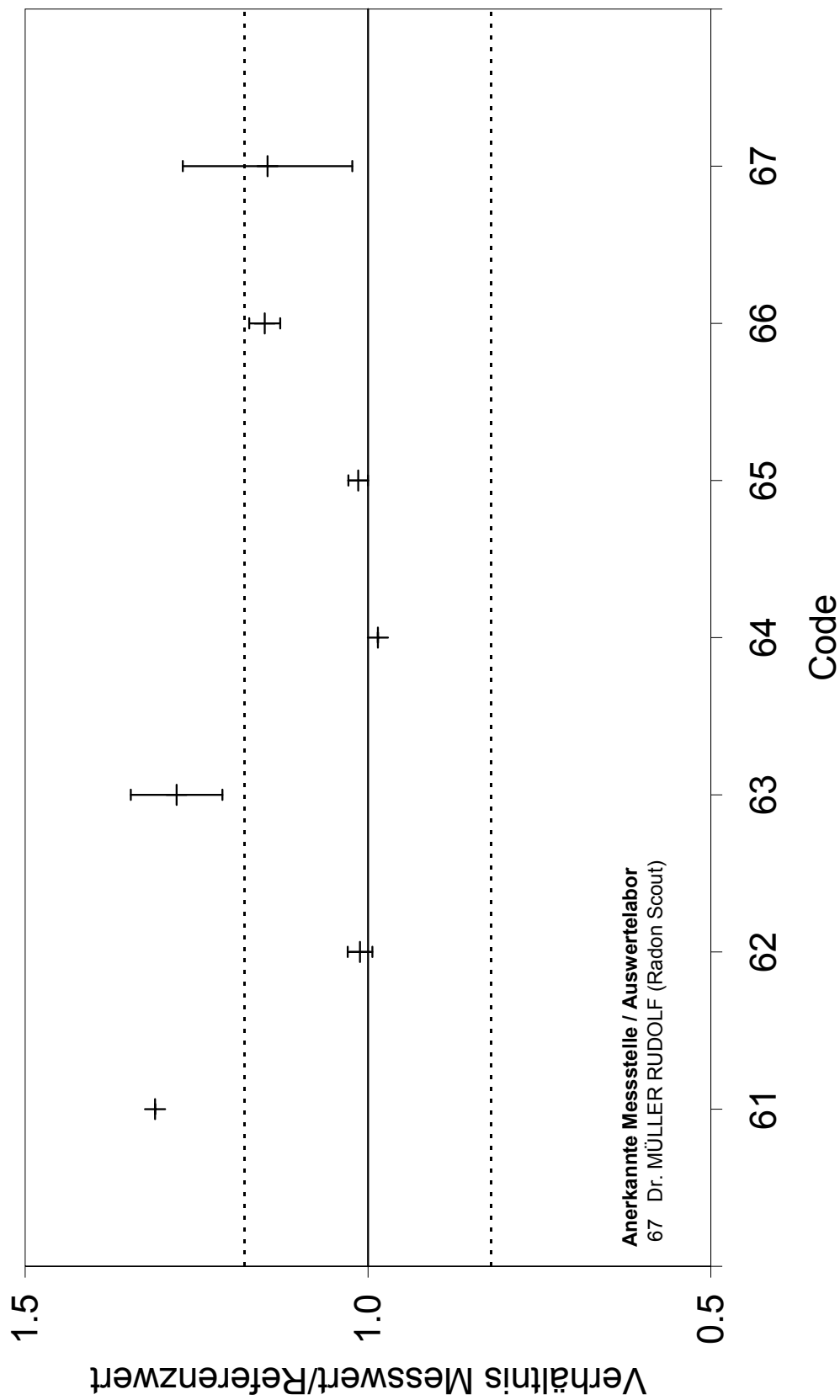
Figur 4: Vergleichsmessung 2012 - Resultate aktive Radondosimeter



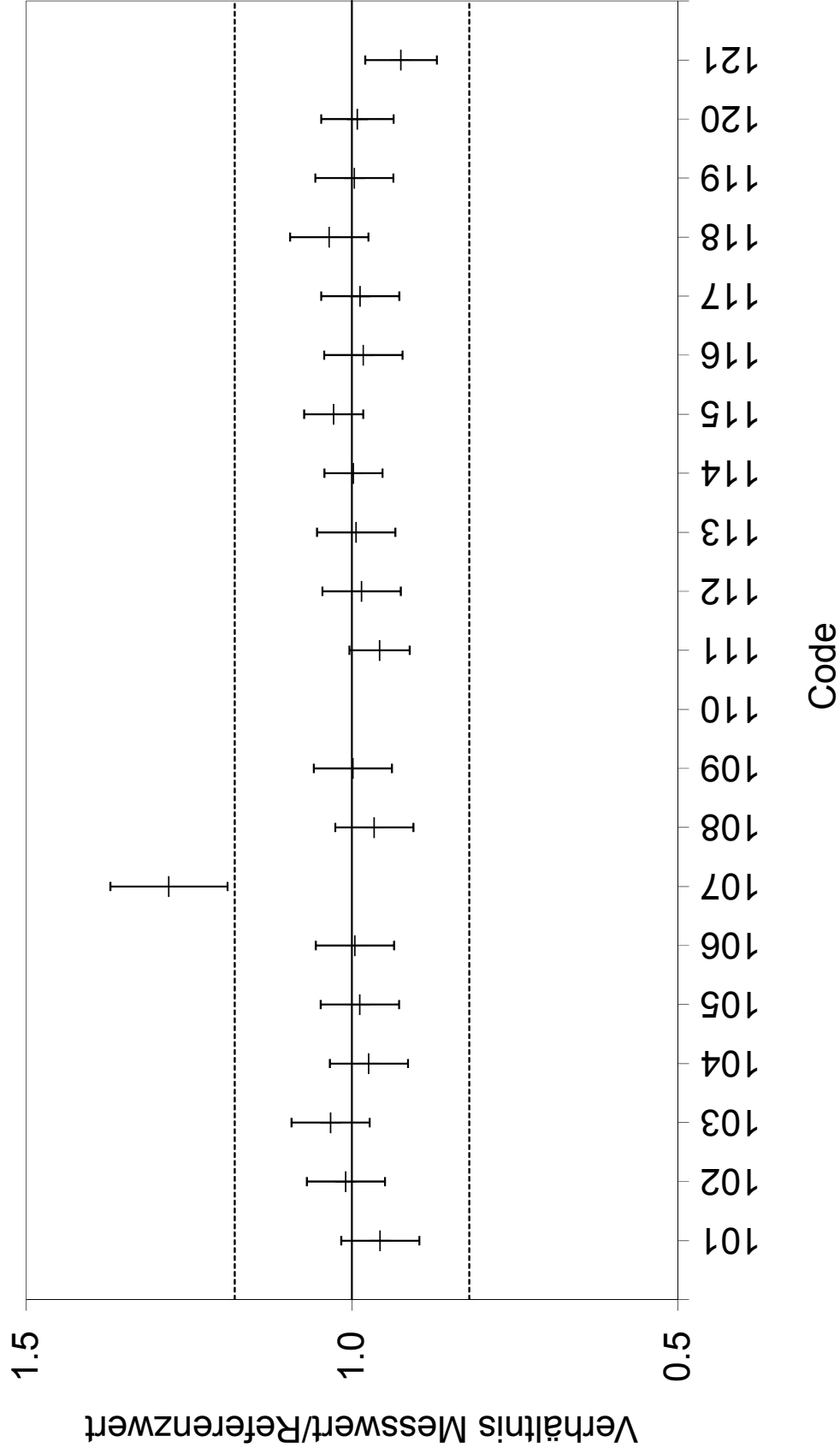
Figur 5: Vergleichsmessung 2012 - Mittelwerte passive Radondosimeter



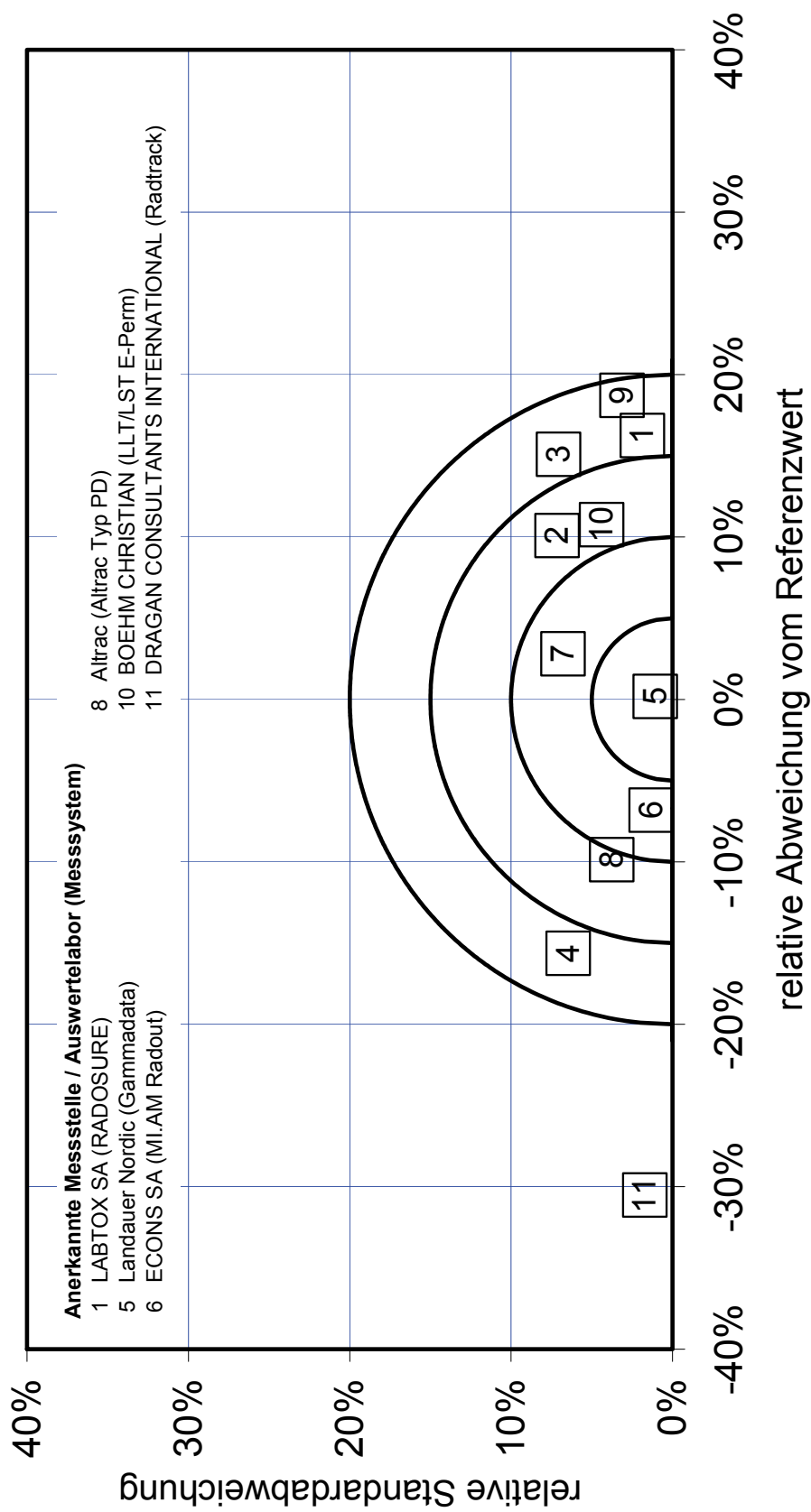
Figur 6: Vergleichsmessung 2012 - Mittelwerte aktive Radondosimeter



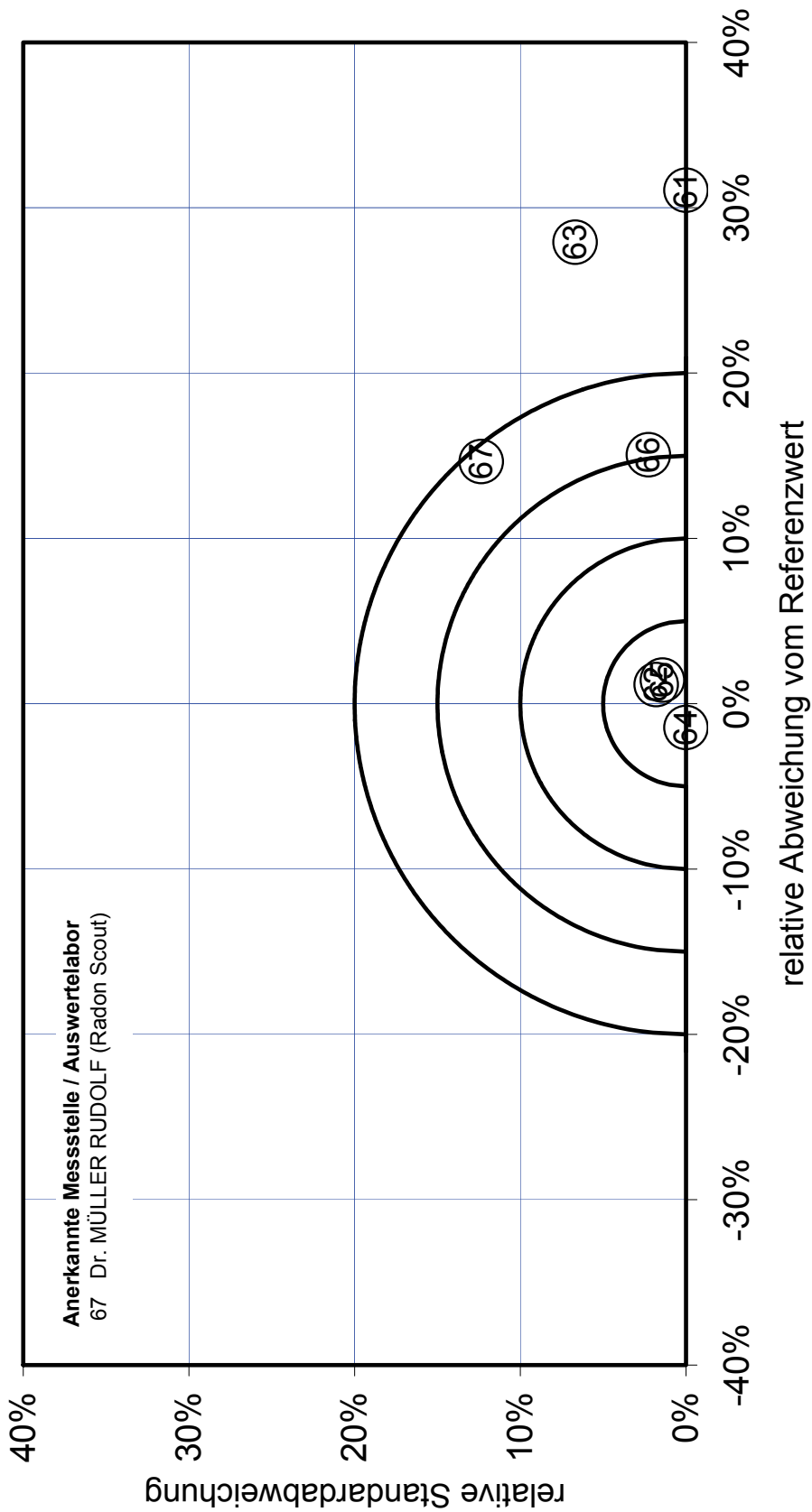
Figur 7: Vergleichsmessung 2012 - Resultate Messgeräte



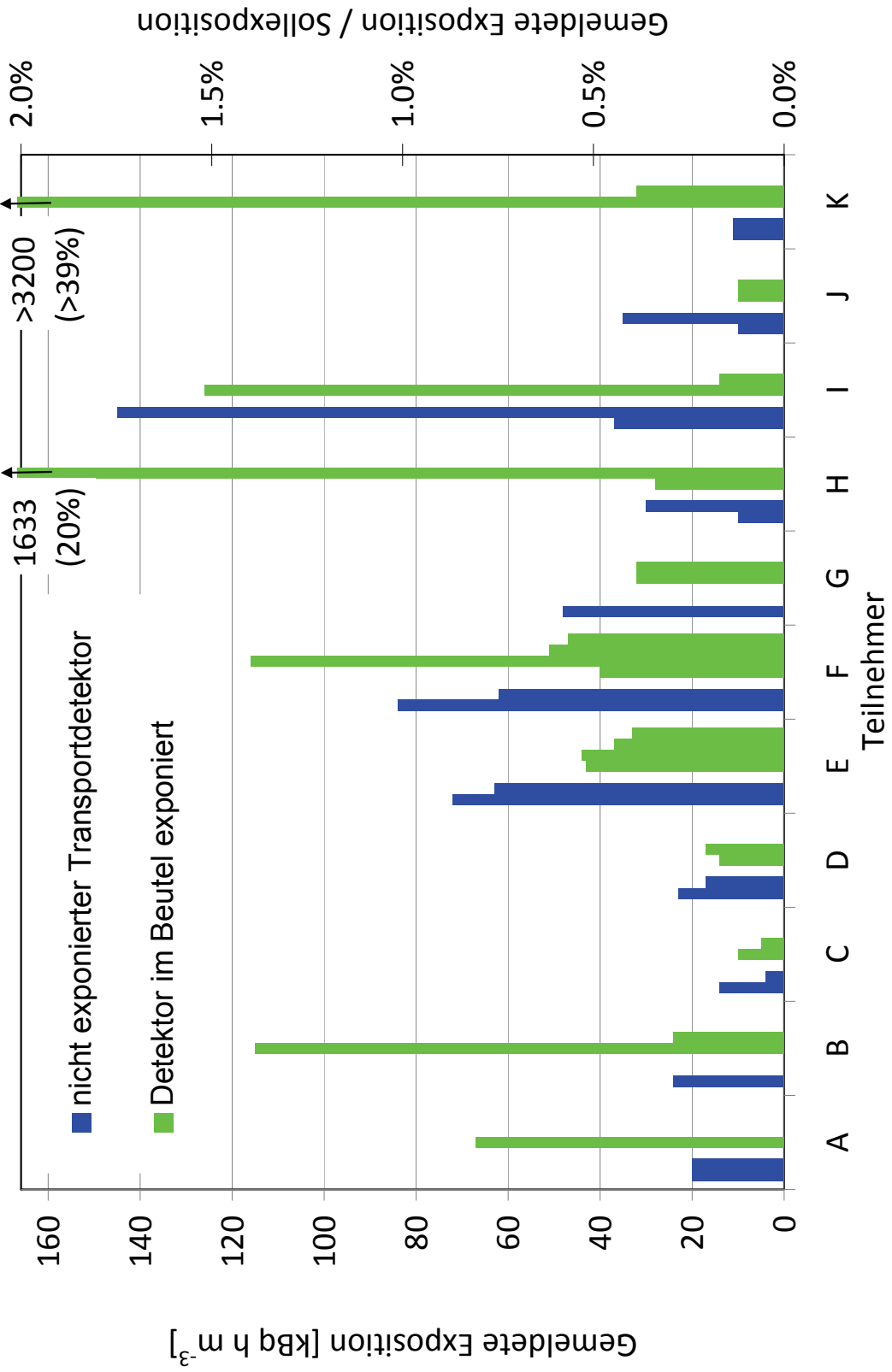
Figur 8: Vergleichsmessung 2012 - Übersicht der Messstellen mit passiven Radodosimetern



Figur 9: Vergleichsmessung 2012 - Übersicht der Messstellen mit aktiven Radondosimetern



Figur 10: Vergleichsmessung 2012 – Resultate der Expositionen mit Verpackung



PAUL SCHERRER INSTITUT



Paul Scherrer Institut, 5232 Villigen PSI, Switzerland
Tel. +41 56 310 21 11, Fax +41 56 310 21 99
www.psi.ch