

PAUL SCHERRER INSTITUT



PSI Bericht Nr. 10-06
September 2010
ISSN 1019-0643

Fachbereich Logistik
Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit

Die Vergleichsmessung 2008 für Radongasmessgeräte am PSI

Gernot Butterweck, Christoph Schuler und Sabine Mayer

PAUL SCHERRER INSTITUT



PSI Bericht Nr. 10-06
September 2010
ISSN 1019-0643

Fachbereich Logistik
Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit

Die Vergleichsmessung 2008 für Radongasmessgeräte am PSI

Gernot Butterweck, Christoph Schuler und Sabine Mayer

Paul Scherrer Institut
5232 Villigen PSI
Switzerland
Tel. +41 (0)56 310 21 11
Fax +41 (0)56 310 21 99
www.psi.ch

Zusammenfassung

Kandidaten für die vom 28. August bis 7. September 2008 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 neben 12 anerkannten vier weitere Messstellen. Drei Messstellen nahmen mit zwei verschiedenen 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 ausschliesslich Messgeräte mit Ionisationskammern an der Vergleichsmessung teil.

Die Dosimeter und Messgeräte wurden einer Exposition von 155 kBq h m^{-3} bei einer durchschnittlichen Radonaktivitätskonzentration von 627 Bq m^{-3} ausgesetzt. Bei einem zu Testzwecken an der Vergleichsmessung teilnehmenden Messgerät wurden die Messwerte nur für einen Teil des Expositionsintervalls (30.8. - 7.9.2008) gespeichert. Die Exposition in diesem Teilintervall bezifferte sich zu 117 kBq h m^{-3} bei einer durchschnittlichen Radonaktivitätskonzentration von 624 Bq m^{-3} .

Mit 155 kBq h m^{-3} wies die diesjährige Vergleichsmessung die niedrigste bisher verwendete Exposition auf. Insbesondere die von einigen Messstellen verwendeten LLT-Elektret-Ionisationskammern stiessen hier an ihre untere Messgrenze.

Unübliche Abweichungen von Radongasmessgeräten eines Herstellers scheinen eine Abhängigkeit von der Seriennummer und damit dem Herstellungsdatum aufzuweisen.

Abstract

Sixteen radon measurement services participated in the 2008 Radon Intercomparison Exercise performed at the Reference Laboratory for Radon Gas Activity Concentration Measurements at Paul Scherrer Institut (PSI) during August 28th to September 7th, 2008 on behalf of the Swiss Federal Office of Public Health (FOPH). Twelve 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 dosimeters (etched-track, electronic and electret ionisation chambers) and instruments (ionisation chambers) were exposed in the PSI Radon Chamber in a reference atmosphere with an average radon gas concentration of 627 Bq m⁻³ leading to a radon gas exposure of 155 kBq h m⁻³.

One measuring instrument participating for testing purposes stored values for part of the exposure interval (30.8. - 7.9.2008). The exposure during this partial interval was 117 kBq h m⁻³ at an average radon gas concentration of 624 Bq m⁻³.

The exposure of 155 kBq h m⁻³ was the lowest used at the PSI intercomparisons down to the present day. Especially the LLTelectret ionisation chambers used by some of the laboratories reached the lower end of their measurement range with this exposure.

Unexpected deviations of instruments of the same model seem to show a dependence on the serial number and thus production date.

INHALT

1 EINLEITUNG	1
2 REFERENZ-MESSINSTRUMENTE	1
2.1 Kalibrierung der Referenz-Messinstrumente für Radongas.....	2
3 EXPOSITIONSPARAMETER	2
3.1 Dauer von Expositions- und Ausgasungsperiode.....	2
3.2 Umweltbedingungen in den Vorbereitungsräumen.....	2
3.3 Umweltbedingungen in der Prüfkammer	2
3.4 Resultate der Radongas-Referenzmessungen.....	3
4 VERWENDETE DETEKTOR- UND MESSINSTRUMENTARTEN DER TEILNEHMER	3
5 RESULTATE DER VERGLEICHSMESSUNG	3
6 DISKUSSION DER RESULTATE DER VERGLEICHSMESSUNG	4
6.1 Radongas-Referenzmessungen	4
6.2 Teilnehmerresultate	4
6.2.1 Elektret-Ionisationskammern	4
6.2.2 Kernspurdetektoren	5
6.2.3 Elektronische Radondosimeter	5
6.2.4 Messgeräte	5
7 SCHLUSSFOLGERUNG	5
8 LITERATUR	6

TABELLEN

Tabelle 1: Liste der Teilnehmer	8
Tabelle 2: Daten zur Vergleichsmessung 2008	10
Tabelle 3: Expositionsparameter in der Prüfkammer	11
Tabelle 4: Unsicherheitsabschätzung zu den Resultaten der Radongas-Referenzmessungen in Bq m^{-3}	11
Tabelle 5: Verwendete Detektoren und Messinstrumente	12
Tabelle 6: Teilnehmerresultate Elektret-Ionisationskammern	16
Tabelle 7: Teilnehmerresultate Kernspurdetektoren	17
Tabelle 8: Teilnehmerresultate elektronische Radondosimeter	19
Tabelle 9: Teilnehmerresultate Messgeräte	20

FIGUREN

Figur 1: Lufttemperatur und relative Luftfeuchte in der Prüfkammer.....	22
Figur 2: Radonkonzentration in der Prüfkammer	23
Figur 3: Resultate Elektret-Ionisationskammern	24
Figur 3a: Resultate Elektret-Ionisationskammern	25
Figur 4: Resultate Kernspurdetektoren	26
Figur 5: Resultate elektronische Radondosimeter	27
Figur 6: Mittelwerte Elektret-Ionisationskammern	28
Figur 6a: Mittelwerte Elektret-Ionisationskammern	29
Figur 7: Mittelwerte Kernspurdetektoren	30
Figur 8: Mittelwerte elektronische Radondosimeter	31
Figur 9: Resultate Messgeräte	32
Figur 9a: Resultate Messgeräte sortiert nach Seriennummern.....	33
Figur 10: Übersicht der Teilnehmer mit Elektret-Ionisationskammern	34
Figur 10a: Übersicht der Teilnehmer mit Elektret-Ionisationskammern	35
Figur 11: Übersicht der Teilnehmer mit Kernspurdetektoren	36
Figur 12: Übersicht der Teilnehmer mit elektronischen Radondosimetern	37

1 EINLEITUNG

Das Jahr 2008 war für die Radon-Metrologie in der Schweiz ein Jahr der Veränderungen. Bis 2006 führte das Referenzlabor für Radongas-Konzentrationsmessungen am Paul Scherrer Institut (PSI) jährlich eine Vergleichsmessung von Radon-Detektoren und -Messgeräten durch. Aus Kostengründen wurden diese Vergleichsmessungen anschliessend auf einen zweijährigen Rhythmus umgestellt. Gleichzeitig wurde die Publikation der Ergebnisse in Form eines PSI-Berichts probeweise eingestellt.

Die Grundlage für die Vergleichsmessungen wurde in den vom Bundesamt für Metrologie (METAS) am 6. Mai 1996 erlassenen "Weisungen über die Rückverfolgbarkeit (Traceability) von Radongas-Konzentrationsmessungen" (EAM 1996) dargestellt. 2008 wurden die Weichen für den Ersatz dieser Weisungen durch die „Verordnung des EJPD über Radonmessmittel vom 29. November 2008“ gestellt, welche am 1. Juli 2009 in Kraft trat.

Die Veränderung der Grundlagen beeinflusste bereits die Vergleichsmessung 2008. Die Exposition von 155 kBq h m^{-3} , welche die bisher niedrigste der PSI-Vergleichsmessungen ist, diente zur Annäherung an die in der Messmittelverordnung definierte untere Messgrenze von 50 kBq h m^{-3} .

Die Vergleichsmessung 2008 für Radongasdetektoren und -messgeräte in der Prüfkammer des Referenzlabors fand vom 28. August bis 7. September statt. Es beteiligten sich 16 Privatpersonen, Firmen oder Institutionen (Tabelle 1) mit total 110 Dosimetern und 37 Messgeräten.

Der vorliegende Bericht beschreibt die Vorgehensweise und die Ergebnisse dieser Vergleichsmessung. Auch dieser ist aufgrund des Erstelldatums 2010 bereits durch die Messmittelverordnung beeinflusst. Neben Elektret- und Kernspur-Radondosimetern wird erstmals die Klasse der elektronischen Radondosimeter in den Bericht aufgenommen. Aus diesem Grund wurde die Kodiersystematik in diesem Bericht angepasst, was zur Folge hat, dass die in diesem Bericht verwendeten Codes nicht mit früheren Darstellungen der Messwerte übereinstimmen.

2 REFERENZ-MESSINSTRUMENTE

Als Referenzmessinstrumente zur punktwisen 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 Transfornormal I. Für die automatisierte Probenahme der Prüfkammer-Atmosphäre kommen am PSI-Referenzlabor drei Transfornormale I zum Einsatz. Für die Punktmessung der Radongas-Konzentration mit diesen Transfornormalen wird eine 20-minütige Füllung der Szintillationszelle eines Transfornormals zeitlich versetzt im Abstandszyklus 100, 100, 120, 100, 100, 120,... Minuten vorgenommen. Auf diese Weise resultierten für die Vergleichsmessung 2008 total 137 Punktmessungen.

Der Radongas-Pegel in der Prüfkammer wird zusätzlich mit einem Messgerät 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 2008 auf international anerkannte Normale zu gewährleisten, wurden die Szintillationszellen mit einem Radongas-Standard des Institut Universitaire de Radiophysique Appliquée (IRA), Lausanne, Schweiz, kalibriert (Schuler 1998).

Das Messgerät mit Ionisationskammer wurde 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 angegeben.

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 Feuchtigkeitsverlauf während der Exposition. Die Erhöhung der Luftfeuchte durch das Platzieren der Detektoren am 28.8. ist deutlich sichtbar. Die regelmässigen kurzfristigen Anstiege der Temperatur mit gleichzeitiger Absenkung der relativen Luftfeuchte werden durch die Vereisungsverhinderung des Klimageräts verursacht.

3.4 Resultate der Radongas-Referenzmessungen

Der Referenzwert für die Radongas-Konzentration in der Prüfkammer während der Vergleichsmessung 2008 (Tabelle 3) basiert auf dem gewichteten Durchschnittswert von 137 Punktbestimmungen mit drei TransfERNormalen I (Tabelle 4), welche nach dem in Tabelle 2 angegebenen Füll- und Messschema durchgeführt wurden. Aus dem Radongas-Konzentrationswert wurde der entsprechende Radongas-Expositions-wert 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 137 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.

Für eines der zu Testzwecken teilnehmenden elektronischen Radondosimeter wurde ein eigener Referenzwert definiert, welcher aus 104 Punktbestimmungen mit den TransfERNormalen I zwischen dem 30.8. und dem 7.9. abgeleitet wurde.

4 VERWENDETE DETEKTOR- UND MESSINSTRUMENTARTEN DER TEILNEHMER

Den 16 Teilnehmern der Vergleichsmessung wurden je nach Anzahl der exponierten Dosimetergruppen oder Messgeräte ein oder mehrere Codes zugeteilt. Diese Codes sowie der verwendete Dosimeter- bzw. Messgerätyp, Produktname und Hersteller des Messsystems sind in Tabelle 5 aufgeführt. In Tabelle 5 werden die Codes von Messstellen, welche zum Zeitpunkt der Teilnahme an der Vergleichsmessung vom BAG anerkannt waren, deren Namen zugeordnet. In Fällen, bei denen die Radondosimeter direkt durch das Auswertelabor zur Verfügung gestellt wurden, wird dessen Name angegeben. Die Zuordnung zwischen Codes und Messstellen oder Auswertelabors wird in den Legenden der Figuren 3 - 12 wiederholt.

5 RESULTATE DER VERGLEICHSMESSUNG

Die Tabellen 6 bis 9 führen die Teilnehmerresultate für Elektret-Ionisationskammern, Kernspurdetektoren, elektronische Radondosimeter und Messgeräte auf. In den Tabellen 6, 7 und 8 sind die gemeldeten Einzelresultate nach Detektorbezeichnung aufsteigend in alphanumerischer Reihenfolge geordnet angegeben und zusätzlich noch mit einem Detektorcode versehen. Die Tabellen 6 bis 9 enthalten auch das Verhältnis Messwert/Referenzwert pro Radondosimeter oder Messgerät sowie Mittelwert und Standardabweichung dieser Verhältnisse.

In den Figuren 3, 4 und 5 sind die Einzelverhältniswerte und in den Figuren 6 bis 9 die Verhältnismittelwerte sowie deren Standardabweichung pro Teilnehmercode dargestellt.

In den Figuren 3 - 9 wurden zur Illustration Hilfslinien bei + 18% und bei - 18% eingetragen ($\pm 3\%$ für den 2σ -Bereich der Unsicherheit des Referenzwertes [siehe Tabelle 4] plus $\pm 15\%$, die dem Linearitätskriterium der Messmittelverordnung entsprechen und hier zur Vergleichbarkeit mit vergangenen Vergleichsmessungen verwendet werden). Die Skalierung der y-Achse dieser Diagramme zwischen den Werten 0.5 und 1.5 dient ebenfalls zur Vergleichbarkeit mit vorangegangenen Berichten. Fallen Werte ausserhalb dieses Bereiches, wird das Diagramm mit der notwendigen Erweiterung der Skala wiederholt.

Gemäss Formular "Anerkennung als Radonmessstelle" zieht das BAG die quadratische Summe aus der relativen Standardabweichung eines Ensembles von 5 Einzeldetektoren und der relativen Abweichung des Ensemblemittelwerts vom Sollwert als Kriterium 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. Figuren 10 bis 12 zeigen derartige Diagramme für Elektret-Ionisationskammern, Kernspurdetektoren und elektronische Radondosimeter. In diesen Abbildungen sind zur besseren Lesbarkeit neben dem Halbkreis für 20% auch Halbkreise für 5%, 10% und 15% eingezeichnet. Im Falle des Auftretens von Messwerten, welche ausserhalb der Standardskala liegen, wird das Diagramm mit erweiterter Skala wiederholt.

6 DISKUSSION DER RESULTATE DER VERGLEICHSMESSUNG

6.1 Radongas-Referenzmessungen

Figur 2 zeigt den Verlauf des Radongas-Konzentrationspegels während der Expositionsperiode. Die Radongas-Konzentration wurde während der gesamten Vergleichsmessung durch das Steuerprogramm konstant gehalten. Der Beginn der Regelung und auch das Belüften der Prüfkammer im Anschluss an die Vergleichsmessung sind deutlich zu erkennen.

6.2 Teilnehmerresultate

6.2.1 Elektret-Ionisationskammern

Die Einzelergebnisse der Elektret-Ionisationskammern sind in den Figuren 3 und 3a dargestellt. Von den 25 exponierten Detektoren wichen dreizehn um mehr als 18% (horizontal gestrichelte Linien) vom Sollwert ab. Der Mittelwert über ein Ensemble von 5 Detektoren lag für zwei anerkannte Messstellen ebenfalls ausserhalb des Bereichs von 18% um den Sollwert (Figuren 6 und 6a). Das Bewertungskriterium des BAG (Figuren 10 und 10a) ist für vier der fünf teilnehmenden Messstellen nicht erfüllt.

Das schlechte Abschneiden der Elektret-Detektoren ist durch die geringe Radongas-Exposition erklärbar. Hier stösst die in der Schweiz hauptsächlich verwendete Elektret-Konfiguration (LLT) an ihre Grenzen. Die verwendete Exposition beträgt etwa das Dreifache der minimal messbaren Exposition, wie sie in der Messmittelverordnung definiert wird.

6.2.2 Kernspurdetektoren

Bei den Einzelmessresultaten der Kernspurdetektoren (Figur 4) wichen 13 Resultate von insgesamt 40 teilnehmenden Detektoren um mehr als 18% vom Sollwert ab. Die Mittelwerte der Ergebnisse von zwei teilnehmenden Messstellen lagen ebenfalls ausserhalb des Bandes von 18% um den Sollwert (Figur 7).

Das Bewertungskriterium des BAG (Figur 9) ist für diese beiden anerkannten Messstellen nicht erfüllt.

6.2.3 Elektronische Radondosimeter

Bei den elektronischen Radondosimetern (Figur 5) wich ein Messwert von insgesamt 15 Resultaten um mehr als 18% vom Sollwert ab. Die Mittelwerte liegen insgesamt innerhalb des Bandes von 18% um den Sollwert (Figur 8). Dabei ist zu beachten, dass ein einzelnes elektronisches Radondosimeter zu Testzwecken an der Vergleichsmessung teilnahm (Code 62), für welches keine Streuung angegeben werden kann. Dieses Radondosimeter liegt im Diagramm für das Bewertungskriterium (Figur 12) auf der x-Achse. Wegen des fehlenden Masses für die Streuung ist aber damit die Erfüllung des BAG-Kriteriums für dieses Radondosimeter nicht erwiesen. Alle elektronischen Radondosimeter erfüllen das Bewertungskriterium.

6.2.4 Messgeräte

Die Resultate der Messgeräte erscheinen in der Tabelle 8 und den Figuren 9 und 9a. Die Daten eines Messgerätes (Code 111) konnten von der teilnehmenden Messstelle nicht ausgelesen werden. Alle teilnehmenden Messgeräte wiesen eine gute Übereinstimmung mit dem Sollwert auf, wobei aber vier Geräte auffallen, deren Abweichungen zum Sollwert knapp innerhalb der eingezeichneten Messunsicherheiten liegen. Eine eingehende Analyse zur Ursachenbestimmung für diese ungewöhnliche Abweichung zeigte eine Abhängigkeit von der Seriennummer auf (Figur 9a). Die vier betroffenen Geräte stammen allesamt aus neueren Produktionschargen des Herstellers.

7 SCHLUSSFOLGERUNG

Die in der Schweiz tätigen Messstellen für Radongas ermitteln ihre Ergebnisse mit guter Qualität. Die Ergebnisse bei der geringen Radongas-Exposition der diesjährigen Vergleichsmessung von 155 kBq h m^{-3} zeigten aber auch klar auf, dass die neu in der Messmittelverordnung definierte untere Messgrenze von 50 kBq h m^{-3} für alle Messverfahren anspruchsvoll ist. Insbesondere ist zu er-

warten, dass die bisher in der Schweiz häufig verwendete LLT-Elektret-Konfiguration hier überfordert wird.

Unerwartet wurde beobachtet, dass neuere Produktionschargen eines in der Schweiz weit verbreiteten Messgeräts eine grössere Abweichung zum Sollwert aufweisen als ältere Geräte gleicher Bauart.

8 LITERATUR

EAM Eidgenössisches Amt für Messwesen

Weisungen über die Rückverfolgbarkeit (Traceability) von Radongaskonzentrationsmessungen

Wabern: Eidgenössisches Amt für Messwesen; 6. Mai 1996.

EJPD Eidgenössisches Justiz- und Polizeidepartement

Verordnung des EJPD über Radonmessmittel vom 29. November 2008 (Stand am 1. Juli 2009)

SR 941.215

Schuler, Ch.

Das Referenzlabor für Radongas-Konzentrationsmessungen am PSI

Villigen: Paul Scherrer Institut; PSI-Bericht Nr. 98-08; 1998.

Schuler, Ch.; Butterweck-Dempewolf, G.

Die Vergleichsmessung 1997 für Radongasmessgeräte am PSI

Villigen: Paul Scherrer Institut; PSI-Rep. Nr. 98-05; 1998.

Schuler, Ch.; Butterweck-Dempewolf, G.

Die Vergleichsmessung 1998 für Radongasmessgeräte am PSI

Villigen: Paul Scherrer Institut; PSI-Rep. Nr. 99-01; 1999.

Schuler, Ch.; Butterweck, G.

Die Vergleichsmessungen 1999 und 2000 für Radongasmessgeräte am PSI

Villigen: Paul Scherrer Institut; PSI-Rep. Nr. 00-06; 2000.

Butterweck, G.; Schuler, Ch.

Die Vergleichsmessung 2001 für Radongasmessgeräte am PSI

Villigen: Paul Scherrer Institut; PSI-Rep. Nr. 01-05; 2001.

Butterweck, G.; Schuler, Ch.

Die Vergleichsmessung 2002 für Radongasmessgeräte am PSI

Villigen: Paul Scherrer Institut; PSI-Rep. Nr. 02-19; 2002.

Butterweck, G.; Schuler, Ch.

Die Vergleichsmessung 2003 für Radongasmessgeräte am PSI
Villigen: Paul Scherrer Institut; PSI-Rep. Nr. 03-14; 2003.

Butterweck, G.; Schuler, Ch.

Die Vergleichsmessung 2004 für Radongasmessgeräte am PSI
Villigen: Paul Scherrer Institut; PSI-Rep. Nr. 04-11; 2004.

Butterweck, G.; Schuler, Ch.

Die Vergleichsmessung 2005 für Radongasmessgeräte am PSI
Villigen: Paul Scherrer Institut; PSI-Rep. Nr. 05-05; 2005.

Butterweck, G.; Schuler, Ch.

Die Vergleichsmessung 2006 für Radongasmessgeräte am PSI
Villigen: Paul Scherrer Institut; PSI-Rep. Nr. 06-05; 2006.

Tabelle 1: Liste der Teilnehmer

AGES
Kompetenzzentrum Radioökologie
und Radon
R. Kosschuch
Derfflingerstrasse 2
4020 **Linz**
Österreich

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

Amt für Lebensmittelsicherheit und
Tiergesundheit Graubünden
Hr. R. Fiechter
Planaterrastrasse 11
7001 **Chur**

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

Bundesamt für Gesundheit
Hr. W. Gfeller
Radiologische Risiken
3003 **Bern**

Dragan Consultants Int. AG
Hr. E. Dragan
Bodenacherstr. 58
8121 **Benglen**

Gammadata Mättechnik
Hr. T. Rönqvist
Vallongatan 1
S-75228 **Uppsala**
Schweden

Geotest AG
Hr. Dr. J. Abrecht
Birkenstr. 15
3052 **Zollikofen**

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

HSE Conseils
Dr. P. Rais
H.-F. Sandoz 14
2710 **Tavannes**

Institut Universitaire de
Radiophysique Appliquée
Hr. Th. Buchillier
Grand Pré 1
1007 **Lausanne**

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

Kantonales Laboratorium Basel-Stadt
Hr. Dr. M. Zehringer
Kannenfeldstr. 2
4056 **Basel**

Kompetenzzentrum Strahlenschutz
VBS
Hr. M. Zürcher
Labor Spiez
3700 **Spiez**

Laboratoire cantonal du Jura
Dr. C. Ramseier
Faubourg des Capucins 20
2800 **Delémont 1**

Laboratorio Cantonale Ct. Ticino
Dr. R. Badiali
Via Mirasole 22
6500 **Bellinzona**

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

Radon Ticino
Dr. S. Montorfani
Strada degli stemmi 4
6814 **Lamone**

SUPSI
Centro di Competenza Radon
Dr. C. Valsangiacomo
Trevano, c.p. 105
6952 **Canobbio**

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

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

Tabelle 2: Daten zur Vergleichsmessung 2008**Dauer der Expositionsperiode:**

	kurz exponiert	normal exponiert
Ende der Vergleichsmessung	30.8.08 19:53	28.8.08 8:37
Start der Vergleichsmessung	7.9.08 15:50	7.9.08 15:50
Expositionsdauer in h	187.9	247.2

Dauer der Ausgasperiode:

Ende Ausgasung	9.9.08 8:15
Start Ausgasung	7.9.08 15:55
Ausgasdauer in h	40.3

Messungen der Umweltparameter in dem Vorbereitungsraum OFLD/009:

Ort	Start	Ende	Rn-Konz. [Bqm ⁻³]	Temp. [°C]	Feuchte [%RH]	Bem.
OFLD/009	29.7.08 13:10	27.8.08 15:50	17 ± 1	25	57	Lagerung und Vorbereitung

Messungen γ -Dosisleistungen mit Automess AD6:

Ort	Start	Ende	Dauer [h]	D [nSv]	DL [nSv/h]	Bem.
OFLD/009	29.7.08 13:11	27.8.08 15:42	621.2	46180	74	Lagerung
Rn-Kammer	28.8.08 8:43	7.9.08 15:36	246.9	19200	78	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

Rn-Konzentration [Bqm ⁻³]	Rn- Exposition [kBqhm ⁻³]	Temperatur [°C]	Relative Feuchte [%]	γ-Dosis- leistung [nSv/h]
Referenzwert 1: 28.8.08 8:37 - 7.9.08 15:50 (Durchschnitt von 137 Punktbestimmungen der Rn-Konz.)				
627 ± 26	155 ± 6	20 ± 1	61 ± 3	78
Referenzwert 2: 30.8.08 19:53 - 7.9.08 15:50 (Durchschnitt von 104 Punktbestimmungen der Rn-Konz.)				
624 ± 27	117 ± 5	20 ± 1	61 ± 3	78

**Tabelle 4: Unsicherheitsabschätzung zu den Resultaten der Radon-
gas-Referenzmessungen in Bq m⁻³**

Referenzwert 1: 28.8.08 8:37 - 7.9.08 15:50			
Messung mit Transfornormal:	TN #515	TN #539	TN #576
Durchschnitt der Punktbestimmungen:	634	603	645
„Statistische“ Unsicherheit (u _A):	3	3	3
„Systematische“ Unsicherheit (u _B):	7	7	7
Gesamtunsicherheit (u _C):	8	8	8
Gewichteter Durchschnittswert:	627		
Gesamtunsicherheit des gew. DW			
(95%-Vertrauensintervall):	26		
Gesamtunsicherheit in %:	4.2		
Referenzwert 2: 30.8.08 19:53 - 7.9.08 15:50			
Messung mit Transfornormal:	TN #515	TN #539	TN #576
Durchschnitt der Punktbestimmungen:	632	599	642
„Statistische“ Unsicherheit (u _A):	3	4	3
„Systematische“ Unsicherheit (u _B):	7	7	7
Gesamtunsicherheit (u _C):	8	8	8
Gewichteter Durchschnittswert:	624		
Gesamtunsicherheit des gew. DW			
(95%-Vertrauensintervall):	27		
Gesamtunsicherheit in %:	4.3		

Tabelle 5: Verwendete Detektoren und Messinstrumente

Code	Detektor-/Messgerätetyp	Produkt (Hersteller)	Anerkannte Messstelle/Auswertelabor
<i>Radon-Dosimeter</i>			
1	Elektret-Ionisationskammer	LLT E-Perm (Rad Elec)	Radial Baubiologie GmbH
2	Elektret-Ionisationskammer	LLT E-Perm (Rad Elec)	Beratender Geol./Hydrogeol. Ch. Böhm
3	Elektret-Ionisationskammer	LST E-Perm (Rad Elec)	Institut de Radiophysique
4	Elektret-Ionisationskammer	LLT E-Perm (Rad Elec)	Institut de Radiophysique
5	Elektret-Ionisationskammer	LLT E-Perm (Rad Elec)	Geotest AG
31	Kernspurdetektor	Tastrak (MIAM)	HSE Conseils
32	Kernspurdetektor	Radtrak (Landauer)	Dragan Consultants Int
33	Kernspurdetektor	RSKS (Radosys)	
34	Kernspurdetektor	PD (Altrac)	Altrac
35	Kernspurdetektor	Alpha Track (Gammadata Mättechnik)	Gammadata Mättechnik
36	Kernspurdetektor	RSKS (Radosys)	
37	Kernspurdetektor	Kodalpha (Dosirad)	G+S applicazioni SA
38	Kernspurdetektor	Kodalpha Radbox (Dosirad)	

Tabelle 5: Verwendete Detektoren und Messinstrumente (Forts.)

Code	Detektor-/Messgerätetyp	Produkt (Hersteller)	Anerkannte Messstelle/Auswertelabor
61	Elektrostatische Sammlung/Halbleiterdetektor	RadonScout (SARAD) Ramon 2.2 (GT Analytics)	
62	Elektrostatische Sammlung/Halbleiterdetektor	CRM-510 (Femtotech)	
63	Elektrostatische Sammlung/Halbleiterdetektor	Ramon 2.2 (GT Analytics)	
<i>Radon-Messgeräte</i>			
101	Ionisationskammer	Alphaguard (Genitron Instruments)	
102	Ionisationskammer	Alphaguard (Genitron Instruments)	
103	Ionisationskammer	Alphaguard (Genitron Instruments)	
104	Ionisationskammer	Alphaguard (Genitron Instruments)	
105	Ionisationskammer	Alphaguard (Genitron Instruments)	
106	Ionisationskammer	Alphaguard (Genitron Instruments)	
107	Ionisationskammer	Alphaguard (Genitron Instruments)	
108	Ionisationskammer	Alphaguard (Genitron Instruments)	
109	Ionisationskammer	Alphaguard (Genitron Instruments)	
110	Ionisationskammer	Alphaguard (Genitron Instruments)	

Tabelle 5: Verwendete Detektoren und Messinstrumente (Forts.)

Code	Detektor-/Messgerätetyp	Produkt (Hersteller)	Anerkannte Messstelle/Auswertelabor
111	Ionisationskammer	Atmos-12 (Gammadata Mättechnik)	
112	Ionisationskammer	Alphaguard (Genitron Instruments)	
113	Ionisationskammer	Alphaguard (Genitron Instruments)	
114	Ionisationskammer	Alphaguard (Genitron Instruments)	
115	Ionisationskammer	Alphaguard (Genitron Instruments)	
116	Ionisationskammer	Alphaguard (Genitron Instruments)	
117	Ionisationskammer	Alphaguard (Genitron Instruments)	
118	Ionisationskammer	Alphaguard (Genitron Instruments)	
119	Ionisationskammer	Alphaguard (Genitron Instruments)	
120	Ionisationskammer	Alphaguard (Genitron Instruments)	
121	Ionisationskammer	Alphaguard (Genitron Instruments)	
122	Ionisationskammer	Alphaguard (Genitron Instruments)	
123	Ionisationskammer	Alphaguard (Genitron Instruments)	
124	Ionisationskammer	Alphaguard (Genitron Instruments)	
125	Ionisationskammer	Alphaguard (Genitron Instruments)	
126	Ionisationskammer	Alphaguard (Genitron Instruments)	
127	Ionisationskammer	Alphaguard (Genitron Instruments)	

Tabelle 5: Verwendete Detektoren und Messinstrumente (Forts.)

Code	Detektor-/Messgerätetyp	Produkt (Hersteller)	Anerkannte Messstelle/Auswertelabor
128	Ionisationskammer	Alphaguard (Genitron Instruments)	
129	Ionisationskammer	Alphaguard (Genitron Instruments)	
130	Ionisationskammer	Alphaguard (Genitron Instruments)	
131	Ionisationskammer	Alphaguard (Genitron Instruments)	
132	Ionisationskammer	Alphaguard (Genitron Instruments)	
133	Ionisationskammer	Alphaguard (Genitron Instruments)	
134	Ionisationskammer	Alphaguard (Genitron Instruments)	
135	Ionisationskammer	Alphaguard (Genitron Instruments)	
136	Ionisationskammer	Alphaguard (Genitron Instruments)	
137	Ionisationskammer	Alphaguard (Genitron Instruments)	

Tabelle 6: Teilnehmerresultate Elektret-Ionisationskammern

Teilnehmer- code	Detektor- code	Messwert [Bq m ⁻³]	Verhältnis Messwert/ Referenzwert	Mittelwert	Standard- abweichung
1	1	1033	1.648	1.679	0.083
	2	1145	1.826		
	3	1020	1.627		
	4	1035	1.651		
	5	1031	1.645		
2	1	622	0.992	1.052	0.107
	2	753	1.201		
	3	701	1.118		
	4	584	0.932		
	5	637	1.016		
3	1	633	1.010	1.072	0.198
	2	673	1.073		
	3	881	1.405		
	4	559	0.892		
	5	613	0.978		
4	1	630	1.005	1.066	0.270
	2	631	1.006		
	3	610	0.973		
	4	513	0.818		
	5	959	1.530		
5	1	1153	1.839	1.872	0.087
	2	1148	1.831		
	3	1145	1.826		
	4	1151	1.836		
	5	1271	2.027		

Tabelle 7: Teilnehmerresultate Kernspurdetektoren

Teilnehmer- code	Detektor- code	Messwert [kBq h m ⁻³]	Verhältnis Messwert/ Referenzwert	Mittelwert	Standard- abweichung
31	1	160	1.032	1.114	0.112
	2	187	1.207		
	3	165	1.065		
	4	156	1.007		
	5	195	1.258		
32	1	125	0.807	0.873	0.085
	2	135	0.872		
	3	120	0.772		
	4	149	0.958		
	5	149	0.958		
33	1	159	1.026	1.063	0.031
	2	168	1.084		
	3	160	1.032		
	4	168	1.084		
	5	169	1.090		
34	1	173	1.116	1.098	0.041
	2	165	1.065		
	3	165	1.065		
	4	168	1.084		
	5	180	1.161		
35	1	142	0.916	0.964	0.057
	2	143	0.923		
	3	144	0.929		
	4	159	1.026		
	5	159	1.026		

Tabelle 7: Teilnehmerresultate Kernspurdetektoren (Forts.)

Teilnehmer- code	Detektor- code	Messwert [kBq h m ⁻³]	Verhältnis Messwert/ Referenzwert	Mittelwert	Standard- abweichung
36	1	165	1.065	1.081	0.022
	2	169	1.090		
	3	171	1.103		
	4	170	1.097		
	5	163	1.052		
37	1	204	1.316	1.247	0.066
	2	197	1.271		
	3	200	1.290		
	4	180	1.161		
	5	185	1.194		
38	1	210	1.355	1.302	0.080
	2	191	1.232		
	3	218	1.407		
	4	201	1.297		
	5	189	1.219		

Tabelle 8: Teilnehmerresultate elektronische Radondosimeter

Teilnehmer- code	Detektor- code	Messwert [kBq h m ⁻³]	Verhältnis Messwert/ Referenzwert	Mittelwert	Standard- abweichung
61	1	160	1.035	1.028	0.023
	2	164	1.057		
	3	157	1.013		
	4	156	1.007		
62	1	106	0.906	0.906	
63	1	167	1.077	1.058	0.032
	2	156	1.008		
	3	163	1.053		
	4	169	1.091		
	5	165	1.064		
64	1	171	1.106	1.147	0.048
	2	175	1.130		
	3	182	1.174		
	4	189	1.217		
	5	172	1.108		

Tabelle 9: Teilnehmerresultate Messgeräte

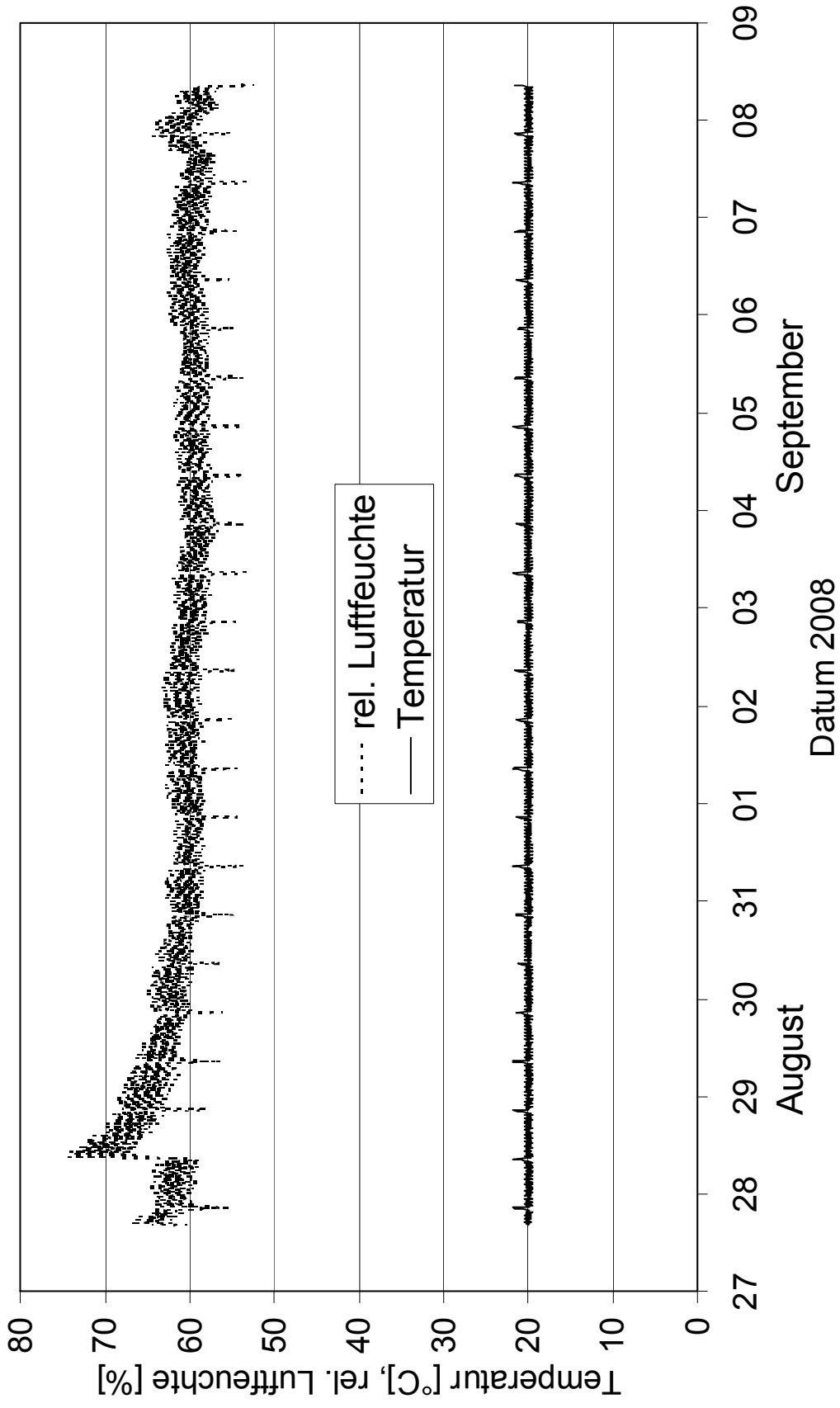
Teilnehmercode	Konzentrations- mittelwert [Bq m ⁻³]	Standard- abweichung [Bq m ⁻³]	Verhältnis Messwert/ Referenzwert	Standard- abweichung ¹
101	632	35	1.008	0.055
102	625	37	0.997	0.059
103	622	37	0.992	0.060
104	642	39	1.023	0.061
105	616	37	0.982	0.060
106	616	37	0.983	0.060
107	620	35	0.988	0.057
108	592	36	0.944	0.060
109	633	38	1.010	0.059
110	621	40	0.990	0.064
111				
112	643	34	1.025	0.053
113	618	34	0.985	0.055
114	623	34	0.994	0.055
115	620	37	0.989	0.060
116	624	35	0.995	0.056
117	625	34	0.997	0.055
118	612	33	0.977	0.054
119	621	37	0.991	0.060
120	614	35	0.979	0.057
121	612	34	0.976	0.055
122	624	37	0.995	0.059
123	589	35	0.940	0.060
124	615	37	0.981	0.060
125	620	34	0.990	0.054
126	590	35	0.941	0.060
127	615	36	0.980	0.059
128	613	48	0.977	0.078
129	591	35	0.943	0.060
130	610	34	0.972	0.056

Tabelle 9: Teilnehmerresultate Messgeräte (Forts.)

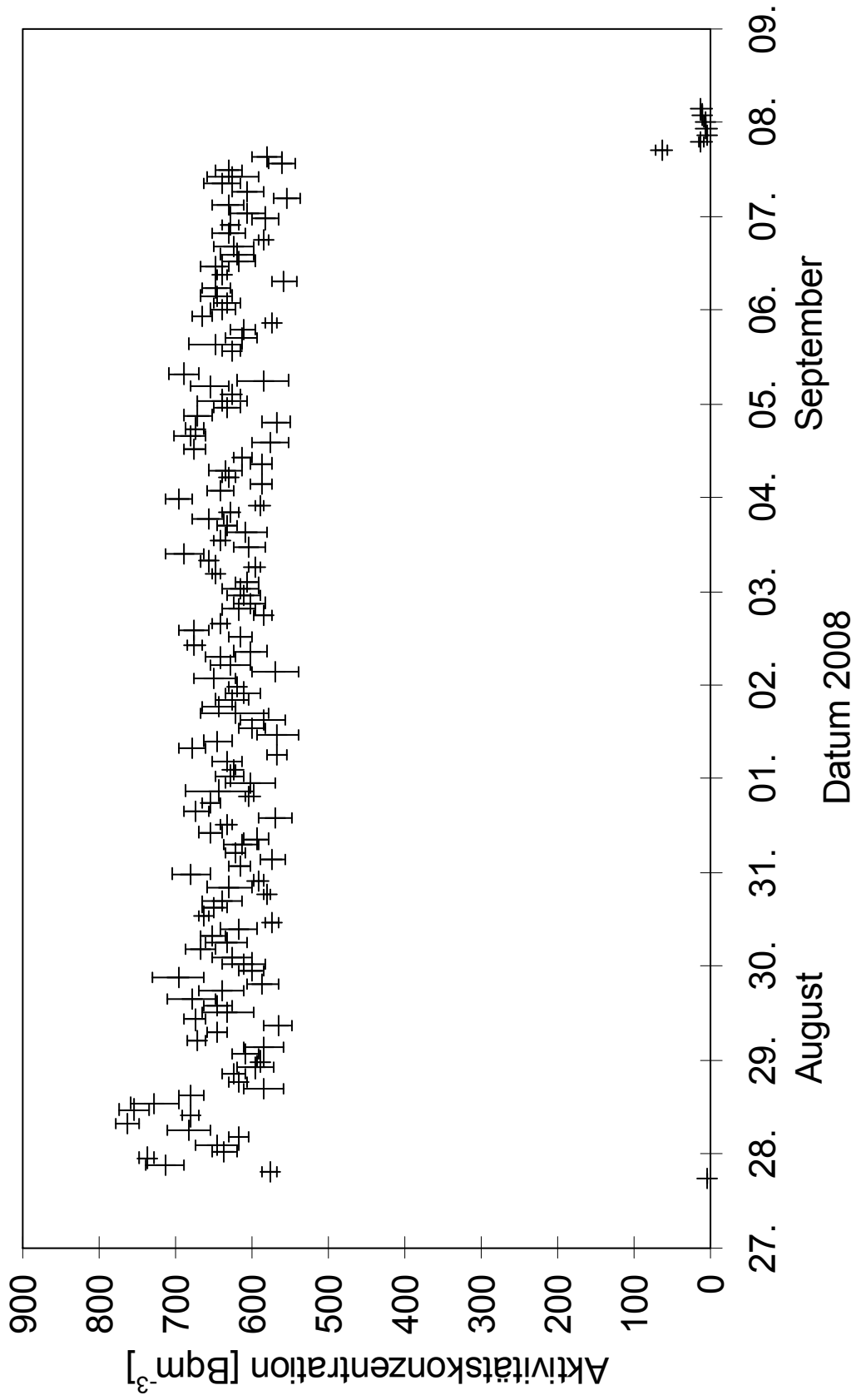
Teilnehmercode	Konzentrations- mittelwert [Bq m ⁻³]	Standard- abweichung [Bq m ⁻³]	Verhältnis Messwert/ Referenzwert	Standard- abweichung ¹
131	625	36	0.997	0.057
132	646	36	1.030	0.056
133	624	36	0.995	0.058
134	633	38	1.010	0.060
135	631	34	1.007	0.054
136	629	36	1.003	0.057
137	616	34	0.982	0.056

¹ Vom PSI eingesetzter Wert für die systematische Unsicherheit der Messresultate (nach Angaben der Hersteller).

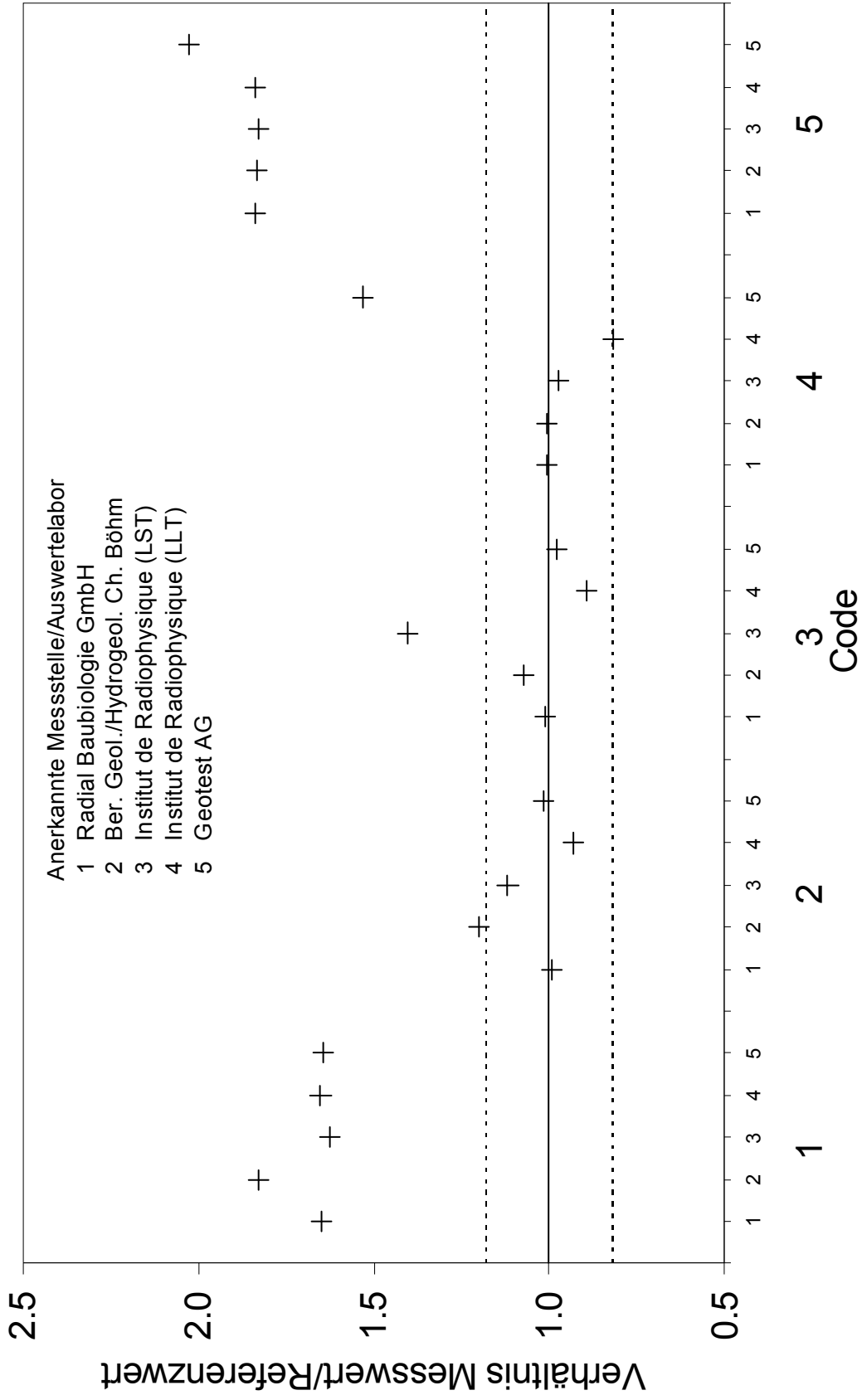
Figur 1: Vergleichsmessung 2008 - Lufttemperatur und relative Luftfeuchte in der Prüfkammer



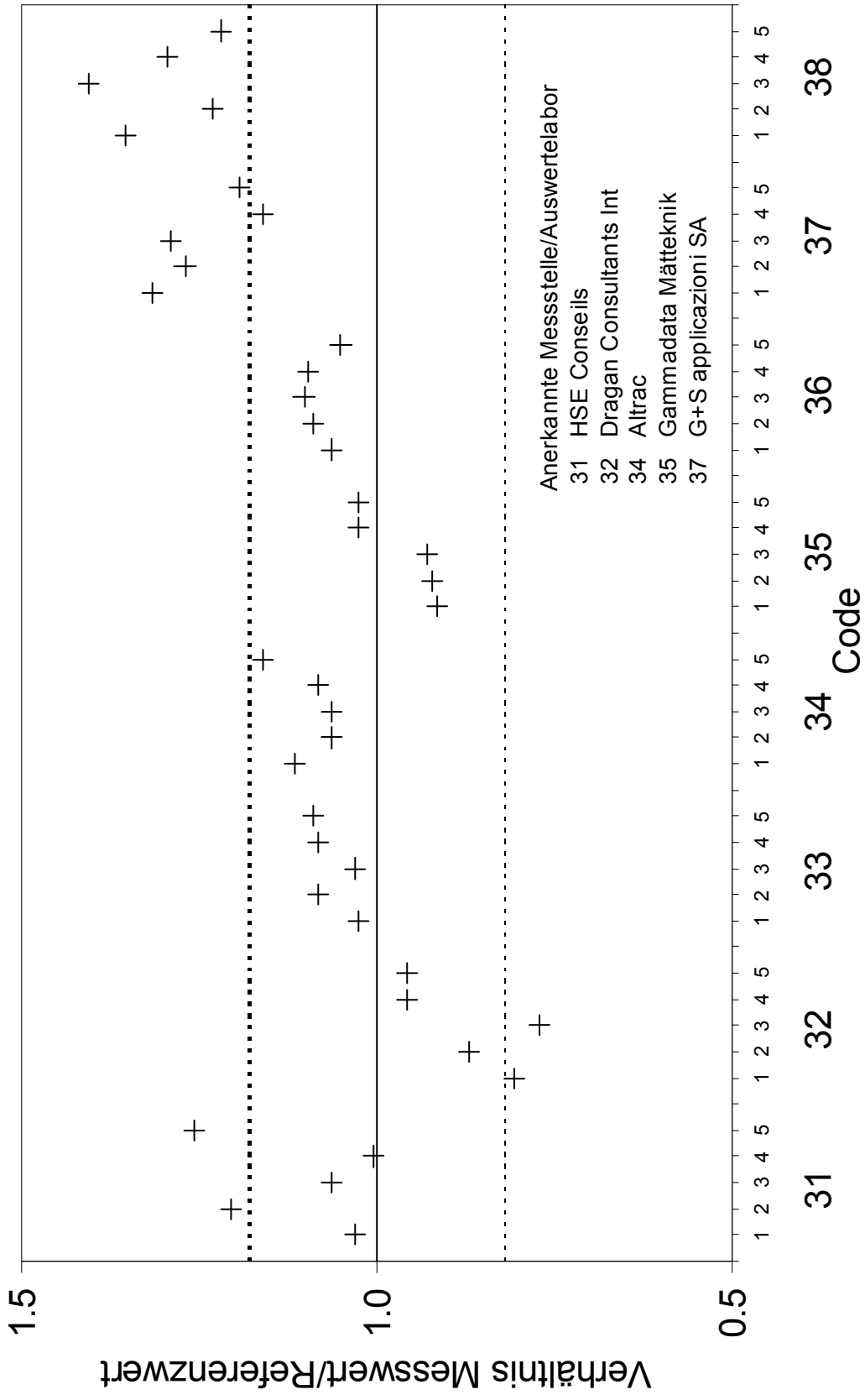
Figur 2: Vergleichsmessung 2008 - Radonkonzentration in der Prüfkammer



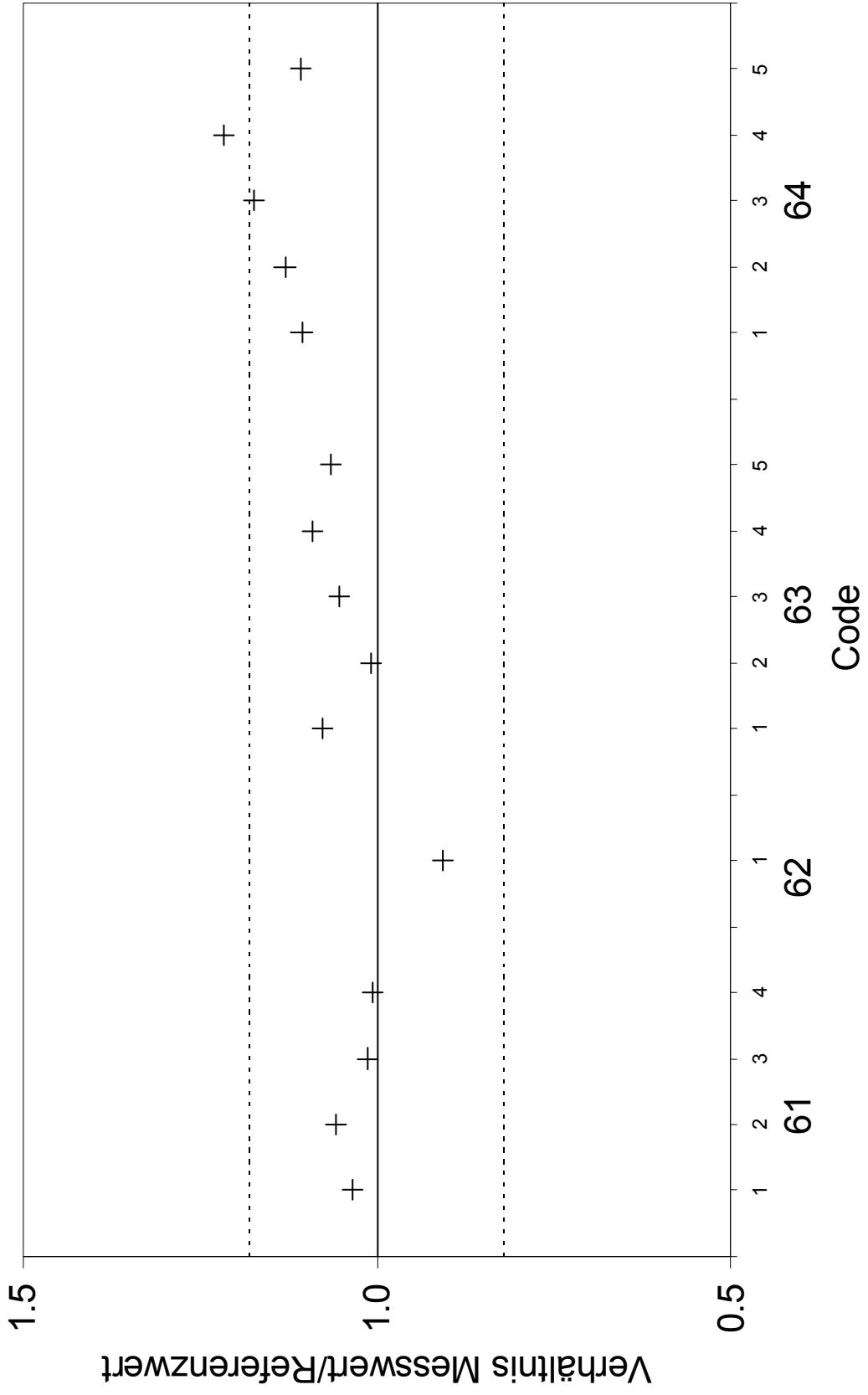
Figur 3a: Vergleichsmessung 2008 - Resultate Elektret-Ionisationskammern



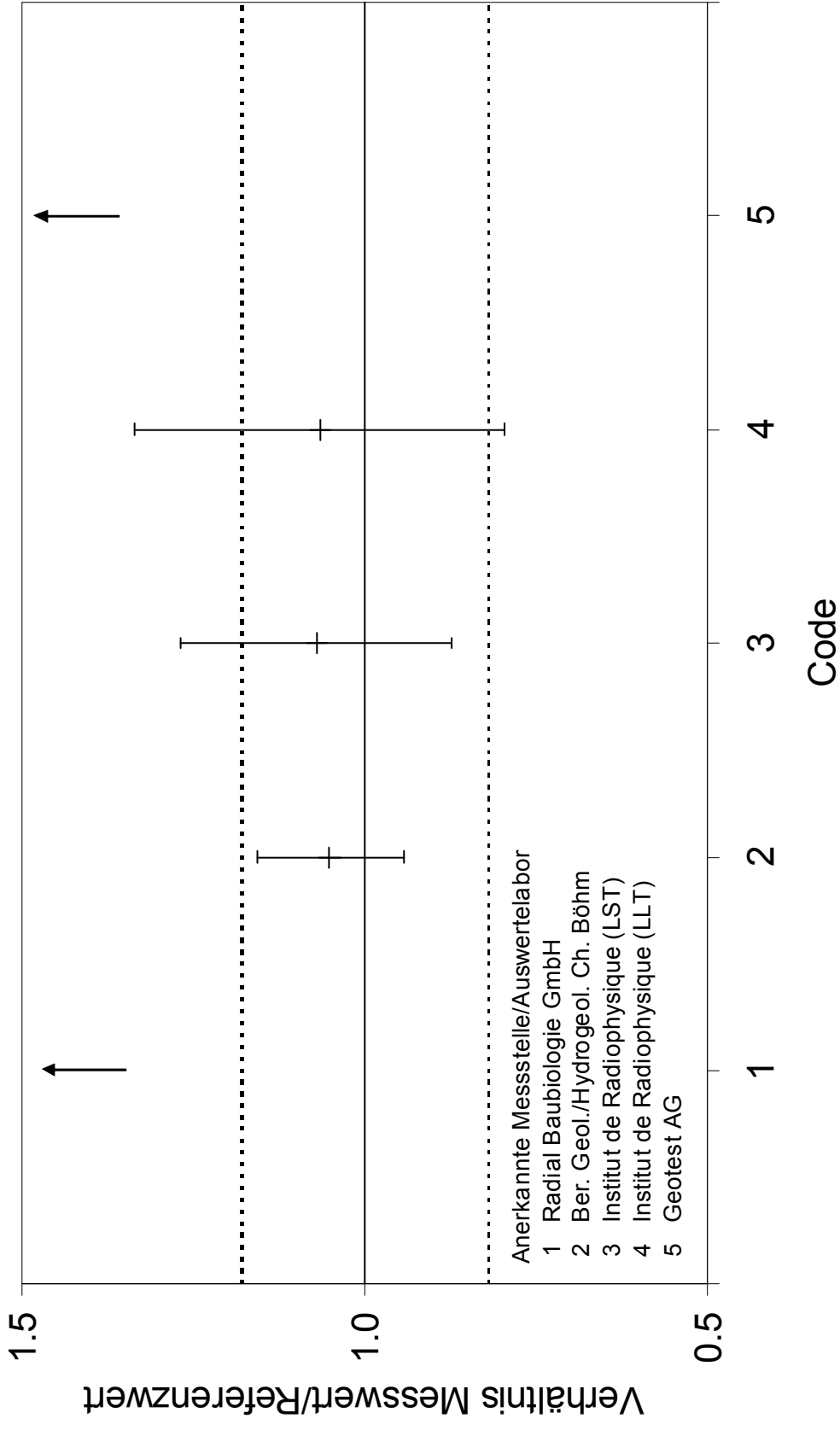
Figur 4: Vergleichsmessung 2008 - Resultate Kernspurdetektoren



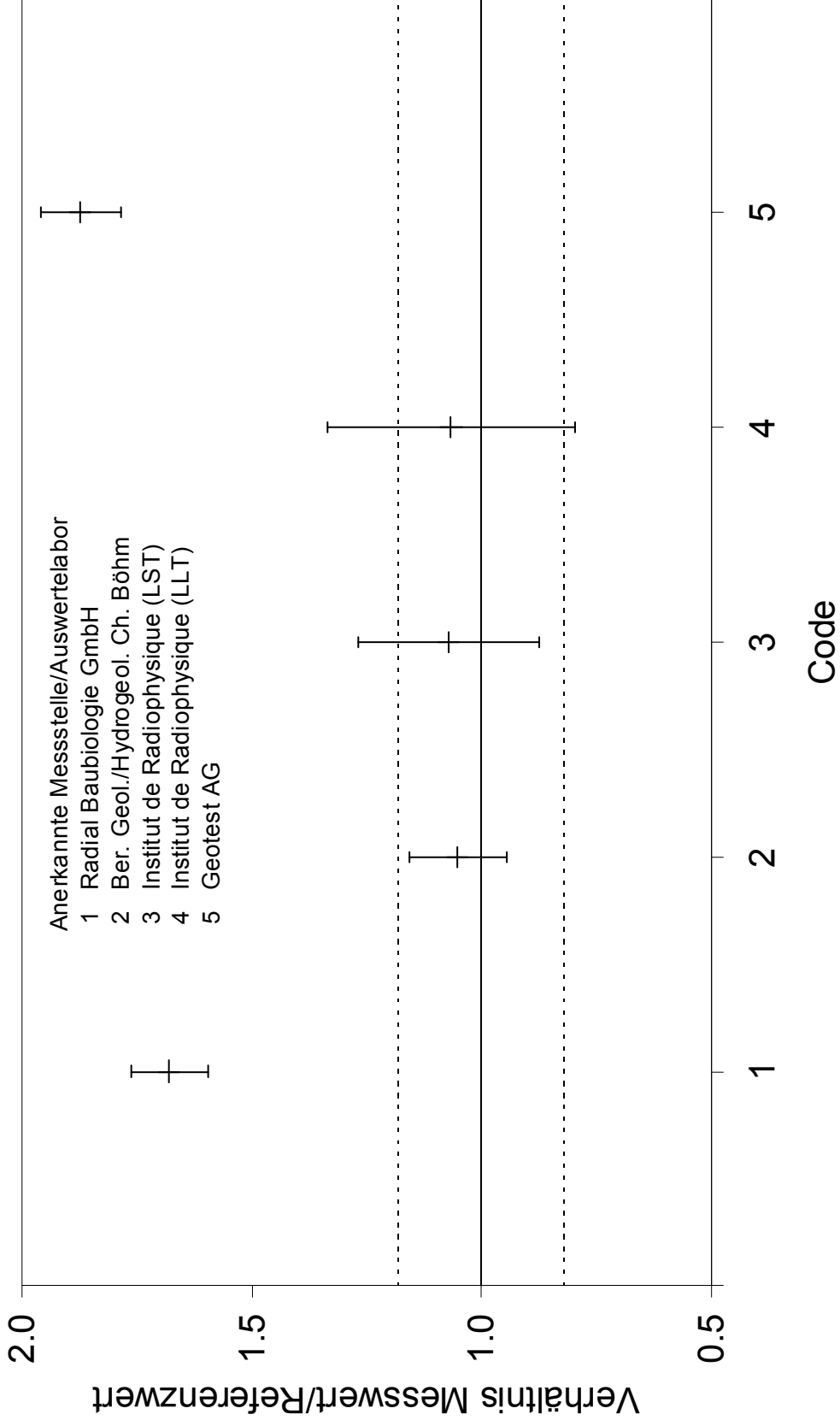
Figur 5: Vergleichsmessung 2008 - Resultate elektronische Radondosimeter



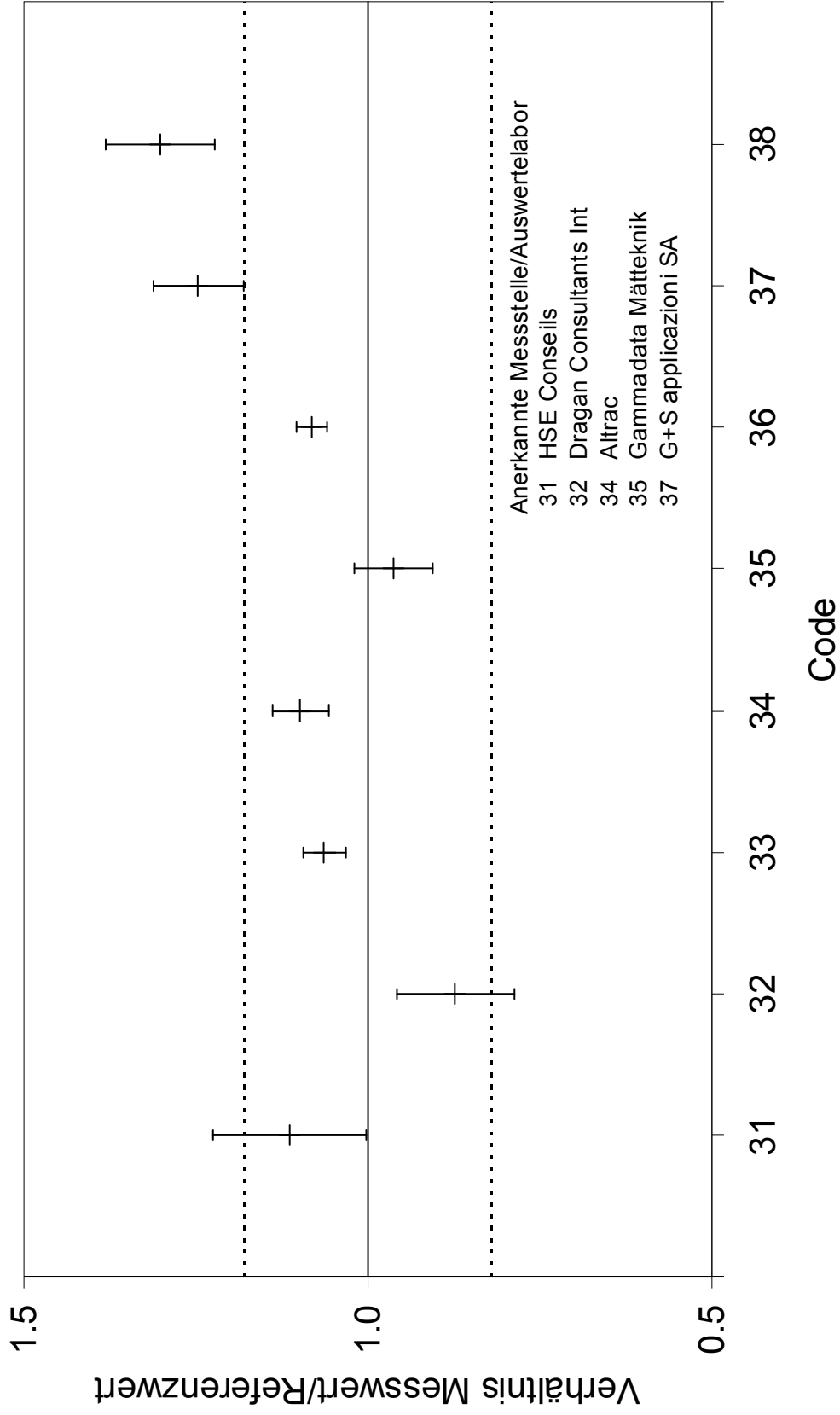
Figur 6: Vergleichsmessung 2008 - Mittelwerte Elektret-Ionisationskammern



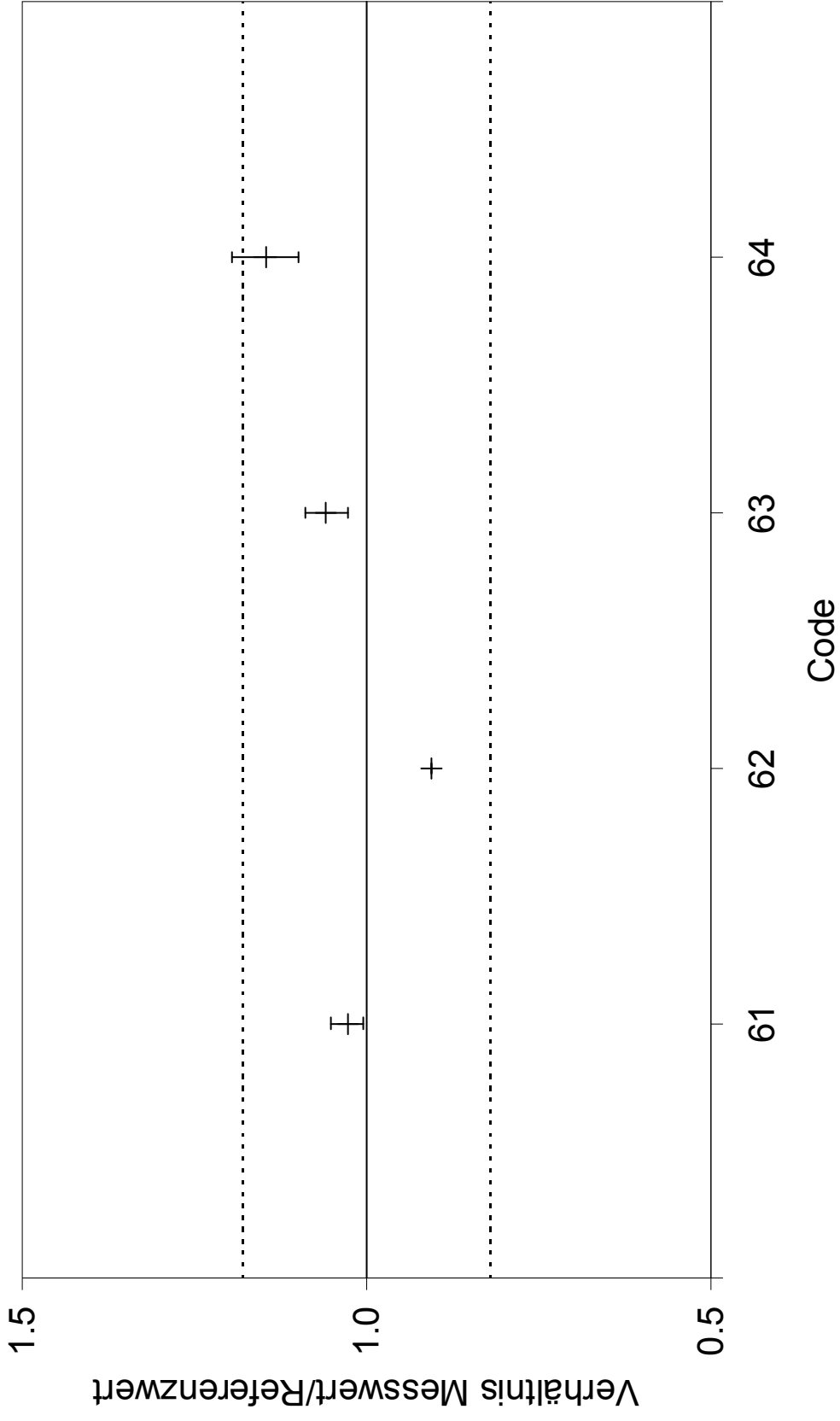
Figur 6a: Vergleichsmessung 2008 - Mittelwerte Elektret-Ionisationskammern



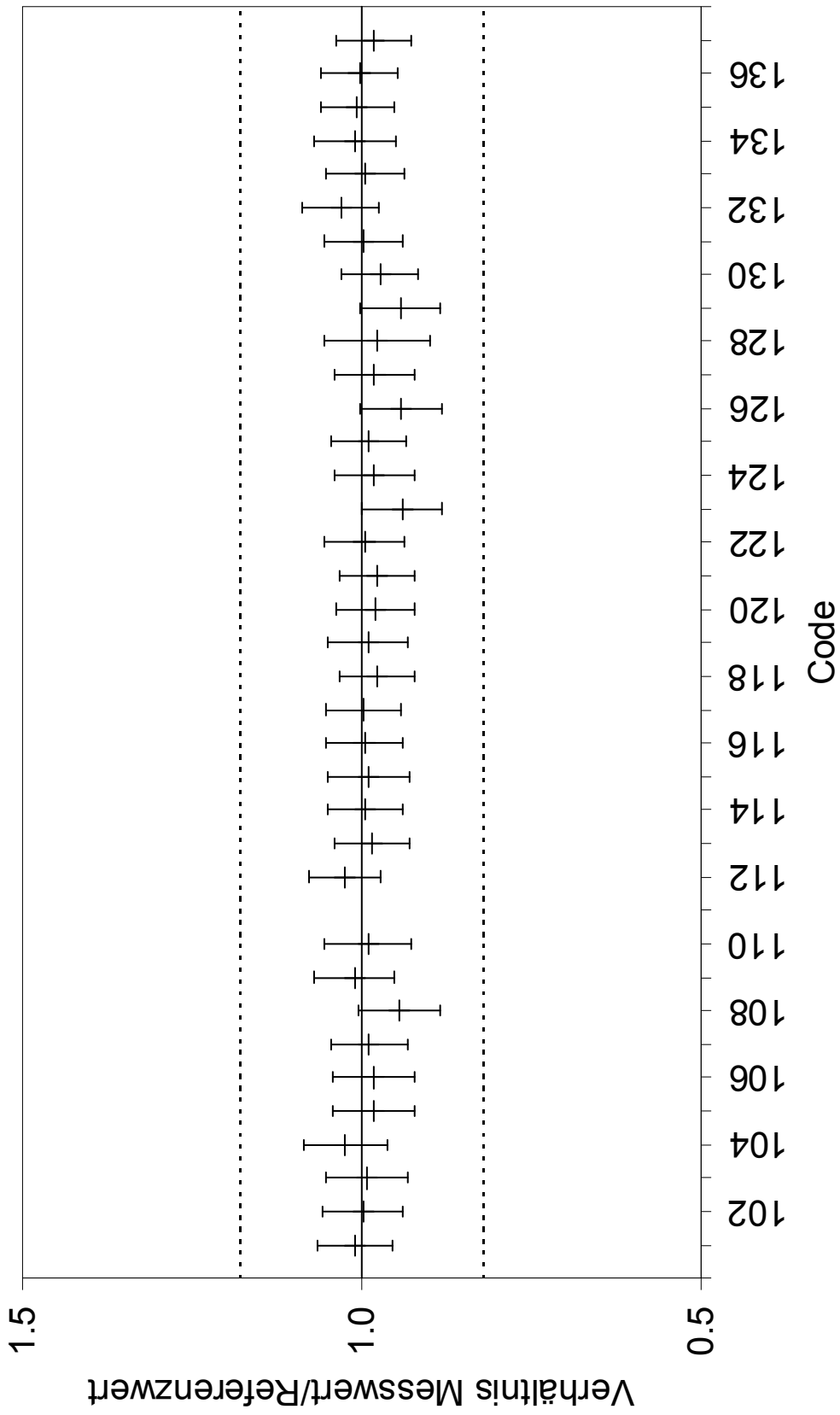
Figur 7: Vergleichsmessung 2008 - Mittelwerte Kernspurdetektoren



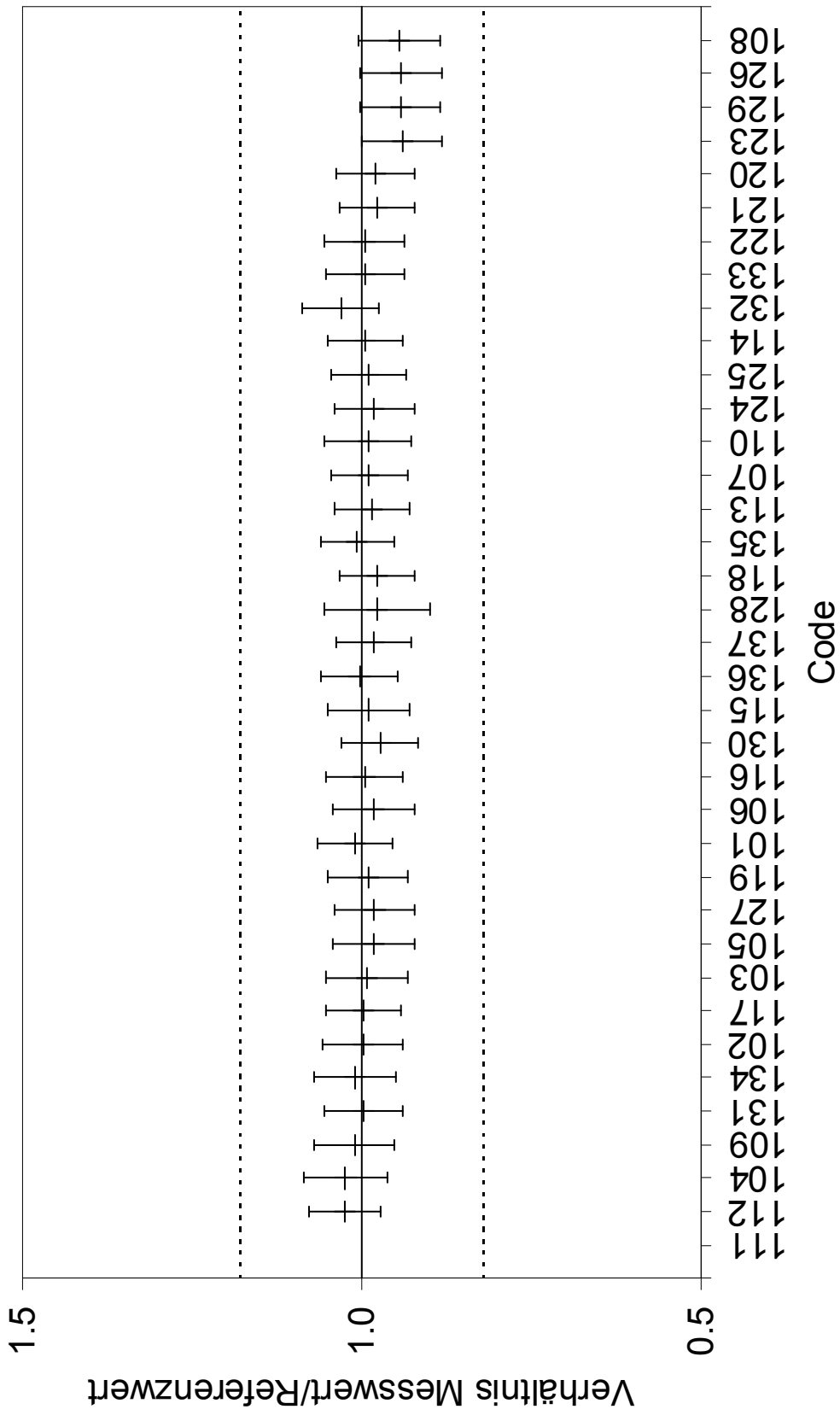
Figur 8: Vergleichsmessung 2008 - Mittelwerte elektronische Radondosimeter



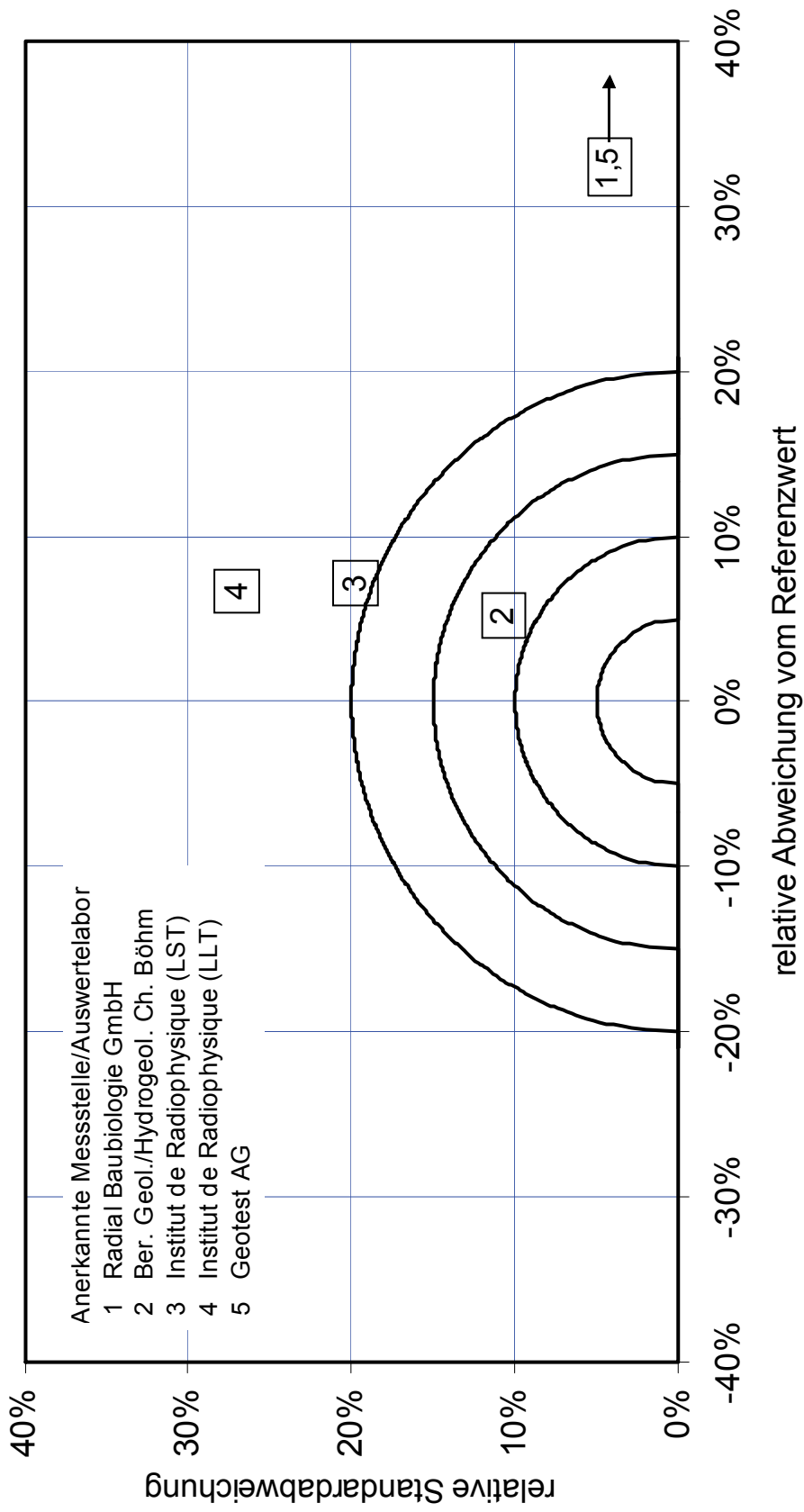
Figur 9: Vergleichsmessung 2008 - Resultate Messgeräte



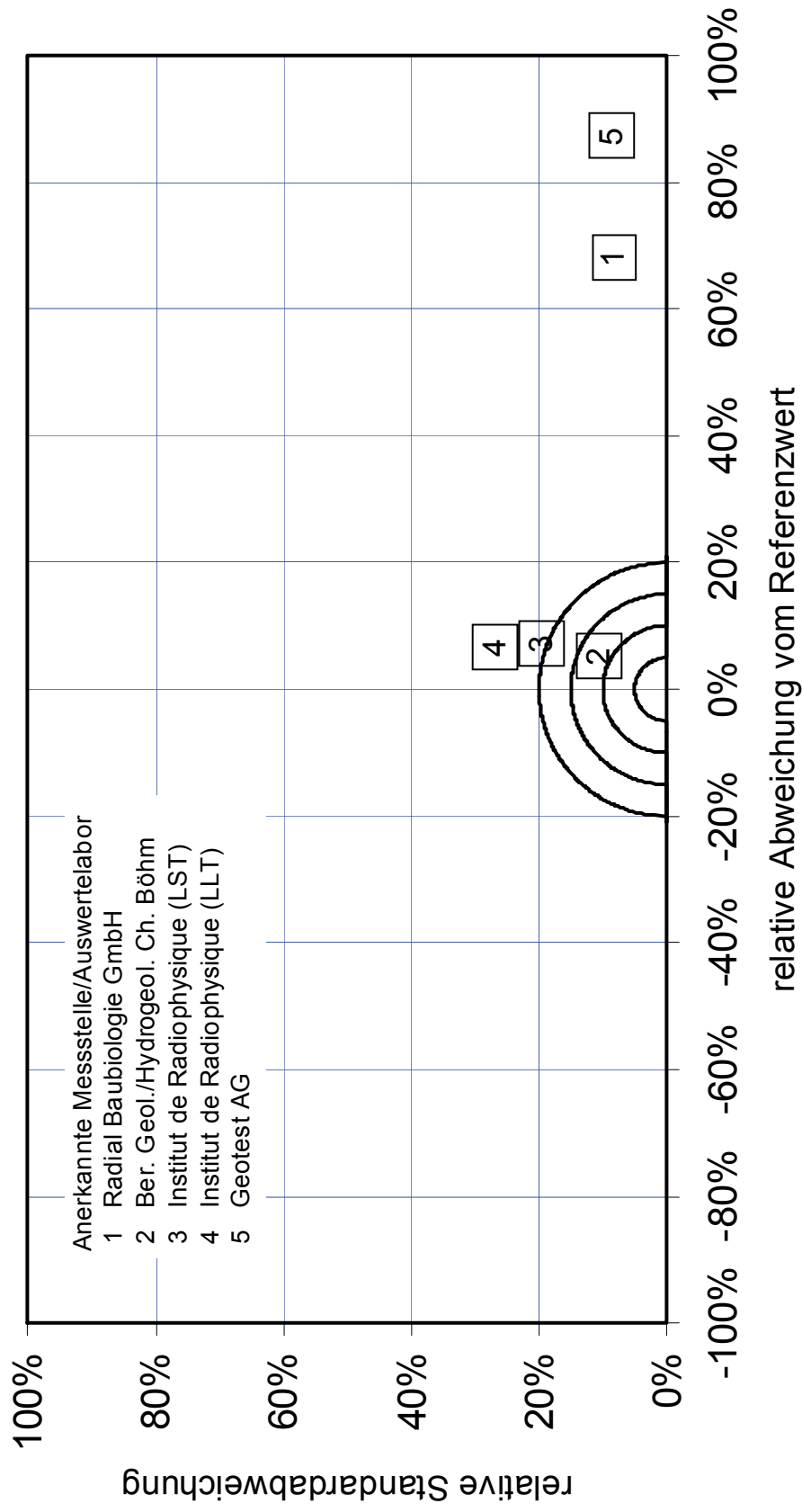
Figur 9a: Vergleichsmessung 2008 - Resultate Messgeräte sortiert nach Seriennummern



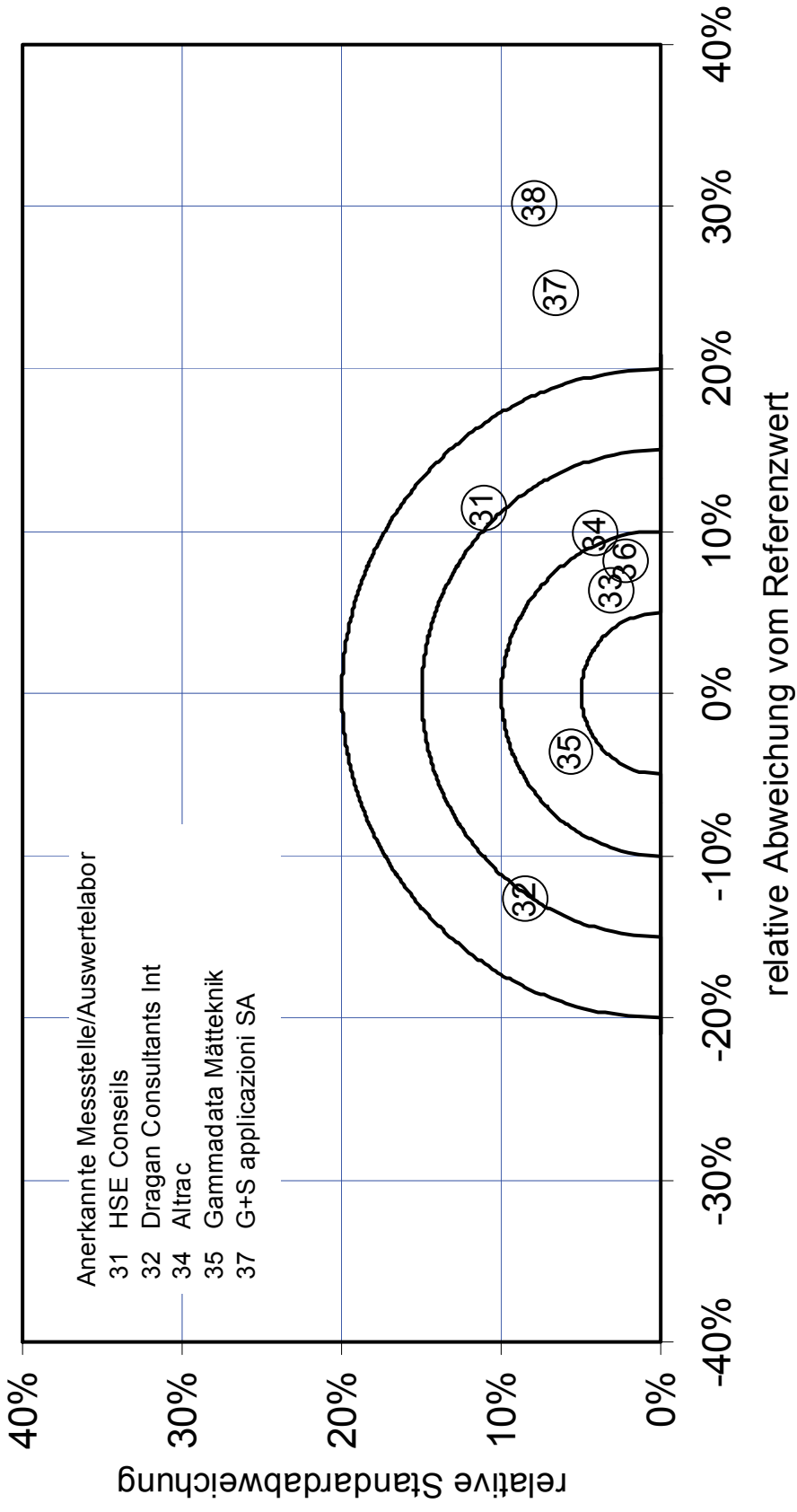
Figur 10: Vergleichsmessung 2008 - Übersicht der Teilnehmer mit Elektret-Ionisationskammern



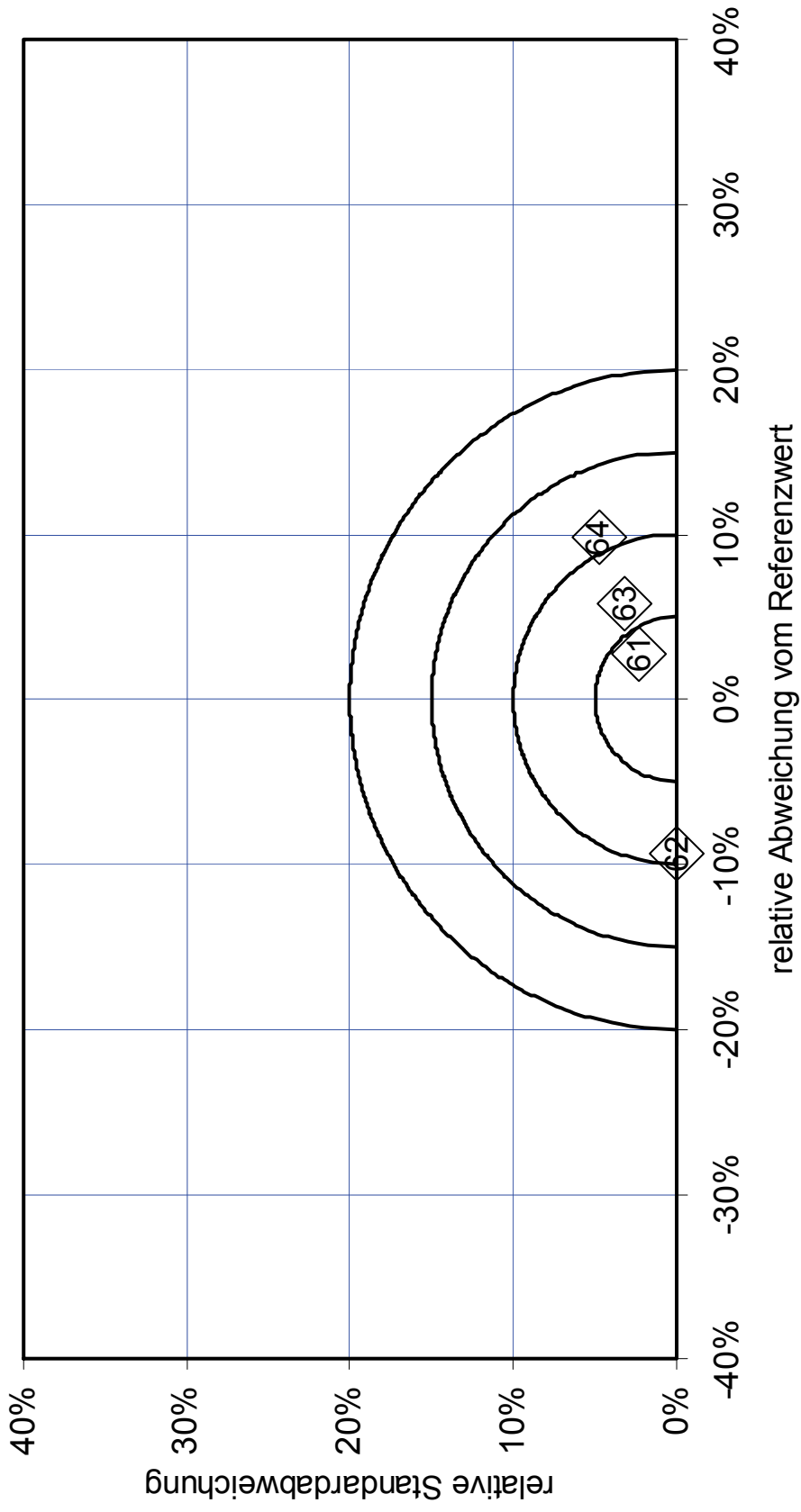
Figur 10a: Vergleichsmessung 2008 - Übersicht der Teilnehmer mit Elektret-Ionisationskammern



Figur 11: Vergleichsmessung 2008 - Übersicht der Teilnehmer mit Kernspurdetektoren



Figur 12: Vergleichsmessung 2008 - Übersicht der Teilnehmer mit elektronischen Radondosimetern



PAUL SCHERRER INSTITUT



Paul Scherrer Institut, 5232 Villigen PSI, Switzerland
Tel. +41 (0)56 310 21 11, Fax +41 (0)56 310 21 99
www.psi.ch