

AT 9500363

Durchführung eines
Ringvergleiches
mittels der "in-situ -
Gammaspektrometrie"
durch HP-Germanium-
Detektoren

Ferdinand Steger , Herbert Lettner ,

Ernst Lovranich , Ernst Urbanich , Sylvia Streit

Juni 1995

OEFZS--4750



S E I B E R S D O R F

SEIBERSDORF
REPORT

Durchführung eines Ringvergleiches mittels der "in-situ - Gammaspektrometrie"

durch HP-Germanium-Detektoren

Im Auftrag des Bundesministeriums für
Gesundheit, Sport und Konsumentenschutz

Zahl: GZ 353.111/0-III/9/94

Ferdinand Steger *), Herbert Lettner **),
Ernst Lovranich *), Ernst Urbanich *), Sylvia Streit *)

*) Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf GmbH
Bereich Lebenswissenschaften
Abteilung Strahlenschutz

**) Universität Salzburg
Institut für Physik und Biophysik **)

Zusammenfassung

Vom 26. - 30. September 1994 fand in Salzburg ein Ringvergleich zur Bestimmung der Aktivität von Radionukliden am und im Boden mittels der "in-situ" Gammaskpektrometrie statt. 24 Teams und ein Beobachter aus 9 Ländern Europas nahmen teil. Organisiert wurde dieser Ringvergleich vom Forschungszentrum Seibersdorf und vom Institut für Physik und Biophysik der Universität Salzburg. Alle Teilnehmer reisten mit ihren Einsatz- bzw. Meßwagen an. Der Ringversuch wurde auf zwei Feldern und zwar auf einem Feld in der Stadt Salzburg und auf einer Hochalm im Naßfeld bei Badgastein durchgeführt, wobei gewährleistet war, daß diese Wiesen seit 1986 weder beackert noch umgegraben worden waren. Auf der jeweiligen Wiese war von den einzelnen Meßteams zum einen die Deposition der ^{137}Cs Aktivität aus dem Tschernobyl Fallout und der ^{137}Cs Aktivität der Kernwaffentests der 60er Jahre zu bestimmen und zum anderen eine frische Deposition von ^{137}Cs zu berechnen, unter der Annahme, daß die jeweils gemessene Impulsrate im ^{137}Cs Peak vom frisch deponierten Fallout nach einem Reaktorzwischenfall stammt. Durch mindestens 6 Meßpunkte - verteilt über die jeweilige Wiese - sollte die mittlere Aktivitätskonzentration [$\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}$] der Wiese bestimmt werden. Auch sollte der Radionuklidgehalt der natürlichen Radionuklide ^{40}K , der ^{226}Ra -Reihe und der ^{232}Th -Reihe bestimmt werden.

Die Ergebnisse des Ringversuchs waren positiv, die meisten Teams erfüllten ihre Aufgaben ausgezeichnet und lagen mit ihren Meßwerten innerhalb des angegebenen Vertrauensbereiches. Einige Teams sollten noch mehr Arbeit in die Kalibrierung investieren.

Zusätzliche Ziele dieses Ringversuches waren: das "Sich Kennenlernen" der Meßteams untereinander und das Kennenlernen der Möglichkeiten und Kapazitäten der Meßteams aus anderen Ländern. Der persönliche Kontakt zu den Teilnehmern aus Nachbarländern Österreichs, die Kernkraftwerke besitzen wurde besonders gesucht, um bei eventuellen Zwischenfällen rasch und unbürokratisch Informationen zu erhalten oder auszutauschen.

Der Ringversuch wurde auch von der Bevölkerung von Salzburg als positiv empfunden, die Printmedien berichteten auf Grund einer Pressekonferenz und Rundfunkinterviews ausführlich darüber und auf der Meßwiese von Salzburg wurde von der Bevölkerung rege mit den in- und ausländischen Teilnehmern des Ringvergleiches diskutiert.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung

2. Ziele des Ringvergleiches

3. Durchführung des Ringvergleiches

- 3.1 Auswahl der Meßgebiete
- 3.2 Vorbereitung der Meßgebiete
- 3.3 Ausschreibung zum Ringvergleich
- 3.4 Vorbereitung der Messungen
- 3.5 Aufgaben der Meßteams
- 3.6 Verwendete Meßgeräte
- 3.7 Durchführung der Messungen
- 3.8 Auswertemethoden der Messungen

4. Ergebnisse

5. Diskussion der Ergebnisse

- 5.1 Künstliche Radionuklide
- 5.2 Natürliche Radionuklide
- 5.3 Abschließende Beurteilung des Ringvergleiches

6. Literaturverzeichnis

Danksagung

Tabellen und Abbildungen

1. Einleitung

Der Reaktorzwischenfall von Tschernobyl hat gezeigt, daß es unbedingt erforderlich ist eine einfache und schnelle Möglichkeit zur Verfügung zu haben, um nuklidspezifische Bestimmungen von Bodenkontaminationen durchführen zu können. Einerseits soll sofort eine Abschätzung der direkten Gefährdung solcher Kontaminationen auf die Bevölkerung gemacht werden können und andererseits sollen solche Messungen Hinweise auf eventuell zukünftige Kontaminationen von Lebensmitteln geben, die Abschätzungen späterer Ingestionsdosen erlauben sollen. Dabei kommt es darauf an, einen Überblick über größere kontaminierte Gebiete zu erhalten. Die "in-situ-Gammaspektrometrie" ist eine Methode, die zur Lösung dieser Fragestellungen geeignet ist. Sie basiert auf der Messung der spektralen Verteilung der Photonenfluenz in der kontaminierten Umgebung.

In ganz Europa sind verschiedene wissenschaftliche Gruppen mit solchen Messungen befaßt und haben auch unterschiedliche Meßmethoden ausgearbeitet, bzw. Meßvorschriften für Kalibriermessungen solcher "in-situ-Meßanlagen" zusammengestellt. Weitere Anwendungsgebiete der "in-situ-Gammaspektrometrie" sind die Suche nach radioaktiven Quellen in der Umwelt, Dosisrekonstruktionen nach störfallbedingten Freisetzungen, sowie Überwachung radioaktiver Freisetzungen im Routinebetrieb in der Umgebung von Kernanlagen.

Vor zwanzig bis dreißig Jahren wurde die "in-situ-Gammaspektrometrie" nur von einigen wenigen Fachleuten verwendet, hauptsächlich zur Suche nach Uranerzen und zur Umweltüberwachung. Das in den letzten Jahren sprunghaft gewachsene Interesse an dieser Methode hat zwei Ursachen: Einerseits überzeugten die Reaktorunfälle von Three Mile Island und vor allen Dingen der Unfall von Tschernobyl, bei dem es zu großräumigen Kontaminationen mit Radionukliden kam, von der Notwendigkeit eine schnelle und verlässliche Methode zur Bestimmung solcher Kontaminationen zu haben. Zum zweiten machte die Entwicklung von hochreinen und tragbaren HP-Germaniumdetektoren viele Nachteile der bis dahin verwendeten NaI-Detektoren und Ge(Li)-Detektoren wett. Der Vorteil dieser neuen Detektorgeneration besteht darin, daß sie nur während der Messungen mit flüssigem Stickstoff gekühlt werden müssen, relativ preisgünstig und unempfindlich gegenüber äußeren Einflüssen sind.

Die "in-situ-Gammaspektrometrie" wird für Messungen über dem Boden im Freien sowie in Fahrzeugen, Hubschraubern und Flugzeugen benutzt. Dabei kommt es auf den jeweiligen Zweck der Messung an. Während die Verwendung der Germaniumdetektoren in Hubschraubern oder Flugzeugen hauptsächlich dem schnellen Überblick über radioaktive Kontaminationen in größeren Gebieten dient, soll bei der Messung mit tragbaren Detektoren in der Umwelt durch eine längere Meßzeit eine bessere örtliche und nuklidspezifische Auflösung der Aktivitätskonzentrationen erreicht werden [Be1972], [He1988]. Gegenüber Labormessungen von eingesammelten Bodenproben zeichnet sich die "in-situ-Gammaspektrometrie" durch Schnelligkeit und bessere Repräsentativität der Ergebnisse für Strahlenexpositionen an den Meßorten aus.

Die herkömmliche Methode zur Bestimmung der Radionuklidkonzentration im Boden besteht darin, Bodenproben mit Hilfe eines Wurzelbohrers zu entnehmen und diese dann Schicht für Schicht im Labor zu analysieren. Dieses Verfahren ist stark zeit- und arbeitsaufwendig und führt nur bei einer langen Meßreihe zu repräsentativen Ergebnissen für größere Gebiete. Der entscheidende Nachteil liegt dabei in der großen Zeitspanne, die die Auswertung dieses Verfahrens benötigt. Die Aufbereitung der einzelnen Proben - trocknen, sieben und das anschließende Ausmessen - liefert erst nach Wochen brauchbare Ergebnisse mit entsprechender Stichprobensicherheit.

Mit Hilfe der "in-situ-Gammaspektrometrie" aber ist für bestimmte Tiefenverteilungen, wie reine Oberflächenkontamination bzw. "uniforme" oder "exponentielle" Tiefenverteilung mit bestimmter Relaxationslänge, die Bestimmung der Bodenkontamination aus den Daten der "in-situ-Messungen" möglich. Die Relaxationslänge beschreibt den Abfall der exponentiellen Aktivitätskonzentrationsverteilung im Boden. (Beträgt das Produkt aus Relaxationslänge und Tiefe 1, so ist die Radionuklidkonzentration in dieser Tiefe auf den e-ten Teil des Wertes der Konzentration an der Oberfläche abgesunken). Im Falle eines nuklearen Unfalls, bei dem größere Mengen radioaktiver Elemente in die Atmosphäre freigesetzt werden, können riesige Gebiete durch den nuklearen Fallout kontaminiert werden, wie es auch bei der Reaktorschmelze von Tschernobyl der Fall war. Das anschließende Eindringen der deponierten Radionuklide in den Boden ist ein sehr komplexer Vorgang, der nicht nur von den physikalisch-chemischen Eigenschaften des speziellen Radionuklids abhängt, sondern auch durch viele andere Faktoren wie Bodentyp, Art der Deposition, Wetterbedingungen, jährliche Regenmengen usw., bestimmt wird.

Für die Messung der Bodenkontamination können von Meßlabors geometrieabhängige Faktoren (Detektorhöhe über dem Boden usw.) bestimmt werden, mit denen unter Berücksichtigung meß- und nuklidspezifischer Eigenschaften (energieabhängige Nachweiswahrscheinlichkeit des Detektors, Ausbeute von Gammastrahlen beim Zerfall des Radionuklides usw.) eine vorhandene Bodenkontamination berechnet werden kann. [Be1980], [Wi1982]. Diese Kalibrierfaktoren können empirisch bestimmt bzw. in den meisten Fällen mittels theoretischer Überlegungen gewonnen werden. Neuerdings werden von einigen Autoren auch Verfahren angegeben, die direkt aus dem gemessenen Spektrum (zB. mit Hilfe des "Peak/Valley-Verhältnisses" eines zu messenden Radionuklides) Aussagen über die Tiefenverteilung geben können und damit direkt Angaben von Kalibrierfaktoren ermöglichen [Zo1992], [Hi1994].

Der Vorteil der "in-situ-Gammaspektrometrie" gegenüber der Auswertung von Bodenproben besteht, wie schon erwähnt in der schnellen Verfügbarkeit der Ergebnisse, wenn standardisierte, computergestützte Auswerteverfahren angewandt werden, entsprechende Faktoren berechnet worden sind und das Tiefenprofil im zu messenden Gebiet hinreichend genau bekannt ist oder bestimmt worden ist.

2. Ziele des Ringvergleiches

Im Zuge der Qualitätssicherung (z.B. nach ISO 9001) oder einer Akkreditierung (nach ISO 45001) wird von Meßlabors, die solche "in-situ-Messungen" durchführen, die Teilnahme an Ringvergleichen gefordert. Solche Ringvergleiche sind für einzelne Labors von enormer Wichtigkeit, da dadurch systematische Fehler erkannt und beseitigt werden können. Die durch solche Ringvergleiche erzielten Verbesserungen in der Präzision der Messungen heben den Standard der Meßstelle.

Ziel dieses in Salzburg veranstalteten Ringvergleiches war es einerseits, eine gute Tradition solcher Vergleichsmessungen in den Jahren 1991 (Paks, Ungarn), 1992 (Landsberg, Deutschland) und 1993 (Gera, Deutschland) fortzuführen, die sich als äußerst fruchtbar erwiesen haben aber nur für wenige spezialisierte Labors veranstaltet worden waren [An1991], [Br1993], [Bu1994]. Andererseits sollten auch andere Labors, die auf Grund von gesetzlichen Auflagen solche Messungen routinemäßig durchzuführen haben Gelegenheit erhalten, an einem solchen Ringversuch teilzunehmen, um oben genannte Anforderungen erfüllen zu können.

In Gebieten mit relativ hohen radioaktiven Bodenkontaminationen nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl sollten von den teilnehmenden Meßteams Messungen zur Bestimmung der ^{137}Cs -Bodenkontamination bzw. Bestimmung der Aktivitätsgehalte der natürlichen Radionuklide ^{40}K , ^{226}Ra und ^{232}Th durchgeführt werden. Die Mittelwerte der einzelnen Meßwerte aller Meßstellen im jeweiligen Meßgebiet sollen generell als Referenzwerte herangezogen werden. Falls vorhanden, sollen die Meßwerte auch mit "Sollwerten" verglichen werden, die durch Messung vieler Bodenproben gewonnen worden sind.

3. Durchführung des Ringvergleiches

3.1 Auswahl der Meßgebiete

Für "in-situ-Ringvergleiche" sind Gebiete notwendig, die eine einheitliche Struktur in der Bodenbeschaffenheit aufweisen, die seit einer Kontamination durch Fall- bzw. Rain-out nicht mehr umgegraben worden sind und die relativ eben und nicht durch Bäume, Sträucher oder Gebäude unterbrochen sind. Bei einer größeren Anzahl von Teilnehmern sollen diese Gebiete groß sein. Auch sollen relativ hohe Aktivitätskonzentrationen vorhanden sein, damit statistisch gut gesicherte Ergebnisse erhalten werden können. Geplant wurde die Durchführung dieses Ringvergleiches für zwei verschiedene Gebiete, die sich sowohl in der Radionuklidverteilung im Boden (Tiefenverteilung) als auch in der Aktivitätskonzentration der zu messenden Radionuklide unterscheiden sollten.

Als ein solches Gebiet mit oben definierten Voraussetzungen bot sich einerseits eine Wiese in Salzburg Stadt an und zwar der sogenannte Krauthügel (Besitzer: das Stift St. Peter zu Salzburg) in ca. 420 m Seehöhe, direkt im Stadtgebiet Salzburg unter der Feste Hohensalzburg und andererseits ein Meßgebiet in einer hochalpinen Region, nämlich eine Almwiese im Naßfeld bei Böckstein / Badgastein (im Besitz einer Agrargenossenschaft) in ca. 1700 m Seehöhe. Das Meßgebiet Salzburg/Krauthügel wurde vom Institut für Physik und Biophysik der Universität Salzburg bereits intensiv beprobt und ausgemessen, sodaß eine gute Kenntnis über die mittlere Aktivitätskonzentration der Meßwiese, über die Streuung der Aktivitätskonzentration innerhalb der Meßwiese und über die Tiefenverteilung der ^{137}Cs -Aktivität vorlag. Die Tiefenverteilung der ^{137}Cs -Aktivität im Meßfeld Badgastein / Naßfeld wurde ebenfalls von der Universität Salzburg bestimmt (siehe Abbildung 11 und 12). In beiden Meßgebieten wurden durch Messung von Bodenproben, die mit dem zu diesem Zweck angeschafften Wurzelbohrer gezogen wurden, die künstlichen Radionuklide ^{137}Cs und ^{134}Cs

aus Tschernobyl, ^{137}Cs von den Kernwaffenversuchen der 60er Jahre und die natürlichen Radionuklide ^{40}K , ^{226}Ra und ^{232}Th identifiziert.

3.2 Vorbereitung der Meßgebiete

Die Erlaubnis zur Benützung dieser Wiesen wurde eingeholt, die Benützungsbewilligung wurde von den Besitzern gegen Zusicherung der Erstattung von Flurschäden anstandslos erteilt. Beide Meßgebiete haben eine Ausdehnung von je etwa 2 - 3 ha, sodaß es leicht möglich war, etwa 15 Meßteams in angemessener Entfernung voneinander, also mit etwa 10-15m Abstand zum nächsten Teilnehmer gleichzeitig auf jeder Wiese ihre Messungen durchführen zu lassen. Jeder Meßpunkt wurde mit einem nummerierten Holzpflock markiert. In Salzburg wurden 13 Meßpunkte und in Badgastein 15 Meßpunkte bereitgestellt.

3.3 Ausschreibung und Einladung zum Ringvergleich

Einladungen zum Ringvergleich ergingen an Meßteams, die bereits an den früheren Ringversuchen teilgenommen hatten und an Labors, von denen die Organisatoren wußten, daß sie "in-situ" Messungen durchführten. Es zeigte sich aber, daß offensichtlich durch Mundpropaganda ein viel größerer Personenkreis europaweit von der Durchführung dieses Ringversuches erfahren hatte, sodaß sich 32 Teams anmeldeten und schlußendlich 25 Teams mit 60 Experten aus 9 europäischen Ländern teilnahmen. Zwei Teilnehmer kamen aus Ungarn, ein Teilnehmer aus der Slowakei, drei aus Österreich und ebenfalls drei aus der Schweiz, zehn Teilnehmer kamen aus Deutschland, aus Slowenien kam ein Teilnehmer, drei aus Tschechien und ein Teilnehmer kam aus Schweden (siehe Tabelle 11, Teilnehmerliste). Finnland entsandte einen Beobachter, der sich für eine Teilnahme beim nächsten Ringversuch interessierte. Die Anreise der Teams erfolgte mit Meß- bzw. Einsatzwagen. Erfreulich für das Gastgeberland Österreich war die Teilnahme von Meßteams aus praktisch allen an Österreichs Grenzen stehenden Kernkraftwerken. So konnten sowohl persönliche für rasche Information wichtige Kontakte geknüpft, als auch Einsicht in die Meßkapazität und Qualität dieser Teams gewonnen werden.

3.4 Vorbereitung der Messungen

Der erste Tag des Ringvergleiches war der Diskussion gewidmet. Dr. A. Andradi vom Health Physics Departement des Atomic Energy Research Institute (KFKI) in Budapest, ein anerkannter Fachmann auf dem Gebiet der "in-situ-Messungen", hielt ein Einführungsreferat. Anschließend wurden die Ringversuchsbedingungen, wie sie von den Organisatoren geplant waren diskutiert und die recht umfangreichen organisatorischen Details besprochen. Nach einer kurzen Vorstellung jedes Meßteams, der Dienststelle des Teams und den Aufgaben dieses Personenkreises in der Dienststelle durch den jeweiligen Teamleader wurde der Meßplatz in Salzburg besichtigt.

Jedes Team war, wie oben erwähnt mit einem Meß- bzw. Einsatzwagen angereist, sodaß die Meßgebiete von jedem Team mit dem gesamten Meßequipment leicht und schnell erreicht werden konnten.

Die Meßteams wurden eingewiesen, die Fahrtrouten bestimmt und die genauen Abfahrtszeiten angegeben.

3.5 Aufgaben der Meßteams

Folgende Aufgaben hatten die Meßteams zu erfüllen:

- 1) Bestimmung der an den Meßpunkten des jeweiligen Meßgebietes vorhandenen realen ^{137}Cs -Aktivitätskonzentration [$\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}$] mittels der vorher im jeweiligen Meßgebiet gemessenen Tiefenverteilung durch Ausmessen von mindestens 6 Meßpunkten in jedem der zwei Meßgebiete (Abbildung 11 und 12. Diese Abbildungen sind für den Ringversuch in englischer Sprache konzipiert worden und so auch in diesen Bericht übernommen worden).
- 2) Berechnung einer angenommenen ^{137}Cs -Kontamination [$\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}$] unter der Annahme, daß die am jeweiligen Meßort gemessene Impulsrate durch eine eben erst nach einem Reaktorunfall erfolgte Kontamination zustande gekommen ist (Oberflächenverteilung) und
- 3) Bestimmung des Gehalts der natürlichen Radionuklide ^{40}K , ^{226}Ra und ^{232}Th [$\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$] im Boden des jeweiligen Meßgebietes unter der Annahme des Gleichgewichts von ^{226}Ra und ^{232}Th mit ihren Zerfallsprodukten und der Annahme einer gleichmäßigen Verteilung dieser natürlichen Radionuklide im Boden.

3.6 Verwendete Meßgeräte

Die von den Teilnehmern verwendeten Meßapparaturen waren alle HP-Germaniumdetektoren ohne Kollimierung, die durchwegs auf Dreifußgestellen in 1 m Höhe über dem Boden fixiert werden konnten, wobei der Detektor nach unten zum Boden hin ausgerichtet war. Drei Detektoren waren n-Type und einundzwanzig p-Type Detektoren. Zwei Detektoren hatten eine rel. Eff. zwischen 10-14 %, drei zwischen 15-19 %, acht zwischen 20-24 %, fünf zwischen 25-29 %, drei zwischen 30-39%, einer hatte 47 % und 2 hatten eine rel. Eff. von 50 bzw. 54 %.

Hochspannungsteil und Verstärker waren alle in die MCA's integriert, wobei die Meßgeräte unterschiedlichster Herkunft waren. Zur Datenaufnahme bzw. Speicherung wurden durchwegs tragbare MCA's verwendet, sodaß man bei allen Teams die Tendenz erkennen konnte, diese "in-situ-Gammaspektrometer" auch außerhalb des Einsatzwagens auch für andere Zwecke, zB. zur Identifikation von Strahlern aller Art an verschiedenen Orten, verwenden zu können.

3.7 Durchführung der Messungen

Für die Messungen waren zwei Tage vorgesehen, 12 Teams führten am ersten Meßtag die Messungen in Salzburg, die anderen 12 Teams im Naßfeld / Badgastein durch und am zweiten Meßtag wurde getauscht. Die Messungen mußten direkt mit dem Detektor über dem jeweiligen markierten und eingeschlagenen Holzpflöck durchgeführt werden, sodaß jeder Teilnehmer am bestimmten Meßpunkt genau dieselben Meßbedingungen vorfand. Damit sollte gewährleistet sein, daß auch kleinräumige Abweichungen der Aktivitätsgehalte um den jeweiligen Meßpunkt von jedem Teilnehmer in gleicher Weise erfaßt werden konnten. Die Meßwagen wurden so eingewiesen, daß sie andere Teams bei ihren Messungen nicht beeinflussen konnten. Pro Messung waren 1000 s Meßzeit eingeplant, sodaß auch mit Umstellung der Meßapparaturen inklusive Auf- und Abbau leicht 6 - 8 Messungen am Tag durchgeführt werden konnten.

3.8 Auswertemethoden der Messungen

Da viele Meßteams nur die Ergebnisse mitteilten, kann über Auswertemethoden nur von einzelnen Teams, und dies auch nur übersichtsweise, berichtet werden.

Einige Teams gewannen ihre Kalibrierfaktoren über theoretische Berechnungen unter Anwendung von gemessenen Detektorparametern und Annahme von exponentieller Tiefenverteilung nach Angaben von Beck [Be1972]. Andere Teams setzten Computerprogramme ein, die durch Monte Carlo-Berechnungen Punkt für Punkt sowohl winkelabhängig als auch tiefen- und feuchteabhängig unter Berücksichtigung von Schwächungskoeffizienten der ungestreuten Quanten Kalibrierfaktoren für unendlich ausgedehnte Flächen zu berechnen gestatteten. Auf Einzelheiten kann aber nicht näher eingegangen werden.

4. Ergebnisse

In den Tabellen 1-10 sind die Ergebnisse der Messungen eingetragen. Die Abbildungen 1-10 zeigen diese Meßresultate im Diagramm.

Als Referenzwert wurde in beiden Meßgebieten der jeweilige Mittelwert aller Messungen, dh. der Meßwerte aller Teams an allen Meßpunkten des jeweiligen Meßfeldes herangezogen. Für die reale, zum Zeitpunkt der Messung vorhandene Aktivitätskonzentration von ^{137}Cs (reale Tiefenverteilung) am Krauthügel im Meßgebiet Salzburg wird in der Abbildung 6 zusätzlich ein Sollwert angegeben, der vom Institut für Physik und Biophysik der Universität Salzburg durch 235 Bodenproben bestimmt wurde. Die Bodenproben waren über das ganze Meßfeld verteilt gezogen worden und geben somit einen guten Mittelwert der Aktivitätskonzentration in diesem Gebiet wieder. Dieser Sollwert für den Krauthügel im Meßgebiet Salzburg betrug für Ende September 1994 - dem Zeitpunkt des Ringvergleiches - $35.400 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-2}$ mit einem Variationskoeffizienten von 19,9 %. [Le1994].

Als für den Ringversuch anzuwendender "Vertrauensbereich" wurde der innerhalb der zweifachen Standardabweichung ($\pm 2\sigma$) liegende Bereich der Mittelwerte der von jedem Team gemessenen Punkte im jeweiligen Meßgebiet definiert, falls diese nicht $\pm 25 \%$ überschritten. In diesem Fall wurde der Bereich $\pm 25 \%$ vom Mittelwert als Vertrauensbereich bestimmt. Diese Definition ist rein willkürlich und wurde auf Grund von Überlegungen bei der Auswertung der Ergebnisse festgelegt. Tabelle 12 zeigt die Mittelwerte der jeweiligen Meßergebnisse, die Standardabweichung (%) und den wie oben angegeben bestimmten Vertrauensbereich.

Liegt ein Meßteam mit dem Mittelwert seiner Messungen innerhalb dieses Vertrauensbereiches, kann diese Meßstelle bei der Durchführung von Depositionsmessungen künstlicher Radionuklide bzw. bei der Bestimmung der Aktivitätsgehalte natürlicher Radionuklide im Boden mittels der "in-situ-Gammaspektrometrie" als Meßstelle für qualitätsgesicherte Ergebnisse angesehen werden.

5. Diskussion der Ergebnisse

5.1 Künstliche Radionuklide

Reale ^{137}Cs -Aktivitätskonzentration der Meßgebiete:

Aus der Tabelle 6 und Abbildung 6 ist ersichtlich, daß der Mittelwert der ^{137}Cs -Aktivitätskonzentration aller Meßteams am Krauthügel in Salzburg recht gut mit dem "Sollwert" ($35.400 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-2}$) übereinstimmt, der vom Institut für Physik und Biophysik der Universität Salzburg mittels 235 Bodenproben bestimmt worden ist. Die Abweichung beträgt etwa -5 %. Damit ist mit hoher Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß auch alle anderen Mittelwerte mehr oder weniger nur um diesen Prozentsatz vom "Sollwert" abweichen.

In diesem Gebiet sind 14 Meßlabors innerhalb des Vertrauensbereiches, 10 Meßlabors liegen außerhalb, wobei zu sagen ist, daß kein einziges Labor weiter als 4σ (siehe Pkt. 4) entfernt lag.

Ganz ähnlich verhält es sich bei der Messung der realen ^{137}Cs -Aktivitätskonzentration im Naßfeld-Badgastein (siehe Tabelle 1 und Abbildung 1). 11 Labors liegen innerhalb des Vertrauensbereiches und 13 außerhalb, wobei die Abweichung einiger weniger Labors doch größer ist. Der Grund dürfte in einer ganz anderen Tiefenverteilung der ^{137}Cs Aktivität im Boden zu suchen sein, sodaß die dazugehörigen Modellberechnungen viel schwieriger durchzuführen waren als in Salzburg / Krauthügel.

Angenommene ^{137}Cs -Aktivitätskonzentration der Meßgebiete unter der Annahme einer Oberflächenverteilung:

Unter der Annahme, daß die in beiden Meßgebieten gemessenen Impulsraten im ^{137}Cs -Peak durch eine Oberflächenverteilung, dh. durch Messungen unmittelbar nach einem Fallout zustande gekommen sind, wurden für diesen Fall Aktivitätskonzentrationsberechnungen durchgeführt. Die Tabellen und Abbildungen 2 und 7 zeigen die Ergebnisse. Die erhaltenen Resultate sind dabei ausgezeichnet, in Salzburg / Krauthügel sind 22 Meßwerte (von 24) innerhalb des Vertrauensbereiches und in Badgastein 20, und zeigen von der Qualität der Meßlabors. Ein einziges Labor liegt weit außerhalb des Vertrauensbereiches.

Der Grund für die besseren Resultate dieser Messungen im Vergleich zur Bestimmung von bereits tiefer in den Boden eingedrungener Aktivität dürfte darin zu suchen sein, daß alle Labors ihr Augenmerk hauptsächlich auf den Fall der Messung unmittelbar nach einer Deposition gelegt und dafür wesentlich mehr Arbeit für die Kalibrierung investiert haben dürften.

5.2 Natürliche Radionuklide

Die Bestimmung der natürlichen Aktivitätsgehalte von ^{40}K , von ^{226}Ra - und ^{232}Th über ihre Zerfallsprodukte zeigen die Tabellen und Abbildungen 3,4,5 bzw. 8,9,10. Bei der Bestimmung des ^{40}K -Gehaltes liegen in Badgastein 3 Meßwerte (davon 1 weit) außerhalb des Vertrauensbereiches und in Salzburg einer. Bei der ^{226}Ra -Reihe sind in Badgastein 9 (2 davon weit) und in Salzburg 2 (davon 1 weit) außerhalb des Vertrauensbereiches und bei der ^{232}Th -Reihe liegt in Badgastein 1 Meßwert (weit) und in Salzburg 2 (1 davon weit) außerhalb.

5.3 Abschließende Beurteilung des Ringversuches

Der Ringversuch hat gezeigt, daß die Ergebnisse bei der Messung von frisch deponierten Radionukliden bei allen Meßteams sehr gut sind. Die Bestimmung von alt deponierten Radionukliden ist offensichtlich schwieriger, die Kalibrierfaktoren sind nicht einfach zu berechnen bzw. sind die Modelle zur Berechnung dieser Faktoren nicht eindeutig. Auch spielt die Bestimmung der Tiefenverteilung bzw. die Anwendung der Tiefenverteilungsmodelle auf die Rohdaten der Meßergebnisse eine große Rolle. In Salzburg kann von einem normalen Boden mit tiefer Humusschicht ausgegangen werden, während im Naßfeld-Badgastein die Humusschicht sehr dünn ist und wahrscheinlich eine ganz andere chemische Zusammensetzung besitzt wie in Salzburg.

Es hat sich gezeigt, daß bei der Aktivitätsbestimmung länger deponierter Radionuklide von manchen Labors noch Arbeit investiert werden soll. Im großen und ganzen sind aber die Ziele des Ringvergleiches von den meisten Labors auch bei diesem Punkt der Aufgabenstellung erreicht worden.

Das Ergebnis der Bestimmung der Gehalte an natürlichen Radionukliden ist unterschiedlich gut. ^{40}K - und ^{232}Th -Gehalte wurden recht gut bestimmt. Interessanterweise ist die Bestimmung von ^{226}Ra in Salzburg recht gut während die Ergebnisse in Badgastein nicht zufriedenstellend sind. Ein Grund dafür konnte noch nicht gefunden werden, doch dürften die oben erwähnten Bodenunterschiede dabei eine große Rolle spielen.

6. Literaturverzeichnis

- [An1991] A. Andrasi, I. Nemeth, P. Zombori and J. Urban: Report on a workshop on mobile laboratories for monitoring environmental radiation. Central Research Institute for Physics, KFKI-1991-41/K 1991
- [Be1972] H.L. Beck, J. DeCampo and C. Gogolack: In-situ Ge(Li) and NaJ(Tl) Gamma ray spectrometry. Health and Safety Laboratory, U.S Atomic Energy Commission, New York 10014, 1972
- [Be1980] H.L. Beck and B.W. Krey: Cs-137 inventories in undisturbed Utha soils - interim report on radionuclides in soils of populated areas. Health and Safety Laboratory, U.S Atomic Energy Commission, New York 10014, June 1980
- [Br1993] Ch. Brummer, S. Mundigl and I. Winkelmann: Intercomparison measurements of soil contamination with "in-situ Spectrometry" in Landsberg/Lech, Bundesamt für Strahlenschutz Ingolstädter Landstraße 1. D-85758 Neuherberg
- [Bu1994] H. Buchröder, Bundesamt für Strahlenschutz, Waldowallee 117, D-10138 Berlin - Karlshorst. private Mitteilung, 1994
- [He1988] I.K. Helfer and K.M. Miller: Calibration factors for Ge Detectors used for field spectrometry. Health Physics, Vol. 55, No. 1, p. 15-19, 1988
- [Hi1994] U. F. W. Hillmann: Bestimmung der Bodenkontamination durch "in-situ" Gammaspectrometrie, Diplomarbeit Ludwig-Maximilian Universität München, Sektion Physik 1994
- [Le1994] H. Lettner, P. Bossew und A.K. Hubmer: Kontamination durch radioaktiven Fallout im Bundesland Salzburg und in angrenzenden Teilen von Oberösterreich. Umweltbundesamt, BMUJF, Reports UBA-94-101, 1994
- [Wi1982] I. Winkelmann, W. Haimerl und J. Wutz: Nuklidspezifische Messungen der Ortsdosisleistung in der Umgebung Kerntechnischer Anlagen . ISH Bericht 12, Bundesamt für Strahlenschutz, D- 85758 Oberschleißheim-Neuherberg, 1982
- [Zo1992] P. Zombori, A. Andrasi and I. Nemeth: A new method for the detection of radionuclide distribution in the soil by "in-situ" gamma ray Spectrometry, KFKI-1992-20/K, Institute for Atomic Energy Research, Budapest, 1992

Danksagung

Herrn MR Dr. Eberhardt Henrich vom Bundesministerium für Gesundheit und Konsumentenschutz, Sektion III, Abteilung 7 sei an dieser Stelle für nützliche Diskussionen bei der Erarbeitung dieses Ringversuches recht herzlich gedankt.

Weiters danken die Autoren Herrn Ing. M. Möslinger von der Firma Canberra/Austria für das Verständnis, das er dieser Arbeit entgegenbrachte.

Den Herrn A.K. Hubmer, G. Pausch, M. Gastberger, Frau H. Oder und Frau C. Heysl vom Institut für Physik und Biophysik der Universität Salzburg danken die Autoren für die geleistete Arbeit bei der Vorbereitung dieses Ringversuchs und bei der Vorbereitung der Meßgebiete und Meßpunkte.

Tab.: 1 Cs-137 Deposition, aktuelle Tiefenverteilung (Labormittelung) [Bq.m-2]

LABOR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Mittelw.	Stdabw.	
Gasteln 1						44590		34000			51600				55810		28400		42309						42785	10344	
Gasteln 2						42780		33000			51400	39819					27600									38920	9147
Gasteln 3			32700	46018				35000			52600	41522		36900	55560						44430	31260		41570		41756	8131
Gasteln 4				46293	56400			32000	54000	48600	53800			37150	59200	48123					47070	32390		41490		46376	9035
Gasteln 5				44000	53800				50700					35150	54710	48220					45610	30070		39990		44694	8368
Gasteln 6		39000		39958	48000	39600	37389		49000		46200		43180	32060							40330				35560	40934	5242
Gasteln 7		37000				36900	35811		44600		42900		41855	30400							35900				33090	37606	4668
Gasteln 8		45000			69200	46380	44479		53900				52974	35620			30100	43000		45400						46605	10641
Gasteln 9	43189	39000			59400		39088		48200		47300		45653	32370			26300	38000							37400	41445	8801
Gasteln 10	41594	39000	28700		57400		36971								48660			37000		39300		23000			35200	38682	9558
Gasteln 11		44000	32100				41214			48600	52000	39336	50054			47472		41000	42179			27000			40200	42096	7244
Gasteln 12			34500			47090				48600		43588	52952		62250	50326		45000	45890		32030	29600			43300	44594	9174
Gasteln 13			30600	43547				32000		48600					53600	47474		39000	41496		30260	26100			37800	39134	8761
Gasteln 14			32700	46569				34000		48600		40104			57870	48780	29100		42961		32070	27600	41570			40160	9289
Gasteln 15								35000			46000	41925					29600		44425			28800				37625	7537
Mittelw.	42392	40500	31883	44398	57367	42890	39159	33571	50067	48600	49311	41049	47778	34236	55956	48399	28517	40500	43210	42577	31347	27017	38878	38780	41805		
Stdabw.	1128	3209	2000	2511	7008	3986	3214	1272	3608	0	3768	1599	4893	2623	4044	1066	1399	3082	1645	4106	990	2331	3662	3087			8579

Tab.: 2 Cs-137 Deposition, angenommene Oberflächenverteilung (Labormitteilung) [Bq.m-2]

LABOR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Mittelw.	Stdabw.	
Gasteln 1						16240		14800			16140				16420		21400		17277						17046	2277	
Gasteln 2						15580		14200			16070	17030					20800								16736	2491	
Gasteln 3			15500	17038				15000			16440	17750		15610	16350						16290	17170		15010	16216	932	
Gasteln 4				17139	17300			14000	20300	14900	16810			15710	17420	17664					17250	17790		14990	16773	1674	
Gasteln 5				16290	16500				19100					14860	16100	17700					16720	16510		14440	16469	1386	
Gasteln 6		13000		14789	14700	14420	12472		17600		14430		14111	13560							14780			12850	14247	1387	
Gasteln 7		12000				13430	12040		16800		13410		13678	12860							13160			11950	13259	1488	
Gasteln 8		15000			17900	16890	14797		20300				17312	15060			22700	17000			16640				17360	2489	
Gasteln 9	14129	13000			15400		13123		18100		14780		14934	13440			19800	15000						23800	15955	3331	
Gasteln 10	13606	13000	13600		14800		12413								14320		15000			14410		12000		22400	14555	2929	
Gasteln 11		14000	15200				13838			14800	16250	16820	16358			17426		17000	17224				14000		25600	16543	3145
Gasteln 12			16300			17150				15900		18640	17305		18320	17473		18000	18739		17590	14700		27600	18143	3202	
Gasteln 13			14500	16123				13700		14300					15770	17426		16000	16945		16620	13000		24100	16226	2964	
Gasteln 14			15500	17240				14700		15000		17150			17030	17906	22000		17543		17615	13700	15010		16700	2172	
Gasteln 15								15300			14390	17930					22300		18141			14400			17077	3056	
Mittelw.	13868	13333	15100	16437	16100	15618	13114	14529	18700	14980	15413	17553	15616	14443	16466	17599	21500	16333	17645	15607	17216	13633	14042	24700	16205		
Stdabw.	370	1033	936	931	1340	1454	1041	577	1446	581	1178	683	1598	1141	1190	192	1070	1211	672	1504	545	993	1321	1980		2651	

Tab.: 3 Spezifische Aktivität von K - 40 [Bq.kg-1]

LABOR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Mittelw.	Stdabw.	
Gastein 1						380,9		340			328				374		400		318						356,8	32,7	
Gastein 2						371,3		365			346	492,2					380									390,9	58,0
Gastein 3			400	409				410			356	564,39		395	440						430	443		377		422,4	56,8
Gastein 4				353	369			350	397	389,4	364			333	386	372,3					400	391		341		370,5	22,6
Gastein 5				351	370				383					330	388	372,5					410	397		339		371,2	26,8
Gastein 6		320		347	370	352,5	332		384		356		349	317							350			319		345,1	21,5
Gastein 7		360				361,8	348		381		343		363	340							360			324		353,4	16,6
Gastein 8		390			438	418,8	403		464				418	386			420	410		430						417,8	23,0
Gastein 9	406,9	390			440		384,3		476		407		377	384			440	410							460	415,9	33,3
Gastein 10	372,7	390	364		400		387								429				390		400		310		440	388,3	35,9
Gastein 11		390	384				395,5			389,4	404	534,86	386			435,7		380	339				310		450	399,9	56,3
Gastein 12			418			415,9				395,3		544,7	405		467	427,1		400	349			445	330		460	421,4	55,9
Gastein 13			374	364				350		364,4					413	344,2		370	327			393	280		400	361,8	36,9
Gastein 14			367	370				380		365		469,23			387	358,8	390		320			402	280	345		369,5	45,8
Gastein 15								345			356	493,84					380		307			280				360,3	74,5
Mittelw.	389,8	373,3	384,5	365,7	397,8	383,5	375,0	362,9	414,2	380,7	362,2	516,5	383,0	355,0	410,5	385,1	401,7	393,3	326,7	397,1	411,8	298,3	340,8	442,0	384,6		
Stdabw.	24,2	28,8	21,0	22,9	34,0	27,9	28,3	24,8	43,8	14,8	26,6	36,8	25,7	32,1	32,5	37,4	24,0	16,3	15,2	31,5	25,2	21,4	20,4	24,9		47,7	

Tab. 4 Spezifische Aktivität von Ra-226 [Bq.kg-1]

LABOR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Mittelw.	Stdabw.	
Gastoin 1						55,7		48			48,8				55,2		50		80,54							56,4	12,3
Gastoin 2						43,3		42			56,7	57,19					56									51,0	7,7
Gastoin 3			33,1	40,2				42			69,4	41,59		57,7	48,4						32	37,7		26,8		42,9	12,7
Gastoin 4				38,6	75,5			56	29,8	38	58,2			38,8	38,5	71,3					30	37,7		32,7		45,4	15,8
Gastoin 5				41,9	54,8				22,3					76,2	58,2	50,5					42	32,7		32,3		45,7	16,3
Gastoin 6		43		34,3	65,5	70,4	25,6		32,2		66,2		33,6	49,5							37			32,5		44,5	15,9
Gastoin 7		48				55,4	24,8		30		58,1		33,9	34,1							38			28,8		39,0	12,0
Gastoin 8		42			76	48	35		46,3				39,8	56,5			53	35			43					47,5	12,2
Gastoin 9	43,9	45			62		33,6		54,7		45,3		41	104,7			65	34							34	51,2	20,8
Gastoin 10	35,2	44	30,8		68,8		35								73,4			40		40			84		37	48,8	19,0
Gastoin 11		42	34,2				32,5			29,2	56,5	80,19	44,2			106,1		39	123,84				100		45	61,1	32,8
Gastoin 12			38,3			73,7				27		67,59	36,5		63	81,3		40	117,97		28,2	85		41	58,3	27,9	
Gastoin 13			33,9	36,8				52		35,8					48,1	49,7		36	106,16		35,2	95		44	52,1	25,0	
Gastoin 14			30,2	33				43		27,5		63,19			34	59,8	71		109,05		32,9	80	28,2		51,0	25,8	
Gastoin 15								56			65	49,59					70		81,57				45			61,2	13,6
Mittelw.	39,6	44,0	33,4	37,5	67,1	57,8	31,1	48,4	35,9	31,5	58,2	59,9	38,2	59,6	52,4	69,8	60,8	37,3	103,2	37,4	34,1	81,5	30,2	40,2	50,2		
Stdabw.	6,2	2,3	2,9	3,4	8,2	12,1	4,7	6,3	12,1	5,1	7,9	13,6	4,2	24,2	12,9	21,6	9,0	2,7	18,3	4,9	3,6	19,4	2,6	4,7		20,4	

Tab. 5 Spezifische Aktivität von Th - 232 [Bq.kg-1]

LABOR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Mittelw.	Stdabw.	
Gastein 1						25,2		24			25,7				15,3		21		41,17						25,4	8,6	
Gastein 2						23,3		25			22,2	22,69					20								22,6	1,8	
Gastein 3			24,3	29,5				30			23,6	31,48		30,3	18,2						28	26,7		20,5	26,3	4,5	
Gastein 4				24,9	23,1			22	29,2	24,8	24			23,6	19,1	20,2					28	19,9		19,7	23,2	3,2	
Gastein 5				26,7	25,6				30,1					33,4	20,3	25,6					34	26,9		19,8	26,9	5,0	
Gastein 6		23		26,4	25,3	28,7	21		28,8		18,1		21,7	26,6							31			19,2	24,5	4,2	
Gastein 7		24				28,3	19,1		27,7		29,2		20,7	27,4							25			21,3	24,7	3,7	
Gastein 8		30			30,6	35,5	23,3		35,3				27,7	36,5			29	30			32				31,0	4,0	
Gastein 9	26,1	28			31,1		24,1		36,9		34		27	34,6			30	28						34	30,3	4,1	
Gastein 10	24	26	24,9		27,4		24								24,8			26		29		44		34	28,4	6,2	
Gastein 11		27	29,9				26			27,4	31,2	36,11	25,2			32		28	102,58			37		35	36,4	21,2	
Gastein 12			34			32,1					31,2		37,04	27,4		26,4	30,8		31	63,46		29,1	20		32	32,9	10,5
Gastein 13			26,8	28,1				29		25,3					20,2	26,3		27	49,16		27,3	7,3		28	26,8	9,7	
Gastein 14			20,2	24,3				25		21,6		21,3			20,2	22,8	23		30,83		25,5	33	19,3		23,9	4,2	
Gastein 15								23			16,7	21,3					28		46,3			28			27,2	10,3	
Mittelw.	25,1	26,3	26,7	26,7	27,2	28,9	22,9	25,4	31,3	26,1	25,0	28,3	25,0	30,3	20,6	26,3	25,2	28,3	55,6	29,6	25,9	28,2	20,0	32,6	27,7		
Stdabw.	1,5	2,6	4,8	1,9	3,2	4,5	2,5	3,0	3,8	3,5	5,8	7,4	3,0	4,7	3,5	4,5	4,4	1,9	25,4	3,0	3,2	13,1	0,8	2,8		9,1	

Tab.: 6 Cs-137 Deposition, aktuelle Tiefenverteilung (Labormitteilung) [Bq.m-2]

LABOR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Mittelw.	Stdabw.
Soltd. 1		29000	41600		39100			40000	46800	40100	45200		42235					46000		48150					41819	5498
Soltd. 2	36231	27000	36000	41360	36000		37602	35000	41800		42300		37479	28790	44810			41000		42800	33840				37467	5085
Soltd. 3	33261	25000	34300	39921			35451	34000		40100	39300		35072	27380				39000	31816	41160				29400	34654	5002
Soltd. 4	29995	21000	30100				32334			40100	34200	28114	31330	24410	36130			34000	24561	35330					30893	5353
Soltd. 5	30851		31200	36326	31000	24190			37500	40100	36600	29727		25140	38320			36000	29778	37950				24500	32612	5337
Soltd. 6			35100	39802		26840				39100	32758		29045	42960		29400	40000	33508	42210	31430	34000	36710	30300	34878	5067	
Soltd. 7	33787			39418		26470	36351		40600		39200	34371		27730	41090	33138			32887	39780	32080	34000	35370	27700	34623	4665
Soltd. 8	33468			37855		26420	33453		39000			31712	36320		41160	32804	26600		31677	38890		33000	34800	29200	33757	4384
Soltd. 9				39289	33900		37207		39500			31553				33024	27700			41480	35190		36420	27400	34788	4638
Soltd. 10	30447		30600	35337	29900	24010	31566	29000		40100			31248		34880	29888	24400			37700	28300	30200	31350		31183	4233
Soltd. 11		26000	31800	35413	31000	24400	33717	31000	36800							30074	25600			37410		32000	32310	25000	30895	4291
Soltd. 12	30751	26000		35812	31300			31000		40100			33260	25750		30490	25200	35000		37290	32120		32120		31871	4342
Soltd. 13		20000			26400			27000						16710			22400								22502	4337
Mittelw.	32349	24857	33838	38053	32325	25388	34710	32429	40286	40100	39414	31373	35278	25619	39907	31570	25900	38714	30705	40013	32160	32640	34154	27643	33598	
Stdabw.	2177	3237	3823	2193	3918	1316	2266	4315	3342	0	3584	2208	3879	3972	3614	1570	2275	4152	3268	3429	2343	1596	2197	2217		5725

Tab.: 7 Cs-137 Deposition, angenommene Oberflächenverteilung (Labormittelung) [Bq.m-2]

LABOR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Mittelw.	Stdabw.
Salzb. 1		6300	6400		6860			6580	7910	5560	6730		6704					6800		6780					6662	583
Salzb. 2	5754	5800	5600	5961	6320		5115	5770	7050		6300		5949	5538	6308			6100		6025	4950				5903	512
Salzb. 3	5283	5300	5300	5754			4802	5620		5100	5850		5567	5266				5800	6120	5790				8700	5732	923
Salzb. 4	4764	4600	4700				4399			4610	5100	5362	4973	4696	5087			5000	4724	4970					4845	262
Salzb. 5	4900		4800	5236	5440	5382			6334	4520	5450	5667		4835	5395			5300	5728	5340				7300	5442	675
Salzb. 6			5400	5737		5972					5830	6248		5587	6048		8070	5900	6445	5940	4595	4800	5200	9000	6051	1140
Salzb. 7	5366			5682		5889	4952		6860		5840	6555		5335	5784	6843			6326	5600	4690	4900	5010	8200	5865	917
Salzb. 8	5315			5456		5879	4546		6590			6048	5765		5795	6417	7430		6093	5470		4800	4930	8680	5948	1055
Salzb. 9				5663	5940		4569		6670			6015				6460	7750			5840	5145		5160	8100	6119	1077
Salzb. 10	4836		4800	5093	5240	5342	4302	3800		4650			4960		4910	5847	6840			5310	4140	4300	4440		4926	729
Salzb. 11		5600	4900	5104	5440	5430	4537	4900	6220							5883	7160			5270		4600	4580	7430	5504	906
Salzb. 12	4884	5600		5162	5490			5030		4600			5279	4954		5965	7100	5300		5250	4695		4550		5276	657
Salzb. 13		4400		4630				4480						3214				6300							4605	1103
Mittelw.	5137,8	5371,4	5237,5	5484,8	5670	5649	4652,8	5168,6	6804,9	4840	5871,4	5982,5	5599,6	4928,1	5618,1	6235,8	7235,7	5742,9	5906	5632,1	4702,5	4680	4838,6	8201,4	5630	
Stdabw.	346	670	573	316	688	293	279	913	565	409	532	421	616	764	509	400	585	608	629	483	342	239	311	650		951

Tab.: 8 Spezifische Aktivität von K - 40 [Bq.kg-1]

LABOR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Mittelw.	Stdabw.	
Solub. 1		270	280		287			277	315	243,9	306		274					260		280					279	21	
Solub. 2	403,6	420	394	412	443		394	426	465		423		387	400	477			420		441	350				417	32	
Solub. 3	452,2	430	436	431			398,3	464		418	443		410	420				440	394	460				500	435	28	
Solub. 4	432,2	440	461				433,8			417,7	481	618,5	443	437	498			450	334	480					456	63	
Solub. 5	443		449	446	472	477,1			500	433,4	461	659,55		423	505			440	362	475					480	468	63
Solub. 6			420	411		434,6					442	567,67		390	484		450	410	373	441	311	360	394	460	425	55	
Solub. 7	317,5			334		352,8	291		390		315	498,76		316	369	354,9			292	323	293	270	313	340	336	54	
Solub. 8	329,9			369		400	342		424			510,25	379		437	398,3	410		325	394		300	341	420	385	54	
Solub. 9				375	319		342,6		427			539,78				412,5	420			400	347		341	420	395	61	
Solub. 10	395,8		412	419	439	434,1	398,5	392		412,3			383		398	419,2	450			420	355	350	385		404	28	
Solub. 11		470	397	397	420	418,1	363,3	406	451							399,3	444			400		350	366	400	406	34	
Solub. 12	341,3	400		348	366			360		314,5			350	328		385,3	370	350		390	315		315		352	28	
Solub. 13		410			419			400						386			440								411	20	
Mittelw.	389	406	406	394	396	419	370	389	425	373	410	566	375	388	453	395	426	396	347	409	334	326	351	431	399		
Stdabw.	53	64	56	37	65	41	45	59	59	77	70	63	53	44	53	23	29	69	37	60	24	39	32	54		65	

Tab.: 9 Spezifische Aktivität von Ra-226 [Bq.kg-1]

LABOR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Mittelw.	Stdabw.	
Satz. 1		32	32,7		30,4			31	36,7	35,5	35		28,1					38		34						33,3	3,1
Satz. 2	33,1	29	38,8	31,2	32,9		39,7	32	39,3		37,6		26,7	30,4	38,4			36		30	36,8					34,1	4,2
Satz. 3	48,3	30	30,5	30,5			25,5	35		33,6	34,9		38,1	33,4				38	77,62	32				48	38,2	13,0	
Satz. 4	43,5	31	35,6				31,6			36,1	32,3	36,99	53,6	33,3	34,8			37	67,7	33						39,0	10,5
Satz. 5	38,3		36,5	36,6	34,4	43,6			49,4	28,3	37	44,79		31,6	30,9			30	75,13	59				44	41,3	12,4	
Satz. 6			28,8	30,8		38,9					29,5	39,99		29,2	30,3		34	45	66,92	48	19,5	41	24,2	54	37,3	12,4	
Satz. 7	23,4			50,2		32,7	13,6		36,8		29,6	32,395		25,1	25,8	40,4			55,74	35	27,4	37	25,2	36	32,9	10,3	
Satz. 8	54			37,8		37,1	28,9		45,4			37,19	42,5		30,1	46,7	40		67,16	32		43	43,4	39	41,6	9,6	
Satz. 9				38,2	34,3		36,3		22,9			35,19				39,8	36			44	21,8		30,9	34	33,9	6,7	
Satz. 10	34,5		24,3	30	35,8	36,7	31,9	39		31,6			41,8		25,8	38,1	35			31	24	40	29,5		33,1	5,5	
Satz. 11		32	43,5	46,4	34,5	32,7	30,2	35	39,1							36,9	35			40		40	32,7	27	36,1	5,3	
Satz. 12	30,5	35		30,8	30,6			34		27,4			26,2	28,4		31	32	49		33	19,8		37,6		31,8	6,5	
Satz. 13		28			31,8			33						24,6			34									30,3	3,9
Mittelw.	38,2	31,0	33,8	36,3	33,1	37,0	29,7	34,1	38,5	32,1	33,7	37,8	36,7	29,5	30,9	38,8	35,1	39,0	68,4	37,6	24,9	40,2	31,9	40,3	36,0		
Stdabw.	10,0	2,3	7,1	7,2	2,0	4,1	7,8	2,6	8,3	3,6	3,3	4,3	10,3	3,4	4,6	5,1	2,5	6,2	7,7	8,7	6,5	2,2	6,8	9,1		9,3	

Tab.: 10 Spezifische Aktivität von Th - 232 [Bq.kg-1]

LABOR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Mittelw.	Stdabw.
Solzb. 1		23	25		23,3			25	25,5	21,6	24,6		18,9					24		28					23,9	2,4
Solzb. 2	25,9	35	26	31,3	28,4		26	30	35		33,3		21,3	33,7	28,9			29		31	19,2				28,9	4,7
Solzb. 3	27,6	31	28,3	34,9			26,6	31		25,6	31,7		21,7	33,6				30	69,07	34				36	32,9	11,1
Solzb. 4	28,8	33	29,6				28,1			31,5	35,2	41,21	24,6	38,3	33,5			32	66,63	36					35,3	10,4
Solzb. 5	27,8		28	33,8	32,5	34,1			40,3	28,2	36,4	35,19		32,5	31,4			33	75,35	33				33	35,6	11,5
Solzb. 6			26,6	32,9		33,8					29,5	33,34		34,7	29,6		32	28	63,32	29	17	23	27	33	31,5	10,0
Solzb. 7	22,7			28,3		30,4	19,8		28,4		24,8	37,039		33,6	22,1	26			75,21	25	23	14	21,6	27	28,7	13,6
Solzb. 8	27,9			33,2		35,2	24,9		39			28,71	20,2		31,6	31	32		93,15	31		24	26	32	34,0	17,0
Solzb. 9				29,9	26,6		24,1		30,9			25				26,7	28			28	23,5		26,8	30	27,2	2,4
Solzb. 10	27,6		23,3	33,1	29,5	30	28,3	32		29,6			19,9		26,8	30,9	26			30	28,4	27	27,4		28,1	3,2
Solzb. 11		30	26,3	31	28,4	36,8	26,6	32	31,9							32,4	26			31		25	25,6	31	29,6	3,4
Solzb. 12	24,3	33		29,4	27			25		22,8			19,7	29,3		28	27	29		27	25,3		24,8		26,5	3,3
Solzb. 13		28			27,6			29						35,9			30								30,1	3,4
Mittelw.	26,6	30,4	26,6	31,8	27,9	33,4	25,6	29,1	33,0	26,6	30,8	33,4	20,9	34,0	29,1	29,2	28,7	29,3	73,8	30,3	22,7	22,6	25,6	31,7	30,4	
Stdabw.	2,1	4,0	2,0	2,1	2,6	2,7	2,7	3,0	5,4	3,9	4,7	5,8	1,9	2,6	3,8	2,6	2,6	2,9	10,6	3,1	4,1	5,0	2,0	2,8		9,6

**Tabelle 11: Teilnehmerliste,
Ringvergleich "in-situ Gammasspektrometrie"
Salzburg, 26. - 30. September 1994**

KfKI Atomic Energy Research Institute
Health Physics Department
z.H. A. Andradi
P.O.Box 49
H-1525 Budapest

University of Ljubljana
J.Stefan Institute Ljubljana
Department of Low and Medium Energy Physics
z.H. R. Martinic
SL-61111 Ljubljana, Jamova 39
Slovenia

Paks Nuclear Power Station
Department of Radiation Protection
E. German
Paks
Hungary

National Institute of Public Health Centre of
Radiation Hygiene
z.H. D. Drabova
100 42 Prague
Czechoslovakia

Bohunice Nuclear Power Station
J. Kostial
Okružná 14
917 01 Trnava
Slov. Republik

Bayerisches Landesamt für Umweltschutz
z.H. Herrn H. Zeising
Rosenkavalierplatz 3
D-81925 München

Institut für Biophysik
z.H. Herrn H. Lettner
Hellbrunnerstraße 34
A-5020 Salzburg

Bundesamt für Strahlenschutz
z.H. Herrn I. Winkelmann
Waldowallee 117
D-10138 Berlin-Karlshorst

Sektion zur Überwachung
der Radioaktivität
z.H. Herrn Dr. Christoph Murith
Chemin du Musee 3
CH-Fribourg

NPP Dukovany
Dept. of Environmental Monitoring
P. Londyn
Pionyrska 490
672 01 Moravsky Krumlov
Czech Republik

Bundesanstalt für Lebensmitteluntersuchung
und Forschung
z.H. Herrn Dr. Viktor Karg
Berggasse 18
A-1090 Wien

Zentralstelle für Sicherheitstechnik
Strahlenschutz und Kernenergie der Gewerbeaufsicht des
Landes Nordrhein-Westfalen
Abteilung I/II
z.H. Herrn Fischer
Ulerbergstraße 127-131
D-40225 Düsseldorf

ISS - GSF Neuherberg
z.H. U. Hillmann

Österreichisches Forschungszentrum
Seibersdorf
z.H. Ing. E. Lovranich

Postfach 1129
D-85758 Oberschleißheim

A-2444 Seibersdorf / Austria

Tabelle 11: Teilnehmerliste (Fortsetzung)
Ringvergleich "in-situ Gammaskpektrometrie"
Salzburg, 26. - 30. September 1994

Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen
Dezernat 323.4
z.H. P. Neumann
Wallneyerstr. 6
D-45133 ESSEN

Hauptabt. f. Sicherheit von Kernanlagen
Sekt. Strahlenmeßtechnik
z.H. W. Baur

CH-5232 VILLIGEN - HSK

GRD - FA 36
AC - Laboratorium
z.H. D. Mayer

Bundesamt für Strahlenschutz
z.H. Ch. Brummer

CH - 3700 SPIEZ

Ingolstädter Landstr. 1
D- 85764 Oberschleißheim

Swedish Radiation Protection Institute
z H. H. Mellander

Kerntechnischer Hilfsdienst GmbH
z.H. R. Poleschensky

17116 Stockholm
Sweden

Am Schröcker Tor
D-76344 Eggenstein Leopoldshafen

Preussen Elektra AG
Kernkraftwerk Würgassen
z.H. B. Ziegler

Nuclear Power Plant Temelin
Enviromental Laboratory
z.H. M. Hruby
Boreckeho 25
37011 Ceske Budejovice
Czech Republic

Postfach 1361
D-37677 Beverungen

Landesumweltamt Brandenburg
Abt. Strahlenschutz
z.H. J. Beetz
Landesmeßstelle Neuendorf

Forschungszentrum Karlsruhe
Abt. HS/VS
z. H. M. Rietschl

Dorfstr. 16a
D - 15910 Neuendorf

Postfach 3640
D-76133 Karlsruhe

Tabelle 12: Mittelwerte über alle Meßpunkte, Standardabweichung der Mittelwerte der gemessenen Meßpunkte im jeweiligen Meßgebiet und Vertrauensgrenzen

	137Cs AV BG	137C OV BG	40K BG	226Ra BG	232Th BG	137Cs AV S	137Cs OV S	40K S	226Ra S	232Th S
Mittelwert	41805	16205	384,6	50,2	27,7	33598	5630	399	36,0	30,4
Stand. Abw.	7 %	8 %	7 %	13 %	14 %	6,5 %	10 %	12,5 %	10 %	11,5 %
Vertr. Grenze Unten	35850	13650	330	37	20	29200	4500	300	29	23
Vertr. Grenze Oben	47800	18800	438	63	36	38000	6800	500	43	37

AV...aktuelle Verteilung
OV...Oberflächenverteilung

BG...Badgastein
S.....Salzburg

Deposition [Bq.m⁻²]

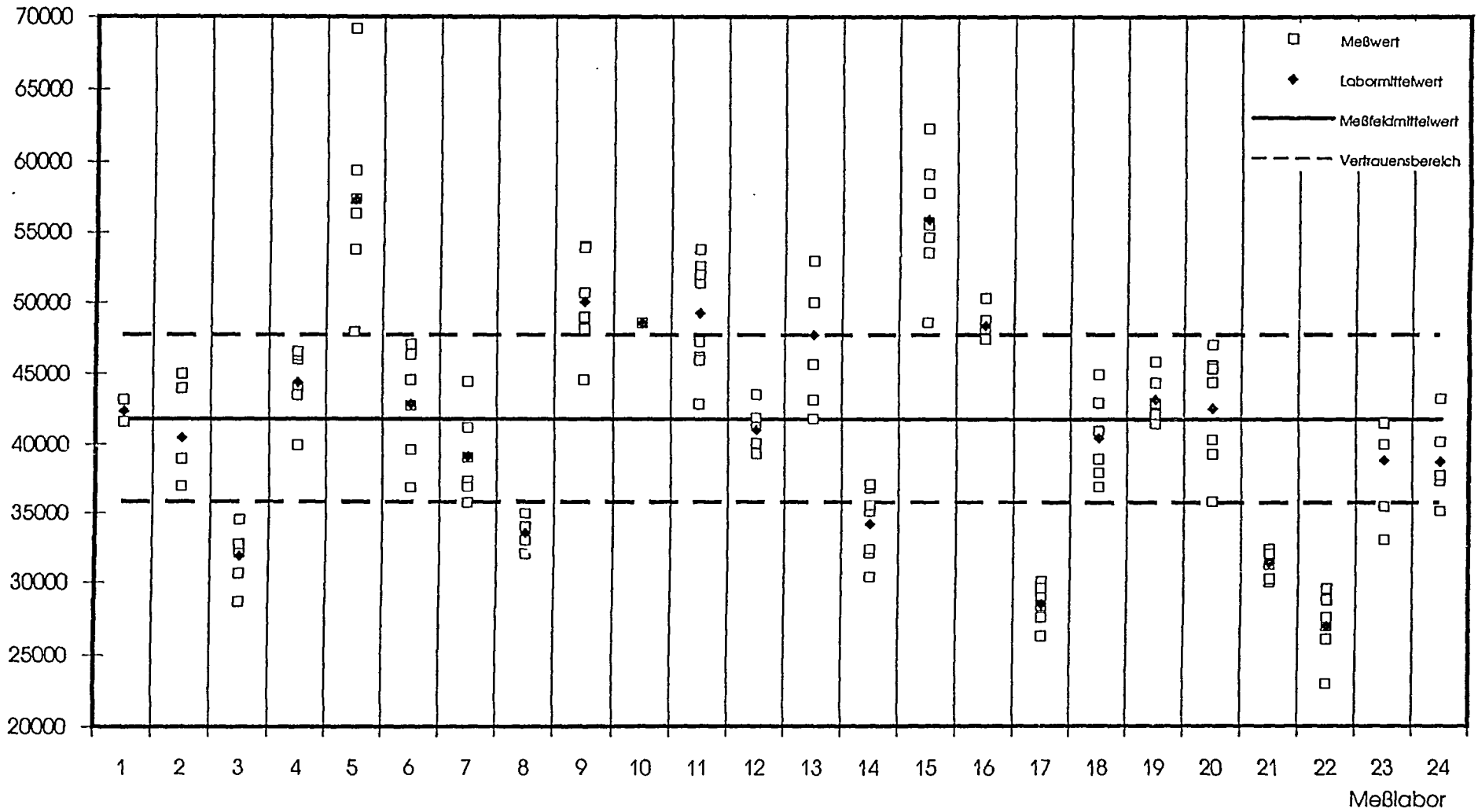


Abbildung 1: Cs-137 Deposition, aktuelle Tiefenverteilung **Badgastein**

Deposition [Bq.m-2]

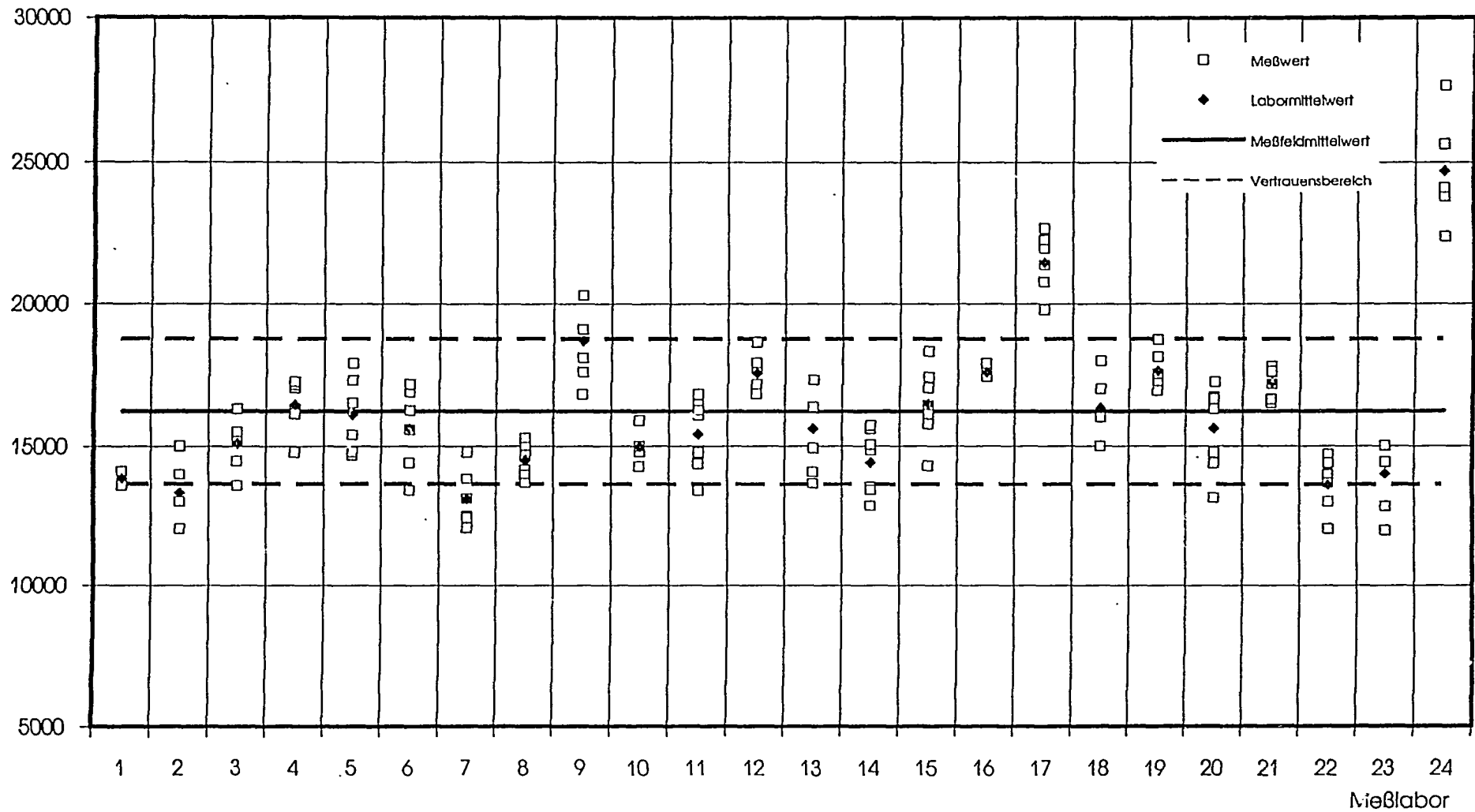


Abbildung 2: Cs-137 Deposition, angenommene Oberflächenverteilung **Badgastein**

Aktivitätsgehalt [Bq.kg⁻¹]

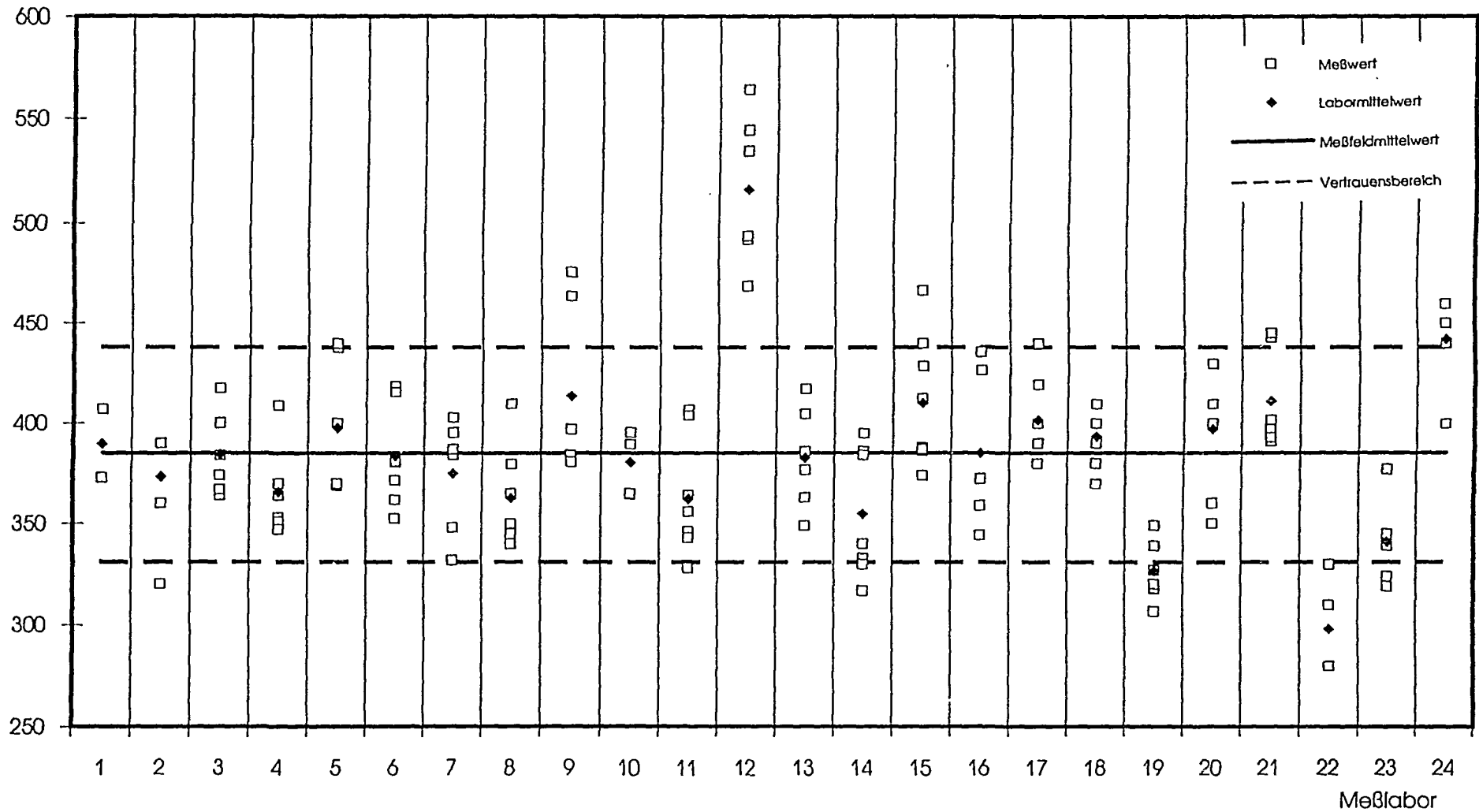


Abbildung 3: Spezifische Aktivität von **K-40** Badgastein

Aktivitätsgehalt [Bq.kg⁻¹]

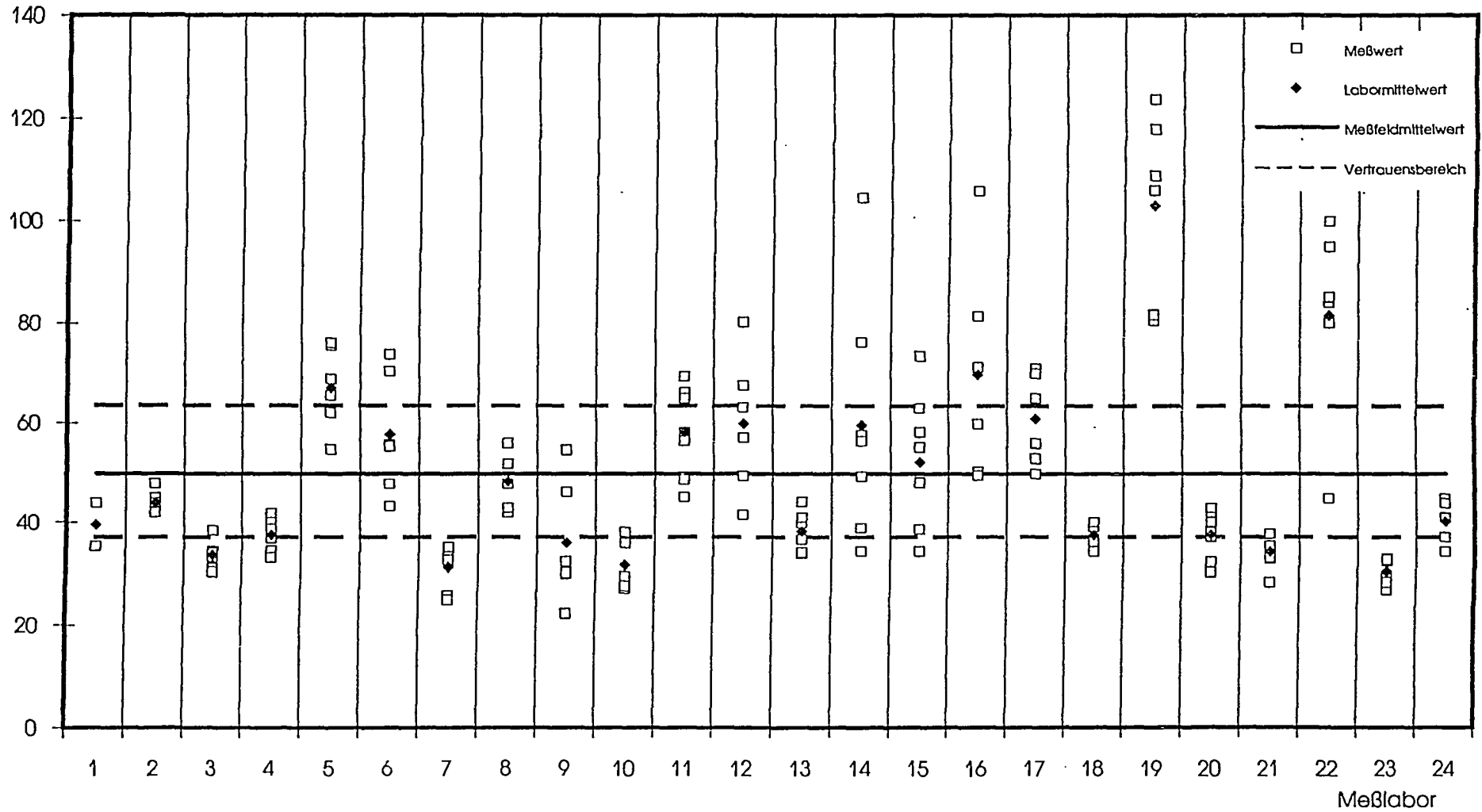


Abbildung 4: Spezifische Aktivität von Ra-226 Badgastein

Aktivitätsgehalt [Bq.kg⁻¹]

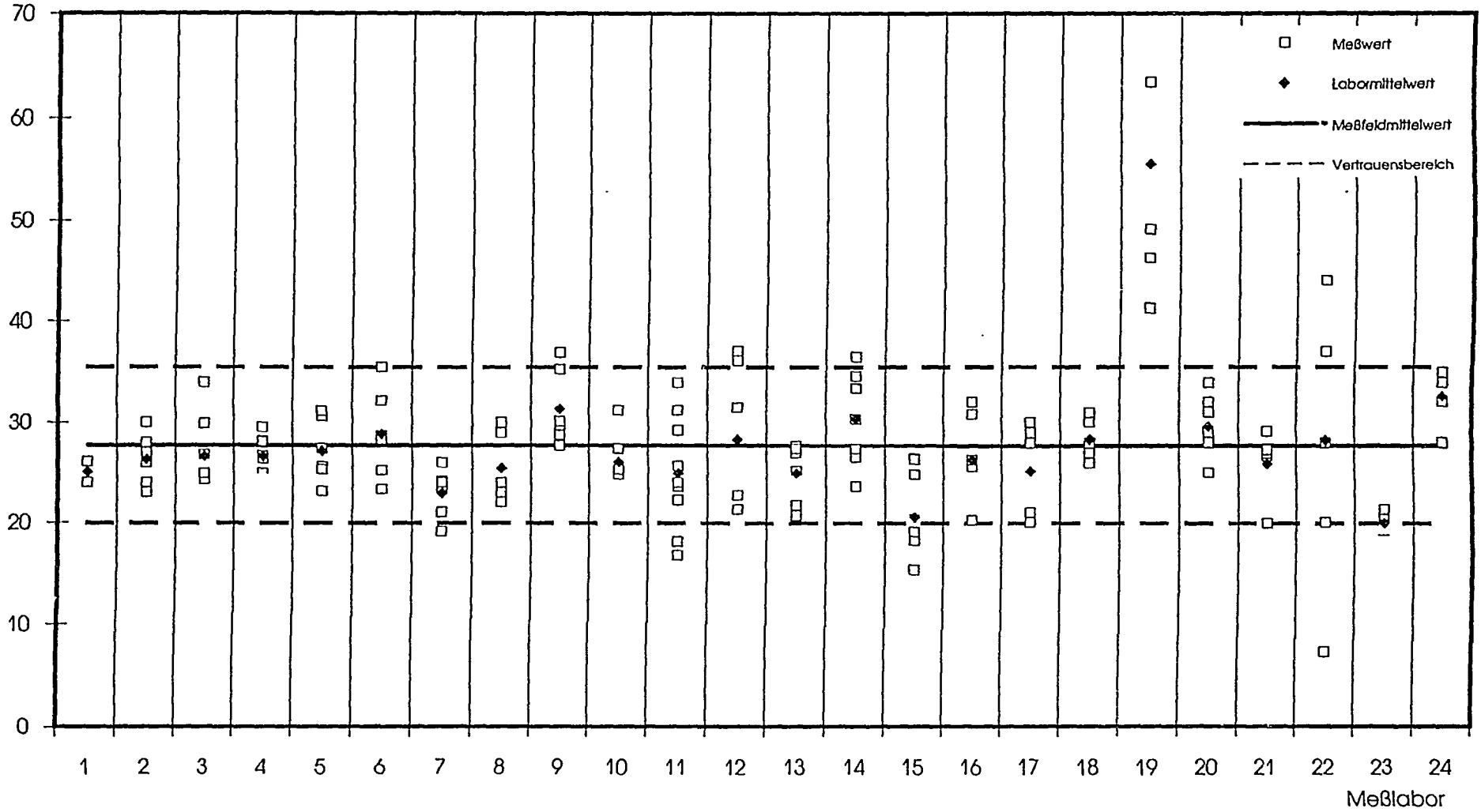


Abbildung 5: Spezifische Aktivität von Th-232 Badgastein

Deposition [Bq.m-2]

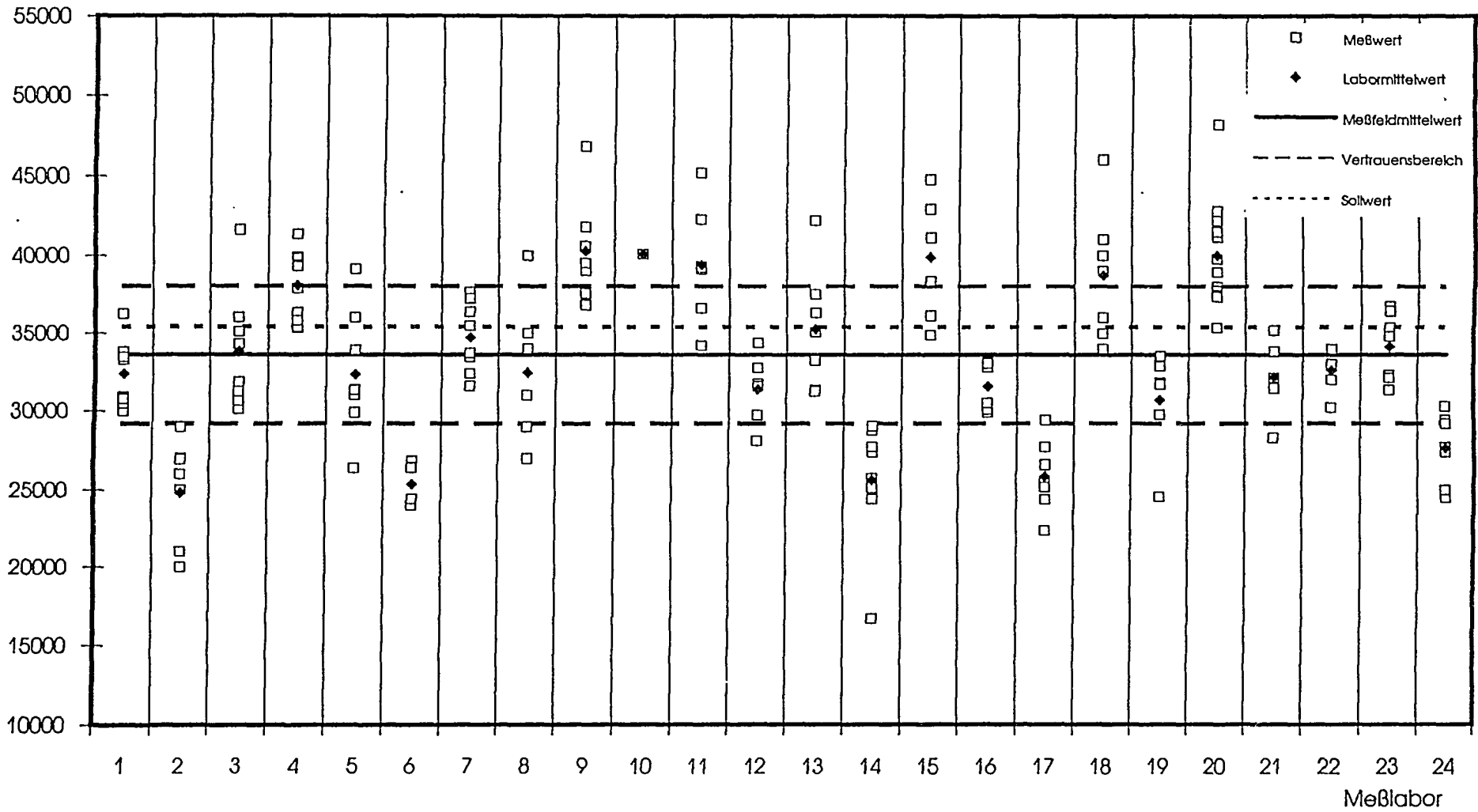


Abbildung 6: Cs-137 Deposition, aktuelle Tiefenverteilung Salzburg

Deposition [Bq.m-2]

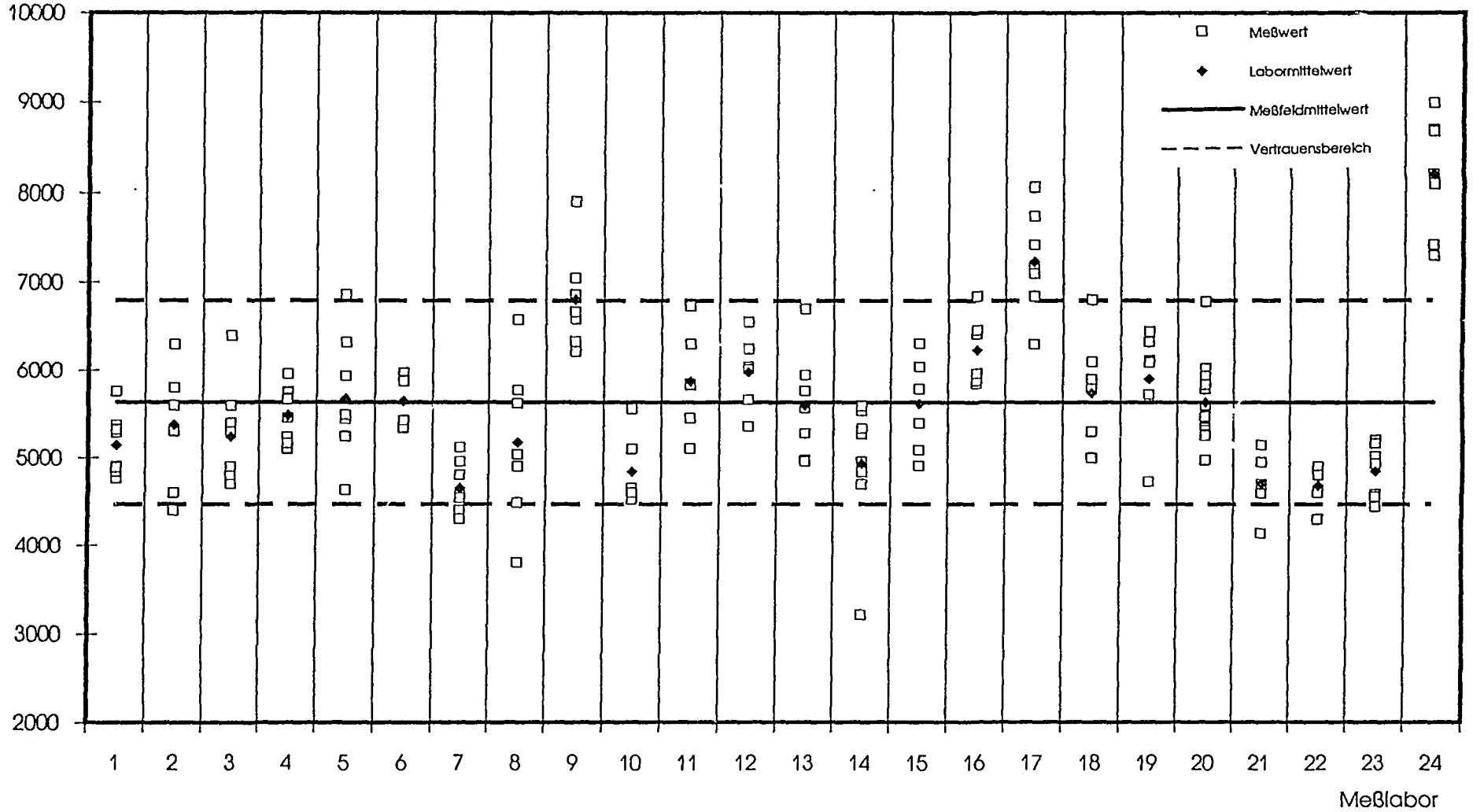


Abbildung 7: Cs-137 Deposition, angenommene Oberflächenverteilung Salzburg

Aktivitätsgehalt [Bq.kg-1]

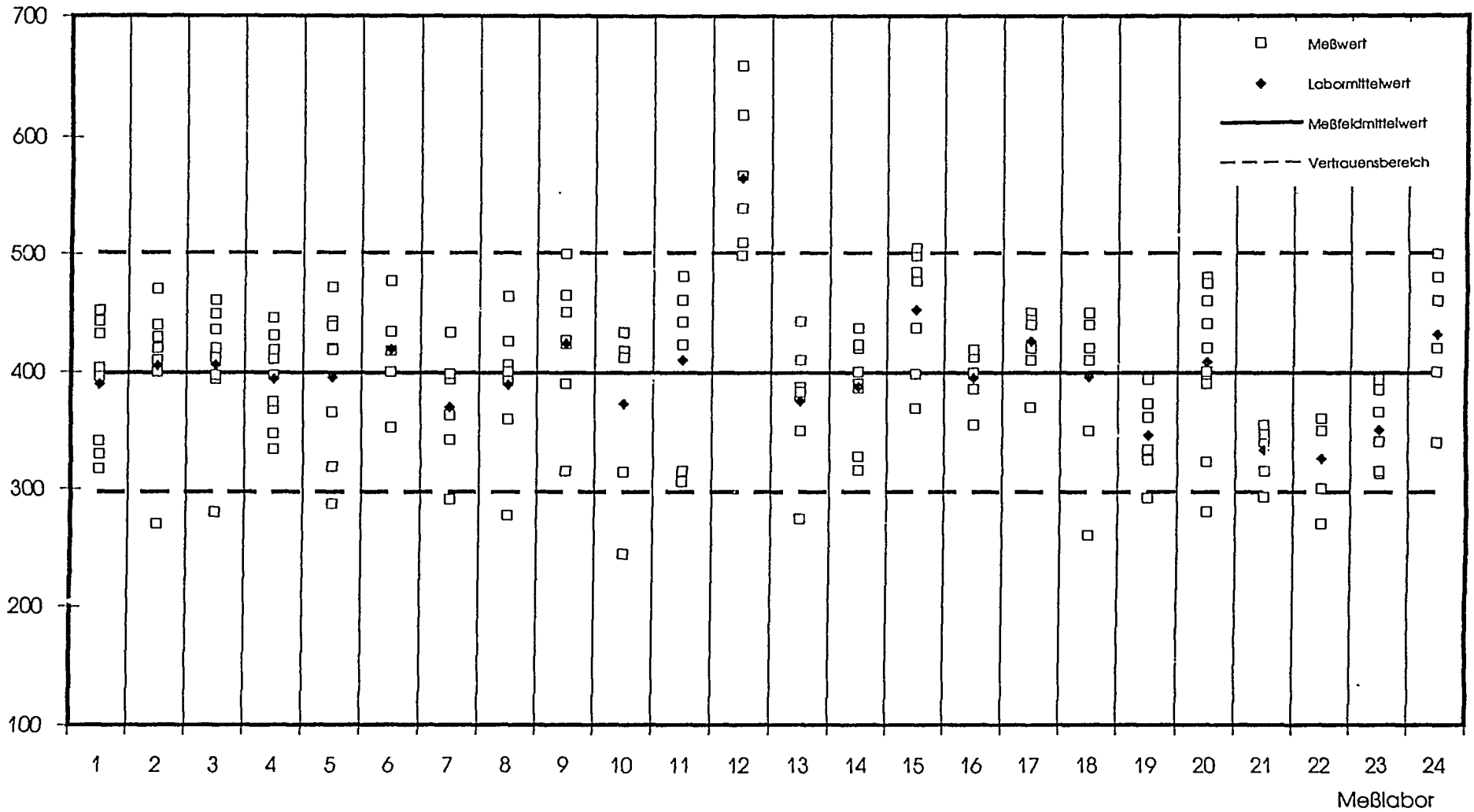


Abbildung 8: Spezifische Aktivität von K-40 Salzburg

Aktivitätsgehalt [Bq.kg-1]

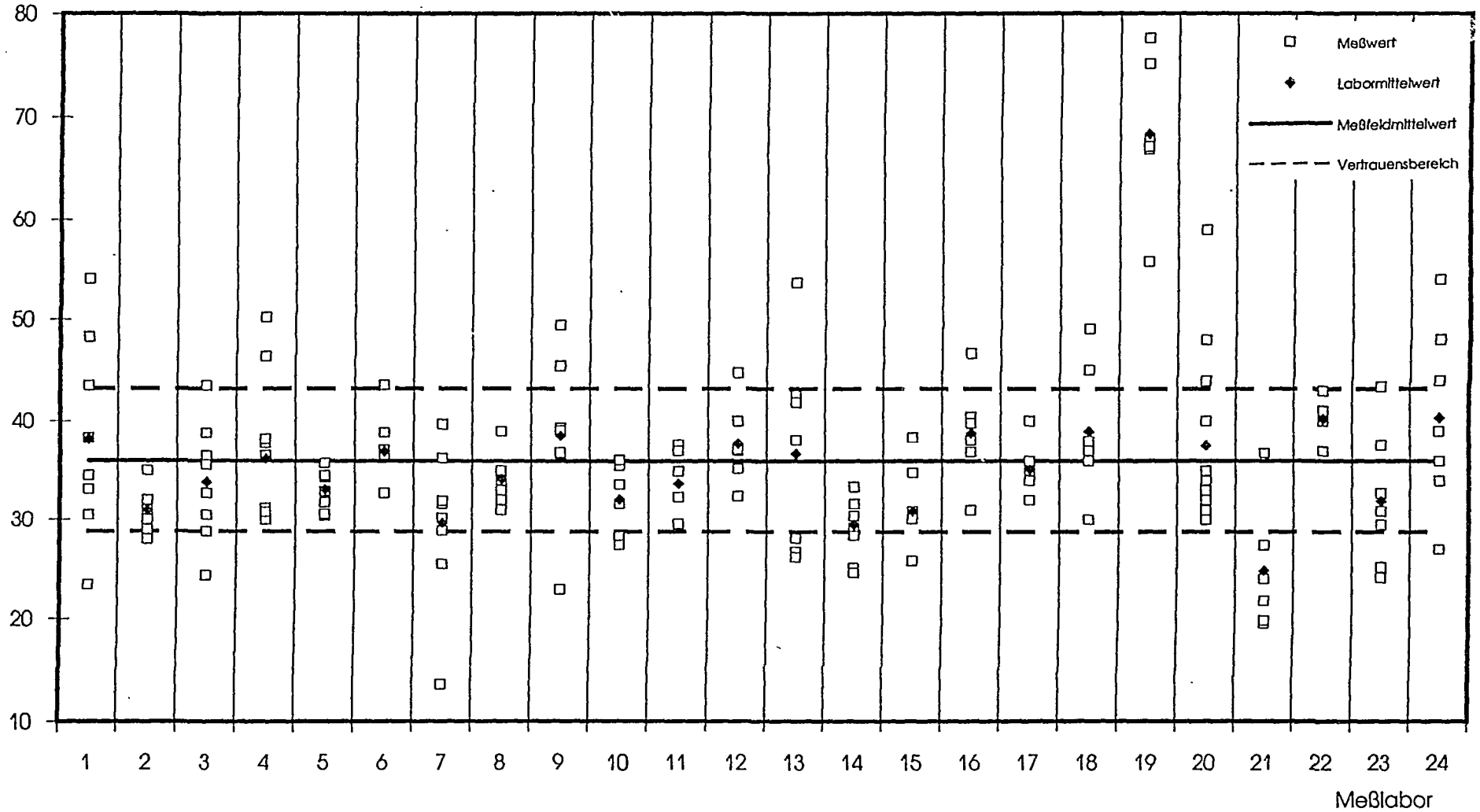


Abbildung 9: Spezifische Aktivität von Ra-226 Salzburg

Aktivitätsgehalt [Bq.kg⁻¹]

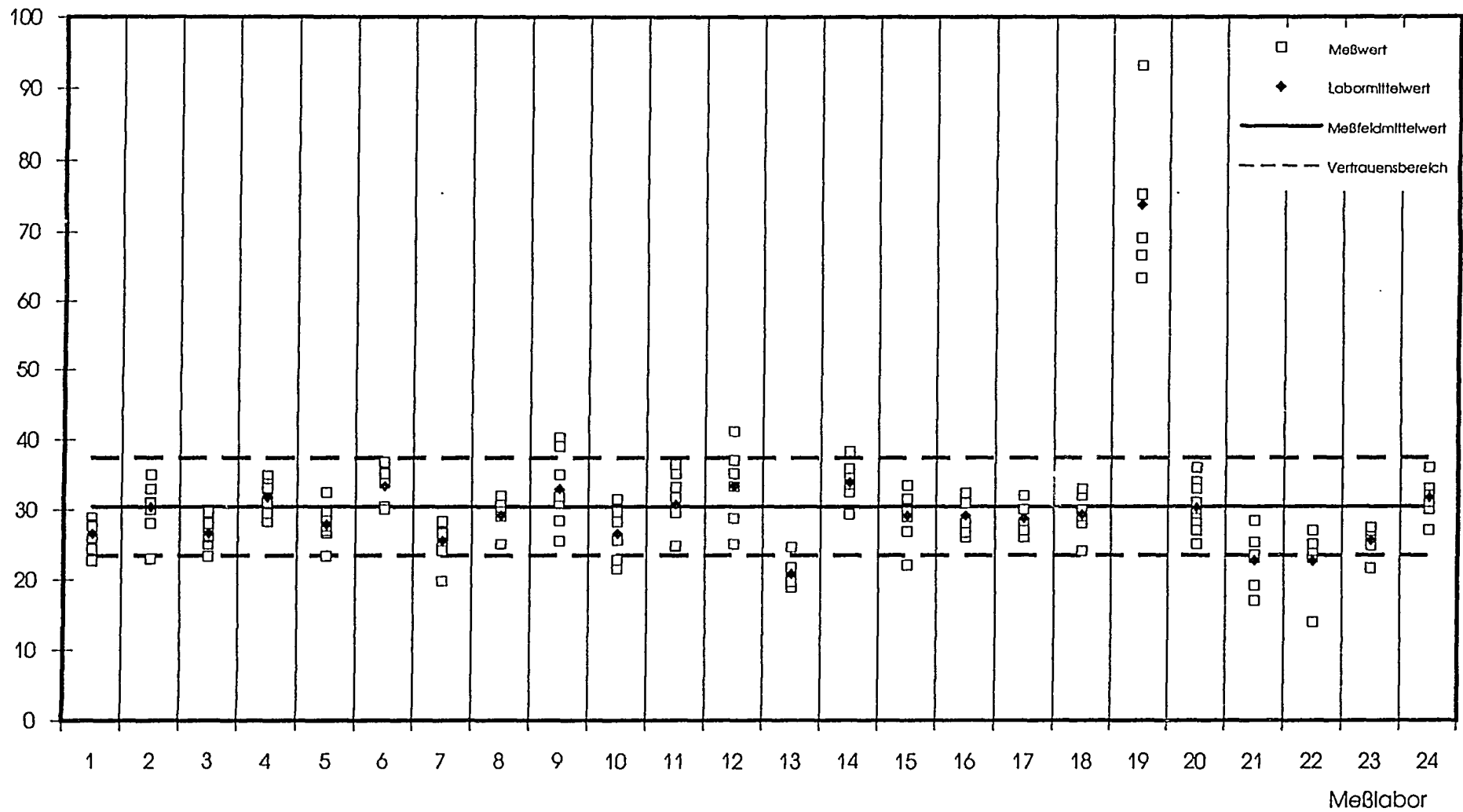
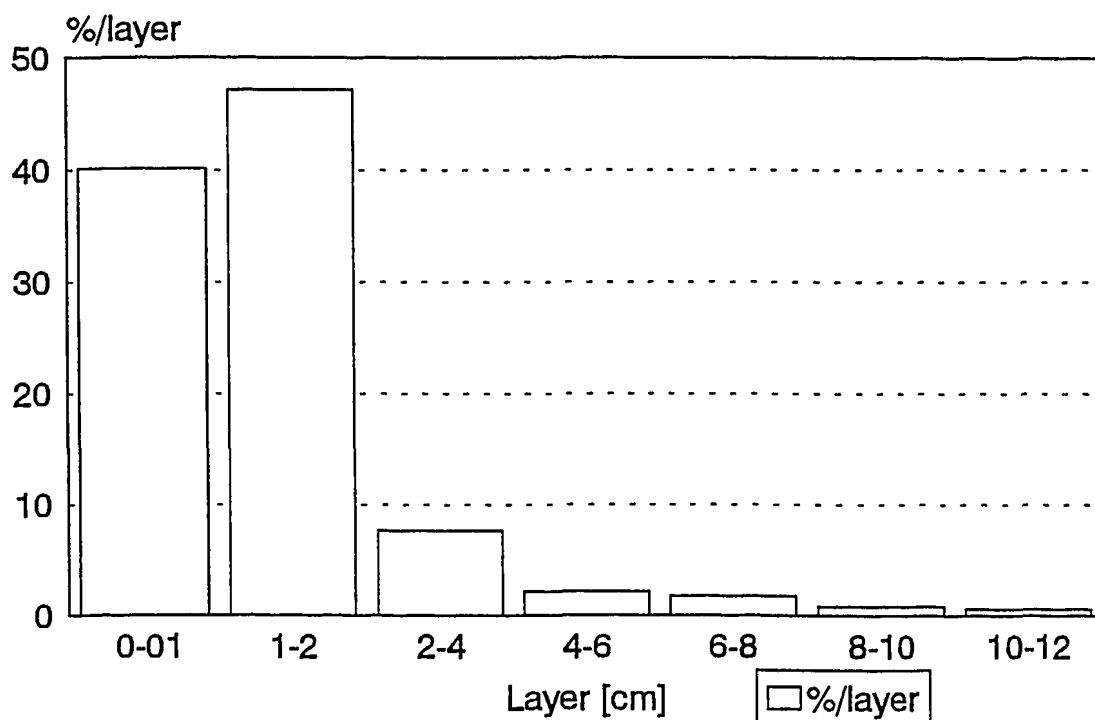


Abbildung 10: Spezifische Aktivität von **Th-232** Salzburg

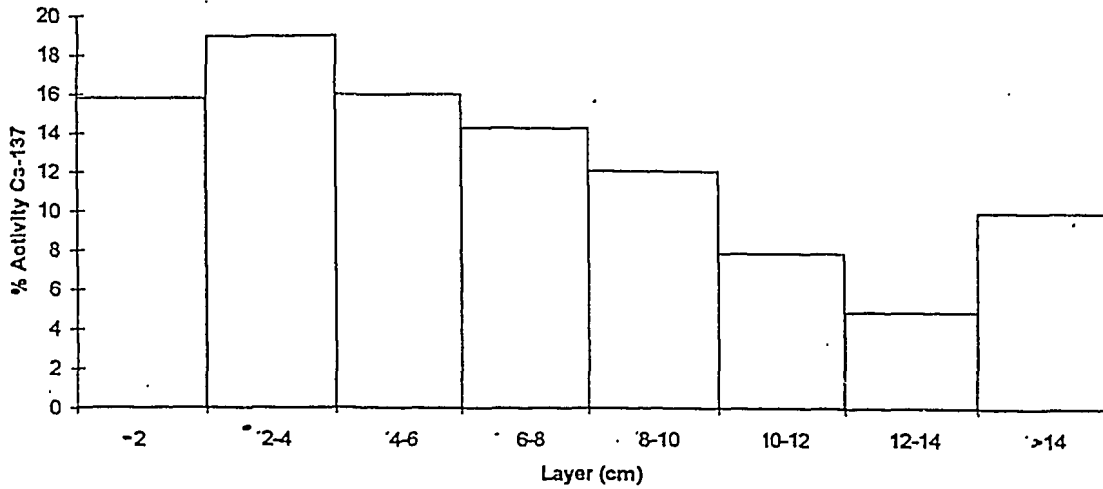
Soil Profile. Location Badgastein



Layer (cm)	Activity concentration (%/layer),
0 - 1	40,1
1 - 2	47,1
2 - 4	7,6
4 - 6	2,1
6 - 8	1,7
8 - 10	0,8
10 - 12	0,6

Abbildung 11: Tiefenverteilung der Cs-137 Aktivität in Badgastein

Soil Profile. Location: Salzburg



Layer (cm)	Activity concentration in % (n = 9; even distributed over total area of 10.000m ²)	Coefficient of variation CV=SD/AM in %
0-2	15,8	27
2-4	19,0	18
4-6	16,0	24
6-8	14,3	34
8-10	12,1	42
10-12	7,9	54
12-14	4,9	70
> 14	10,0	

Abbildung 12: Tiefenverteilung der Cs-137 Aktivität in Salzburg

Als Manuskript vervielfältigt.

Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor.

OEFZS-Berichte

ISSN 0253-5270

Herausgeber, Verleger, Redaktion, Hersteller:

Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf Ges.m.b.H.

A-2444 Seibersdorf, Austria

Telefon 02254-780-0, Fax 02254-74060, Telex 14-353



SEIBERSDORF