

PAUL SCHERRER INSTITUT



PSI Bericht Nr. 11-01

Januar 2011

ISSN 1019-0643

Fachbereich Logistik
Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit

Die Vergleichsmessung 2010 für Radongasmessmittel am PSI

Gernot Butterweck, Christoph Schuler und Sabine Mayer

PAUL SCHERRER INSTITUT



PSI Bericht Nr. 11-01

Januar 2011

ISSN 1019-0643

Fachbereich Logistik
Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit

Die Vergleichsmessung 2010 für Radongasmessmittel 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 27. bis 31. August 2010 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 zwölf anerkannte Messstellen, beziehungsweise deren Auswertelaboratorien, sowie acht weitere Messstellen. Sieben 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 ausschliesslich Messgeräte mit Ionisationskammern an der Vergleichsmessung teil.

Die Dosimeter und Messgeräte wurden einer Exposition von 57 kBq h m^{-3} bei einer durchschnittlichen Radonaktivitätskonzentration von 595 Bq m^{-3} ausgesetzt. Mit 57 kBq h m^{-3} lag die Exposition der diesjährigen Vergleichsmessung nahe an der unteren Grenze des in der Radon-Messmittelverordnung geforderten Messbereichs.

Abstract

Twenty radon measurement services or the respective analytical laboratories participated in the 2010 Radon Intercomparison Exercise performed at the Reference Laboratory for Radon Gas Activity Concentration Measurements at the Paul Scherrer Institute (PSI) during August 27th to August 31st, 2010 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 (track-etch, electronic and electret) and instruments (ionisation chambers) were exposed in the PSI Radon Chamber in a reference atmosphere with an average radon gas concentration of 595 Bq m^{-3} leading to a radon gas exposure of 57 kBq h m^{-3} . The exposure of 57 kBq h m^{-3} was close to the lower value of the measuring range defined in the Radon Measurement Ordinance (Radon-Messmittelverordnung).

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 Prüfkammer | 2 |
| 3.4 Resultate der Radongas-Referenzmessungen..... | 2 |
| 4 VERWENDETE DETEKTOR- UND MESSINSTRUMENTARTEN | 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 2010 | 10 |
| Tabelle 4: Unsicherheitsabschätzung | 11 |
| Tabelle 3: Expositionsparameter in der Prüfkammer | 11 |
| Tabelle 5: Verwendete Detektoren und Messinstrumente | 12 |
| Tabelle 6: Teilnehmerresultate Elektret-Ionisationskammern | 16 |
| Tabelle 7: Teilnehmerresultate Kernspurdetektoren | 18 |
| Tabelle 8: Teilnehmerresultate elektronische Radondosimeter | 20 |
| Tabelle 9: Teilnehmerresultate Messgeräte | 21 |

FIGUREN

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

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 2010 für Radongasmessmittel wurde in der Prüfkammer des Referenzlabors für Radongas-Konzentrationsmessungen am PSI vom 27. - 31. August durchgeführt. Es beteiligten sich 20 Privatpersonen, Firmen oder Institutionen (Tabelle 1) mit total 150 Dosimetern und 37 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 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 2010 total 54 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 2010 auf international anerkannte Normale zu gewährleisten, wurden die Szintillationszellen mit einem Radongas-Standard des Institut de Radiophysique (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 nach-

träglich 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 Feuchteverlauf während der Exposition. Die Erhöhung der Luftfeuchte durch das Platzieren der Detektoren am 27.8. 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 2010 (Tabelle 3) basiert auf dem gewichteten Durchschnittswert von 54 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 54 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 20 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, Produktname 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 - 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 Einzelverhältnismittelwerte 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 derar-

tige 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 eine Regelung 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

Ein Ergebnis der Vergleichsmessung 2008 zeigte Nachteile der Verwendung von LLT-Elektrets bei niedrigen Expositionen auf. Als Konsequenz werden von den Messstellen in der Schweiz generell jeweils ein LLT- und ein LST-Elektret parallel eingesetzt. Je nach gemessener Exposition ist festgelegt, wie mit den beiden Messresultaten zu verfahren ist. Für eine Exposition von 57 kBq h m^{-3} würde der LLT-Messwert verworfen und das Messresultat auf die LST-Messung abgestützt. Dennoch werden auch die Ergebnisse der LLT-Messkammern präsentiert, aber farblich (rot) gekennzeichnet. Zudem wurden von zwei Messstellen SLT-Elektret-Konfigurationen eingesetzt, deren Ergebnisse blau gekennzeichnet wurden. Die Einzelergebnisse der Elektret-Ionisationskammern sind in den Figuren 3 und 3a dargestellt. Von den 45 exponierten Detektoren wichen 30 (LST: 13 von 20 = 65%, LLT: 13 von 15 = 87% und SLT: 4 von 10 = 40%) um mehr als 18% (horizontal gestrichelte Linien) vom Sollwert ab. Der Mittelwert über ein Ensemble von 5 Detektoren lag für sieben Ensembles (LST: 3 von 4, LLT: 3 von 3 und SLT: 1 von 2) ebenfalls ausserhalb des Bereichs von 18% um den Sollwert (Figuren 6 und 6a). Das Bewertungskriterium des BAG (Figuren 10 und 10a) ist für zwei der neun teilnehmenden Ensembles erfüllt (LST: 1 von vier, LLT: 0 von drei und SLT: 1 von 2). Die Exposition von 57 kBq h m^{-3} liegt weit unter der Nachweisgrenze der LLT-Elektretkonfiguration, so dass eine grosse Abweichung zum Sollwert nicht überraschend ist. Diese Werte wären bei einer realen Messsituation aufgrund der niedrigen Exposition verworfen worden. Auch die Abweichungen der SLT-Elektretkonfiguration konnten erwartet werden, da der Hersteller für diese Elektret-Konfiguration eine untere Messgrenze von 107 kBq h m^{-3} angibt. Die vom Hersteller angegebene Nachweisgrenze der LST-Konfiguration wäre mit 53 kBq h m^{-3} für eine Exposition von 57 kBq h m^{-3} noch knapp ausreichend. Die hohe Zahl an

deutlich abweichenden Messergebnissen dieser Elektret-Konfiguration wurde daher nicht erwartet.

6.2.2 Kernspurdetektoren

Bei drei der teilnehmenden Messstellen wurden die gemeldeten Messergebnisse wegen Inkonsistenzen oder unüblich stark vom Sollwert abweichenden Resultaten hinterfragt. In jedem Fall konnte die Ursache schnell lokalisiert werden. Es handelte sich um einen Berechnungsfehler, eine von der Routineauswertung abweichende Messwertangabe ohne Einbezug des Nulleffekts, sowie eine vom vorhandenen Qualitätsmanagement nicht abgefangene fehlerhafte Spurenauslesung. Weil diese Ursachen für Routinemessungen nicht relevant waren, wurde in Rücksprache mit dem BAG den Messstellen gestattet, die Messwert zu korrigieren. Für diese Messstellen werden die Ergebnisse nach den erfolgten Korrekturmassnahmen dargestellt. Bei den Einzelmessresultaten der Kernspurdetektoren (Figur 4) wichen 17 Resultate von insgesamt 45 teilnehmenden Detektoren um mehr als 18% vom Sollwert ab. Die Mittelwerte der Ergebnisse von drei teilnehmenden Ensembles lagen ebenfalls ausserhalb des Bereichs von 18% um den Sollwert (Figur 7). Das Bewertungskriterium des BAG (Figur 11) ist für eine anerkannte Messstelle beziehungsweise deren Auswertelabor nicht erfüllt.

6.2.3 Elektronische Radondosimeter

Bei den elektronischen Radondosimetern (Figur 5) wichen 2 von insgesamt 24 Resultaten um mehr als 18% vom Sollwert ab. Die Mittelwerte liegen insgesamt innerhalb des Bandes von 18% um den Sollwert (Figur 8). Alle elektronischen Radondosimeter erfüllen das BAG-Bewertungskriterium (Figur 12).

6.2.4 Messgeräte

Die Resultate der Messgeräte erscheinen in der Tabelle 8 und der Figur 9. Die Daten von drei Messgeräten (Codes 106, 118 und 129) konnten von der teilnehmenden Messstelle nicht ausgelesen werden. Alle Messgeräte wiesen eine gute Übereinstimmung mit dem Sollwert auf.

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 57 kBq h m^{-3} zeigten aber auch klar auf, dass die in der Messmittelverordnung definierte untere Messgrenze von 50 kBq h m^{-3} für alle Messverfahren anspruchsvoll ist.

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-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.

Tabelle 1: Liste der Teilnehmer

Abteilung Umweltschutz und Energie
 Departement Bau und Umwelt
 Kanton Glarus
 Hr. P. Alsdorf
 Kirchstrasse 2
 8750 **Glarus**

AGES
 Kompetenzzentrum Radioökologie
 und Radon
 Dr. W. Ringer
 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**

AVS Chemiesicherheit
 Kanton Aargau
 Dr. E. Bantelmann
 Obere Vorstadt 14
 5000 **Aarau**

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**

ECONS SA
 Hr. M. Gandolla
 Via Stazione 19
 6934 **Bioggio**

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

Institut de Radiophysique
 Fr. N. Meyer
 Grand Pré 1
 1007 **Lausanne**

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

Laboratorio Cantonale Ct. Ticino
 Hr. M. De Rossa
 Via Mirasole 22
 6500 **Bellinzona**

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

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

Service de l'Énergie et de
l'Environnement
Département de la Gestion du
Territoire
République et Canton de Neuchâtel
Hr. D. Racine
Rue de Tombet 24
2034 **Peseux**

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

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

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

Truffer Ingenieurberatung
Hr. P. Truffer
Kantonsstrasse 41c
3930 **Visp**

Tabelle 2: Daten zur Vergleichsmessung 2010**Dauer der Expositionsperiode:**

| | |
|-----------------------------|--------------|
| Ende der Vergleichsmessung | 31.8.10 8:30 |
| Start der Vergleichsmessung | 27.8.10 8:47 |
| Expositionsdauer in h | 95.7 |

Dauer der Ausgasperiode:

| | |
|------------------|--------------|
| Ende Ausgasung | 1.9.10 12:10 |
| Start Ausgasung | 31.8.10 8:37 |
| Ausgasdauer in h | 27.6 |

Messungen der Umweltparameter in dem Vorbereitungsraum OFLD/009:

| Ort | Start | Ende | Rn-Konz. [Bqm ⁻³] | Temp. [°C] | Feuchte [%RH] | Bem. |
|----------|---------------|---------------|----------------------------------|---------------|------------------|------------------------------|
| OFLD/009 | 28.7.10 14:00 | 26.8.10 12:00 | 23 ± 2 | 26 | 54 | Lagerung und Vorbereitung |

Messungen γ -Dosisleistungen mit Automess AD6:

| Ort | Start | Ende | Dauer [h] | D [nSv] | DL [nSv/h] | Bem. |
|-----------|---------------|---------------|--------------|------------|---------------|------------|
| OFLD/009 | 28.7.10 14:00 | 26.8.10 15:00 | 696.9 | 56400 | 81 | Lagerung |
| Rn-Kammer | 27.8.10 8:47 | 31.8.10 8:26 | 95.7 | 9400 | 99 | 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: 27.8.10 8:47 - 31.8.10 8:30 (Durchschnitt von 54 Punktbestimmungen der Rn-Konz.) | | | | |
| 595 ± 18 | 57 ± 2 | 20 ± 1 | 65 ± 8 | 99 |

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

| Referenzwert: 27.8.10 8:47 - 31.8.10 8:30 | | | |
|--|-----------|---------|---------|
| Messung mit Transfornormal: | TN #515 | TN #539 | TN #576 |
| Durchschnitt der Punktbestimmungen: | 600 | 579 | 607 |
| „Statistische“ Unsicherheit (u _A): | 4 | 4 | 4 |
| „Systematische“ Unsicherheit (u _B): | 7 | 7 | 7 |
| Gesamtunsicherheit (u _C): | 8 | 7 | 8 |
| Gewichteter Durchschnittswert: | 595 | | |
| Gesamtunsicherheit des gew. DW | | | |
| (95%-Vertrauensintervall): | 18 | | |
| Gesamtunsicherheit in %: | 3.1 | | |

Tabelle 5: Verwendete Detektoren und Messinstrumente

| Code | Detektor-/Messgerättyp | Produkt (Hersteller) | Anerkannte Messstelle / Auswertelabor |
|------------------------|----------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| <i>Radon-Dosimeter</i> | | | |
| 1 | Elektret-Ionisationskammer | LST E-Perm (Rad Elec) | Beratender Geol./Hydrogeol. Ch. Böhm |
| 2 | Elektret-Ionisationskammer | LLT E-Perm (Rad Elec) | Beratender Geol./Hydrogeol. Ch. Böhm |
| 3 | Elektret-Ionisationskammer | LST E-Perm (Rad Elec) | |
| 4 | Elektret-Ionisationskammer | LLT E-Perm (Rad Elec) | Radial Baubiologie GmbH |
| 5 | Elektret-Ionisationskammer | LLT E-Perm (Rad Elec) | Institut de Radiophysique |
| 6 | Elektret-Ionisationskammer | SLT E-Perm (Rad Elec) | |
| 7 | Elektret-Ionisationskammer | LST E-Perm (Rad Elec) | Institut de Radiophysique |
| 8 | Elektret-Ionisationskammer | SLT E-Perm (Rad Elec) | |
| 9 | Elektret-Ionisationskammer | LST E-Perm (Rad Elec) | Radial Baubiologie GmbH |
| 31 | Kernspurdetektor | Alpha Track (Gammadata Mättechnik) | Gammadata Mättechnik |
| 32 | Kernspurdetektor | Radtrak (Landauer) | Dragan Consultants Int |
| 33 | Kernspurdetektor | PD (Altrac) | |
| 34 | Kernspurdetektor | LabTox (TASL) | LabTox SA |
| 35 | Kernspurdetektor | LD (Altrac) | Altrac |
| 36 | Kernspurdetektor | mi.am (mi.am) | Econs SA |

Tabelle 5: Verwendete Detektoren und Messinstrumente (Forts.)

| Code | Detektor-/Messgerättyp | Produkt (Hersteller) | Anerkannte Messstelle / Auswertelabor |
|-------------------------|---|--------------------------|--|
| 37 | Kernspurdetektor | AGES (AGES) | AGES |
| 38 | Kernspurdetektor | AT100 (Accustar Labs) | |
| 39 | Kernspurdetektor | mi.am radosure (mi.am) | |
| 61 | Elektrostatische Sammlung/Halbleiterdetektor | Ramon 2.2 (GT Analytics) | |
| 62 | Elektrostatische Sammlung/Halbleiterdetektor | RadonScout (SARAD) | |
| 63 | Elektrostatische Sammlung/Halbleiterdetektor | RadonScout (SARAD) | Strahlenschutz Beratung und Planung R. Müller |
| 64 | Elektrostatische Sammlung/Halbleiterdetektor | Ramon 2.2 (GT Analytics) | |
| <i>Radon-Messgeräte</i> | | | |
| 101 | Ionisationskammer | Alphaguard (Saphymo) | |
| 102 | Ionisationskammer | Alphaguard (Saphymo) | |
| 103 | Ionisationskammer | Alphaguard (Saphymo) | |
| 104 | Ionisationskammer | Alphaguard (Saphymo) | |

Tabelle 5: Verwendete Detektoren und Messinstrumente (Forts.)

| Code | Detektor-/Messgerättyp | Produkt (Hersteller) | Anerkannte Messstelle / Auswertelabor |
|------|------------------------|----------------------|---------------------------------------|
| 105 | Ionisationskammer | Alphaguard (Saphymo) | |
| 106 | Ionisationskammer | Alphaguard (Saphymo) | |
| 107 | Ionisationskammer | Alphaguard (Saphymo) | |
| 108 | Ionisationskammer | Alphaguard (Saphymo) | |
| 109 | Ionisationskammer | Alphaguard (Saphymo) | |
| 110 | Ionisationskammer | Alphaguard (Saphymo) | |
| 111 | Ionisationskammer | Alphaguard (Saphymo) | |
| 112 | Ionisationskammer | Alphaguard (Saphymo) | |
| 113 | Ionisationskammer | Alphaguard (Saphymo) | |
| 114 | Ionisationskammer | Alphaguard (Saphymo) | |
| 115 | Ionisationskammer | Alphaguard (Saphymo) | |
| 116 | Ionisationskammer | Alphaguard (Saphymo) | |
| 117 | Ionisationskammer | Alphaguard (Saphymo) | |
| 118 | Ionisationskammer | Alphaguard (Saphymo) | |
| 119 | Ionisationskammer | Alphaguard (Saphymo) | |
| 120 | Ionisationskammer | Alphaguard (Saphymo) | |
| 121 | Ionisationskammer | Alphaguard (Saphymo) | |

Tabelle 5: Verwendete Detektoren und Messinstrumente (Forts.)

| Code | Detektor-/Messgerättyp | Produkt (Hersteller) | Anerkannte Messstelle / Auswertelabor |
|------|------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| 122 | Ionisationskammer | Alphaguard (Saphymo) | |
| 123 | Ionisationskammer | Alphaguard (Saphymo) | |
| 124 | Ionisationskammer | Alphaguard (Saphymo) | |
| 125 | Ionisationskammer | Alphaguard (Saphymo) | |
| 126 | Ionisationskammer | Alphaguard (Saphymo) | |
| 127 | Ionisationskammer | Alphaguard (Saphymo) | |
| 128 | Ionisationskammer | Atmos-12 (Gammadata Mättechnik) | |
| 129 | Ionisationskammer | Alphaguard (Saphymo) | |
| 130 | Ionisationskammer | Alphaguard (Saphymo) | |
| 131 | Ionisationskammer | Alphaguard (Saphymo) | |
| 132 | Ionisationskammer | Alphaguard (Saphymo) | |
| 133 | Ionisationskammer | Alphaguard (Saphymo) | |
| 134 | Ionisationskammer | Alphaguard (Saphymo) | |
| 135 | Ionisationskammer | Alphaguard (Saphymo) | |
| 136 | Ionisationskammer | Alphaguard (Saphymo) | |
| 137 | Ionisationskammer | Alphaguard (Saphymo) | |

Tabelle 6: Teilnehmerresultate Elektret-Ionisationskammern

| Teilnehmer- code | Detektor- code | Messwert [Bq m ⁻³] | Verhältnis Messwert/ Referenzwert | Mittelwert | Standard- abweichung |
|---------------------|-------------------|-----------------------------------|---|------------|-------------------------|
| 1 | 1 | 670 | 1.127 | 1.087 | 0.080 |
| | 2 | 714 | 1.201 | | |
| | 3 | 643 | 1.081 | | |
| | 4 | 611 | 1.028 | | |
| | 5 | 595 | 1.001 | | |
| 2 | 1 | 1147 | 1.929 | 1.264 | 0.456 |
| | 2 | 635 | 1.068 | | |
| | 3 | 475 | 0.799 | | |
| | 4 | 905 | 1.522 | | |
| | 5 | 595 | 1.001 | | |
| 3 | 1 | 659 | 1.108 | 1.189 | 0.081 |
| | 2 | 685 | 1.152 | | |
| | 3 | 781 | 1.313 | | |
| | 4 | 728 | 1.224 | | |
| | 5 | 681 | 1.145 | | |
| 4 | 1 | 1202 | 2.022 | 2.381 | 0.627 |
| | 2 | 1913 | 3.217 | | |
| | 3 | 1526 | 2.566 | | |
| | 4 | 924 | 1.554 | | |
| | 5 | 1514 | 2.547 | | |
| 5 | 1 | 943 | 1.586 | 2.425 | 0.811 |
| | 2 | 1524 | 2.563 | | |
| | 3 | 941 | 1.583 | | |
| | 4 | 1880 | 3.162 | | |
| | 5 | 1923 | 3.234 | | |

Tabelle 6: Teilnehmerresultate Elektret-Ionisationskammern (Forts.)

| Teilnehmer- code | Detektor- code | Messwert [Bq m ⁻³] | Verhältnis Messwert/ Referenzwert | Mittelwert | Standard- abweichung |
|---------------------|-------------------|-----------------------------------|---|------------|-------------------------|
| 6 | 1 | 737 | 1.239 | 1.142 | 0.080 |
| | 2 | 687 | 1.155 | | |
| | 3 | 657 | 1.105 | | |
| | 4 | 702 | 1.181 | | |
| | 5 | 611 | 1.028 | | |
| 7 | 1 | 805 | 1.354 | 1.386 | 0.057 |
| | 2 | 884 | 1.487 | | |
| | 3 | 811 | 1.364 | | |
| | 4 | 819 | 1.377 | | |
| | 5 | 803 | 1.350 | | |
| 8 | 1 | 668 | 1.123 | 1.245 | 0.184 |
| | 2 | 667 | 1.122 | | |
| | 3 | 721 | 1.213 | | |
| | 4 | 715 | 1.202 | | |
| | 5 | 931 | 1.566 | | |
| 9 | 1 | 1017 | 1.710 | 1.685 | 0.105 |
| | 2 | 940 | 1.581 | | |
| | 3 | 989 | 1.663 | | |
| | 4 | 962 | 1.618 | | |
| | 5 | 1101 | 1.852 | | |

Tabelle 7: Teilnehmerresultate Kernspurdetektoren

| Teilnehmer- code | Detektor- code | Messwert [kBq h m ⁻³] | Verhältnis Messwert/ Referenzwert | Mittelwert | Standard- abweichung |
|---------------------|-------------------|--------------------------------------|---|------------|-------------------------|
| 31 | 1 | 62 | 1.093 | 1.161 | 0.086 |
| | 2 | 66 | 1.161 | | |
| | 3 | 60 | 1.060 | | |
| | 4 | 70 | 1.228 | | |
| | 5 | 72 | 1.262 | | |
| 32 | 1 | 55 | 0.961 | 0.867 | 0.143 |
| | 2 | 39 | 0.687 | | |
| | 3 | 58 | 1.014 | | |
| | 4 | 42 | 0.745 | | |
| | 5 | 53 | 0.930 | | |
| 33 | 1 | 57 | 1.002 | 1.192 | 0.135 |
| | 2 | 64 | 1.125 | | |
| | 3 | 72 | 1.265 | | |
| | 4 | 69 | 1.213 | | |
| | 5 | 77 | 1.353 | | |
| 34 | 1 | 71 | 1.248 | 1.100 | 0.112 |
| | 2 | 63 | 1.107 | | |
| | 3 | 53 | 0.931 | | |
| | 4 | 63 | 1.107 | | |
| | 5 | 63 | 1.107 | | |
| 35 | 1 | 49 | 0.861 | 0.935 | 0.127 |
| | 2 | 47 | 0.826 | | |
| | 3 | 55 | 0.967 | | |
| | 4 | 65 | 1.142 | | |
| | 5 | 50 | 0.879 | | |

Tabelle 7: Teilnehmerresultate Kernspurdetektoren (Forts.)

| Teilnehmer- code | Detektor- code | Messwert [kBq h m ⁻³] | Verhältnis Messwert/ Referenzwert | Mittelwert | Standard- abweichung |
|---------------------|-------------------|--------------------------------------|---|------------|-------------------------|
| 36 | 1 | 65 | 1.142 | 0.956 | 0.130 |
| | 2 | 44 | 0.774 | | |
| | 3 | 54 | 0.949 | | |
| | 4 | 54 | 0.949 | | |
| | 5 | 55 | 0.967 | | |
| 37 | 1 | 75 | 1.325 | 1.184 | 0.102 |
| | 2 | 62 | 1.095 | | |
| | 3 | 69 | 1.206 | | |
| | 4 | 69 | 1.218 | | |
| | 5 | 61 | 1.076 | | |
| 38 | 1 | 45 | 0.798 | 0.732 | 0.164 |
| | 2 | 34 | 0.604 | | |
| | 3 | 56 | 0.978 | | |
| | 4 | 33 | 0.572 | | |
| | 5 | 40 | 0.707 | | |
| 39 | 1 | 50 | 0.878 | 0.932 | 0.131 |
| | 2 | 46 | 0.809 | | |
| | 3 | 48 | 0.843 | | |
| | 4 | 64 | 1.125 | | |
| | 5 | 57 | 1.003 | | |

Tabelle 8: Teilnehmerresultate elektronische Radondosimeter

| Teilnehmer- code | Detektor- code | Messwert [kBq h m ⁻³] | Verhältnis Messwert/ Referenzwert | Mittelwert | Standard- abweichung |
|---------------------|-------------------|--------------------------------------|---|------------|-------------------------|
| 61 | 1 | 59 | 1.041 | 1.041 | 0.083 |
| | 2 | 60 | 1.050 | | |
| | 3 | 57 | 0.999 | | |
| | 4 | 58 | 1.026 | | |
| | 5 | 68 | 1.191 | | |
| | 6 | 65 | 1.147 | | |
| | 7 | 53 | 0.929 | | |
| | 8 | 55 | 0.964 | | |
| | 9 | 58 | 1.018 | | |
| 62 | 1 | 58 | 1.014 | 0.981 | 0.036 |
| | 2 | 57 | 1.004 | | |
| | 3 | 53 | 0.930 | | |
| | 4 | 54 | 0.941 | | |
| | 5 | 56 | 0.991 | | |
| | 6 | 57 | 1.006 | | |
| 63 | 1 | 57 | 1.003 | 1.079 | 0.076 |
| | 2 | 60 | 1.055 | | |
| | 3 | 67 | 1.183 | | |
| | 4 | 61 | 1.077 | | |
| 64 | 1 | 53 | 0.931 | 1.044 | 0.086 |
| | 2 | 66 | 1.154 | | |
| | 3 | 60 | 1.059 | | |
| | 4 | 56 | 0.993 | | |
| | 5 | 62 | 1.082 | | |

Tabelle 9: Teilnehmerresultate Messgeräte

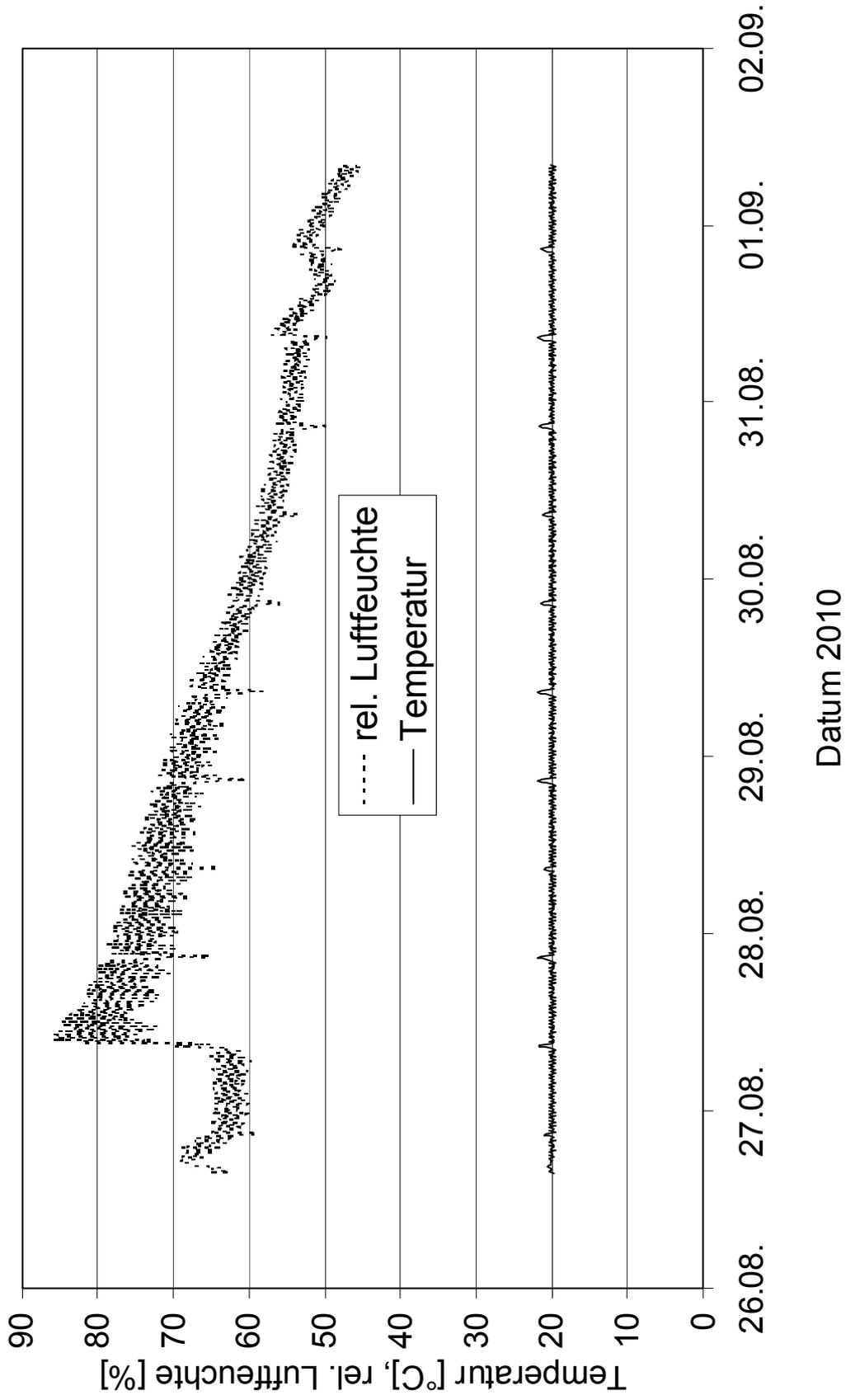
| Teilnehmercode | Konzentrations- mittelwert [Bq m ⁻³] | Standard- abweichung [Bq m ⁻³] | Verhältnis Messwert/ Referenzwert | Standard- abweichung ¹ |
|----------------|--|--|---|--------------------------------------|
| 101 | 579 | 59 | 0.974 | 0.102 |
| 102 | 585 | 43 | 0.984 | 0.074 |
| 103 | 601 | 36 | 1.011 | 0.060 |
| 104 | 590 | 44 | 0.992 | 0.075 |
| 105 | 586 | 50 | 0.986 | 0.085 |
| 106 | | | | |
| 107 | 605 | 36 | 1.018 | 0.060 |
| 108 | 593 | 36 | 0.998 | 0.060 |
| 109 | 579 | 8 | 0.973 | 0.014 |
| 110 | 588 | 45 | 0.989 | 0.076 |
| 111 | 569 | 34 | 0.957 | 0.060 |
| 112 | 602 | 36 | 1.012 | 0.060 |
| 113 | 598 | 58 | 1.006 | 0.097 |
| 114 | 589 | 60 | 0.991 | 0.101 |
| 115 | 608 | 36 | 1.023 | 0.060 |
| 116 | 588 | 35 | 0.990 | 0.060 |
| 117 | 595 | 36 | 1.000 | 0.060 |
| 118 | | | | |
| 119 | 592 | 36 | 0.996 | 0.060 |
| 120 | 579 | 35 | 0.974 | 0.060 |
| 121 | 604 | 36 | 1.016 | 0.060 |
| 122 | 574 | 34 | 0.965 | 0.060 |
| 123 | 584 | 35 | 0.983 | 0.060 |
| 124 | 590 | 35 | 0.992 | 0.060 |
| 125 | 591 | 58 | 0.994 | 0.060 |
| 126 | 582 | 61 | 0.979 | 0.104 |
| 127 | 570 | 34 | 0.959 | 0.060 |
| 128 | 647 | 7 | 1.088 | 0.011 |
| 129 | | | | |
| 130 | 587 | 50 | 0.987 | 0.085 |
| 131 | 598 | 36 | 1.005 | 0.060 |

Tabelle 9: Teilnehmerresultate Messgeräte (Forts.)

| Teilnehmercode | Konzentrations- mittelwert [Bq m ⁻³] | Standard- abweichung [Bq m ⁻³] | Verhältnis Messwert/ Referenzwert | Standard- abweichung ¹ |
|----------------|--|--|---|--------------------------------------|
| 132 | 575 | 44 | 0.967 | 0.077 |
| 133 | 602 | 36 | 1.012 | 0.060 |
| 134 | 594 | 166 | 0.999 | 0.279 |
| 135 | 584 | 58 | 0.982 | 0.060 |
| 136 | 602 | 61 | 1.012 | 0.102 |
| 137 | 599 | 36 | 1.008 | 0.060 |

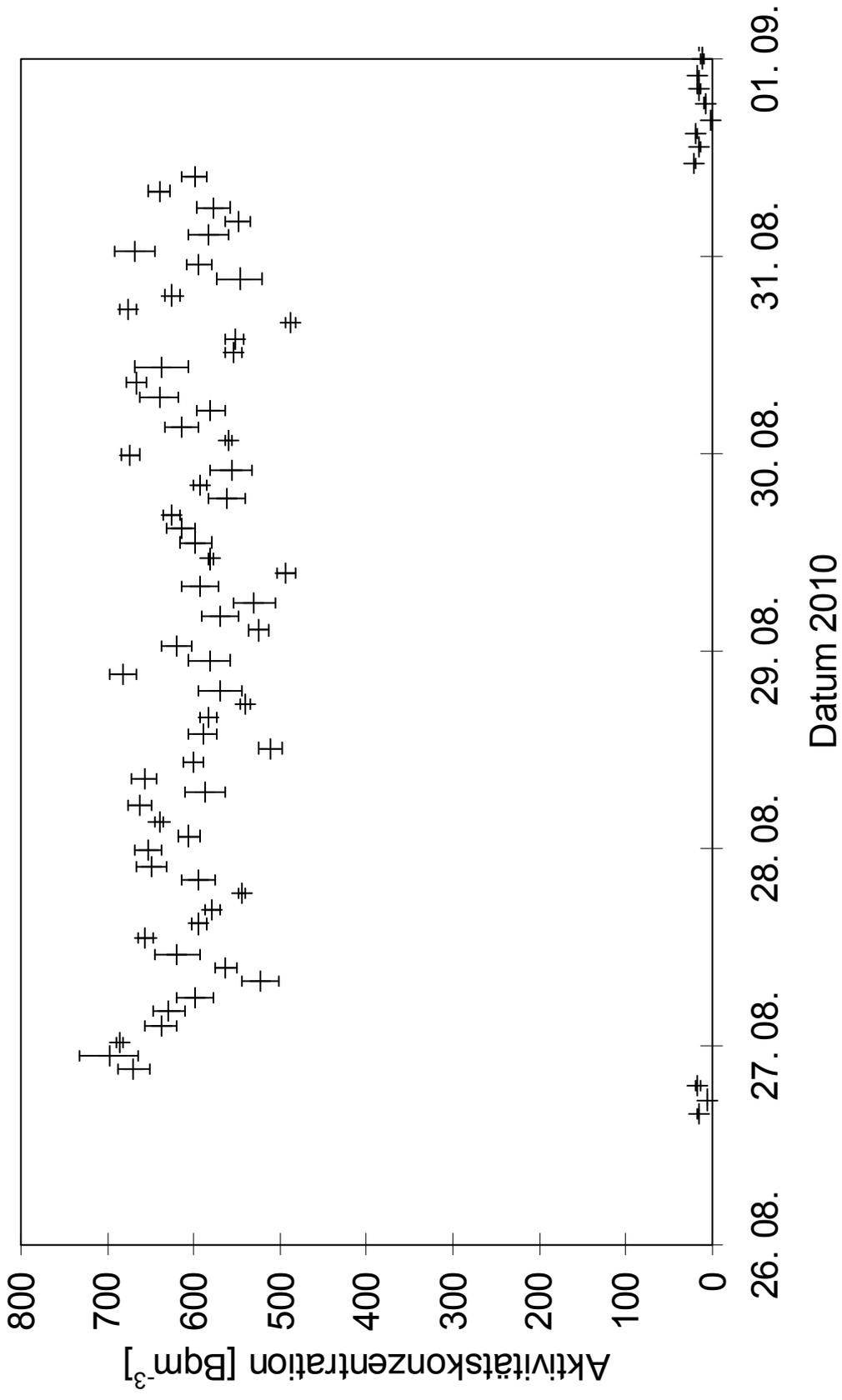
¹ Vom PSI eingesetzter Wert für die systematische Unsicherheit der Messresultate (nach Angaben der Hersteller).

Figur 1: Vergleichsmessung 2010 - Lufttemperatur und relative Luftfeuchte in der Prüfkammer

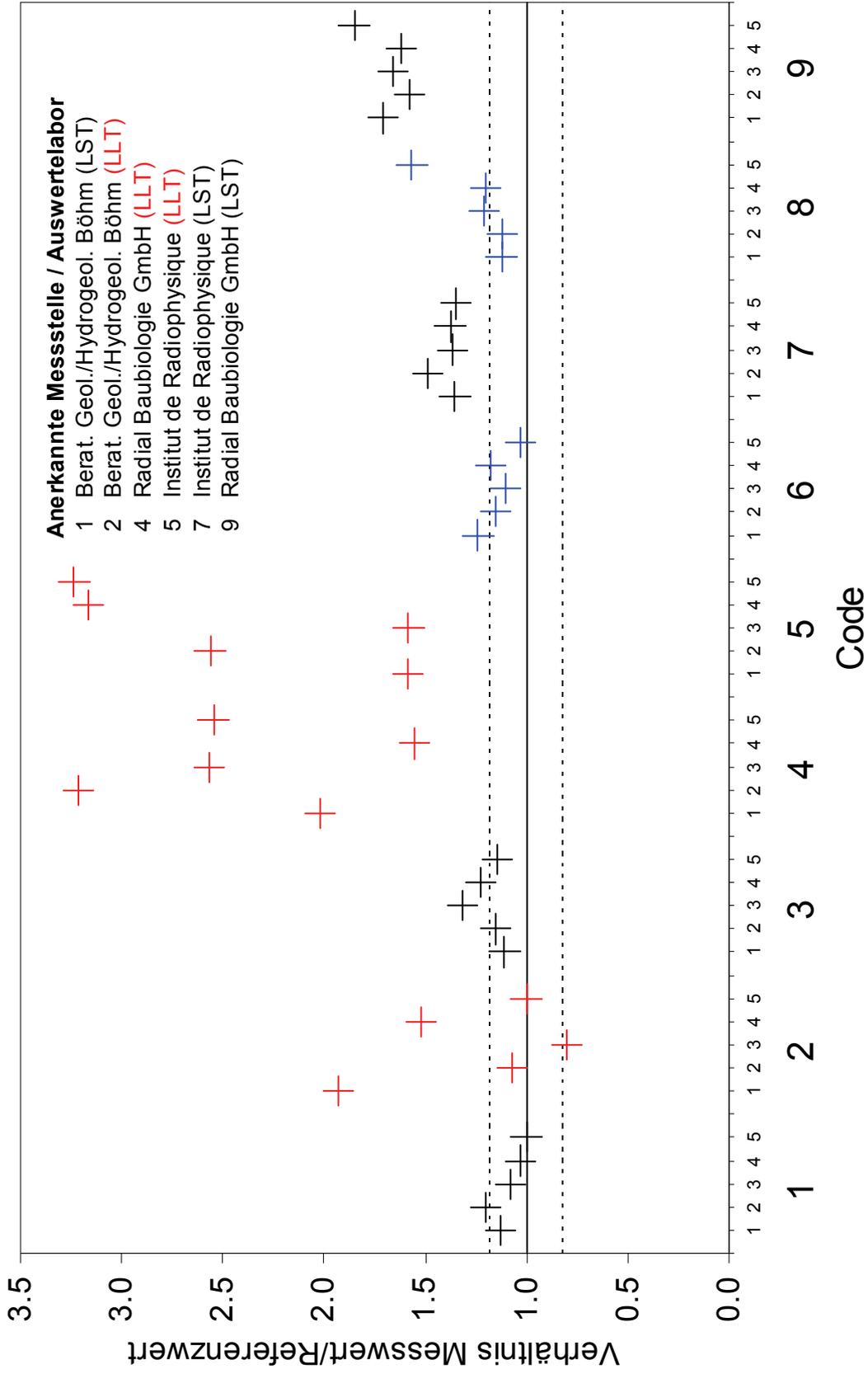


Datum 2010

Figur 2: Vergleichsmessung 2010 - Radonkonzentration in der Prüfkammer

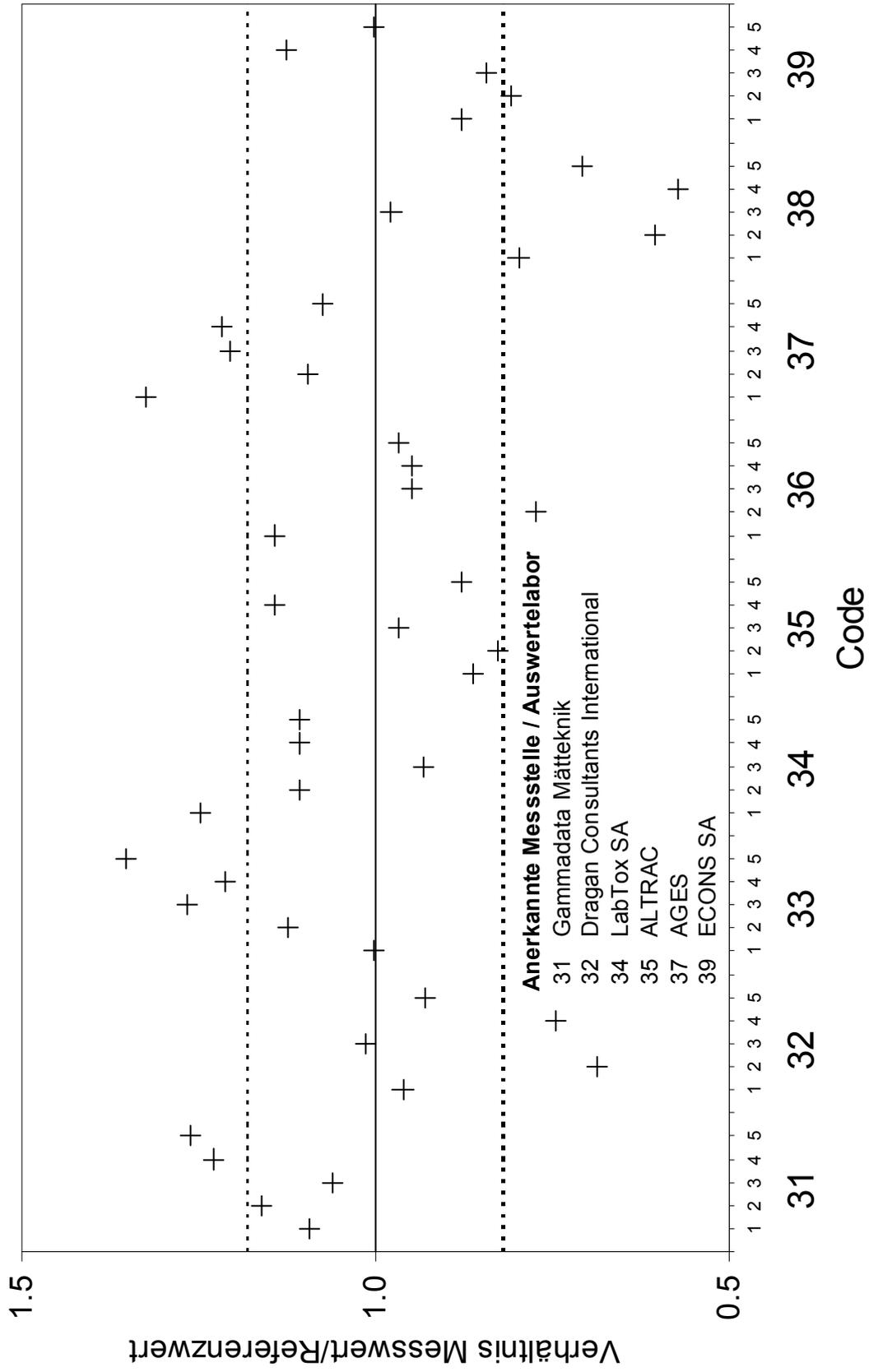


Figur 3a: Vergleichsmessung 2010 - Resultate Elektret-Ionisationskammern¹

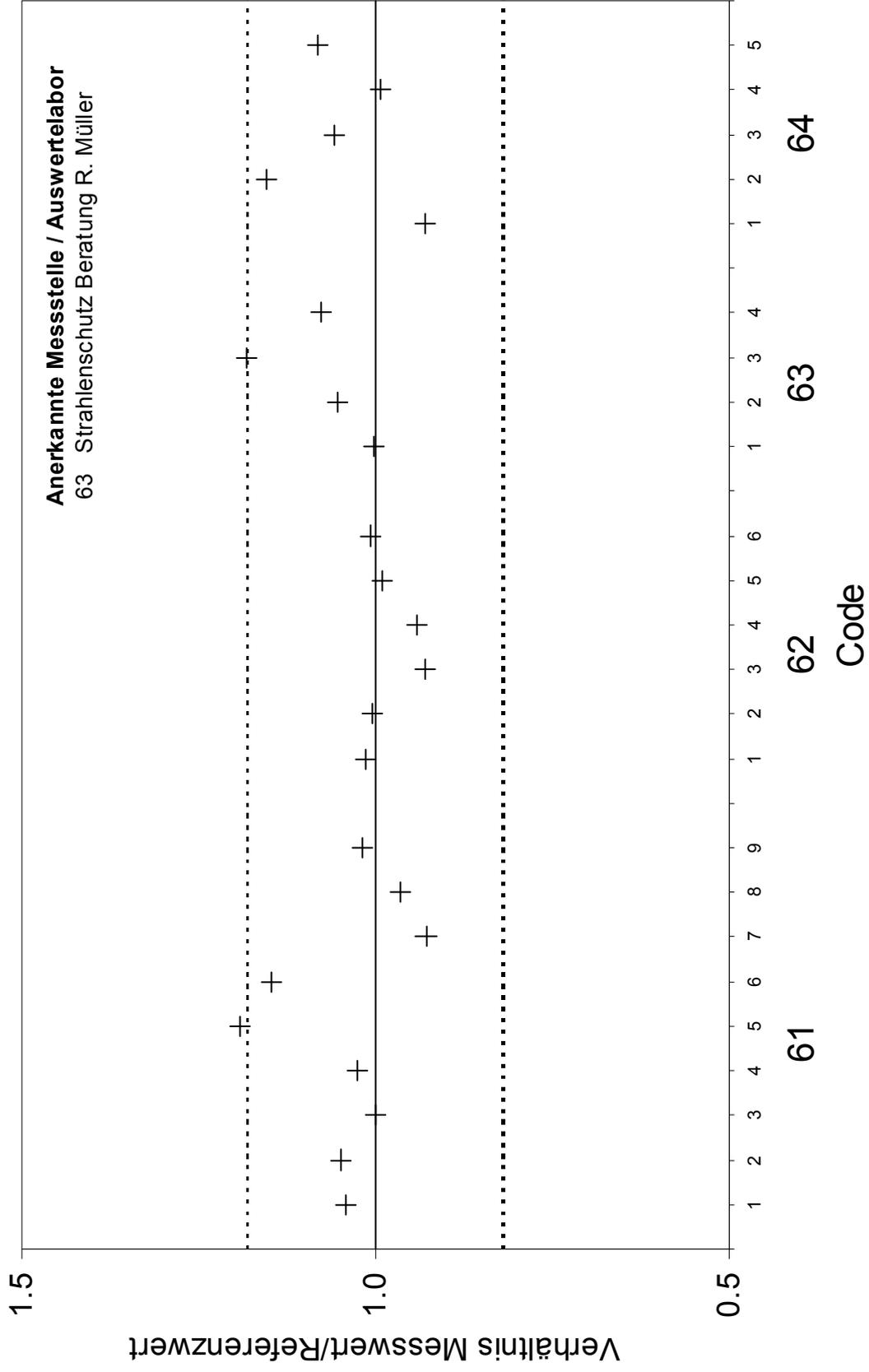


1. Schwarz: LST; Rot: LLT; Blau: SLT

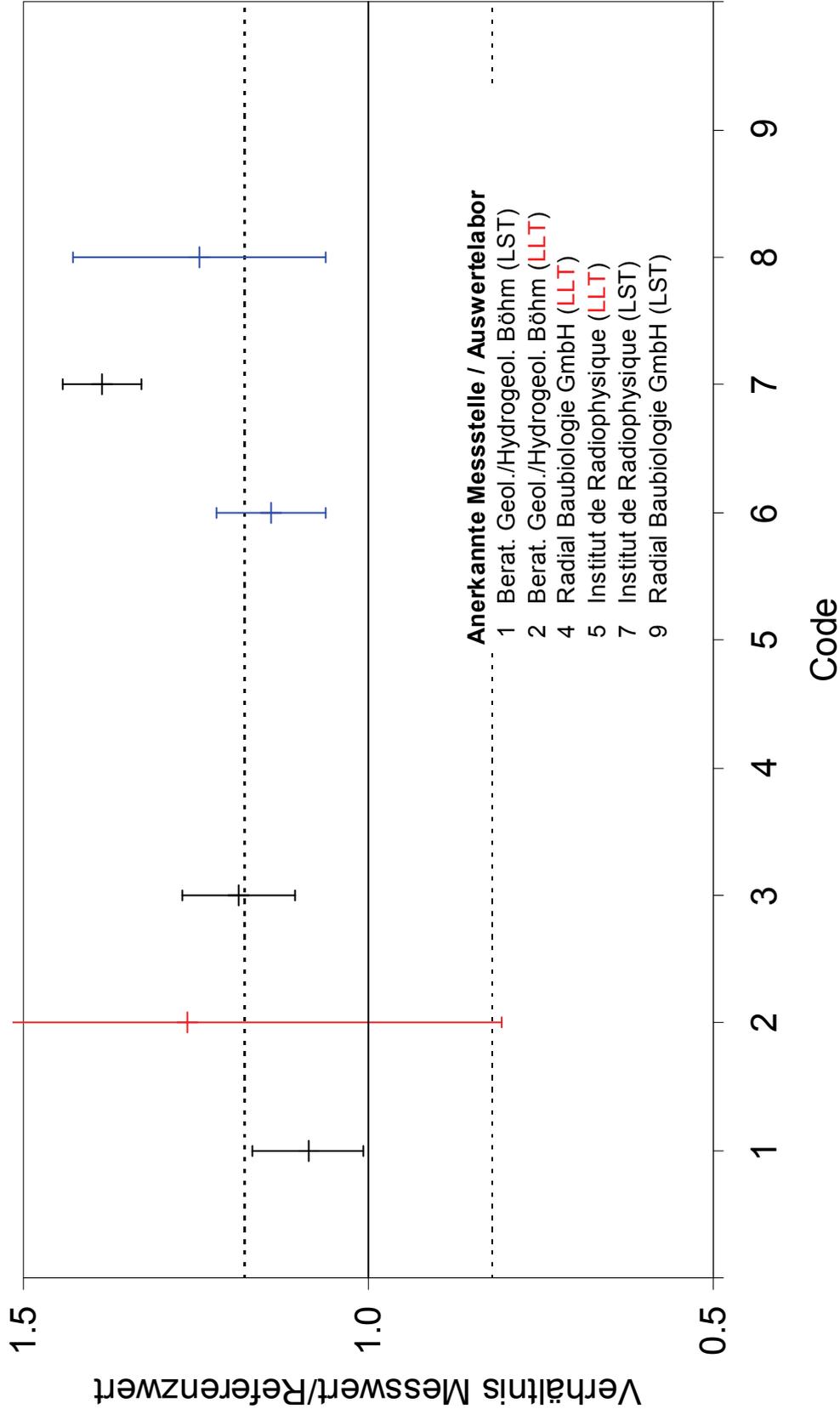
Figur 4: Vergleichsmessung 2010 - Resultate Kernspurdetektoren



Figur 5: Vergleichsmessung 2010 - Resultate elektronische Radondosimeter

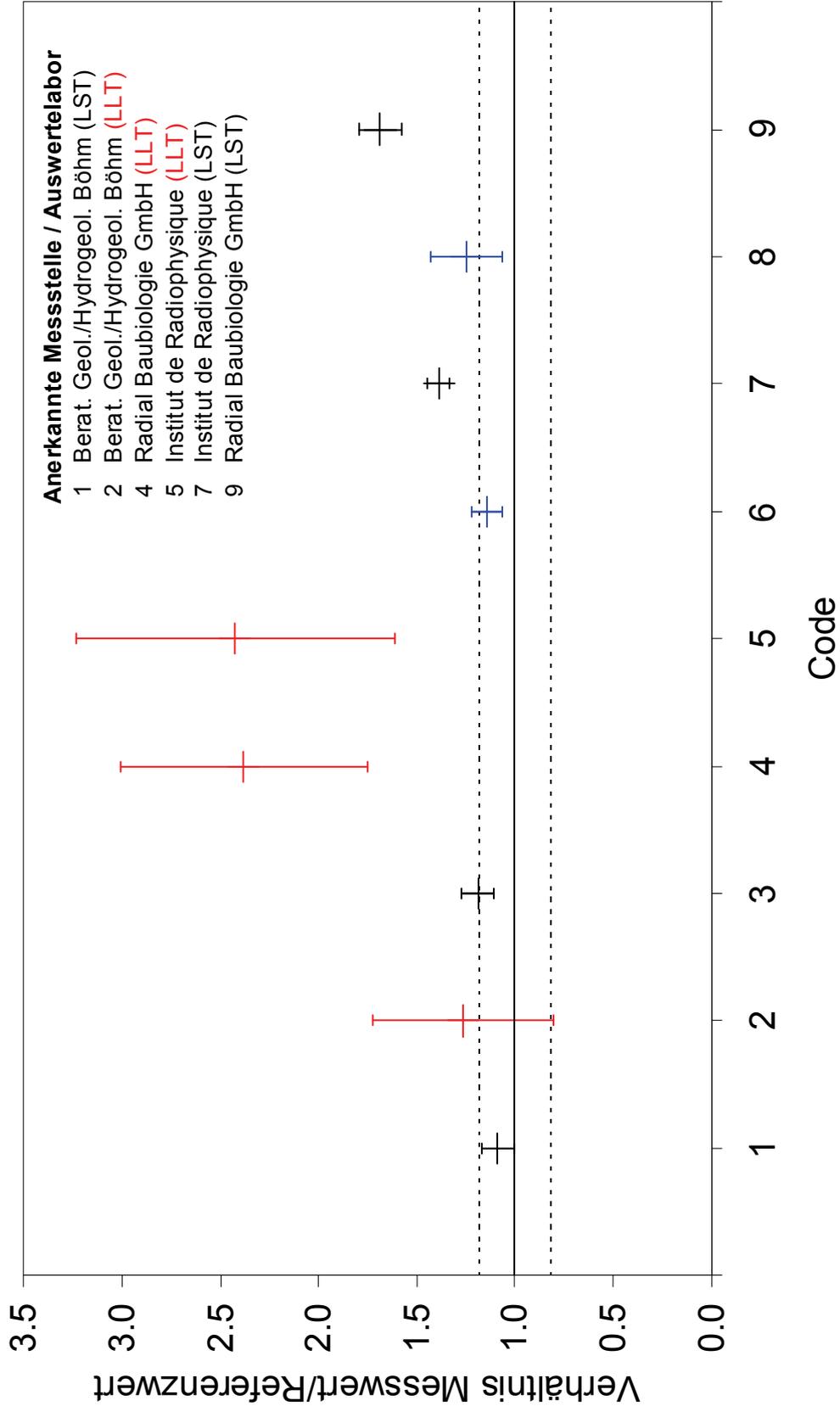


Figur 6: Vergleichsmessung 2010 - Mittelwerte Elektret-Ionisationskammern¹



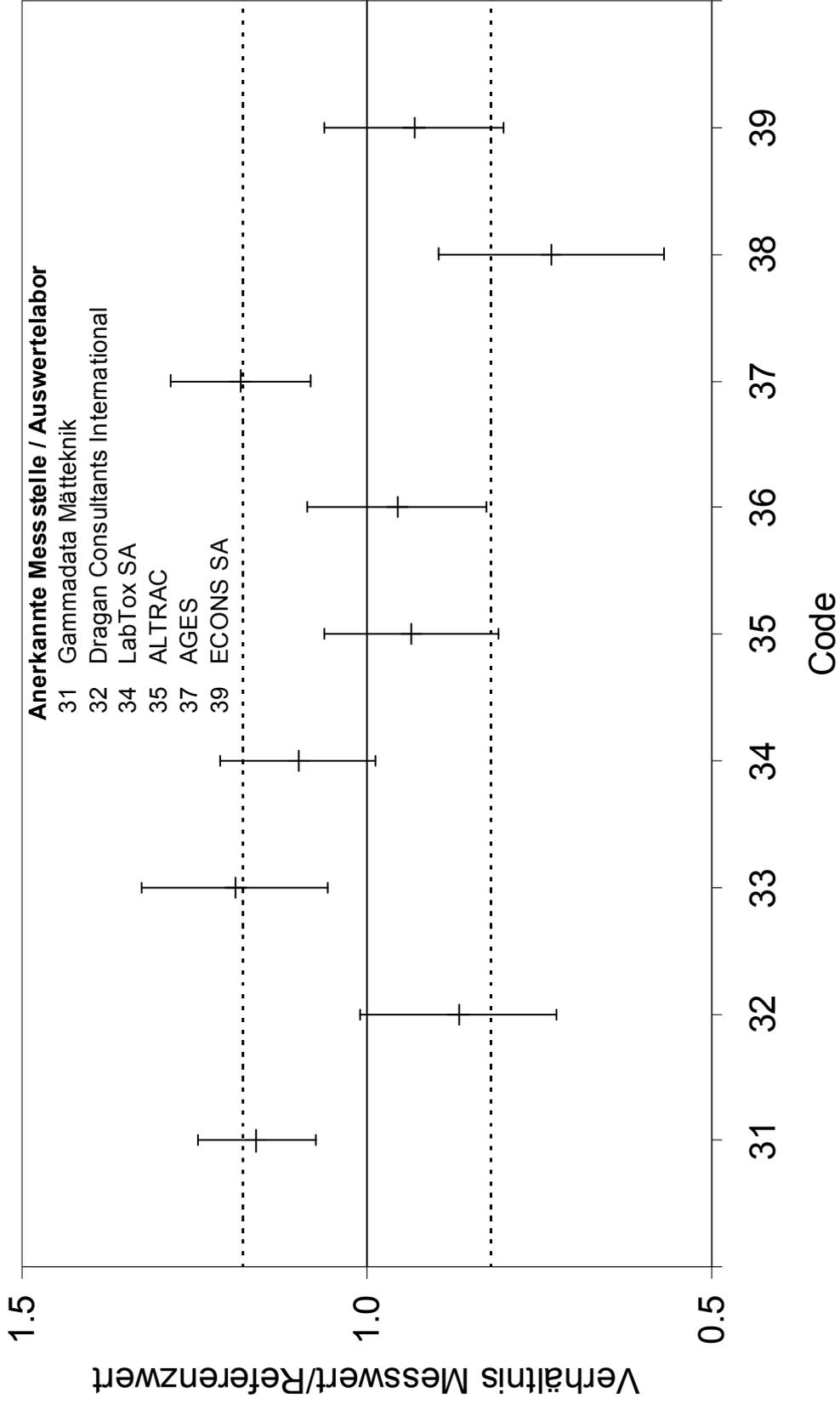
¹.Einige Punkte liegen ausserhalb des Wertebereichs der vertikalen Achse (siehe dazu nachfolgende Figur). Schwarz: LST; Rot: LLT; Blau: SLT

Figur 6a: Vergleichsmessung 2010 - Mittelwerte Elektret-Ionisationskammern¹

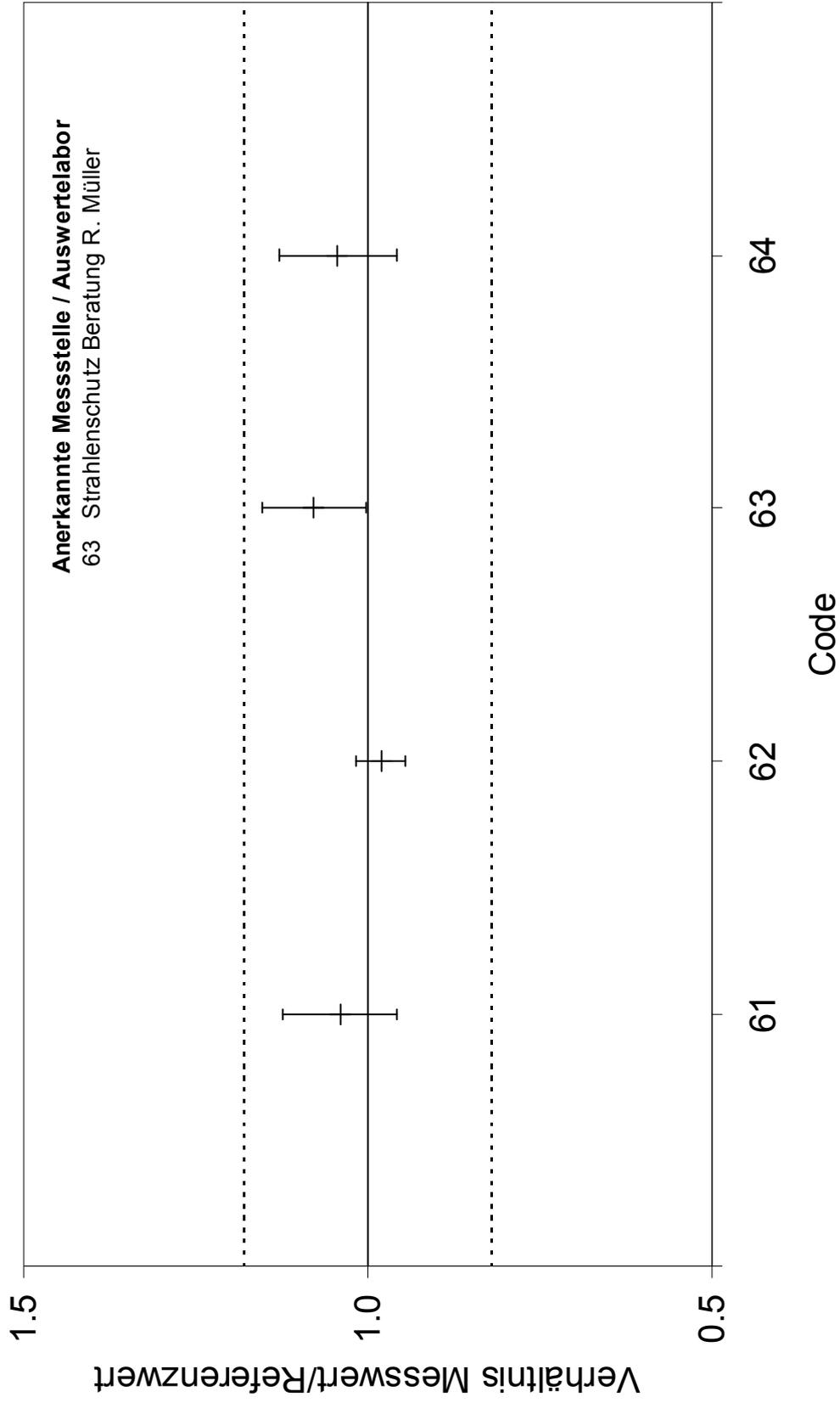


¹.Schwarz: LST; Rot: LLT; Blau: SLT

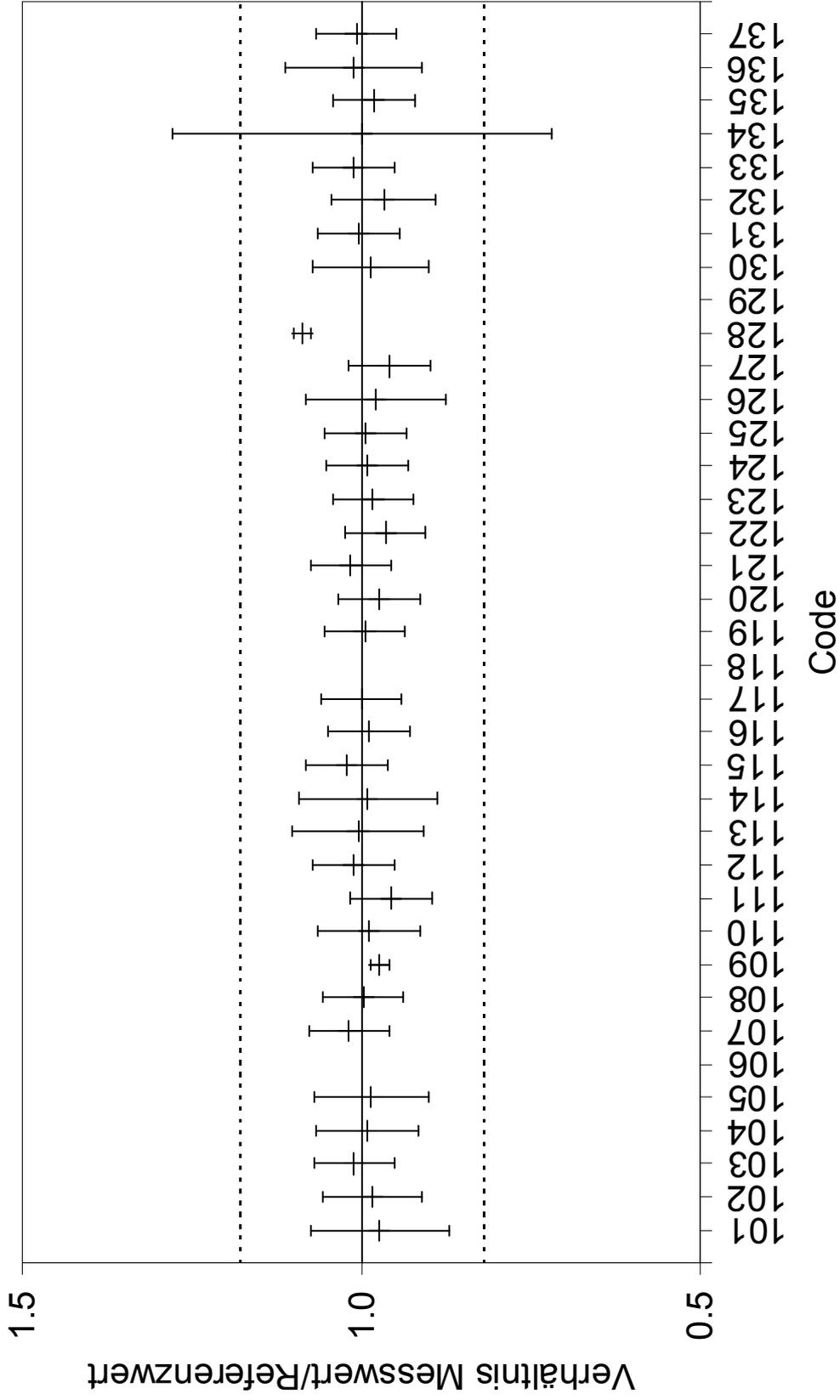
Figur 7: Vergleichsmessung 2010 - Mittelwerte Kernspurdetektoren



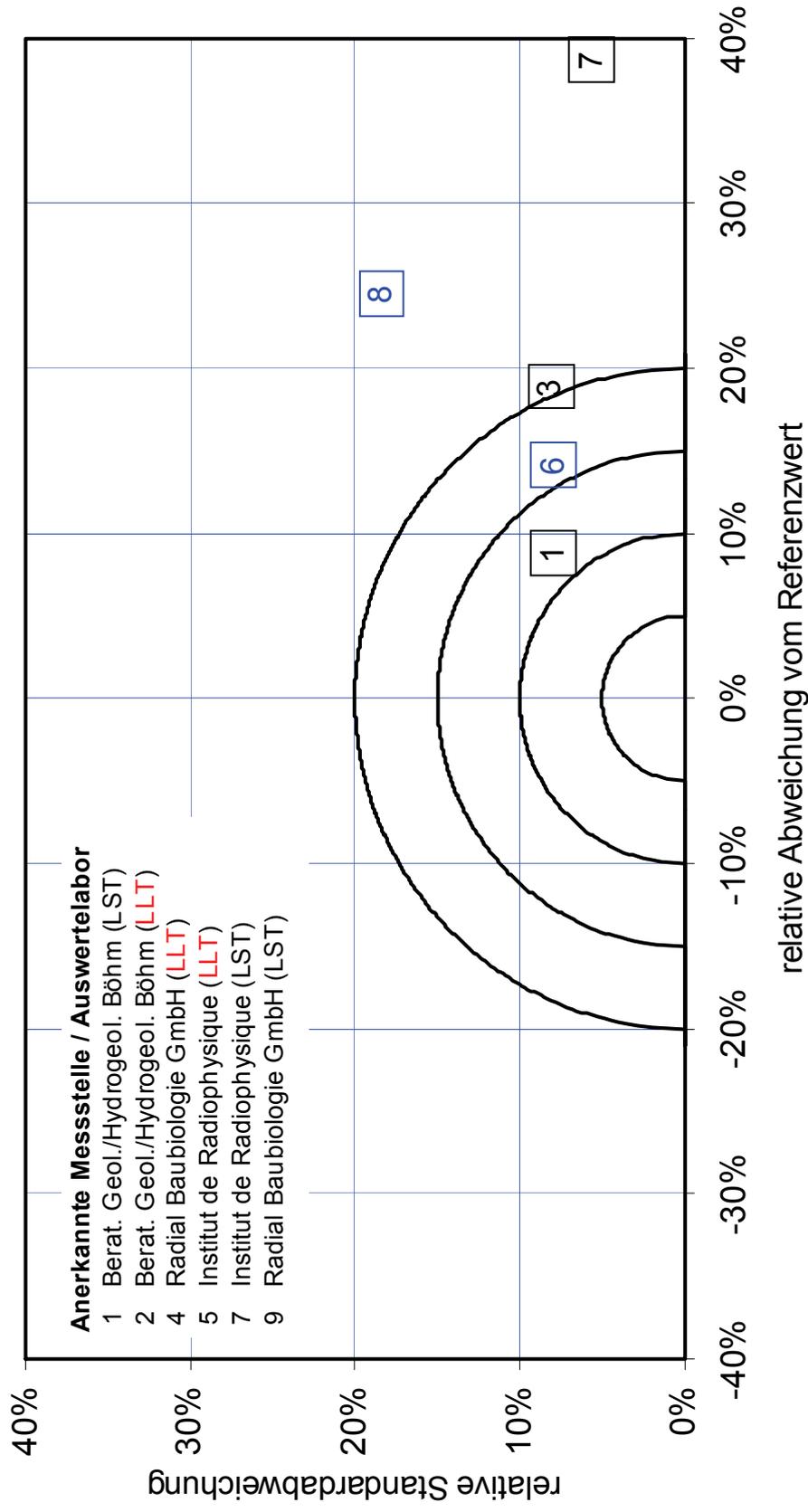
Figur 8: Vergleichsmessung 2010 - Mittelwerte elektronische Radondosimeter



Figur 9: Vergleichsmessung 2010 - Resultate Messgeräte

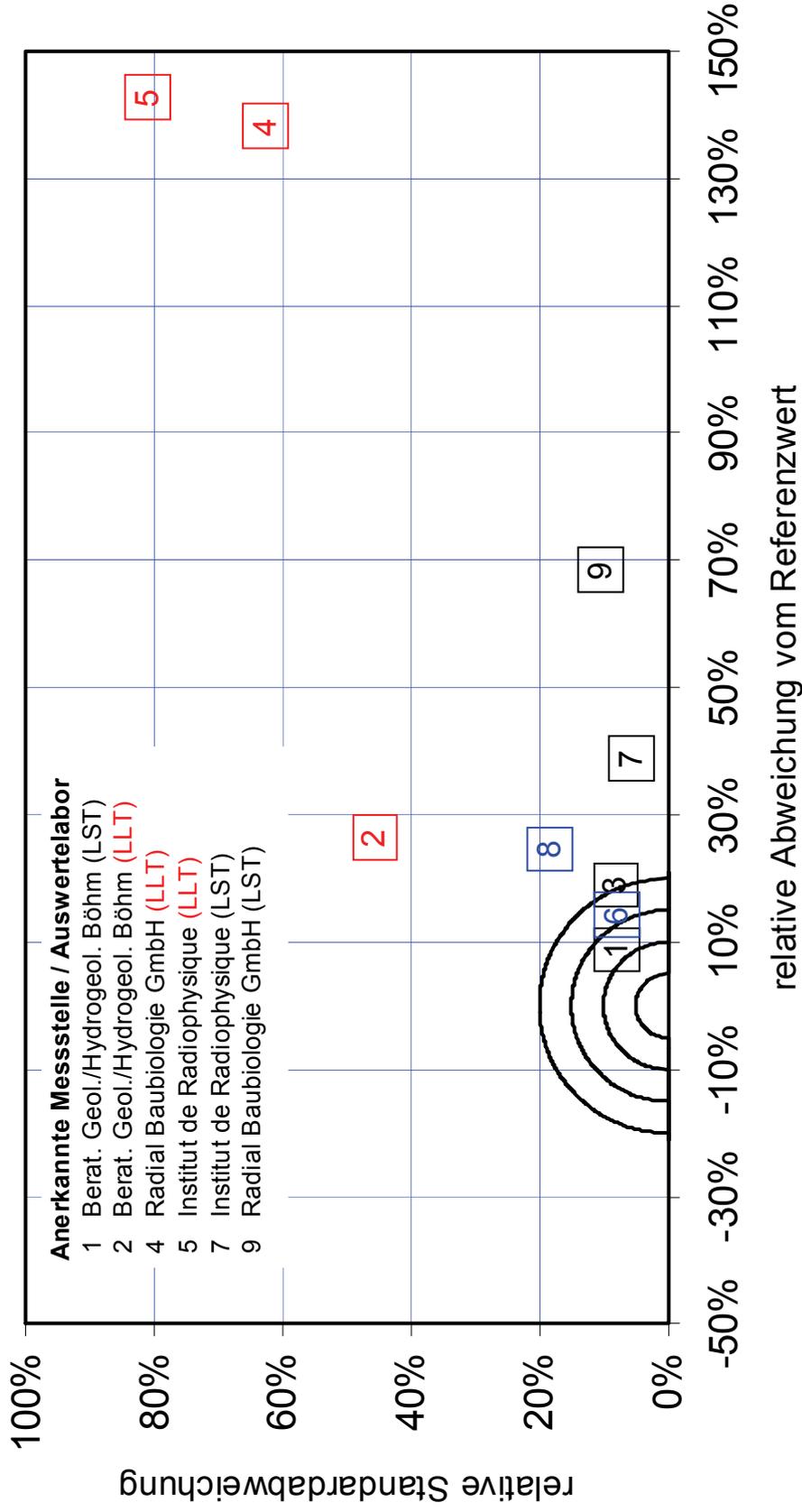


Figur 10: Vergleichsmessung 2010 - Übersicht der Messstellen mit Elektret-Ionisationskammern¹



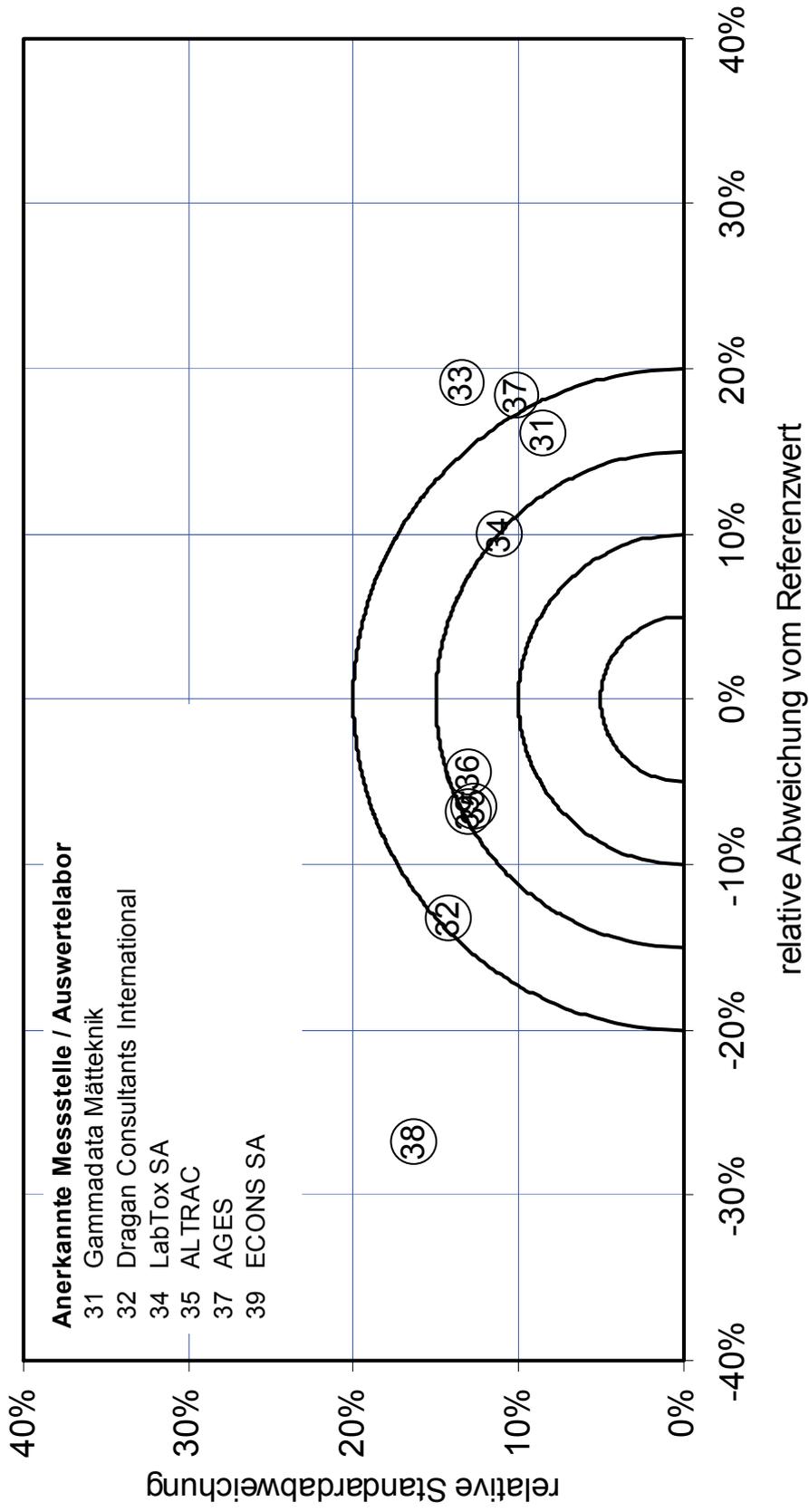
¹. Einige Punkte liegen ausserhalb des dargestellten Wertebereichs (siehe dazu nachfolgende Figur). Schwarz: LST; Rot: LLT; Blau: SLT

Figur 10a: Vergleichsmessung 2010 - Übersicht der Messstellen mit Elektret-Ionisationskammern¹

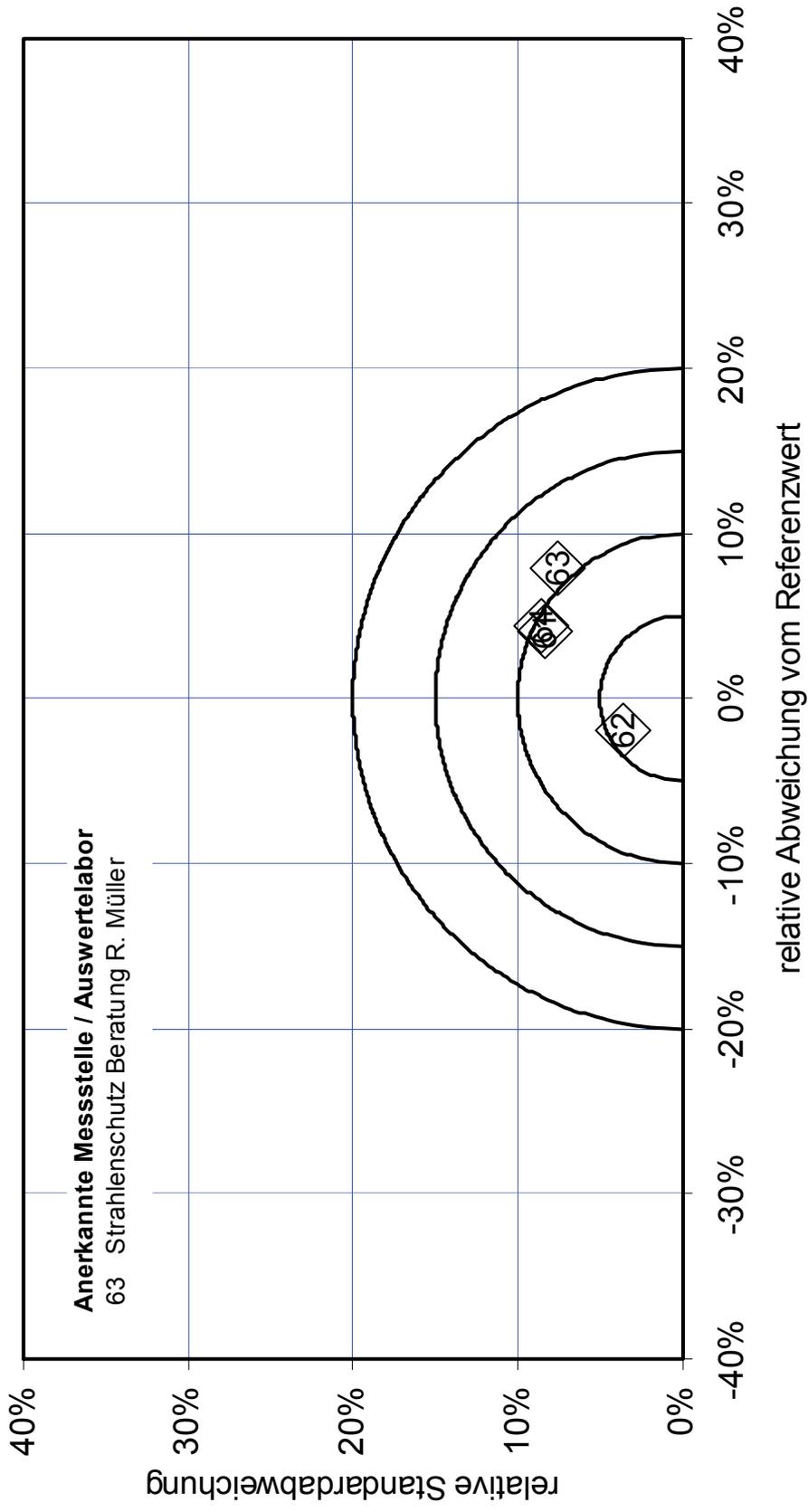


¹.Schwarz: LST; Rot: LLT; Blau: SLT

Figur 11: Vergleichsmessung 2010 - Übersicht der Messstellen mit Kernspurdetektoren



Figur 12: Vergleichsmessung 2010 - Übersicht der Messstellen 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