



Bundesamt
für Strahlenschutz



Bericht | Report

Eignungsprüfung Teepulver 2021 | Proficiency Test Tea Powder 2021

Abschlussbericht | Final report

BfS-38/22

Eva Kabai (BfS)
Florian Ober (MRI)
Gerhard Haase (MRI)

Impressum

Bundesamt für Strahlenschutz
Postfach 10 01 49
38201 Salzgitter

Tel.: +49 30 18333-0

Fax: +49 30 18333-1885

E-Mail: ePost@bfs.de

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

www.bfs.de

Bitte beziehen Sie sich beim Zitieren dieses Dokumentes immer auf folgende URN:
[urn:nbn:de:0221-2022020130823](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0221-2022020130823)

Dezember/2021

Max Rubner-Institut

Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel

Haid-und-Neu-Straße 9

76131 Karlsruhe

Tel.: +49 (0)721 6625 201

Fax: +49 (0)721 6625 111

E-Mail: praesident@mri.bund.de

www.mri.bund.de

Inhalt

Inhalt	3
Zusammenfassung	5
Summary	5
1 Einleitung und Aufgabenstellung Introduction and tasks	6
1.1 Planung und zeitlicher Ablauf der Eignungsprüfung Planning and timetable of the proficiency test	6
2 Durchführung Procedure	7
2.1 Herstellung des Probenmaterials für die Eignungsprüfung Preparation of the proficiency test samples	7
2.2 Homogenitätsprüfung Check for homogeneity.....	9
2.3 Bestimmung eines unabhängigen Referenzwertes.....	9
2.4 Die Teilnehmer Participants	9
3 Auswertung Evaluation	11
3.1 Auswertungsverfahren Evaluation method.....	11
3.2 Bestimmung des zugewiesenen Wertes (Sollwertes) Determination of the assigned value (target value)	11
3.3 Verteilungsdiagramme Distribution diagrams.....	12
3.4 Berechnung der Leistungskenngrößen	13
4 Diskussion der Ergebnisse Discussion of the results	14
4.1 Trockenmassegehalt (Feuchte) Dry matter content (humidity).....	14
4.2 Kalium-40 Potassium-40	15
4.3 Cobalt-60 Cobalt-60	15
4.4 Barium-133 Barium-133	15
4.5 Cäsium-134 Cesium-134.....	15
4.6 Cäsium-137 Cesium-137	15
4.7 Blei-210 Lead-210	16
4.8 Strontium-89 Strontium-89	16

4.9	Strontium-90 Strontium-90	16
5	Ergebnisse der Teilnehmer Results of the participants.....	16
6	Literaturverzeichnis List of references.....	19
7	Anlagen Attachments	20
8	Abbildungsverzeichnis List of figures.....	48
9	Tabellenverzeichnis List of tables	49

Zusammenfassung

Die Leitstellen zur Überwachung der Umweltradioaktivität haben im Rahmen der Aufgaben nach § 161 Absatz 1 Nummer 2 des Strahlenschutzgesetzes (StrlSchG) unter anderem als qualitätssichernde Maßnahme Vergleichsanalysen durchzuführen. Im Jahr 2021 organisierte die Leitstelle für Arzneimittel, deren Ausgangsstoffe sowie Bedarfsgegenstände (Leitstelle I) am Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) in Neuherberg zusammen mit der Leitstelle für Boden, Bewuchs, Futtermittel und Nahrungsmittel pflanzlicher und tierischer Herkunft (Leitstelle E + F) am Max Rubner-Institut (MRI) in Kiel einen Ringversuch für die Bestimmung von Gamma- und Beta-Strahlern in Teepulver.

Als Ausgangsmaterial wurde ein für die Leitstelle I typisches Material, welches für Teezubereitungen verwendet wird, ausgewählt. Zu bestimmen waren unter anderem die spezifischen Aktivitäten von K-40, Co-60, Ba-133, Cs-134 und Cs-137 als Gamma-Strahler sowie Sr-89 und Sr-90 als reine Beta-Strahler. Die Ergebnisse waren in Bq/kg Trockenmasse anzugeben. Die Methode zur Bestimmung des Trockenmassegehalts wurde den Teilnehmern vorgegeben.

Die Auswertung der Eignungsprüfung wurde in Anlehnung an die Vorgaben der DIN EN ISO/IEC 17043:2010, die wiederum auf die Ausführungen der DIN ISO 13528 verweist, durchgeführt.

An der Eignungsprüfung haben 71 nationale und internationale Labore, Behörden, Messstellen, Institutionen und Firmen teilgenommen.

Die Ergebnisse sind in diesem Bericht anonymisiert zusammengefasst. Alle Teilnehmer haben einen individuellen Bericht über ihre erreichten Leistungen erhalten. Als erste Eignungsprüfung für dieses Umweltmedium (grüner Tee in Pulverform) können die Ergebnisse als gut betrachtet werden.

Summary

Among other tasks, the Coordinating Offices for the monitoring of environmental radioactivity have to carry out proficiency tests as part of the tasks according to section 161 paragraph 1 number 2 of the German Radiation Protection Act (StrlSchG), as a quality assurance measure. In 2021 the Federal Coordinating Office for medicinal products, their raw products and commodities (Coordinating Office I) at the Federal Office for Radiation Protection (BfS) in Neuherberg together with the Federal Coordinating Office for soil, vegetation, animal feed and food of vegetable or animal origin (Coordinating Office E + F) at the Max Rubner-Institute (MRI) in Kiel carried out a proficiency test for the determination of gamma and beta emitters in tea powder.

A matrix typical of Coordinating Office I and used for tea preparation was selected as starting material. Among other nuclides, the specific activities of the following isotopes had to be determined: K-40, Co-60, Ba-133, Cs-134 and Cs-137 as gamma emitters as well as Sr-89 and Sr-90 as pure beta emitters. The results should be given in Bq/kg dry matter. The method for determining the dry matter content was given to the participants.

The evaluation procedure of the proficiency test was set up based on the specifications of DIN EN ISO / IEC 17043: 2010, which in turn refers to the statements of DIN ISO 13528.

In total 71 national and international laboratories, authorities, state measuring laboratories, institutions and companies took part in the proficiency test.

The results are summarized in this report. All participants received an individual report on their achieved performance. As a first proficiency test for this environmental medium (green tea in powder form), the results can be considered good.

The report text is written only in German, the titles are translated also in English. Depending on the participants' country, the individual reports are issued in German or in English.

1 Einleitung und Aufgabenstellung | Introduction and tasks

Die Leitstellen zur Überwachung der Umweltradioaktivität haben im Rahmen der Aufgaben nach § 161 Absatz 1 Nummer 2 des Strahlenschutzgesetzes (StrlSchG) [1] sowie nach § 103 Absatz 3 der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) [2] und gemäß AVV IMIS [3] unter anderem als qualitätssichernde Maßnahme Vergleichsanalysen durchzuführen.

Im Jahr 2021 organisierte die Leitstelle für Arzneimittel, deren Ausgangsstoffe sowie Bedarfsgegenstände (Leitstelle I) am Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) in Neuherberg zusammen mit der Leitstelle für Boden, Bewuchs, Futtermittel und Nahrungsmittel pflanzlicher und tierischer Herkunft (Leitstelle E + F) am Max Rubner-Institut (MRI) in Kiel einen Ringversuch für die Bestimmung von Gamma- und Beta-Strahlern in Teepulver. Als Ausgangsmaterial wurde ein für die Leitstelle I typisches Material, welches für Teezubereitungen verwendet wird, ausgewählt.

Zu bestimmen waren die spezifischen Aktivitäten folgender Isotope: K-40, Co-60, Ba-133, Cs-134 und Cs-137 als Gamma-Strahler sowie Sr-89 und Sr-90 als reine Beta-Strahler. Es wurde den Teilnehmern überlassen, welche anderen Isotope sie ggf. zusätzlich berichten möchten. Über die o. g. Isotope hinaus wurde ebenfalls eine Auswertung für das Isotop Pb-210 durchgeführt.

Die Teilnehmer sollten die Ergebnisse von zwei unabhängigen Bestimmungen in Bq/kg TM (Trockenmasse) mit der relativen Gesamtunsicherheit angeben. Die relative Gesamtunsicherheit sollte in Prozent (%) als relative Unsicherheit mit dem Erweiterungsfaktor $k = 1$ angegeben werden. Die Trocknungsmethode für die Ringversuchsprobe wurde vorgegeben.

Darüber hinaus wurden zu Informationszwecken sowohl die erreichten Nachweisgrenzen für die Isotope Co-60, Sr-89 und Sr-90 als auch die verwendeten Analyse- und Messmethoden abgefragt. Dabei sollten $k_{1-\alpha} = 3,0$ und $k_{1-\beta} = 1,645$ in Ansatz gebracht werden.

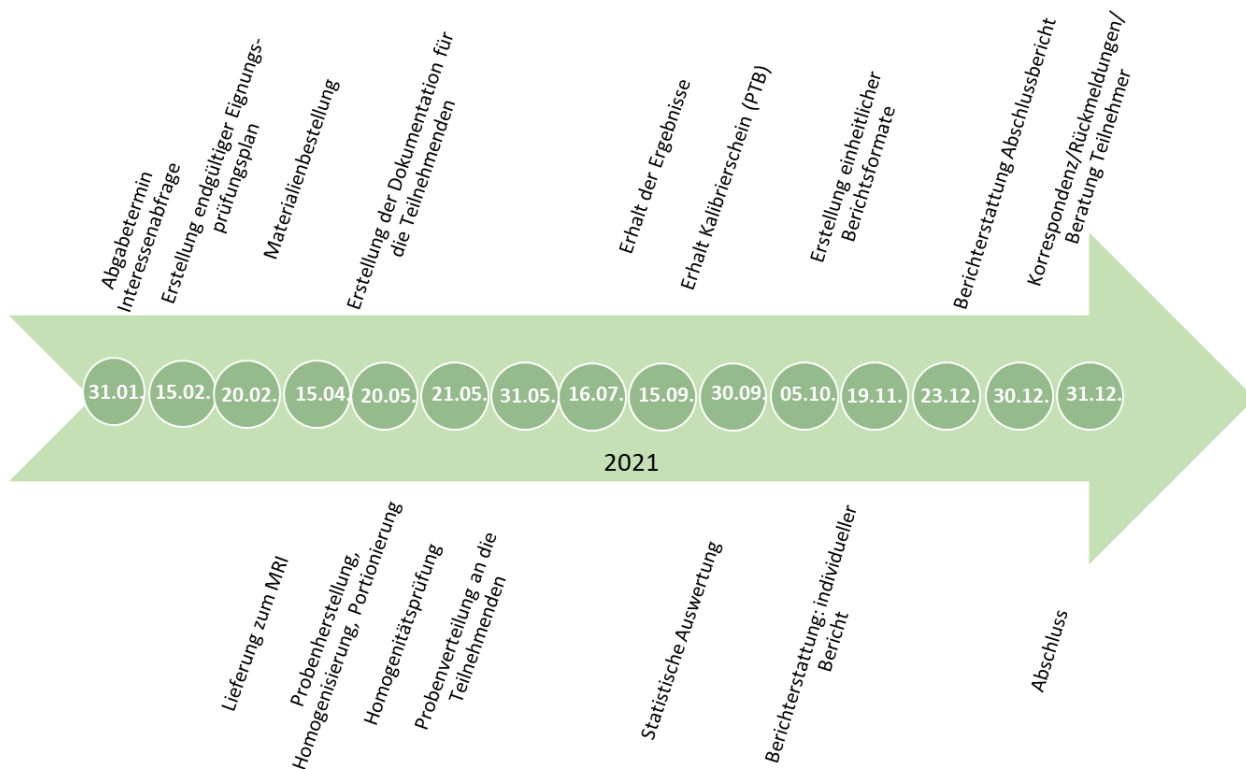
Zur Durchführung der Eignungsprüfung wurden den Teilnehmern von der Leitstelle E + F je nach angemeldetem Bedarf unterschiedliche Mengen des vorbereiteten Ringversuchsmaterials zugeschickt. Die Herstellung des Probenmaterials ist in Abschnitt 2.1 beschrieben.

Das gewählte Auswerteverfahren wird in Abschnitt 3 beschrieben.

Die Ergebnisse der Ringversuchsteilnehmer sind in Abschnitt 5 zusammengefasst und bewertet.

1.1 Planung und zeitlicher Ablauf der Eignungsprüfung | Planning and timetable of the proficiency test

Die Gesamtdauer der Eignungsprüfung lag bei annähernd einem Jahr. Davon waren für die Rückmeldungen der Teilnehmer ca. sechs Wochen vorgesehen. *Abbildung 1* gibt den detaillierten zeitlichen Ablauf des Ringversuchs wieder.



1 Zeitlicher Ablauf der Eignungsprüfung Teepulver 2021

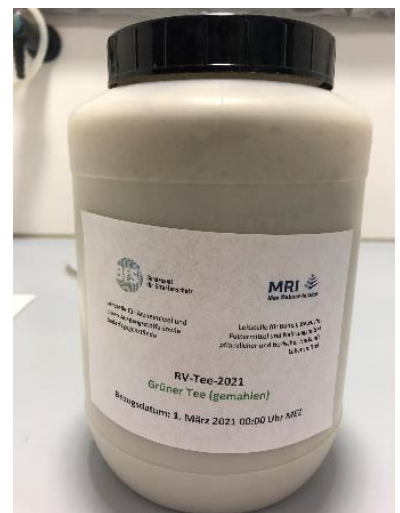
2 Durchführung | Procedure

2.1 Herstellung des Probenmaterials für die Eignungsprüfung | Preparation of the proficiency test samples

Als Ausgangsmaterial für die Herstellung des Probenmaterials wurde aus einer Charge grünem Tee (*Camellia sinensis L.*) in Pulverform aus China ca. 1 kg entnommen und in einer Schale gleichmäßig ausgebreitet. Mit Hilfe einer Mehrkanalpipette wurde die zuvor hergestellte Radionuklidmischung aus Co-60, Sr-89, Sr-90, Ba-133, Cs-134 und Cs-137 als Lösung tropfenweise aufgebracht. Die Radionuklidmischung wurde aus zertifizierten Aktivitätsnormalen der Einzelnuklidlösungen der Physikalisch Technischen Bundesanstalt (PTB) gemischt. Die Schale mit dem Pulver wurde luftgetrocknet und am nächsten Tag in einem geeigneten Behälter zusammen mit Mahlkugeln in einem Taumler homogenisiert. Anschließend wurde das mit der Radionuklidmischung versetzte Pulver zu dem verbliebenen Teepulver hinzugefügt und in einem großen Mischer so lange gemischt bis die Homogenität der Probe erreicht wurde (siehe Abschnitt 2.2).

Danach wurden die Proben in die dafür vorgesehenen Polyethylen-Behälter portioniert, gekennzeichnet und im Anschluss verpackt und versandt.

In *Abbildung 2* sind die einzelnen Schritte der Probenvorbereitung dokumentiert.



2 Probenvorbereitung für die Eignungsprüfung Teepulver 2021

2.2 Homogenitätsprüfung | Check for homogeneity

Die Teilproben für die Homogenitätsprüfung wurden gammaspektrometrisch untersucht. Dabei wurden zwei zufällig entnommene Teilproben nacheinander auf einem Detektor mit gleichen Randbedingungen gemessen und die spezifische Aktivität der Nuklide K-40 und Cs-137 bestimmt. Es wurden keine weiteren Korrekturen (Selbstabsorption etc.) in Ansatz gebracht. Die angegebenen Unsicherheiten berücksichtigen daher auch nur die Zählstatistik. Die Ergebnisse sind daher nicht als vollständig anzusehen und dienen lediglich zur Prüfung der Homogenität.

Die Ergebnisse der Homogenitätstests sind in der **Tabelle 1** zusammengefasst.

Tabelle 1 Ergebnisse der Homogenitätsmessungen

Nuklid	1. Probe [Bq/kg TM]	2. Probe [Bq/kg TM]
K-40	622,8 ± 15	626,9 ± 16
Cs-137	24,4 ± 0,3	24,3 ± 0,4

2.3 Bestimmung eines unabhängigen Referenzwertes

Für die Bestimmung eines unabhängigen Referenzwertes x_{ref} wurden zwei Probenbehälter mit Ringversuchsmaterial der Physikalisch Technischen Bundesanstalt (PTB) zur Analyse zugeschickt. Es wurden Referenzwerte für die Gamma-Strahler und für die Feuchte (bzw. Trockenmassegehalt) bestimmt.

Der angegebene Co-60 Referenzwert der PTB beruht allein auf der Auswertung der 1332,49 keV γ -Linie (siehe Abschnitt 3.2 für weitere Details).

Die Bestimmung der Referenzwerte für Sr-89 und Sr-90 war technisch nicht möglich. Dementsprechend konnte für die beiden Beta-Strahler kein Vergleich mit einem Referenzwert gemäß Abschnitt 7.8 der DIN ISO 13528 erfolgen.

Die **Tabelle 2** fasst die unabhängigen Referenzwerte der PTB zusammen. Der Kalibrierschein ist in der Anlage 1 beigefügt.

Tabelle 2 Referenzwerte der PTB für das Ringversuchsmaterial grüner Tee (gemahlen)

Nuklid	x_{ref} [Bq/kg TM] k = 1
<i>Referenzdatum 2021-03-01 00:00 Uhr MEZ</i>	
K-40	591 ± 10
Co-60	2,26 ± 0,04
Ba-133	11,2 ± 0,2
Cs-134	70,8 ± 1,3
Cs-137	22,8 ± 0,4
Pb-210	100 ± 4
Trockenmassegehalt	94,9 % (mit 1 % Standardabweichung)

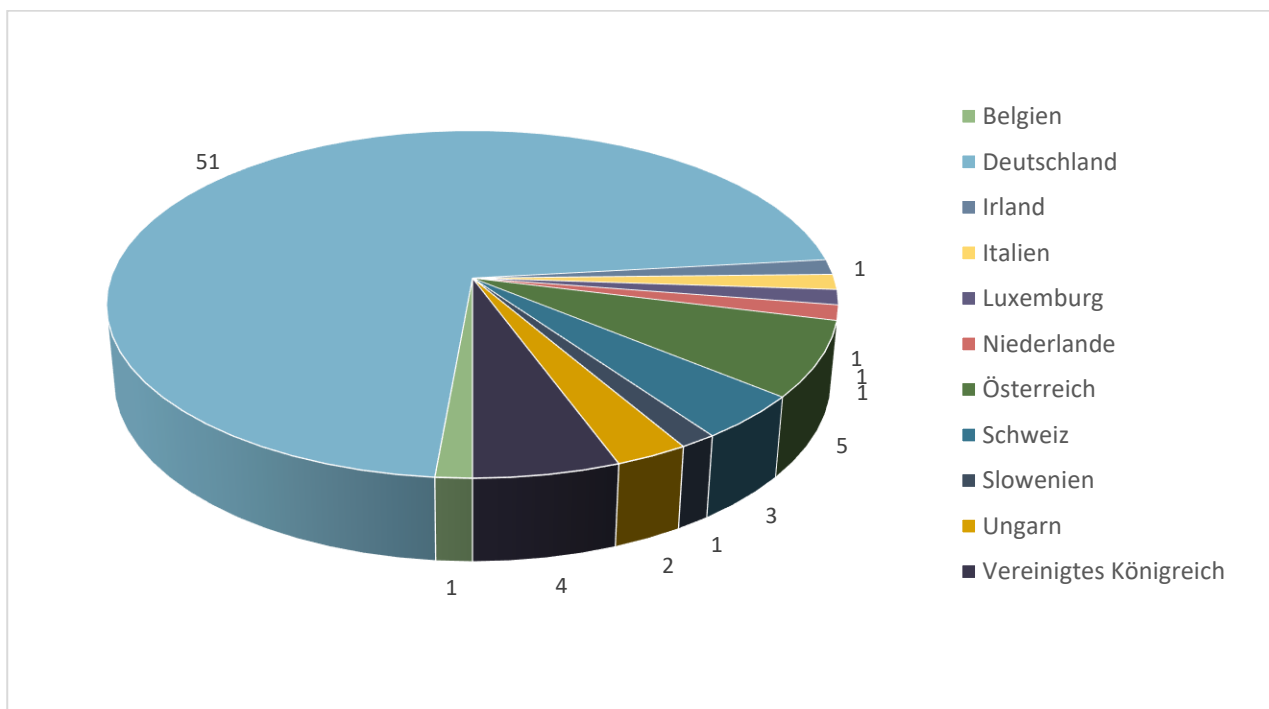
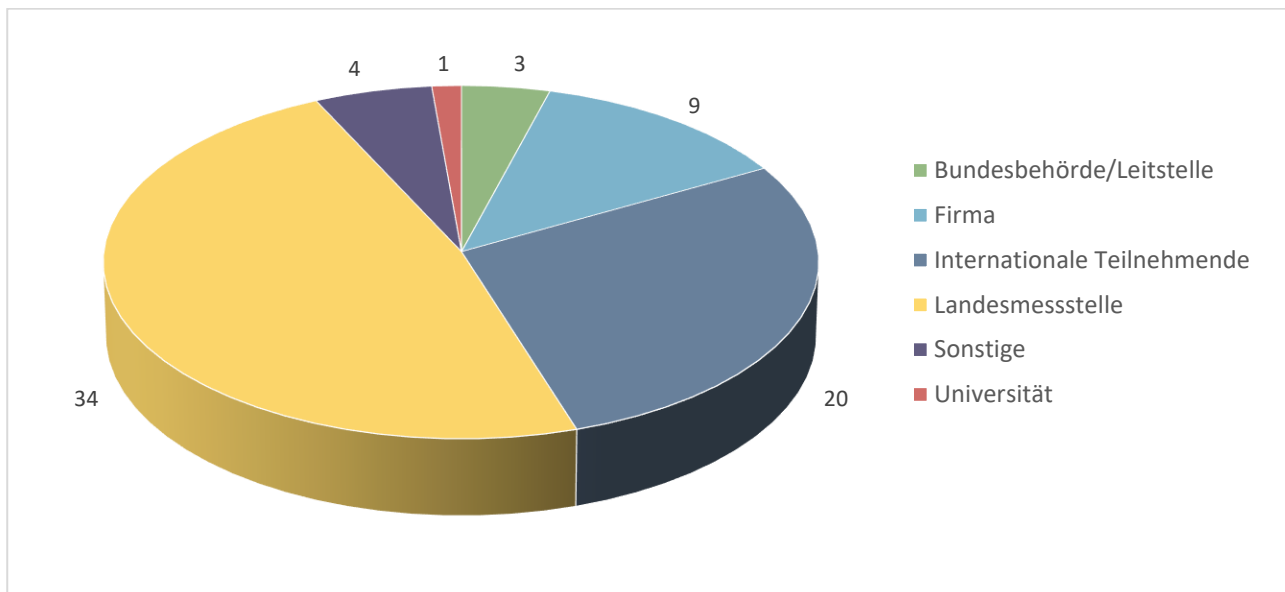
2.4 Die Teilnehmer | Participants

An der Eignungsprüfung Teepulver 2021 haben 73 nationale und internationale Einrichtungen Interesse geäußert. Entsprechend wurde die Gesamtzahl der benötigten Proben für den Homogenitätstest, für die

Bestimmung des Referenzwertes und für die Teilnehmer festgelegt. Rückmeldungen wurden von 71 Teilnehmern erhalten. Dies entspricht einer Quote von ca. 97 %.

Die Liste der Teilnehmer ist in der Anlage 2, alphabetisch nach dem Ort geordnet, zusammengestellt. Alle Teilnehmer haben eine individuelle Labornummer (Laborcode) bekommen, mit der die eigenen Ergebnisse identifiziert werden können. Die Labornummer ist auf dem individuellen Ringversuchsbericht vermerkt.

Im Hinblick auf die Art der teilnehmenden Einrichtungen haben sich sowohl Landesmessstellen und Leitstellen als auch Firmen, internationale Teilnehmer und Universitäten angemeldet. Bezüglich der Verteilung nach Staaten kann erfreulicherweise bemerkt werden, dass neben Deutschland auch viele internationale Einrichtungen teilgenommen haben. Einen Überblick erhält man aus den *Abbildungen 3a* und *3b*, in welchen die Art der Einrichtungen bzw. die teilnehmenden Staaten dargestellt sind.



3a Art und Anzahl der teilnehmenden Einrichtungen (oben) bzw. 3b Anzahl und Land der angemeldeten Eignungsprüfungsteilnehmer (unten)

3 Auswertung | Evaluation

3.1 Auswertungsverfahren | Evaluation method

Gemäß Aufgabenstellung war jedes teilnehmende Laboratorium dazu aufgefordert, jeweils zwei **unabhängige** Messungen zur Aktivitätsbestimmung der jeweiligen Isotope vorzunehmen. Diese Vorgabe wurde nicht immer umgesetzt. Manche Labore haben weniger und manche mehr Ergebnisse eingereicht. Für die Gamma-Strahler sind daher jeweils mehr als 135 Messergebnisse (22 im Fall von Pb-210) und mehr als 60 Messergebnisse für die Beta-Strahler in die Auswertung eingegangen. Ergebnisse, die mit „<“ (z. B. < NWG) markiert waren, wurden für die Auswertung nicht verwendet.

Auf die Notwendigkeit, die Unabhängigkeit der einzelnen Messwerte sicherzustellen, wurde im Probenbegleitschreiben explizit (mit Beispielen) hingewiesen. Eine Prüfung, ob die teilnehmenden Labore dies auch umgesetzt haben, ist allerdings nicht möglich.

Das Auswertungsverfahren wurde in Anlehnung an die Vorgaben der DIN EN ISO/IEC 17043:2010 [4], die wiederum auf die Ausführungen der DIN ISO 13528 [5] verweist, erstellt. Diesen Empfehlungen folgend wurden zur Minimierung des Einflusses von Ausreißern die eingereichten Messergebnisse für jedes Isotop mit dem robusten iterativen Verfahren **Algorithmus A** (siehe Abschnitt C.3.1 in [5]) ausgewertet und der robuste Schätzwert für den Gesamtmittelwert (\bar{x}^*) sowie die robuste Standardabweichung (s^*) bestimmt.

3.2 Bestimmung des zugewiesenen Wertes (Sollwertes) | Determination of the assigned value (target value)

Zur Bestimmung des zugewiesenen Wertes x_{pt} wurde gemäß Abschnitt 7.7 der DIN ISO 13528 [5] der Konsenswert aus allen unabhängigen Messwerten aller Teilnehmer für jedes Isotop außer Co-60 festgelegt. Wie in Abschnitt 3.1 dargestellt wurde eine robuste Analyse der Messergebnisse durchgeführt. Daher werden für den zugewiesenen Wert (x_{pt}) der robuste Gesamtmittelwert (\bar{x}^*) und für die Standardabweichung (σ_{pt}) des zugewiesenen Wertes die robuste Standardabweichung (s^*) gewählt.

Damit berechnet sich die Unsicherheit des Gesamtmittelwertes bzw. des zugewiesenen Wertes $u(\bar{x}^* = x_{pt})$ für jedes Isotop zu:

$$u(\bar{x}^* = x_{pt}) = 1,25 \frac{s^*}{\sqrt{N}}$$

(Gl. 3.2.1)

wobei N die Anzahl der einzelnen Messwerte je Isotop beschreibt.

Darüber hinaus wurde für alle Isotope gemäß Abschnitt 7.8 der DIN ISO 13528 [5] der Vergleich des zugewiesenen Wertes mit dem unabhängigen Referenzwert, sofern vorhanden, durchgeführt. Dabei war, außer im Fall von Co-60, keine Abweichung ($x_{diff} = |x_{ref} - x_{pt}|$) größer als das Zweifache ihrer jeweiligen Standardunsicherheit ($u(x_{diff})$).

Eine Besonderheit dieser Eignungsprüfung war die relativ niedrige spezifische Aktivität von Co-60 in Kombination mit einem ungünstigen Verhältnis zu Cäsium-134 (Cs-134). Dies hat dazu geführt, dass die Summationslinie des Cs-134 bei 1174,05 keV (604,72 keV und 569,33 keV) [6] einen relevanten Beitrag zu der 1173,23 keV γ -Linie des Co-60 liefert. Daher war die 1173,23 keV Linie in dieser Eignungsprüfung nicht für die Bestimmung der Co-60 spezifischen Aktivität geeignet. Somit konnte nur die ungestörte 1332,49 keV γ -Linie für die Bestimmung verwendet werden. Der ermittelte robuste Gesamtmittelwert (\bar{x}^* , siehe Abschnitt 3.1) liegt statistisch signifikant oberhalb des von der PTB ermittelten Referenzwertes (siehe **Tabelle 2**). Daher ist davon auszugehen, dass viele Labore diesen Effekt nicht berücksichtigt haben.

Aus diesem Grund wurde im Fall von Co-60 nicht der robuste Gesamtmittelwert (\bar{x}^*), sondern der PTB-Referenzwert (x_{ref}) als zugewiesener Wert (x_{pt}) verwendet. Im Fall von Co-60 beträgt die Abweichung

zwischen dem robusten Gesamtmittelwert und dem unabhängigen Referenzwert etwa 8 %. Dies ist auch in dem S-Plot für Co-60 in **Anlage 3** gut ersichtlich. Die Standardabweichung für die Eignungsbeurteilung (σ_{pt}) wird in diesem Fall auf 10 % des Wertes von x_{ref} festgelegt. Dieser Wert ist im Vergleich zu den anderen Nukliden, bei denen die robuste Standardabweichung nach Algorithmus A berechnet wird, gerechtfertigt.

Die wichtigsten Kenngrößen der Eignungsprüfung sind in der **Tabelle 3** zusammengestellt.

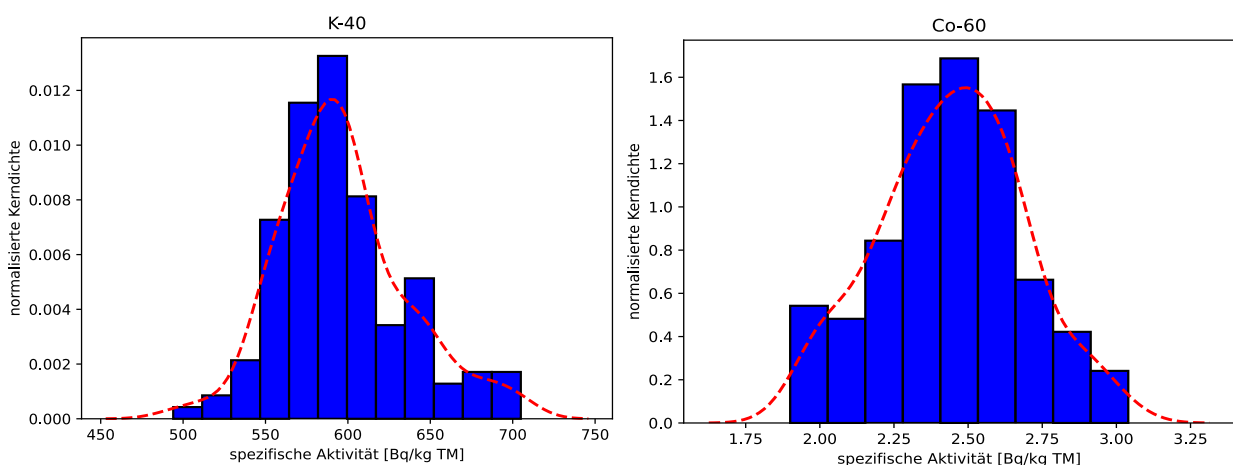
Tabelle 3 Kenngrößen der Eignungsprüfung Teepulver 2021

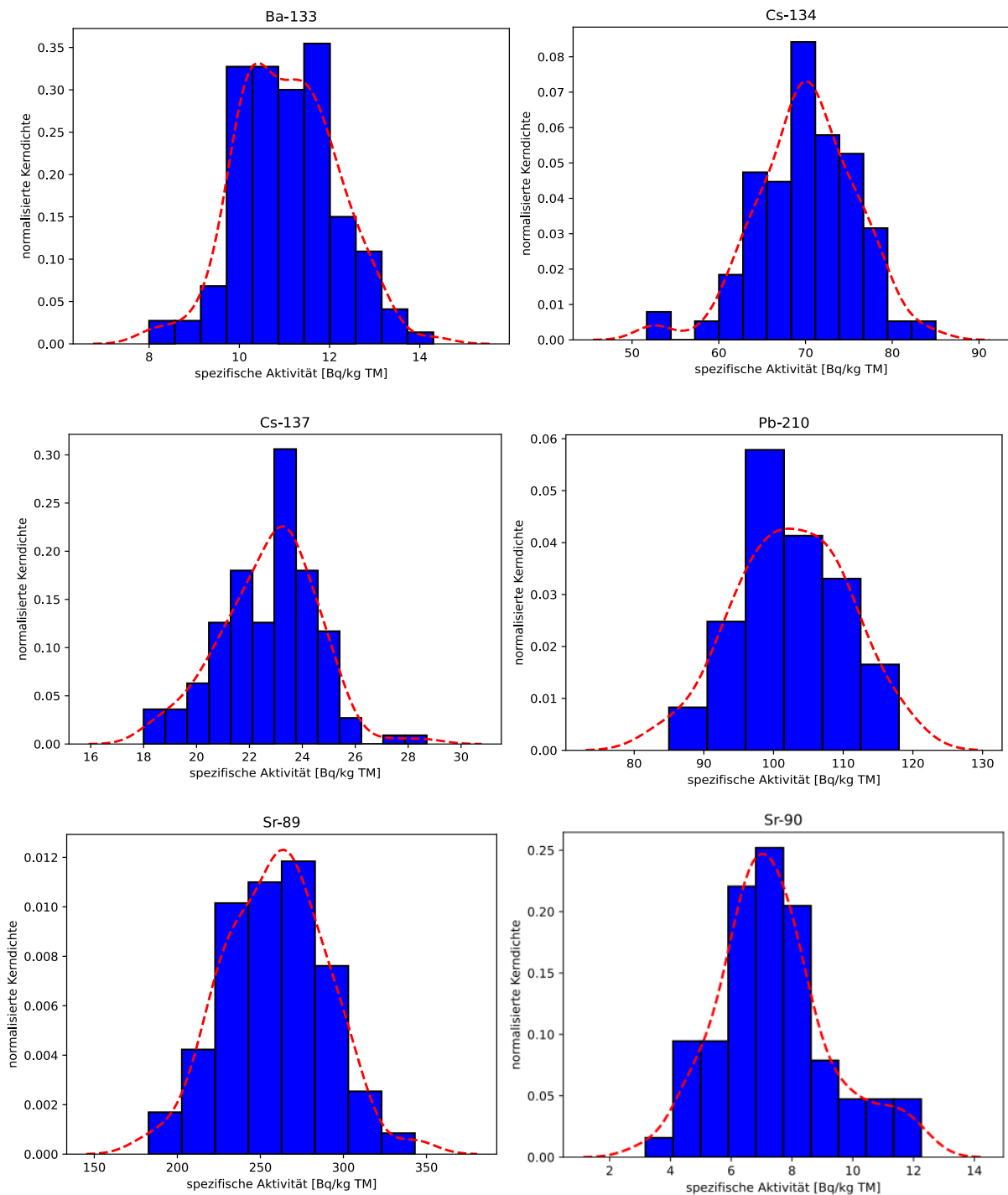
Nuklid	K-40	Co-60	Ba-133	Cs-134	Cs-137	Pb-210	Sr-89	Sr-90
Anzahl der Laboratorien i :	67	65	65	69	70	12	26	30
Anzahl der einzelnen Messwerte N :	141	138	138	146	148	22	60	72
Robuster Gesamtmittelwert \bar{x}^* [Bq/kg TM]:	597,07	2,44	11,09	69,84	22,66	102,72	258,19	7,22
Robuste Standardabweichung s^* [Bq/kg TM]:	40,35	0,27	1,22	6,15	2,05	8,22	31,43	1,77
Arithmetischer Gesamtmittelwert [Bq/kg TM]:	595,11	2,44	11,82	68,67	24,22	102,61	257,10	7,25
Zugewiesener Wert x_{pt} [Bq/kg TM]:	597,07	2,26 ¹⁾	11,09	69,84	22,66	102,72	258,19	7,22
Standardabweichung σ_{pt} des zugewiesenen Wertes [Bq/kg TM]:	40,35	0,23 ²⁾	1,22	6,15	2,05	8,22	31,43	1,77
Unsicherheit des zugewiesenen Wertes $u(x_{pt})$ [Bq/kg TM]:	4,25	0,04 ¹⁾	0,13	0,64	0,21	2,19	5,07	0,26
Minimum [Bq/kg TM]:	56,88	1,34	6,04	23,39	0,94	85,00	141,10	1,41
Maximum [Bq/kg TM]:	775,00	4,03	64,54	89,20	178,83	118,00	343,00	12,25
Spannweite [Bq/kg TM]:	718,12	2,69	58,50	65,81	177,89	33,00	201,90	10,84

¹⁾ Wert entspricht dem PTB-Referenzwert, ²⁾ 10 % des zugewiesenen Wertes

3.3 Verteilungsdiagramme | Distribution diagrams

Zur statistischen Beurteilung des verwendeten Verfahrens wurden graphische Darstellungen in Form von Histogrammen und Kerndichtediagrammen nach Abschnitt 10 der DIN ISO 13528 für jedes Radionuklid erstellt (**Abbildung 4**).





4 Histogramme und Kerndichtediagramme der einzelnen Isotope der Eignungsprüfung Teepulver 2021

3.4 Berechnung der Leistungskenngrößen

Als Leistungskenngrößen wurden für jedes Messergebnis x_i die Werte für den z-Score und den ζ -Score gemäß den Abschnitten 9.4 bzw. 9.6. der DIN ISO 13528 [5] nach den Gleichungen 3.4.1 und 3.4.2 berechnet.

$$z - Score = \frac{x_i - x_{pt}}{s^*}$$

(Gl. 3.4.1)

$$\zeta - \text{Score} = \frac{x_i - x_{pt}}{\sqrt{u(x_i)^2 + u(x_{pt})^2}}$$

(Gl. 3.4.2)

wobei x_{pt} der zugewiesene Wert, $u(x_i)$ die von den Teilnehmern berichtete Gesamtunsicherheit ($k = 1$) und $u(x_{pt})$ die Unsicherheit ($k = 1$) des zugewiesenen Wertes ist.

Folgende gemäß DIN EN ISO/IEC 17043:2010 [4] empfohlene Leistungsbeurteilung wurde angewandt und farblich gekennzeichnet:

$|z| \leq 2$ bzw. $|\zeta| \leq 2$ bedeutet eine „zufriedenstellende“ Leistung;

$2 < |z| < 3$ bzw. $2 < |\zeta| < 3$ bedeutet eine „fragwürdige“ Leistung;

$|z| \geq 3$ bzw. $|\zeta| \geq 3$ bedeutet eine „nicht zufriedenstellende“ Leistung.

Ein ungünstiger ζ -Score kann verschiedene Ursachen haben. So kann dies auf eine große Abweichung des jeweiligen Messergebnisses (x_i) vom zugewiesenen Wert (x_{pt}), auf eine Unterschätzung der vom Teilnehmer berichteten Gesamtunsicherheit $u(x_i)$ des Messergebnisses oder aber auch auf eine Kombination von beiden hinweisen.

Bemerkung: Alle Berechnungen wurden mit doppelter Genauigkeit durchgeführt. Gerundet wurde nur zur Ergebnisdarstellung. Dadurch kann es vorkommen, dass ein gerundeter z- oder ζ -Score Wert von 2,0 manchmal grün und manchmal gelb hinterlegt erscheint. Dasselbe gilt bei dem Wert von 3,0 der sowohl gelb oder rot hinterlegt erscheinen kann. Die nicht gerundete Zahl entscheidet über die Kennzeichnungsfarbe.

Auf eine kombinierte Gesamtbewertung der Teilnehmer auf Basis der beiden Scores (z- und ζ -Score) wurde bewusst verzichtet, lediglich die Beurteilung nach den einzelnen Scores ist in den **Ergebnis-Tabellen A.1 bis A.8** vermerkt. Es wurde kein allgemeines Kriterium definiert, ab wie vielen nicht zufriedenstellenden Ergebnissen ein teilnehmendes Labor „durchgefallen“ ist.

4 Diskussion der Ergebnisse | Discussion of the results

Es wurden sowohl Gamma-Strahler als auch Beta-Strahler der Teeprobe beigemischt. Darüber hinaus konnten die Nuklide erfasst werden, die zu dem natürlichen Gehalt der Probe gehören, wie zum Beispiel K-40 oder auch Pb-210. Das Letztere wurde nicht ausdrücklich verlangt. Von den 71 Teilnehmern haben fast alle die angeforderten Gamma-Strahler teils oder vollständig berichtet. Die in der Probe vorhandene spezifische Aktivität von Pb-210 haben nur 12 Teilnehmer erfasst. Von 71 Teilnehmern haben 55 berichtet, dass eine Summationskorrektur (ohne die Angabe des Isotops) durchgeführt wurde, 42 Teilnehmer haben berichtet, Absorptionskorrekturen durchgeführt zu haben. Die Schüttdichte des Probenmaterials in den Messgefäßen spielt eine große Rolle, da die Dichte der beladenen Messgeometrie in der Auswertung berücksichtigt werden sollte.

Eine weitere Aufgabe des Ringversuchs lag in der Bestimmung der Beta-Strahler Sr-89 und Sr-90.

Im Folgenden werden die isotopenspezifischen Besonderheiten einzeln beschrieben.

4.1 Trockenmassegehalt (Feuchte) | Dry matter content (humidity)

Da mehr als 15 % der Laboratorien wahrscheinlich nicht den relativen Trockenmassegehalt (in Prozent), sondern die relative Feuchte der Probe oder aber andere, von der Anforderung abweichende Größen

berichtet hatten, wurde von einer Auswertung der berichteten Werte abgesehen. Die PTB hat als Referenzwert die relative Feuchte zertifiziert, davon lässt sich ein zertifizierter relativer Trockenmassegehalt ableiten (siehe **Tabelle 2**).

Es ist zu vermerken, dass der Messwert des Labors #12 von den Referenzwerten beider Größen (relative Feuchte bzw. relativer Trockenmassegehalt) deutlich abweicht. Wahrscheinlich ist dies auch der Grund für die vielen fragwürdigen oder nicht zufriedenstellenden Ergebnisse des Labors. Daher ist eine Überprüfung der verwendeten Trocknungsmethode empfehlenswert.

4.2 Kalium-40 | Potassium-40

Die Messung von Kalium-40 (K-40) gelingt gammaspektrometrisch dann am besten, wenn neben der korrekten Kalibrierung des Detektors die Untergrundkorrektur ordnungsgemäß durchgeführt wird. Der laborspezifische Untergrundbeitrag hängt stark sowohl von dem verwendeten Detektor und dessen Abschirmung als auch von den Umgebungsgegebenheiten wie zum Beispiel Bauwerk und Baumaterialien ab.

Für das in der Probe natürlich vorhandene K-40 wurden 141 Messwerte berichtet. Bei zwei Messwerten (Labor #66) kam es wahrscheinlich zu Übertragungsfehlern. Zwei weitere Labore (#12 und #50) haben deutlich überhöhte Messwerte abgegeben ($|z| \geq 3$) und weitere vier Laboratorien haben fragwürdige Ergebnisse ($2 < |z| < 3$) mitgeteilt.

4.3 Cobalt-60 | Cobalt-60

Wie in Abschnitt 3.2 dargestellt, wurde für die Auswertung von Cobalt-60 (Co-60) als zugewiesener Wert x_{pt} der PTB-Referenzwert x_{ref} festgelegt.

Für Co-60 wurden 138 Messwerte berichtet, davon haben sechs Laboratorien z-Scores $|z| \geq 3$ und weitere 10 Laboratorien (11 Messwerte) fragwürdige Ergebnisse geliefert ($2 < |z| < 3$). Die Mehrzahl der Laboratorien hat fragwürdige Ergebnisse auf Basis der ζ -Scores abgegeben und sollte ihre Unsicherheitsberechnung und/oder Messverfahren prüfen.

Aus den von den Teilnehmern berichteten Co-60 Nachweisgrenzen kann geschlossen werden, dass die von den IMIS-Messstellen eingesetzten Verfahren die nach IMIS geforderte Nachweisgrenze einhalten.

4.4 Barium-133 | Barium-133

Es wurden insgesamt 138 Messwerte abgegeben. Davon sind zwei Messwerte (Labor #50) wahrscheinlich Übertragungsfehler. Ein Labor (#48) hat den zugewiesenen Wert deutlich unterschätzt und ein anderes (#12) überschätzt. Weitere vier Messwerte wurden gemäß z-Score als fragwürdiges Ergebnis eingestuft. Mehrere Laboratorien sollten die Berechnung der Unsicherheiten überprüfen (siehe ζ -Scores).

4.5 Cäsium-134 | Cesium-134

Bei der Bestimmung der spezifischen Aktivität von Cäsium-134 (Cs-134) spielt die Summationskorrektion der γ -Linien bei 604,72 keV und 795,86 keV eine große Rolle, weil ohne diese Korrektion die Cs-134 Aktivität unterschätzt wird.

Es wurden 146 Messwerte für Cs-134 abgegeben. Davon waren wahrscheinlich zwei Messwerte (Labor #50) mit Übertragungsfehlern behaftet, sieben Messwerte ($|z| > 3$) weichen deutlich von dem zugewiesenen Wert ab (Labore #12, #48, #59) und weitere sechs Messwerte sind fragwürdig. Hier ist auch bei einer Vielzahl der Laboratorien zu erkennen, dass die Unsicherheiten nicht zufriedenstellend abgeschätzt wurden (ζ -Score $|z| > 2$ oder > 3).

4.6 Cäsium-137 | Cesium-137

Für Cäsium-137 (Cs-137) wurden insgesamt 148 Messwerte berichtet. Davon sind wahrscheinlich zwei Messwerte (Labor #50) Übertragungsfehler, zwei weitere Labore haben die spezifische Aktivität von Cs-137 deutlich unterschätzt (Labore #4, #48) oder fehlerhaft übertragen. Da im Fall von Labor #48 die Messwerte

für mehrere Isotope auffällig sind, kann man hier auf einen systematischen Fehler schließen. Bei einem Labor (#57) wurde das Cs-137 deutlich überschätzt und vier weitere Messwerte sind fragwürdig.

4.7 Blei-210 | Lead-210

Blei-210 (Pb-210) war nicht explizit in dieser Eignungsprüfung gefordert. Entsprechend niedrig war die Anzahl der Teilnehmer, die Messwerte abgegeben haben. Lediglich 22 Messwerte aus 12 Laboren wurden erhalten. Ein weiterer Grund, weshalb nur wenige Teilnehmer dieses Isotop berichtet hatten, liegt wahrscheinlich in der niederenergetischen Peaklage bei 46,54 keV. Diese trägt dazu bei, dass bei Pb-210 die Selbstabsorptions- und Matrixeffekte stärker als bei den anderen Gamma-Strahlern in dieser Probe ausfallen. Unter den berichteten Messwerten ist gemäß z-Score ein einziger Messwert ein fragwürdiges Ergebnis, alle anderen Werte sind als zufriedenstellend eingestuft. Diese Einstufung ist allerdings auch durch die geringe Anzahl an Messwerten bedingt.

4.8 Strontium-89 | Strontium-89

Während die Beteiligung an der Abgabe der Messwerte für Gamma-Strahler (bis auf Pb-210) recht groß war, war bei den rein beta-strahlenden Radionukliden Strontium-89 (Sr-89) und Strontium-90 (Sr-90) eine mäßige Beteiligung zu verzeichnen. Das hat vermutlich mit den notwendigen Probenvorbereitungsschritten inklusive der radiochemischen Aufbereitung und/oder mit der Verfügbarkeit der geeigneten Messgeräte zu tun, die nicht in jeder Einrichtung oder jedem Labor vorhanden sind. Für eine erfolgreiche Bestimmung des Radiostrontiums war die radiochemische Trennung des Strontiums von der Probenmatrix notwendig, da die verwendete Beta-Messung nicht ausreichend selektiv ist, um andere Beta-Strahler aus dem Spektrum herausfiltern zu können. Die Teilnehmer haben berichtet, dass für die Messung der Beta-Strahler am häufigsten Low-Level-Beta Messplätze und/oder Flüssigszintillationsspektrometer verwendet wurden. Für die Bestimmung der chemischen Ausbeute wurden entweder radioaktive Tracer (oft Sr-85) und/oder Strontium-Träger-Lösungen eingesetzt.

Für Sr-89 wurden 60 Messwerte aus 26 Laboren berichtet. Davon war ein Messwert nicht zufriedenstellend (Labor #46) und zwei weitere wurden als fragwürdig eingestuft. Die Mehrzahl der Teilnehmer schätzt die Unsicherheit des Messergebnisses nicht zufriedenstellend oder fragwürdig ab.

4.9 Strontium-90 | Strontium-90

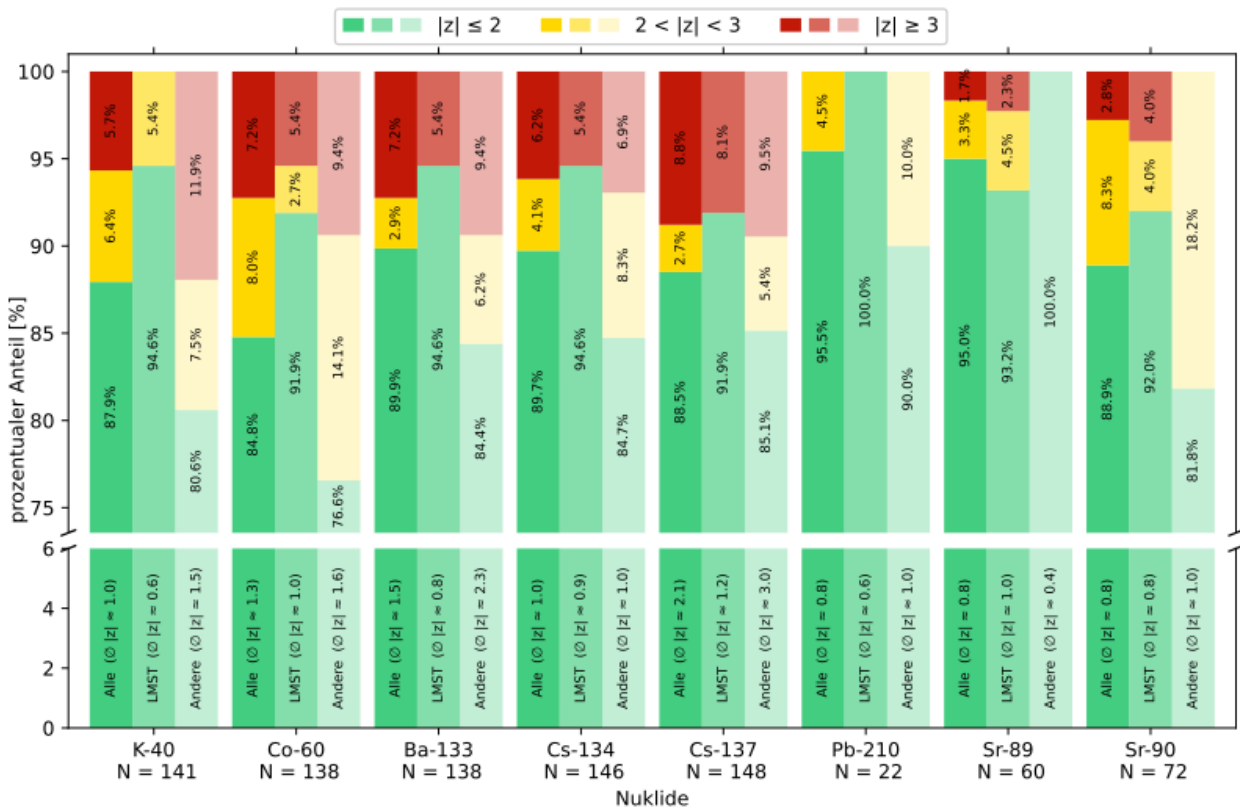
Die Bestimmung von Strontium-90 (Sr-90) war durch ein ungünstiges Verhältnis zu Sr-89 von ca. 1:35 erschwert. Dies hat dazu beigetragen, dass viele Ergebnisse mit deutlich zu hohen Unsicherheiten abgegeben wurden. Darüber hinaus hat die Probenmatrix manche Teilnehmer vor neue Herausforderungen bezüglich der Strontium-Analytik gestellt. Das Strontium musste von den Störnukliden Cs-134, Cs-137 und insbesondere von Ba-133 radiochemisch getrennt werden.

Für Sr-90 wurden 72 Messwerte berichtet. Davon sind zwei Messwerte (Labor #4) nicht zufriedenstellend und sechs Messwerte fragwürdig.

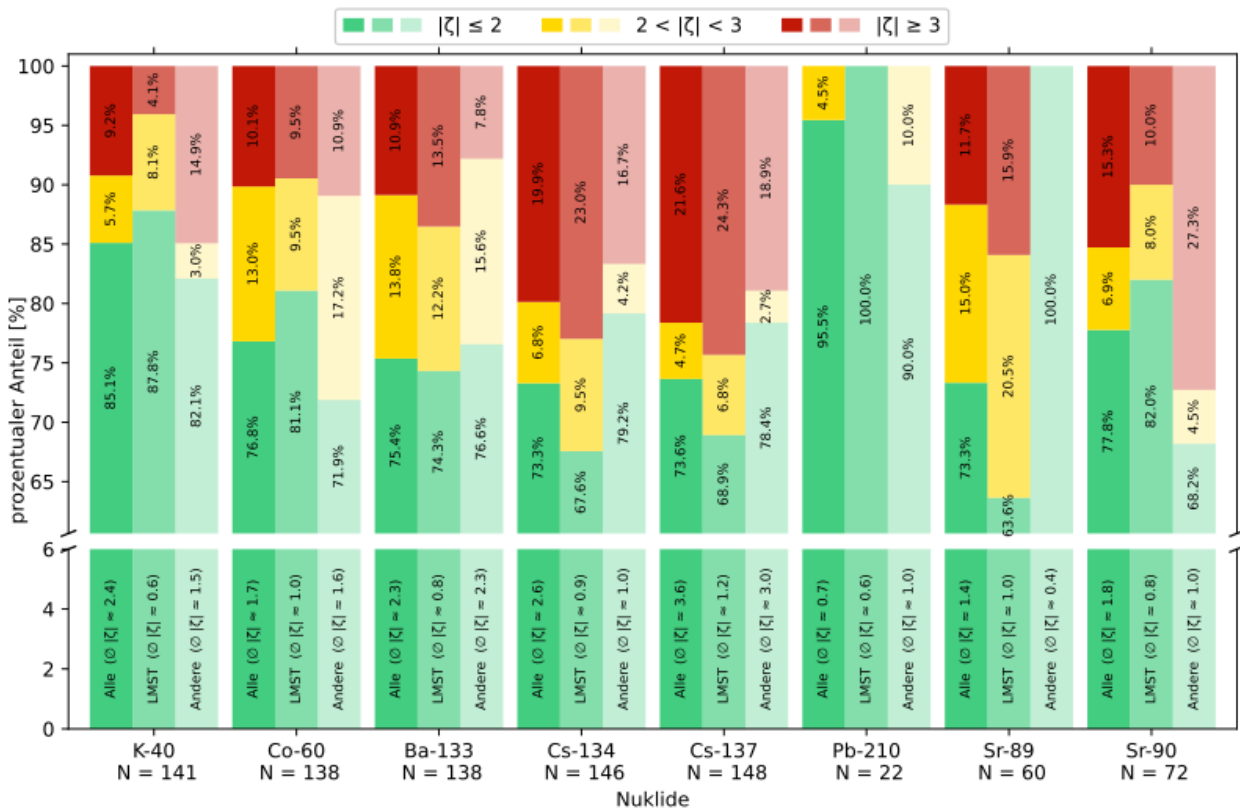
5 Ergebnisse der Teilnehmer | Results of the participants

Die Ergebnisse der Teilnehmer sind im Anhang 3 dieses Berichts sowohl in graphischer Form als auch als tabellarische Darstellungen zu finden. Die *Abbildungen A.1 bis A.8* zeigen die so genannten S-Plots der erzielten Ergebnisse. Die **Tabellen A.1 bis A.8** beinhalten die berichteten Messwerte M_1 und M_2 sowie auch die erreichten z- und ζ -Scores getrennt für jeden einzelnen Messwert und jedes Radionuklid.

Für einen Gesamtüberblick wurden die Anteile der z- und ζ -Scores für alle Messwerte in den *Abbildungen 6 und 7* dargestellt. Zusätzlich wurde eine Einteilung zwischen Landesmessstellen (LMST) und anderen Einrichtungen vorgenommen.



6 Prozentuale Anteile der Werte für den z-Score geordnet nach Radionukliden



7 Prozentuale Anteile der Werte für den ζ-Score geordnet nach Radionukliden

Aus dem Gesamtüberblick kann geschlussfolgert werden, dass nach den leistungsbewertenden Kenngrößen z- bzw. ζ-Score mehr als 70 % aller Teilnehmer zufriedenstellende Ergebnisse geliefert hatten.

Betrachtet man getrennt die Anteile der beiden Scores, wird ersichtlich, dass die Teilnehmer im Allgemeinen die Messwerte viel besser einschätzen (Anteil der Messwerte mit $|z| < 2$ größer als 85 %) als deren Unsicherheit (Anteil der Messwerte mit $|\zeta| < 2$ größer als 70 %). Bei der Ermittlung der Unsicherheiten ist daher noch Verbesserungspotential vorhanden. Insbesondere für die Unsicherheitsanalyse bei radiochemischen Verfahren (in diesem Fall bei der Sr-89 und Sr-90 Bestimmung) wird auf den „Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM)“ [7] verwiesen. Als erste Eignungsprüfung für dieses Umweltmedium (grüner Tee in Pulverform) können diese Ergebnisse als gut betrachtet werden.

6 Literaturverzeichnis | List of references

- [1] STRAHLENSCHUTZGESETZ – StrlSchG (2017): Gesetz zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung vom 27. Juni 2017 (BGBl. I S. 1966), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 20. Mai 2021 (BGBl. I S. 1194) geändert worden ist.
- [2] STRAHLENSCHUTZVERORDNUNG – StrlSchV (2018): Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung vom 29. November 2018 (BGBl. I S. 2034, 2036), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 8. Oktober 2021 (BGBl. I S. 4645), geändert worden ist.
- [3] AVV IMIS (2006): Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Integrierten Mess- und Informationssystem zur Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt nach Strahlenschutzvorsorgegesetz vom 13. Dezember 2006 (BAnz. 2006, Nr. 244a).
- [4] DIN EN ISO/IEC 17043 (2010): Konformitätsbewertung – Allgemeine Anforderungen an Eignungsprüfungen.
- [5] DIN ISO 13528 (2020): Statistische Verfahren für Eignungsprüfungen durch Ringversuche.
- [6] ARNOLD, D., KANISCH, G., WERSHOFEN, H. (2018): Summations- und Escapelinien ausgewählter Radionuklide in der Gammaskopimetrie - in Messanleitungen für die „Überwachung radioaktiver Stoffe in der Umwelt und externer Strahlung“-ISSN 1865-8725.
- [7] GUM (2010): Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement, JCGM 100.

7 Anlagen | Attachments

Anlage 1 PTB-Kalibrierschein der Teepulverprobe für die Eignungsprüfung Teepulver 2021 (RV-Tee-2021)



Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Nationales Metrologieinstitut

Kalibrierschein
Calibration Certificate

PTB-6.12-1056/21.2021





Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Nationales Metrologieinstitut



Kalibrierschein

Calibration Certificate

Gegenstand: <i>Object:</i>	Teepulver-Probe des Ringversuchs RV-Tee-2021 <i>Tea powder sample of the proficiency test PT-Tea-2021</i>	
Hersteller: <i>Manufacturer:</i>	Bundesamt für Strahlenschutz, Leitstelle für Arzneimittel und deren Ausgangsstoffe sowie Bedarfsgegenstände und Max Rubner-Institut Kiel, Leitstelle für Boden, Bewuchs, Futtermittel und Nahrungsmittel pflanzlicher und tierischer Herkunft	
Typ: <i>Type:</i>		
Kennnummer: <i>Serial No.:</i>	Grüner Tee (gemahlen) <i>Green tea (milled)</i>	
Auftraggeber: <i>Customer:</i>	Bundesamt für Strahlenschutz Willy-Brandt-Straße 5 38226 Salzgitter	
Anzahl der Seiten: <i>Number of pages:</i>	4	
Geschäftszeichen: <i>Reference No.:</i>	PTB-6.12-1056-Tee	
Kalibrierzeichen: <i>Calibration mark:</i>	PTB-6.12-1056/21.2021	
Ort der Kalibrierung: <i>Location of calibration:</i>	PTB Braunschweig	
Datum der Kalibrierung: <i>Date of calibration:</i>	2021-06-02 bis 2021-07-22	
Im Auftrag <i>On behalf of PTB</i>	Braunschweig, 2021-09-10	Im Auftrag <i>On behalf of PTB</i>
 Dr. D. Zapata-Garcia	Siegel <i>Seal</i> 	 M. Schmiedel

381 008 0

Kalibrierscheine ohne Unterschrift und Siegel haben keine Gültigkeit. Dieser Kalibrierschein darf nur unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge bedürfen der Genehmigung der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt. Die dargestellten Ergebnisse beziehen sich nur auf die kalibrierten Gegenstände.
Calibration Certificates without signature and seal are not valid. This Calibration Certificate may not be reproduced other than in full. Extracts may be taken only with the permission of the Physikalisch-Technische Bundesanstalt. The presented results relate only to the items calibrated.

Die Tabelle enthält die Ergebnisse der gammaspektrometrischen Messungen an der uns in zwei Kunststoffflaschen zugesandten Teepulver-Probe (fein gemahlener grüner Tee, *Camellia sinensis L.*).

Ein Teil des Probenmaterials aus beiden Flaschen wurde in eine 1-Liter-Ringschale und eine 130 ml Polypropylen-Dose überführt und jeweils auf zwei low-level Gammaspektrometern, die mit verschiedenen Reinstgermanium Detektoren ausgerüstet sind, gemessen:

1. p-Typ HPGe-Detektor, 50 % rel. Eff., Fa. Canberra
2. n-Typ HPGe-Detektor, 24 % rel. Eff., Fa. Canberra

Der Feuchtegehalt wurde nach Anweisung des Auftraggebers durch Trocknung von 6 Stichproben bestimmt (jeweils ca. 5 g, bei 105 °C, über 24 h). Die so ermittelte relative Feuchte des Tees betrug 5,1 %, mit einer Standardabweichung von 1 %. Dieser Wert wurde für die Berechnung der Trockenmasse verwendet.

Zusätzlich wurde der Feuchtegehalt durch Trocknung von 6 weiteren Stichproben bei 80 °C bestimmt (ebenfalls jeweils ca. 5 g und über 24 h). Die hierbei festgestellte relative Feuchte des Tees betrug 4,1 %, mit einer Standardabweichung von 1 %.

Folgende, auf die Trockenmasse bezogene spezifische Aktivitäten a wurden ermittelt (Referenzdatum 2021-03-01 00:00 Uhr MEZ):

Nuklid	a (Bq/kg)
K-40	591 ± 19
Co-60	$2,26 \pm 0,08$
Ba-133	$11,2 \pm 0,4$
Cs-134	$70,8 \pm 2,5$
Cs-137	$22,8 \pm 0,7$
Pb-210	100 ± 4

Bei der gammaspektrometrischen Bestimmung der spezifischen Aktivitäten a wurden Selbstabsorptions- und, falls erforderlich, Koinzidenzsummskorrekturen berücksichtigt.

Die Messungen und Auswertungen der Gammaspektren erfolgten mit dem Spektrometrieprogramm InterWinner® (Version 7.1). Die Selbstabsorptions- und Koinzidenzsummskorrekturen wurden mit dem Monte-Carlo-Programm GESPECOR® (Version 4.2) berechnet.

Angegeben ist die erweiterte Messunsicherheit, die sich aus der Standardmessunsicherheit durch Multiplikation mit dem Erweiterungsfaktor $k = 2$ ergibt. Sie wurde gemäß dem „Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM)“ und entsprechend der Norm ISO DIN 11929 „Bestimmung der charakteristischen Grenzen (Erkennungsgrenze, Nachweisgrenze und Grenzen des Vertrauensbereichs) bei Messungen ionisierender Strahlung – Grundlagen und Anwendungen“ ermittelt. Der Wert der Messgröße liegt dann im Regelfall mit einer Wahrscheinlichkeit von annähernd 95 % im zugeordneten Überdeckungsintervall.



This calibration certificate is written in German. In case of any conflict between the German language version and the English translation of it, the German version shall prevail.

The table contains the results of the gamma-spectrometric measurements of the tea powder sample (finely ground green tea, *Camellia sinensis* L.), delivered in two plastic bottles.

Aliquots of the sample material from both bottles were transferred into a 1 liter Marinelli beaker and a 130 ml polypropylene can and were measured on two low-level gamma spectrometers equipped with high-purity germanium detectors of different type:

1. p-type HPGe-detector, 50 % rel. eff., Canberra GmbH, Germany
2. n-type HPGe-detector, 24 % rel. eff., Canberra GmbH, Germany

According to the customer's instructions, the moisture content was determined by drying 6 aliquots (approximately 5 g each, at 105 °C, for 24 h). The relative humidity of the tea sample measured in this way was 5.1 %, with a standard deviation of 1 %. This value was used for the calculation of the dry weight.

In addition, the moisture content was also determined by drying 6 further aliquots at 80 °C (also approximately 5 g each and for 24 h). The measured relative humidity of the sample was 4.1 %, with a standard deviation of 1 %.

Following specific activities a were determined referred to dry weight (reference date 2021-03-01 00:00 CET):

nuclide	a (Bq/kg)
K-40	591 ± 19
Co-60	2,26 ± 0,08
Ba-133	11,2 ± 0,4
Cs-134	70,8 ± 2,5
Cs-137	22,8 ± 0,7
Pb-210	100 ± 4

When evaluating the specific activities a , correction factors for self-attenuation and, if necessary, true coincidence summing were taken into account.

Data acquisition and spectra evaluation were performed with the software InterWinner® (Version 7.1). The correction factors for self-attenuation and true coincidence summing were computed with the software GESPECOR® (Version 4.2).

The uncertainty stated is the expanded measurement uncertainty obtained by multiplying the standard measurement uncertainty by the coverage factor $k = 2$. It has been determined in accordance with the "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM)" and in accordance with the standard "Determination of the characteristic limits (decision threshold, detection limit and limits of the confidence interval) for measurements of ionizing radiation – Fundamentals and application". The value of the measurand then normally lies, with a probability of approximately 95 %, within the attributed coverage interval.



This calibration certificate is written in German. In case of any conflict between the German language version and the English translation of it, the German version shall prevail.

Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig und Berlin ist das nationale Metrologieinstitut und die technische Oberbehörde der Bundesrepublik Deutschland für das Messwesen. Die PTB gehört zum Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Sie erfüllt die Anforderungen an Kalibrier- und Prüflaboratorien auf der Grundlage der DIN EN ISO/IEC 17025.

Zentrale Aufgabe der PTB ist es, die gesetzlichen Einheiten in Übereinstimmung mit dem Internationalen Einheitensystem (SI) darzustellen, zu bewahren und weiterzugeben. Die PTB steht damit an oberster Stelle der metrologischen Hierarchie in Deutschland. Die Kalibrierscheine der PTB dokumentieren eine auf nationale Normale rückgeführte Kalibrierung.

Dieser Ergebnisbericht ist in Übereinstimmung mit den Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMCs), wie sie im Anhang C des gegenseitigen Abkommens (MRA) des Internationalen Komitees für Maße und Gewichte enthalten sind. Im Rahmen des MRA wird die Gültigkeit der Ergebnisberichte von allen teilnehmenden Instituten für die im Anhang C spezifizierten Messgrößen, Messbereiche und Messunsicherheiten gegenseitig anerkannt (nähere Informationen unter <http://www.bipm.org>).

Diese Aussage und das CIPM-MRA-Logo beziehen sich nur auf die Messergebnisse in diesem Kalibrierschein.



The Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig and Berlin is the National Metrology Institute and the supreme technical authority of the Federal Republic of Germany for metrology. The PTB comes under the auspices of the Federal Ministry of Economics and Energy. It meets the requirements for calibration and testing laboratories as defined in DIN EN ISO/IEC 17025.

The central task of PTB is to realize, to maintain and to disseminate the legal units in compliance with the International System of Units (SI). PTB thus is at the top of the metrological hierarchy in Germany. The calibration certificates issued by PTB document a calibration traceable to national measurement standards.

This certificate is consistent with the Calibration and Measurement Capabilities (CMCs) that are included in Appendix C of the Mutual Recognition Arrangement (MRA) drawn up by the International Committee for Weights and Measures (CIPM). Under the MRA, all participating institutes recognize the validity of each other's calibration and measurement certificates for the quantities, ranges and measurement uncertainties specified in Appendix C (for details, see <http://www.bipm.org>).

The CIPM MRA Logo and this statement attest only to the measurement component of the certificate.

Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Bundesallee 100
38116 Braunschweig
DEUTSCHLAND

Abbestraße 2-12
10587 Berlin
DEUTSCHLAND

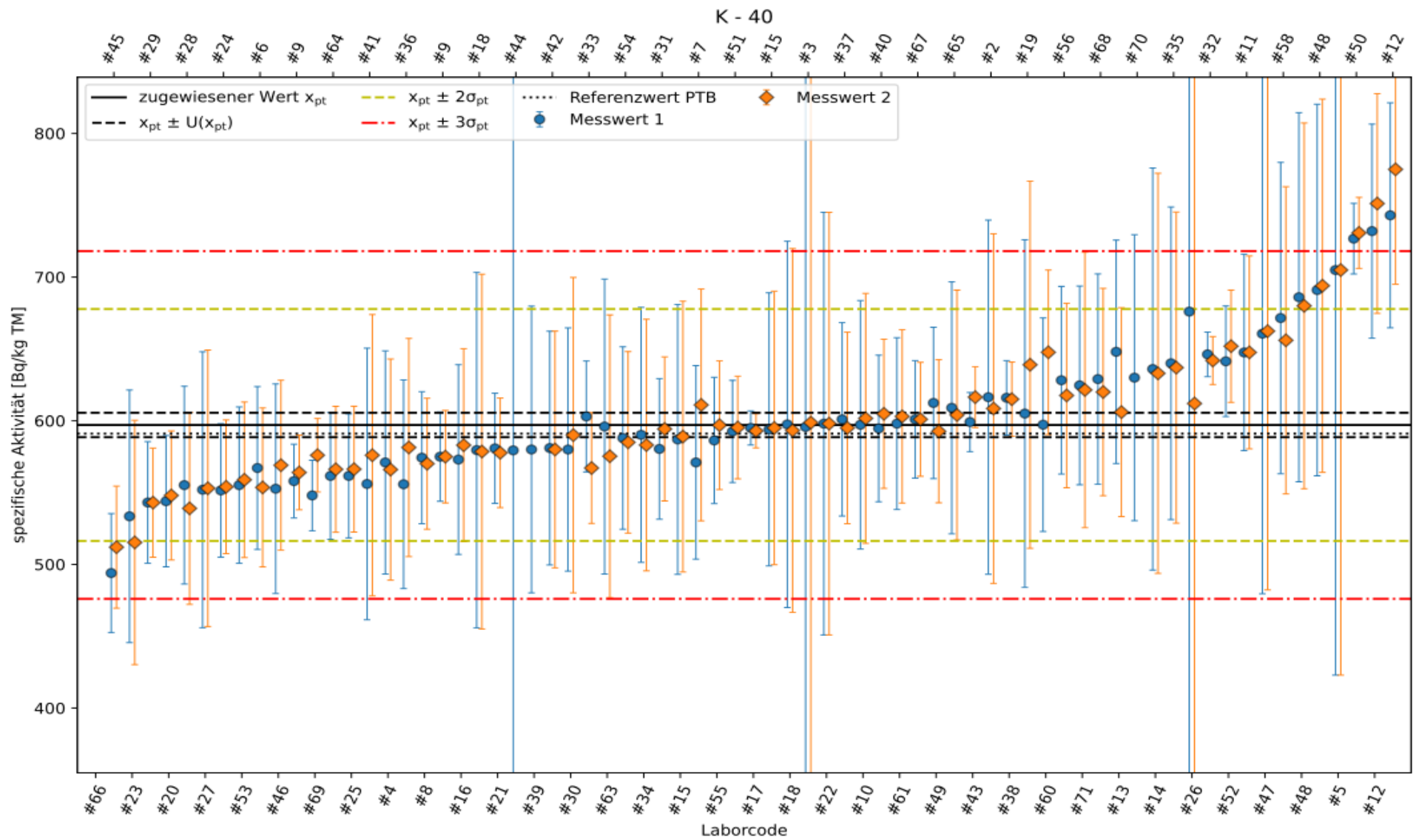
Anlage 2 Liste der teilnehmenden Einrichtungen alphabetisch nach dem Ort geordnet

Institut /Firma	Ort
Amt für Verbraucherschutz Aargau Schweiz	Aarau (CH)
Bayerisches Landesamt für Umwelt	Augsburg (DE)
Bayerisches Landesamt für Umwelt	Augsburg (DE)
Agri-Food and Biosciences Institute (AFBI)	Belfast (UK-Northern Ireland)
Bundesamt für Strahlenschutz	Berlin (DE)
Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz	Berlin (DE)
ZInstSanBw Kiel Ast Berlin	Berlin (DE)
Landesagentur für Umwelt und Klimaschutz	Bozen (IT)
LAVES LVI BS/H, Standort Braunschweig	Braunschweig (DE)
National Public Health Center	Budapest (HU)
staatl. Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft	Chemnitz (DE)
Amt für Lebensmittelsicherheit und Tiergesundheit Graubünden	Chur (CH)
LAVES, Institut für Fische und Fischereierzeugnisse	Cuxhaven (DE)
Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie	Darmstadt (DE)
Hajdú-Bihar Megyei Kormányhivatal	Debrecen (HU)
Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Ostwestfalen-Lippe (CVUA-OWL)	Detmold (DE)
LBME NRW	Dortmund (DE)
VKTA - Strahlenschutz, Analytik, Entsorgung Rossendorf e.V.	Dresden (DE)
Environmental Protection Agency	Dublin (IE)
Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW; Dienststelle Duisburg	Duisburg (DE)
Landesinstitut für Arbeitsgestaltung des Landes Nordrhein-Westfalen (LIA.nrw)	Düsseldorf (DE)
Landesinstitut für Arbeitsgestaltung NRW	Düsseldorf (DE)
Landesinstitut für Arbeitsgestaltung	Düsseldorf (DE)
Landeslabor Berlin-Brandenburg	Frankfurt (Oder) (DE)

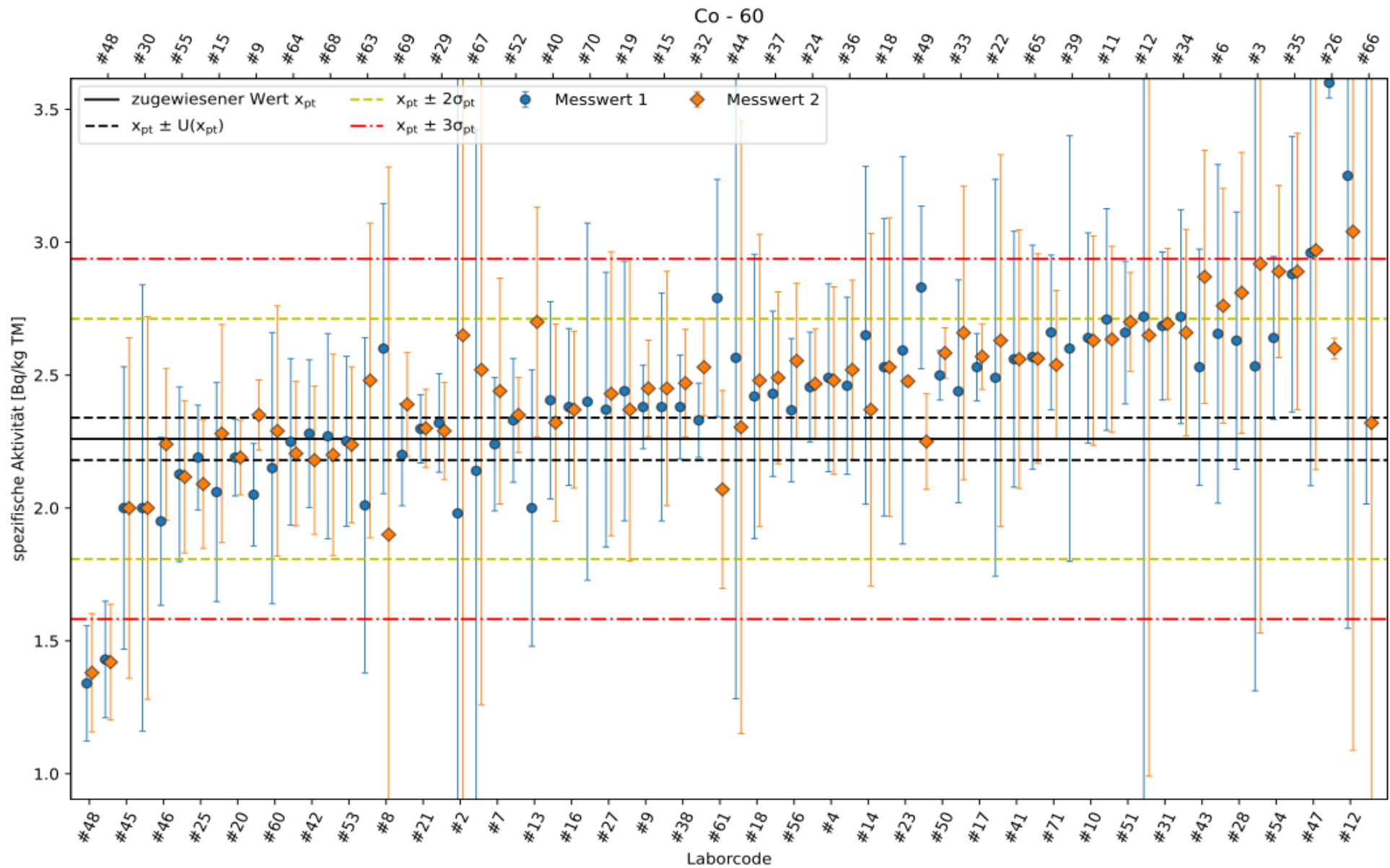
Institut /Firma	Ort
Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg	Freiburg (DE)
Helmholtz Zentrum Hereon	Geesthacht (DE)
Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz (TLUBN)	Gera (DE)
Public Health England, CRCE Glasgow	Glasgow (UK)
Georg-August-Universität Göttingen	Göttingen (DE)
Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit, Strahlenschutz	Graz (AT)
Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt	Halle (DE)
Eurofins WEJ Contaminants GmbH	Hamburg (DE)
GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH	Hamburg (DE)
Institut für Hygiene und Umwelt	Hamburg (DE)
SGS Germany GmbH	Hamburg (DE)
LAVES, LVI BS/H, Standort Hannover	Hannover (DE)
Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Landesmessstelle Nord	HS Osterburg/Altmark (DE)
Bundesgesellschaft für Endlagerung/Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben	Ingersleben/OT Morsleben (DE)
AGES GmbH, Geschäftsfeld Strahlenschutz	Innsbruck (AT)
Institut für Strahlenschutz und Dosimetrie Landeskrankenhaus Innsbruck - Universitätskliniken	Innsbruck (AT)
Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz	Jena (DE)
Forschungszentrum Jülich GmbH	Jülich (DE)
LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg	Karlsruhe (DE)
Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie	Kassel (DE)
muva kempten GmbH	Kempten (Allgäu) (DE)
AGROLAB Lufa GmbH	Kiel (DE)
MRI Kiel, Institut MF	Kiel (DE)
TÜV Rheinland Industrie Service GmbH	Köln (DE)
Zentrales Institut des Sanitätsdienstes der Bundeswehr Kiel	Kronshagen (DE)
Bayerisches Landesamt für Umwelt	Kulmbach (DE)
AGES, Österr. Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherung	Linz (AT)

Institut /Firma	Ort
J. Stefan Institute	Ljubljana (SI)
Centre for Environment Fisheries and Aquaculture Science (Cefas)	Lowestoft (UK)
Division de la Radioprotection	Luxembourg (LU)
SCK CEN	Mol (BE)
Cavendish Nuclear Ltd	Moor Row (UK)
TÜV SÜD Industrie Service GmbH	München (DE)
Umweltinstitut München e.V.	München (DE)
Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Münsterland-Emscher Lippe (CVUA-MEL)	Münster (DE)
Bundesamt für Strahlenschutz	Oberschleißheim (DE)
Lebensmittel- und Veterinärinstitut Oldenburg	Oldenburg (DE)
IAF-Radioökologie GmbH	Radeberg (DE)
Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (BfUL)	Radebeul (DE)
Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz	Saarbrücken (DE)
Landesuntersuchungsamt	Speyer (DE)
LUFA Speyer	Speyer (DE)
Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern	Stralsund (DE)
PhytoLab GmbH & Co.KG	Vestenbergsreuth (DE)
WFSR (Wageningen Food Safety Research)	Wageningen (NL)
AGES GmbH	Wien (AT)
Kantonales Labor Zürich	Zürich (CH)

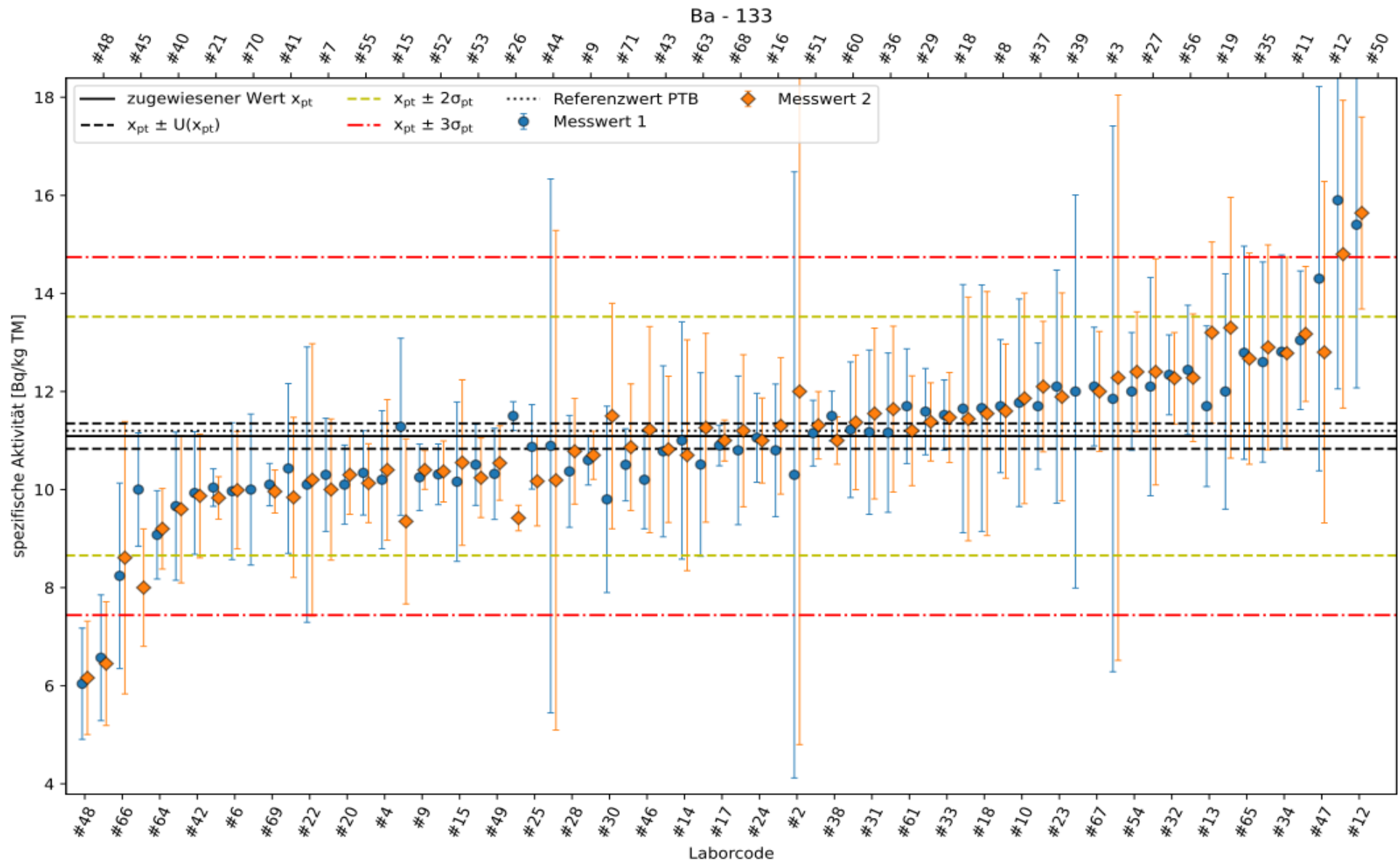
Anlage 3 Ergebnisse der Teilnehmer



A.1 S-Plot K-40

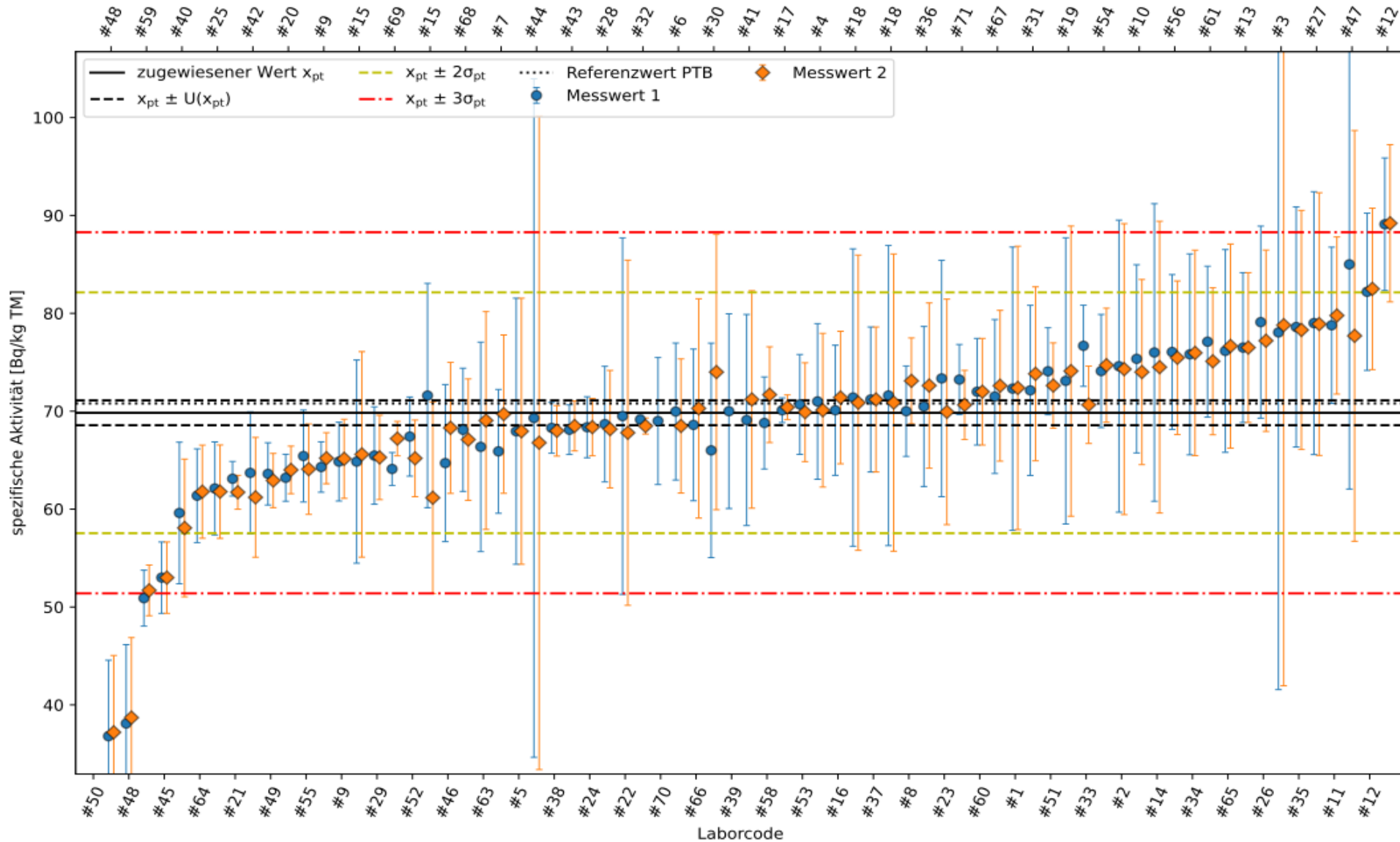


A.2 S-Plot Co-60



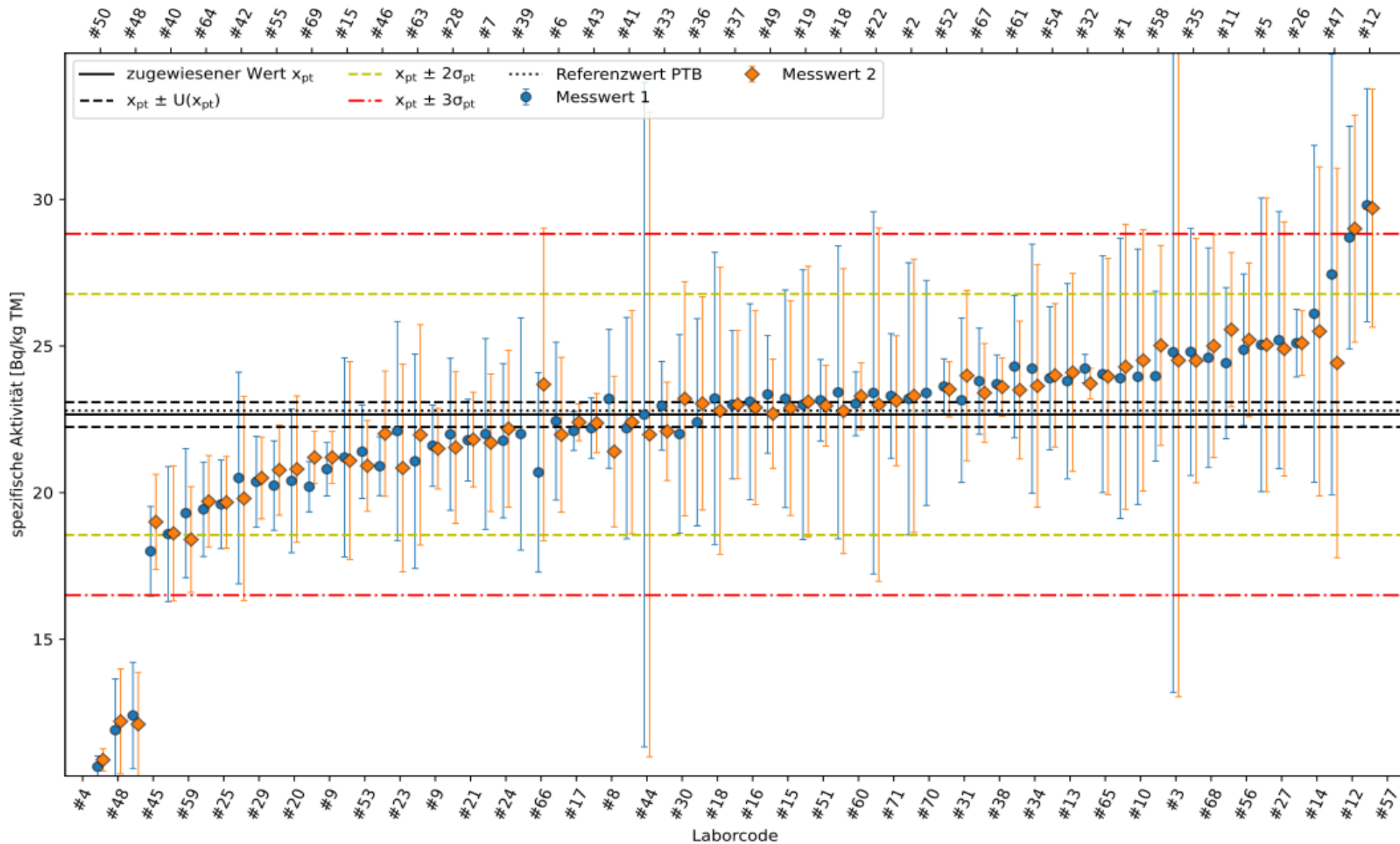
A.3 S-Plot Ba-133

Cs - 134

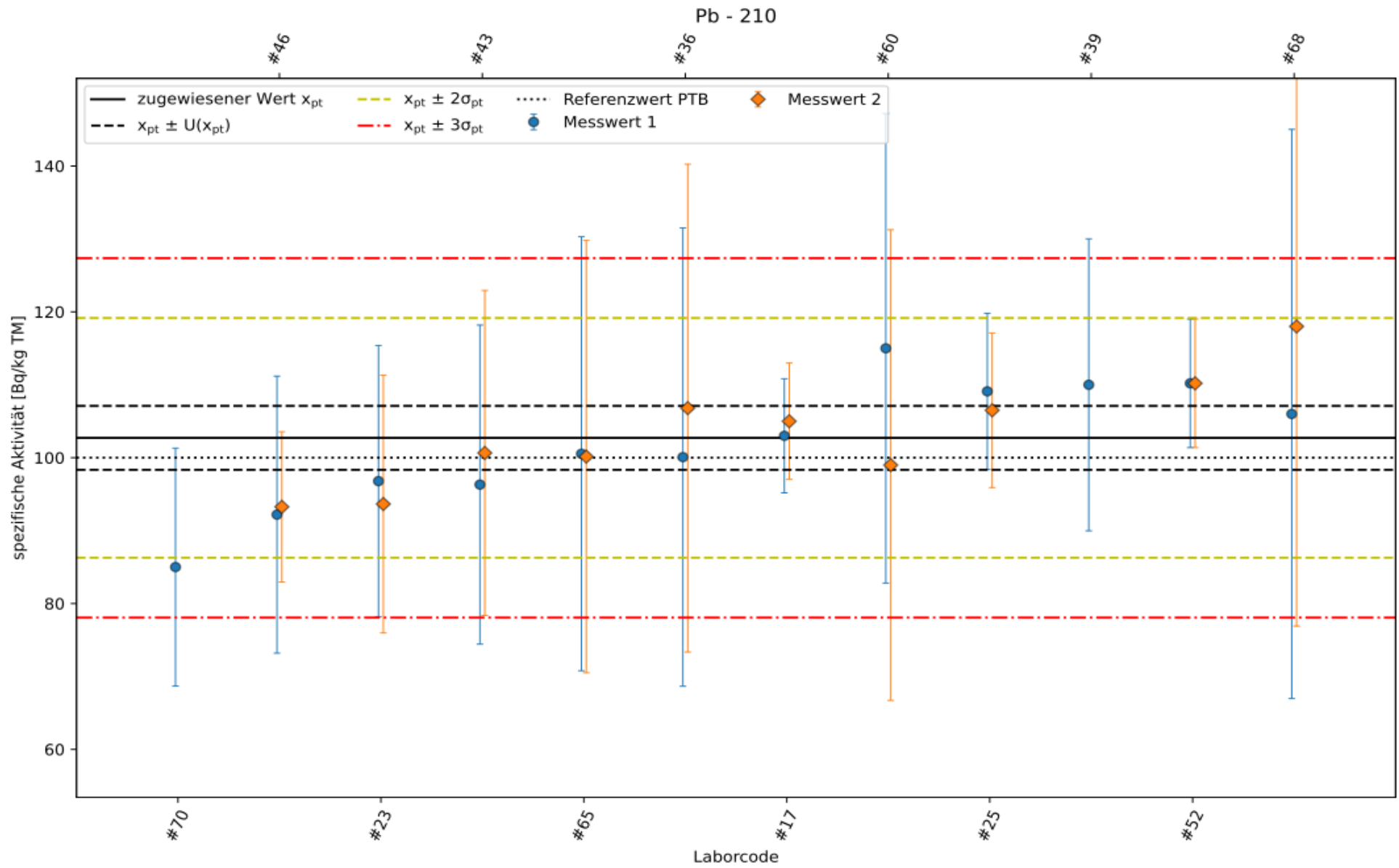


A.4 S-Plot Cs-134

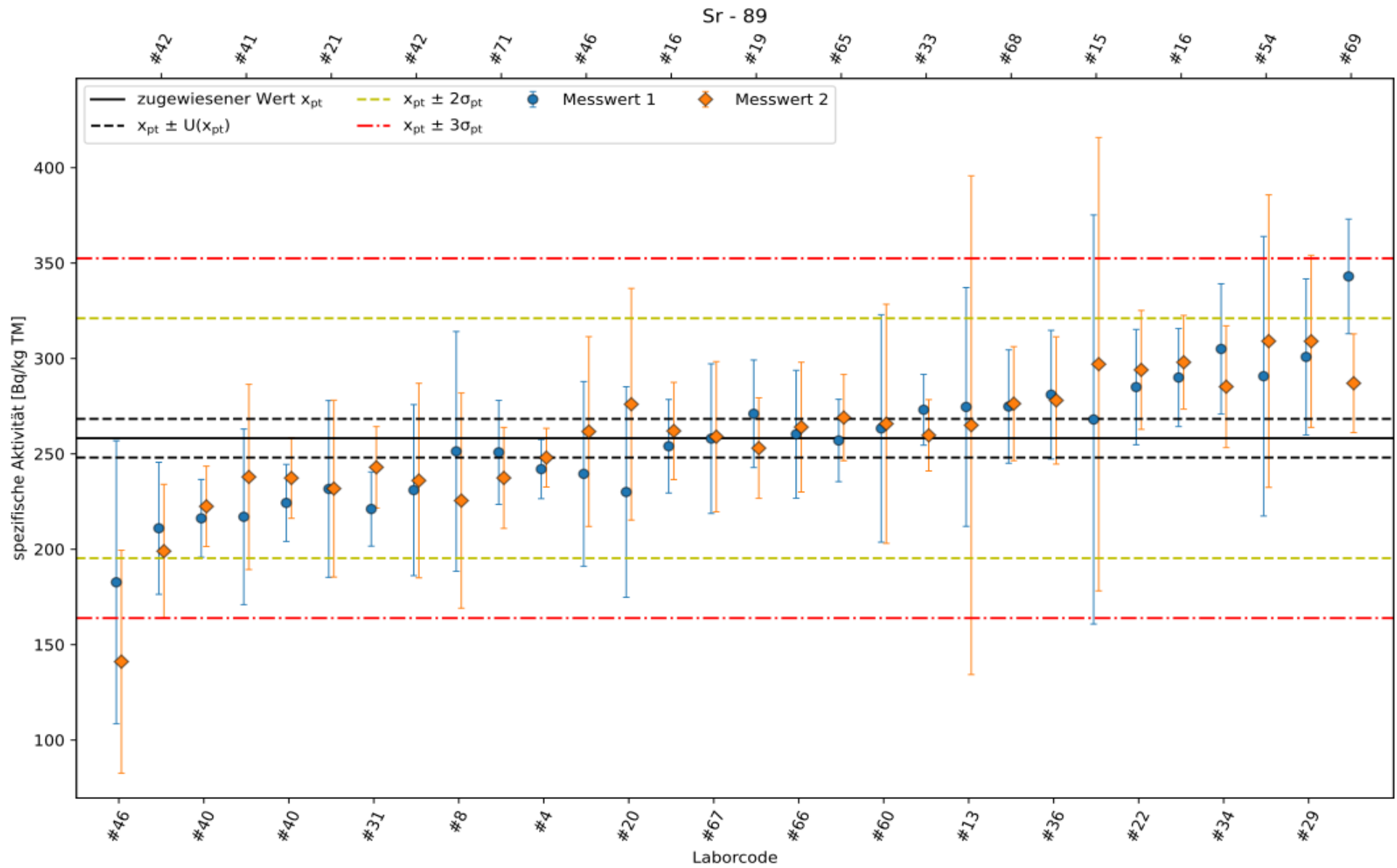
Cs - 137



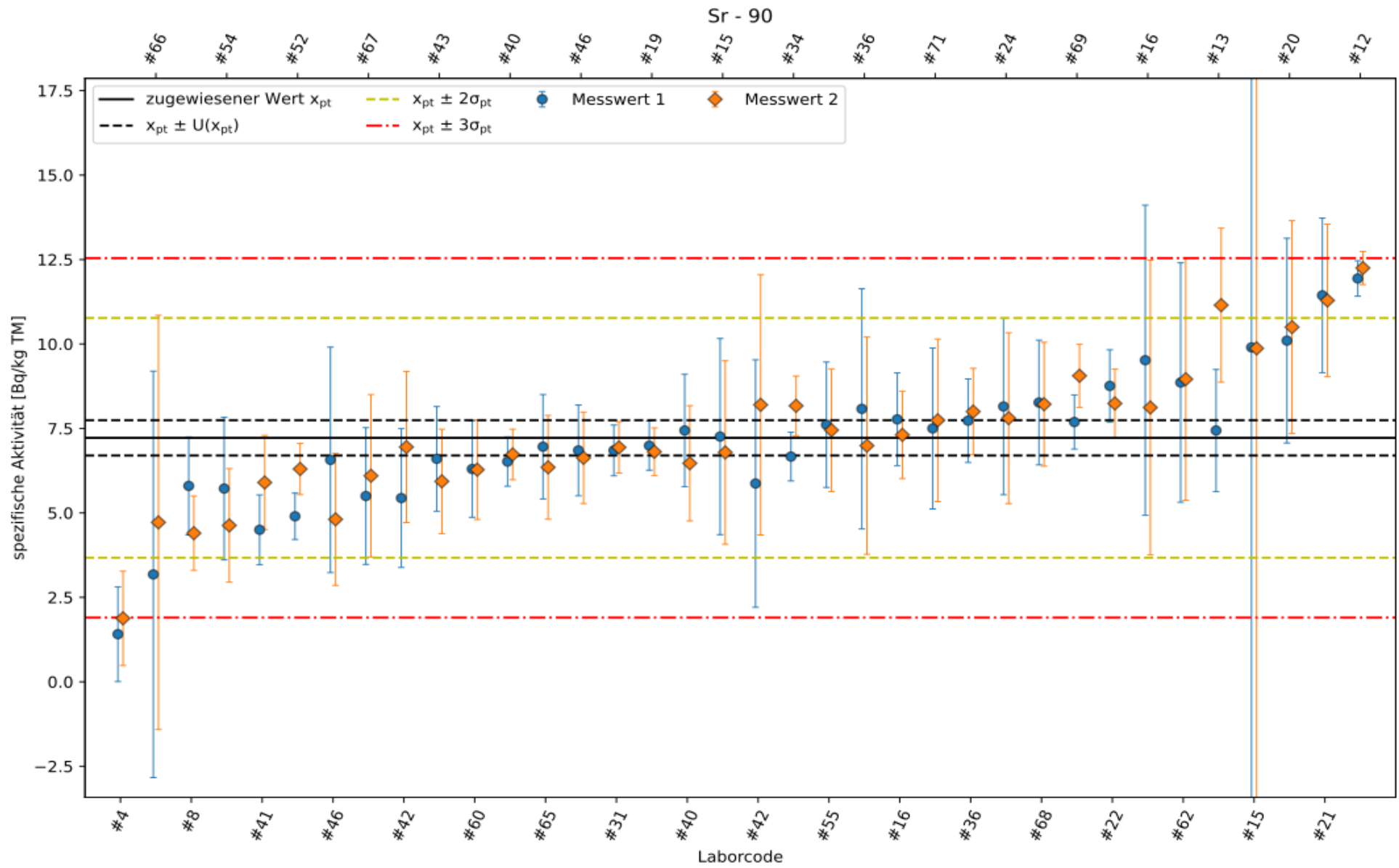
A.5 S-Plot Cs-137



A.6 S-Plot Pb-210



A.7 S-Plot Sr-89



A.8 S-Plot Sr-90

Tabelle A.1 Messwerte und Ergebnisse für K-40

K-40						
$x_{pt} = 597,07 \text{ Bq/kg TM}$, $\sigma_{pt} = 40,35 \text{ Bq/kg TM}$, $u(x_{pt}) = 4,25 \text{ Bq/kg TM}$						
Labor- code	M ₁ [Bq/kg TM]	M ₂ [Bq/kg TM]	z-Score ₁	z-Score ₂	ζ-Score ₁	ζ-Score ₂
2	616,4 ± 61,6	608,5 ± 60,9	0,5	0,3	0,3	0,2
3	595,7 ± 139,3	598,7 ± 140,0	-0,0	0,0	-0,0	0,0
4	571,0 ± 38,8	566,0 ± 38,5	-0,6	-0,8	-0,7	-0,8
5	704,9 ± 141,0	704,9 ± 141,0	2,7	2,7	0,8	0,8
6	567,1 ± 28,4	553,6 ± 27,7	-0,7	-1,1	-1,0	-1,6
7	571,0 ± 33,7	611,0 ± 40,3	-0,6	0,3	-0,8	0,3
8	574,3 ± 23,0	570,1 ± 22,8	-0,6	-0,7	-1,0	-1,2
9	575,0 ± 15,5	575,0 ± 16,1	-0,5	-0,5	-1,4	-1,3
9	558,0 ± 12,8	564,0 ± 13,0	-1,0	-0,8	-2,9	-2,4
10	597,2 ± 43,2	601,7 ± 43,5	0,0	0,1	0,0	0,1
11	647,6 ± 34,1	647,6 ± 33,6	1,3	1,3	1,5	1,5
12	732,0 ± 37,3	751,2 ± 38,2	3,3	3,8	3,6	4,0
12	743,0 ± 39,2	775,0 ± 40,0	3,6	4,4	3,7	4,4
13	648,0 ± 38,9	606,0 ± 36,4	1,3	0,2	1,3	0,2
14	636,0 ± 70,0	633,0 ± 69,6	1,0	0,9	0,6	0,5
15	587,0 ± 47,0	589,0 ± 47,1	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
15	594,0 ± 47,5	595,0 ± 47,6	-0,1	-0,1	-0,1	-0,0
16	573,0 ± 33,0	583,0 ± 33,6	-0,6	-0,3	-0,7	-0,4
17	595,0 ± 6,0	593,0 ± 5,9	-0,1	-0,1	-0,3	-0,6
18	597,5 ± 63,7	593,2 ± 63,3	0,0	-0,1	0,0	-0,1
18	579,6 ± 61,8	578,5 ± 61,7	-0,4	-0,5	-0,3	-0,3
19	605,0 ± 60,5	639,0 ± 63,9	0,2	1,0	0,1	0,7
20	544,0 ± 22,8	548,0 ± 22,5	-1,3	-1,2	-2,3	-2,1
21	580,8 ± 19,2	577,7 ± 19,1	-0,4	-0,5	-0,8	-1,0
22	598,0 ± 73,6	598,0 ± 73,6	0,0	0,0	0,0	0,0
23	533,5 ± 44,0	515,3 ± 42,5	-1,6	-2,0	-1,4	-1,9
24	551,5 ± 23,2	554,0 ± 23,3	-1,1	-1,1	-1,9	-1,8
25	561,6 ± 21,6	566,3 ± 21,9	-0,9	-0,8	-1,6	-1,4
26	676,0 ± 385,3	612,0 ± 324,4	2,0	0,4	0,2	0,0
27	552,0 ± 48,0	553,0 ± 48,1	-1,1	-1,1	-0,9	-0,9
28	555,2 ± 34,4	539,0 ± 33,4	-1,0	-1,4	-1,2	-1,7
29	543,1 ± 21,2	543,0 ± 19,0	-1,3	-1,3	-2,5	-2,8
30	580,0 ± 42,3	590,0 ± 54,9	-0,4	-0,2	-0,4	-0,1
31	580,4 ± 24,5	594,3 ± 25,1	-0,4	-0,1	-0,7	-0,1
32	646,2 ± 7,8	641,9 ± 8,3	1,2	1,1	5,6	4,8
33	603,0 ± 19,3	567,1 ± 19,3	0,1	-0,7	0,3	-1,5
34	590,2 ± 44,4	583,1 ± 43,8	-0,2	-0,3	-0,2	-0,3
35	640,0 ± 54,4	637,0 ± 54,1	1,1	1,0	0,8	0,7
36	555,8 ± 36,3	581,4 ± 38,0	-1,0	-0,4	-1,1	-0,4
37	601,0 ± 33,7	595,0 ± 33,3	0,1	-0,1	0,1	-0,1
38	616,0 ± 12,9	615,0 ± 12,9	0,5	0,4	1,4	1,3
39	580,0 ± 49,9	-	-0,4	-	-0,3	-
40	594,6 ± 25,5	604,8 ± 25,9	-0,1	0,2	-0,1	0,3
41	556,0 ± 47,3	576,0 ± 49,0	-1,0	-0,5	-0,9	-0,4
42	581,0 ± 40,7	580,0 ± 41,2	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4

K-40						
$x_{pt} = 597,07 \text{ Bq/kg TM}$, $\sigma_{pt} = 40,35 \text{ Bq/kg TM}$, $u(x_{pt}) = 4,25 \text{ Bq/kg TM}$						
Labor- code	M ₁ [Bq/kg TM]	M ₂ [Bq/kg TM]	z-Score ₁	z-Score ₂	ζ-Score ₁	ζ-Score ₂
43	599,1 ± 10,3	616,4 ± 10,6	0,1	0,5	0,2	1,7
44	579,4 ± 144,8	-	-0,4	-	-0,1	-
45	494,0 ± 20,7	512,0 ± 21,2	-2,6	-2,1	-4,9	-3,9
46	552,7 ± 36,5	569,0 ± 29,6	-1,1	-0,7	-1,2	-0,9
47	660,6 ± 90,5	662,4 ± 90,1	1,6	1,6	0,7	0,7
48	686,0 ± 64,2	680,0 ± 63,6	2,2	2,1	1,4	1,3
48	691,0 ± 64,7	694,0 ± 65,0	2,3	2,4	1,4	1,5
49	612,4 ± 26,3	592,7 ± 24,9	0,4	-0,1	0,6	-0,2
50	726,8 ± 12,3	730,8 ± 12,4	3,2	3,3	10,0	10,2
51	592,6 ± 17,8	595,3 ± 17,9	-0,1	-0,0	-0,2	-0,1
52	641,4 ± 19,2	651,9 ± 19,6	1,1	1,4	2,2	2,7
53	555,2 ± 27,2	558,9 ± 27,1	-1,0	-0,9	-1,5	-1,4
54	588,0 ± 31,8	585,0 ± 31,6	-0,2	-0,3	-0,3	-0,4
55	586,3 ± 22,0	596,9 ± 22,4	-0,3	-0,0	-0,5	-0,0
56	628,2 ± 32,7	617,6 ± 32,1	0,8	0,5	0,9	0,6
58	671,5 ± 54,2	656,0 ± 53,5	1,8	1,5	1,4	1,1
60	597,2 ± 37,1	647,7 ± 28,6	0,0	1,3	0,0	1,7
61	598,0 ± 29,9	603,0 ± 30,1	0,0	0,1	0,0	0,2
63	596,0 ± 51,3	575,3 ± 49,2	-0,0	-0,5	-0,0	-0,4
64	561,6 ± 22,1	566,2 ± 21,9	-0,9	-0,8	-1,6	-1,4
65	609,0 ± 43,8	604,0 ± 43,5	0,3	0,2	0,3	0,2
66	56,9 ± 3,1	63,0 ± 5,0	-13,4	-13,2	-102,5	-81,1
67	601,0 ± 20,4	601,0 ± 19,8	0,1	0,1	0,2	0,2
68	629,0 ± 36,6	620,0 ± 36,1	0,8	0,6	0,9	0,6
69	548,0 ± 12,3	576,0 ± 12,8	-1,2	-0,5	-3,8	-1,6
70	630,0 ± 49,8	-	0,8	-	0,7	-
71	624,6 ± 34,6	621,5 ± 47,9	0,7	0,6	0,8	0,5

Tabelle A.2 Messwerte und Ergebnisse für Co-60

Co-60						
$x_{pt} = 2,26 \text{ Bq/kg TM}$, $\sigma_{pt} = 0,23 \text{ Bq/kg TM}$, $u(x_{pt}) = 0,04 \text{ Bq/kg TM}$						
Labor- code	M ₁ [Bq/kg TM]	M ₂ [Bq/kg TM]	z-Score ₁	z-Score ₂	ζ-Score ₁	ζ-Score ₂
2	2,0 ± 1,0	2,6 ± 1,3	-1,2	1,7	-0,3	0,3
3	2,5 ± 0,6	2,9 ± 0,7	1,2	2,9	0,4	0,9
4	2,5 ± 0,2	2,5 ± 0,2	1,0	1,0	1,3	1,2
6	2,7 ± 0,3	2,8 ± 0,2	1,8	2,2	1,2	2,2
7	2,2 ± 0,1	2,4 ± 0,2	-0,1	0,8	-0,2	0,8
8	2,6 ± 0,3	1,9 ± 0,7	1,5	-1,6	1,2	-0,5
9	2,4 ± 0,1	2,5 ± 0,1	0,5	0,8	1,4	1,9
9	2,0 ± 0,1	2,4 ± 0,1	-0,9	0,4	-2,0	1,2
10	2,6 ± 0,2	2,6 ± 0,2	1,7	1,6	1,9	1,8
11	2,7 ± 0,2	2,6 ± 0,2	2,0	1,7	2,1	2,1
12	3,2 ± 0,9	3,0 ± 1,0	4,4	3,5	1,2	0,8

Co-60						
$x_{pt} = 2,26 \text{ Bq/kg TM}, \sigma_{pt} = 0,23 \text{ Bq/kg TM}, u(x_{pt}) = 0,04 \text{ Bq/kg TM}$						
Labor-code	M ₁ [Bq/kg TM]	M ₂ [Bq/kg TM]	z-Score ₁	z-Score ₂	ζ-Score ₁	ζ-Score ₂
12	2,7 ± 1,0	2,6 ± 0,8	2,0	1,7	0,4	0,5
13	2,0 ± 0,3	2,7 ± 0,2	-1,2	1,9	-1,0	2,0
14	2,6 ± 0,3	2,4 ± 0,3	1,7	0,5	1,2	0,3
15	2,1 ± 0,2	2,3 ± 0,2	-0,9	0,1	-1,0	0,1
15	2,4 ± 0,2	2,5 ± 0,2	0,5	0,8	0,6	0,8
16	2,4 ± 0,1	2,4 ± 0,1	0,5	0,5	0,8	0,7
17	2,5 ± 0,1	2,6 ± 0,1	1,2	1,4	3,6	4,2
18	2,5 ± 0,3	2,5 ± 0,3	1,2	1,2	1,0	1,0
18	2,4 ± 0,3	2,5 ± 0,3	0,7	1,0	0,6	0,8
19	2,4 ± 0,2	2,4 ± 0,3	0,8	0,5	0,7	0,4
20	2,2 ± 0,1	2,2 ± 0,1	-0,3	-0,3	-0,8	-0,9
21	2,3 ± 0,1	2,3 ± 0,1	0,2	0,2	0,5	0,5
22	2,5 ± 0,4	2,6 ± 0,3	1,0	1,6	0,6	1,1
23	2,6 ± 0,4	2,5 ± 0,0	1,5	1,0	0,9	5,3
24	2,5 ± 0,1	2,5 ± 0,1	0,9	0,9	1,8	1,9
25	2,2 ± 0,1	2,1 ± 0,1	-0,3	-0,8	-0,7	-1,3
26	3,6 ± 0,0	2,6 ± 0,0	5,9	1,5	27,3	7,6
27	2,4 ± 0,3	2,4 ± 0,3	0,5	0,8	0,4	0,6
28	2,6 ± 0,2	2,8 ± 0,3	1,6	2,4	1,5	2,1
29	2,3 ± 0,1	2,3 ± 0,1	0,3	0,1	0,6	0,3
30	2,0 ± 0,4	2,0 ± 0,4	-1,2	-1,2	-0,6	-0,7
31	2,7 ± 0,1	2,7 ± 0,1	1,9	1,9	2,9	2,9
32	2,3 ± 0,1	2,5 ± 0,1	0,3	1,2	0,9	2,7
33	2,4 ± 0,2	2,7 ± 0,3	0,8	1,8	0,8	1,4
34	2,7 ± 0,2	2,7 ± 0,2	2,0	1,8	2,2	2,0
35	2,9 ± 0,3	2,9 ± 0,3	2,7	2,8	2,4	2,4
36	2,5 ± 0,2	2,5 ± 0,2	0,9	1,2	1,2	1,5
37	2,4 ± 0,2	2,5 ± 0,2	0,8	1,0	1,1	1,4
38	2,4 ± 0,1	2,5 ± 0,1	0,5	0,9	1,1	1,9
39	2,6 ± 0,4	-	1,5	-	0,8	-
40	2,4 ± 0,2	2,3 ± 0,2	0,6	0,3	0,8	0,3
41	2,6 ± 0,2	2,6 ± 0,2	1,3	1,3	1,2	1,2
42	2,3 ± 0,1	2,2 ± 0,1	0,1	-0,4	0,1	-0,6
43	2,5 ± 0,2	2,9 ± 0,2	1,2	2,7	1,2	2,5
44	2,6 ± 0,6	2,3 ± 0,6	1,3	0,2	0,5	0,1
45	2,0 ± 0,3	2,0 ± 0,3	-1,2	-1,2	-1,0	-0,8
46	1,9 ± 0,2	2,2 ± 0,1	-1,4	-0,1	-1,9	-0,1
47	3,0 ± 0,4	3,0 ± 0,4	3,1	3,1	1,6	1,7
48	1,3 ± 0,1	1,4 ± 0,1	-4,1	-3,9	-8,0	-7,4
48	1,4 ± 0,1	1,4 ± 0,1	-3,7	-3,7	-7,1	-7,2
49	2,8 ± 0,2	2,2 ± 0,1	2,5	-0,0	3,6	-0,1
50	2,5 ± 0,0	2,6 ± 0,0	1,1	1,4	3,9	5,2
51	2,7 ± 0,1	2,7 ± 0,1	1,8	1,9	2,9	4,3
52	2,3 ± 0,1	2,4 ± 0,1	0,3	0,4	0,6	1,1
53	2,3 ± 0,2	2,2 ± 0,1	-0,0	-0,1	-0,1	-0,1

Co-60						
$x_{pt} = 2,26 \text{ Bq/kg TM}$, $\sigma_{pt} = 0,23 \text{ Bq/kg TM}$, $u(x_{pt}) = 0,04 \text{ Bq/kg TM}$						
Labor-code	M ₁ [Bq/kg TM]	M ₂ [Bq/kg TM]	z-Score ₁	z-Score ₂	ζ-Score ₁	ζ-Score ₂
54	2,6 ± 0,2	2,9 ± 0,2	1,7	2,8	2,4	3,8
55	2,1 ± 0,2	2,1 ± 0,1	-0,6	-0,6	-0,8	-1,0
56	2,4 ± 0,1	2,6 ± 0,1	0,5	1,3	0,8	1,9
60	2,1 ± 0,3	2,3 ± 0,2	-0,5	0,1	-0,4	0,1
61	2,8 ± 0,2	2,1 ± 0,2	2,3	-0,8	2,3	-1,0
63	2,0 ± 0,3	2,5 ± 0,3	-1,1	1,0	-0,8	0,7
64	2,2 ± 0,2	2,2 ± 0,1	-0,0	-0,2	-0,1	-0,4
65	2,6 ± 0,2	2,6 ± 0,2	1,4	1,3	1,4	1,5
66	4,0 ± 1,0	2,3 ± 1,3	7,8	0,3	1,8	0,0
67	2,1 ± 0,6	2,5 ± 0,6	-0,5	1,2	-0,2	0,4
68	2,3 ± 0,2	2,2 ± 0,2	0,0	-0,3	0,1	-0,3
69	2,2 ± 0,1	2,4 ± 0,1	-0,3	0,6	-0,6	1,2
70	2,4 ± 0,3	-	0,6	-	0,4	-
71	2,7 ± 0,1	2,5 ± 0,1	1,8	1,2	2,6	1,9

Tabelle A.3 Messwerte und Ergebnisse für Ba-133

Ba-133						
$x_{pt} = 11,09 \text{ Bq/kg TM}$, $\sigma_{pt} = 1,22 \text{ Bq/kg TM}$, $u(x_{pt}) = 0,13 \text{ Bq/kg TM}$						
Labor-code	M ₁ [Bq/kg TM]	M ₂ [Bq/kg TM]	z-Score ₁	z-Score ₂	ζ-Score ₁	ζ-Score ₂
2	10,3 ± 3,1	12,0 ± 3,6	-0,6	0,7	-0,3	0,3
3	11,8 ± 2,8	12,3 ± 2,9	0,6	1,0	0,3	0,4
4	10,2 ± 0,7	10,4 ± 0,7	-0,7	-0,6	-1,2	-0,9
6	10,0 ± 0,7	10,0 ± 0,6	-0,9	-0,9	-1,6	-1,8
7	10,3 ± 0,6	10,0 ± 0,7	-0,6	-0,9	-1,3	-1,5
8	11,7 ± 0,7	11,6 ± 0,7	0,5	0,4	0,9	0,7
9	10,2 ± 0,3	10,4 ± 0,2	-0,7	-0,6	-2,3	-2,9
9	10,6 ± 0,3	10,7 ± 0,2	-0,4	-0,3	-1,7	-1,4
10	11,8 ± 1,1	11,9 ± 1,1	0,6	0,6	0,6	0,7
11	13,0 ± 0,7	13,2 ± 0,7	1,6	1,7	2,7	3,0
12	15,4 ± 1,7	15,6 ± 1,0	3,5	3,7	2,6	4,6
12	15,9 ± 1,9	14,8 ± 1,6	4,0	3,0	2,5	2,4
13	11,7 ± 0,8	13,2 ± 0,9	0,5	1,7	0,7	2,3
14	11,0 ± 1,2	10,7 ± 1,2	-0,1	-0,3	-0,1	-0,3
15	10,2 ± 0,8	10,6 ± 0,8	-0,8	-0,4	-1,1	-0,6
15	11,3 ± 0,9	9,3 ± 0,8	0,2	-1,4	0,2	-2,0
16	10,8 ± 0,7	11,3 ± 0,7	-0,2	0,2	-0,4	0,3
17	10,9 ± 0,2	11,0 ± 0,2	-0,2	-0,1	-0,8	-0,4
18	11,7 ± 1,3	11,4 ± 1,2	0,5	0,3	0,4	0,3
18	11,7 ± 1,3	11,6 ± 1,2	0,5	0,4	0,5	0,4
19	12,0 ± 1,2	13,3 ± 1,3	0,7	1,8	0,8	1,7
20	10,1 ± 0,4	10,3 ± 0,4	-0,8	-0,6	-2,3	-1,9

Ba-133						
$x_{pt} = 11,09 \text{ Bq/kg TM}$, $\sigma_{pt} = 1,22 \text{ Bq/kg TM}$, $u(x_{pt}) = 0,13 \text{ Bq/kg TM}$						
Labor-code	M ₁ [Bq/kg TM]	M ₂ [Bq/kg TM]	z-Score ₁	z-Score ₂	ζ-Score ₁	ζ-Score ₂
21	10,0 ± 0,2	9,8 ± 0,2	-0,9	-1,0	-4,6	-5,0
22	10,1 ± 1,4	10,2 ± 1,4	-0,8	-0,7	-0,7	-0,6
23	12,1 ± 1,2	11,9 ± 1,1	0,8	0,7	0,8	0,7
24	11,1 ± 0,5	11,0 ± 0,4	-0,0	-0,1	-0,1	-0,2
25	10,9 ± 0,4	10,2 ± 0,5	-0,2	-0,8	-0,5	-1,9
26	11,5 ± 0,1	9,4 ± 0,1	0,3	-1,4	2,1	-9,1
27	12,1 ± 1,1	12,4 ± 1,2	0,8	1,1	0,9	1,1
28	10,4 ± 0,6	10,8 ± 0,5	-0,6	-0,3	-1,2	-0,6
29	11,6 ± 0,4	11,4 ± 0,4	0,4	0,2	1,1	0,7
30	9,8 ± 1,0	11,5 ± 1,1	-1,1	0,3	-1,3	0,4
31	11,2 ± 0,8	11,6 ± 0,9	0,1	0,4	0,1	0,5
32	12,3 ± 0,4	12,3 ± 0,5	1,0	1,0	2,9	2,4
33	11,5 ± 0,4	11,5 ± 0,5	0,4	0,3	1,1	0,8
34	12,8 ± 1,0	12,8 ± 1,0	1,4	1,4	1,7	1,7
35	12,6 ± 1,0	12,9 ± 1,0	1,2	1,5	1,5	1,7
36	11,2 ± 0,8	11,6 ± 0,8	0,1	0,5	0,1	0,6
37	11,7 ± 0,6	12,1 ± 0,7	0,5	0,8	0,9	1,5
38	11,5 ± 0,3	11,0 ± 0,2	0,3	-0,1	1,4	-0,3
39	12,0 ± 2,0	-	0,7	-	0,5	-
40	9,7 ± 0,8	9,6 ± 0,8	-1,2	-1,2	-1,9	-2,0
41	10,4 ± 0,9	9,8 ± 0,8	-0,5	-1,0	-0,8	-1,5
42	9,9 ± 0,6	9,9 ± 0,6	-1,0	-1,0	-1,8	-1,9
43	10,8 ± 0,9	10,8 ± 0,7	-0,3	-0,2	-0,4	-0,4
44	10,9 ± 2,7	10,2 ± 2,5	-0,2	-0,7	-0,1	-0,4
45	10,0 ± 0,6	8,0 ± 0,6	-0,9	-2,5	-1,8	-5,0
46	10,2 ± 0,5	11,2 ± 1,1	-0,7	0,1	-1,7	0,1
47	14,3 ± 2,0	12,8 ± 1,7	2,6	1,4	1,6	1,0
48	6,6 ± 0,6	6,5 ± 0,6	-3,7	-3,8	-6,9	-7,2
48	6,0 ± 0,6	6,2 ± 0,6	-4,2	-4,1	-8,7	-8,3
49	10,3 ± 0,5	10,5 ± 0,4	-0,6	-0,5	-1,6	-1,4
50	64,5 ± 1,0	64,5 ± 1,0	43,9	43,9	51,8	51,8
51	11,2 ± 0,3	11,3 ± 0,3	0,0	0,2	0,2	0,6
52	10,3 ± 0,3	10,4 ± 0,3	-0,6	-0,6	-2,3	-2,1
53	10,5 ± 0,4	10,2 ± 0,4	-0,5	-0,7	-1,3	-2,0
54	12,0 ± 0,6	12,4 ± 0,6	0,7	1,1	1,5	2,1
55	10,3 ± 0,4	10,1 ± 0,4	-0,6	-0,8	-1,7	-2,3
56	12,4 ± 0,7	12,3 ± 0,7	1,1	1,0	2,0	1,8
60	11,2 ± 0,7	11,4 ± 0,7	0,1	0,2	0,2	0,4
61	11,7 ± 0,6	11,2 ± 0,6	0,5	0,1	1,0	0,2
63	10,5 ± 0,9	11,3 ± 1,0	-0,5	0,1	-0,6	0,2
64	9,1 ± 0,5	9,2 ± 0,4	-1,7	-1,6	-4,3	-4,4
65	12,8 ± 1,1	12,7 ± 1,1	1,4	1,3	1,6	1,5
66	8,2 ± 0,9	8,6 ± 1,4	-2,3	-2,0	-3,0	-1,8
67	12,1 ± 0,6	12,0 ± 0,6	0,8	0,7	1,6	1,5
68	10,8 ± 0,8	11,2 ± 0,8	-0,2	0,1	-0,4	0,1
69	10,1 ± 0,2	10,0 ± 0,2	-0,8	-0,9	-3,9	-4,4

Ba-133						
$x_{pt} = 11,09 \text{ Bq/kg TM}$, $\sigma_{pt} = 1,22 \text{ Bq/kg TM}$, $u(x_{pt}) = 0,13 \text{ Bq/kg TM}$						
Labor- code	M ₁ [Bq/kg TM]	M ₂ [Bq/kg TM]	z-Score ₁	z-Score ₂	ζ-Score ₁	ζ-Score ₂
70	10,0 ± 0,8	-	-0,9	-	-1,4	-
71	10,5 ± 0,4	10,9 ± 0,6	-0,5	-0,2	-1,5	-0,3

Tabelle A.4 Messwerte und Ergebnisse für Cs-134

Cs-134						
$x_{pt} = 69,84 \text{ Bq/kg TM}$, $\sigma_{pt} = 6,15 \text{ Bq/kg TM}$, $u(x_{pt}) = 0,64 \text{ Bq/kg TM}$						
Labor- code	M ₁ [Bq/kg TM]	M ₂ [Bq/kg TM]	z-Score ₁	z-Score ₂	ζ-Score ₁	ζ-Score ₂
1	72,3 ± 7,2	72,4 ± 7,2	0,4	0,4	0,3	0,3
2	74,6 ± 7,5	74,3 ± 7,4	0,8	0,7	0,6	0,6
3	78,0 ± 18,2	78,8 ± 18,4	1,3	1,5	0,4	0,5
4	71,0 ± 4,0	70,1 ± 3,9	0,2	0,0	0,3	0,1
5	68,0 ± 6,8	68,0 ± 6,8	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3
6	70,0 ± 3,5	68,5 ± 3,4	0,0	-0,2	0,0	-0,4
7	65,9 ± 3,2	69,7 ± 4,0	-0,6	-0,0	-1,2	-0,0
8	70,0 ± 2,3	73,1 ± 2,2	0,0	0,5	0,1	1,4
9	64,8 ± 2,0	65,1 ± 2,0	-0,8	-0,8	-2,4	-2,2
9	64,3 ± 1,3	65,2 ± 1,3	-0,9	-0,8	-3,9	-3,2
10	75,3 ± 4,8	74,0 ± 4,7	0,9	0,7	1,1	0,9
11	78,8 ± 4,0	79,8 ± 4,0	1,5	1,6	2,2	2,4
12	89,1 ± 3,4	89,2 ± 4,0	3,1	3,1	5,6	4,8
12	82,2 ± 4,0	82,5 ± 4,1	2,0	2,1	3,0	3,0
13	76,5 ± 3,8	76,5 ± 3,8	1,1	1,1	1,7	1,7
14	76,0 ± 7,6	74,5 ± 7,5	1,0	0,8	0,8	0,6
15	64,8 ± 5,2	65,6 ± 5,2	-0,8	-0,7	-1,0	-0,8
15	71,6 ± 5,7	61,2 ± 4,9	0,3	-1,4	0,3	-1,8
16	70,1 ± 3,3	71,4 ± 3,4	0,0	0,3	0,1	0,5
17	70,1 ± 0,6	70,4 ± 0,6	0,0	0,1	0,3	0,6
18	71,4 ± 7,6	70,9 ± 7,5	0,3	0,2	0,2	0,1
18	71,6 ± 7,7	70,9 ± 7,6	0,3	0,2	0,2	0,1
19	73,1 ± 7,3	74,1 ± 7,4	0,5	0,7	0,4	0,6
20	63,2 ± 1,2	64,0 ± 1,2	-1,1	-0,9	-4,9	-4,3
21	63,1 ± 0,9	61,7 ± 0,9	-1,1	-1,3	-6,2	-7,6
22	69,5 ± 9,1	67,8 ± 8,8	-0,1	-0,3	-0,0	-0,2
23	73,3 ± 6,0	69,9 ± 5,8	0,6	0,0	0,6	0,0
24	68,4 ± 1,6	68,4 ± 1,5	-0,2	-0,2	-0,9	-0,9
25	62,1 ± 2,4	61,8 ± 2,4	-1,3	-1,3	-3,1	-3,3
26	79,1 ± 4,9	77,2 ± 4,6	1,5	1,2	1,9	1,6
27	79,0 ± 6,7	78,9 ± 6,7	1,5	1,5	1,4	1,3
28	68,7 ± 3,0	68,2 ± 3,0	-0,2	-0,3	-0,4	-0,5
29	65,5 ± 2,5	65,3 ± 2,2	-0,7	-0,7	-1,7	-2,0
30	66,0 ± 5,5	74,0 ± 7,0	-0,6	0,7	-0,7	0,6
31	72,1 ± 4,3	73,8 ± 4,4	0,4	0,6	0,5	0,9
32	69,2 ± 0,2	68,5 ± 0,4	-0,1	-0,2	-1,0	-1,8
33	76,7 ± 2,1	70,7 ± 2,0	1,1	0,1	3,2	0,4

Cs-134						
$x_{pt} = 69,84 \text{ Bq/kg TM}$, $\sigma_{pt} = 6,15 \text{ Bq/kg TM}$, $u(x_{pt}) = 0,64 \text{ Bq/kg TM}$						
Labor- code	M ₁ [Bq/kg TM]	M ₂ [Bq/kg TM]	z-Score ₁	z-Score ₂	ζ-Score ₁	ζ-Score ₂
34	75,8 ± 5,1	76,0 ± 5,2	1,0	1,0	1,2	1,2
35	78,6 ± 6,1	78,3 ± 6,1	1,4	1,4	1,4	1,4
36	70,5 ± 4,1	72,6 ± 4,2	0,1	0,5	0,2	0,7
37	71,2 ± 3,7	71,2 ± 3,7	0,2	0,2	0,4	0,4
38	68,3 ± 1,3	68,0 ± 1,3	-0,2	-0,3	-1,1	-1,3
39	70,0 ± 5,0	-	0,0	-	0,0	-
40	59,6 ± 3,6	58,1 ± 3,5	-1,7	-1,9	-2,8	-3,3
41	69,1 ± 5,4	71,2 ± 5,6	-0,1	0,2	-0,1	0,2
42	63,7 ± 3,1	61,2 ± 3,1	-1,0	-1,4	-1,9	-2,8
43	68,1 ± 1,3	68,5 ± 1,3	-0,3	-0,2	-1,2	-0,9
44	69,3 ± 17,3	66,8 ± 16,7	-0,1	-0,5	-0,0	-0,2
45	53,0 ± 1,8	53,0 ± 1,8	-2,7	-2,7	-8,7	-8,7
46	64,7 ± 4,0	68,3 ± 3,3	-0,8	-0,2	-1,3	-0,5
47	85,0 ± 11,5	77,7 ± 10,5	2,5	1,3	1,3	0,7
48	38,1 ± 4,0	38,7 ± 4,1	-5,2	-5,1	-7,8	-7,5
48	36,8 ± 3,9	37,2 ± 3,9	-5,4	-5,3	-8,4	-8,2
49	63,6 ± 1,6	62,9 ± 1,4	-1,0	-1,1	-3,6	-4,5
50	23,4 ± 0,4	23,6 ± 0,4	-7,6	-7,5	-62,8	-62,3
51	74,1 ± 2,2	72,6 ± 2,2	0,7	0,5	1,8	1,2
52	67,4 ± 2,0	65,2 ± 2,0	-0,4	-0,8	-1,1	-2,3
53	70,7 ± 2,6	69,9 ± 2,5	0,1	0,0	0,3	0,0
54	74,1 ± 2,9	74,7 ± 2,9	0,7	0,8	1,4	1,6
55	65,4 ± 2,3	64,1 ± 2,3	-0,7	-0,9	-1,8	-2,4
56	76,0 ± 4,0	75,5 ± 3,9	1,0	0,9	1,6	1,4
58	68,8 ± 2,4	71,7 ± 2,4	-0,2	0,3	-0,4	0,7
59	50,9 ± 1,4	51,7 ± 1,3	-3,1	-2,9	-12,1	-12,6
60	72,0 ± 2,7	72,0 ± 2,7	0,4	0,4	0,8	0,8
61	77,1 ± 3,9	75,1 ± 3,8	1,2	0,9	1,9	1,4
63	66,4 ± 5,3	69,0 ± 5,6	-0,6	-0,1	-0,6	-0,1
64	61,4 ± 2,4	61,8 ± 2,4	-1,4	-1,3	-3,4	-3,3
65	76,2 ± 5,2	76,7 ± 5,2	1,0	1,1	1,2	1,3
66	68,6 ± 3,9	70,3 ± 5,6	-0,2	0,1	-0,3	0,1
67	71,5 ± 3,9	72,6 ± 3,8	0,3	0,4	0,4	0,7
68	68,1 ± 3,1	67,1 ± 3,1	-0,3	-0,4	-0,5	-0,9
69	64,1 ± 0,8	67,2 ± 0,9	-0,9	-0,4	-5,4	-2,4
70	69,0 ± 3,2	-	-0,1	-	-0,3	-
71	73,2 ± 1,8	70,6 ± 1,8	0,6	0,1	1,8	0,4

Tabelle A.5 Messwerte und Ergebnisse für Cs-137

Cs-137						
$x_{pt} = 22,66 \text{ Bq/kg TM}$, $\sigma_{pt} = 2,05 \text{ Bq/kg TM}$, $u(x_{pt}) = 0,21 \text{ Bq/kg TM}$						
Labor- code	M ₁ [Bq/kg TM]	M ₂ [Bq/kg TM]	z-Score ₁	z-Score ₂	ζ-Score ₁	ζ-Score ₂
1	23,9 ± 2,4	24,3 ± 2,4	0,6	0,8	0,5	0,7
2	23,2 ± 2,3	23,3 ± 2,3	0,3	0,3	0,2	0,3
3	24,8 ± 5,8	24,5 ± 5,7	1,0	0,9	0,4	0,3
4	0,9 ± 0,1	0,9 ± 0,1	-10,6	-10,6	-96,6	-96,5
5	25,0 ± 2,5	25,0 ± 2,5	1,2	1,2	0,9	0,9
6	22,4 ± 1,3	22,0 ± 1,3	-0,1	-0,3	-0,2	-0,5
7	22,0 ± 1,6	21,7 ± 1,2	-0,3	-0,5	-0,4	-0,8
8	23,2 ± 1,2	21,4 ± 1,3	0,3	-0,6	0,4	-1,0
9	21,6 ± 0,7	21,5 ± 0,7	-0,5	-0,6	-1,5	-1,6
9	20,8 ± 0,5	21,2 ± 0,4	-0,9	-0,7	-3,7	-3,0
10	23,9 ± 2,2	24,5 ± 2,2	0,6	0,9	0,6	0,8
11	24,4 ± 1,3	25,6 ± 1,3	0,9	1,4	1,3	2,2
12	28,7 ± 1,9	29,0 ± 1,9	2,9	3,1	3,2	3,3
12	29,8 ± 2,0	29,7 ± 2,0	3,5	3,4	3,6	3,5
13	23,8 ± 1,7	24,1 ± 1,7	0,6	0,7	0,7	0,8
14	26,1 ± 2,9	25,5 ± 2,8	1,7	1,4	1,2	1,0
15	21,2 ± 1,7	21,1 ± 1,7	-0,7	-0,8	-0,9	-0,9
15	23,2 ± 1,9	22,9 ± 1,8	0,3	0,1	0,3	0,1
16	23,1 ± 1,7	22,9 ± 1,7	0,2	0,1	0,3	0,1
17	22,1 ± 0,3	22,4 ± 0,3	-0,3	-0,1	-1,4	-0,7
18	23,4 ± 2,5	22,8 ± 2,4	0,4	0,1	0,3	0,0
18	23,2 ± 2,5	22,8 ± 2,4	0,3	0,1	0,2	0,1
19	23,0 ± 2,3	23,1 ± 2,3	0,2	0,2	0,1	0,2
20	20,4 ± 1,2	20,8 ± 1,2	-1,1	-0,9	-1,8	-1,5
21	21,8 ± 0,7	21,8 ± 0,8	-0,4	-0,4	-1,2	-1,0
22	23,4 ± 3,1	23,0 ± 3,0	0,4	0,2	0,2	0,1
23	22,1 ± 1,9	20,8 ± 1,8	-0,3	-0,9	-0,3	-1,0
24	21,8 ± 1,3	22,2 ± 1,3	-0,4	-0,2	-0,7	-0,4
25	19,6 ± 0,8	19,7 ± 0,8	-1,5	-1,5	-3,9	-3,7
26	25,1 ± 0,6	25,1 ± 0,6	1,2	1,2	4,0	4,1
27	25,2 ± 2,2	24,9 ± 2,2	1,2	1,1	1,2	1,0
28	22,0 ± 1,3	21,5 ± 1,3	-0,3	-0,5	-0,5	-0,9
29	20,4 ± 0,8	20,5 ± 0,7	-1,1	-1,1	-2,9	-3,0
30	22,0 ± 1,7	23,2 ± 2,0	-0,3	0,3	-0,4	0,3
31	23,1 ± 1,4	24,0 ± 1,5	0,2	0,6	0,3	0,9
32	24,2 ± 0,2	23,7 ± 0,3	0,8	0,5	4,9	3,1
33	23,0 ± 0,8	22,1 ± 0,8	0,1	-0,3	0,4	-0,7
34	24,2 ± 2,1	23,6 ± 2,1	0,8	0,5	0,7	0,5
35	24,8 ± 2,1	24,5 ± 2,1	1,0	0,9	1,0	0,9
36	22,4 ± 1,8	23,0 ± 1,8	-0,1	0,2	-0,1	0,2
37	23,0 ± 1,3	23,0 ± 1,3	0,2	0,2	0,3	0,3
38	23,7 ± 0,5	23,6 ± 0,5	0,5	0,5	1,9	1,7
39	22,0 ± 2,0	-	-0,3	-	-0,3	-
40	18,6 ± 1,2	18,6 ± 1,2	-2,0	-2,0	-3,5	-3,5
41	22,2 ± 1,9	22,4 ± 1,9	-0,2	-0,1	-0,2	-0,1

Cs-137						
$x_{pt} = 22,66 \text{ Bq/kg TM}$, $\sigma_{pt} = 2,05 \text{ Bq/kg TM}$, $u(x_{pt}) = 0,21 \text{ Bq/kg TM}$						
Labor-code	M ₁ [Bq/kg TM]	M ₂ [Bq/kg TM]	z-Score ₁	z-Score ₂	ζ-Score ₁	ζ-Score ₂
42	20,5 ± 1,8	19,8 ± 1,7	-1,1	-1,4	-1,2	-1,6
43	22,2 ± 0,5	22,4 ± 0,5	-0,2	-0,1	-0,8	-0,5
44	22,7 ± 5,7	22,0 ± 5,5	-0,0	-0,3	-0,0	-0,1
45	18,0 ± 0,8	19,0 ± 0,8	-2,3	-1,8	-5,9	-4,4
46	20,9 ± 0,5	22,0 ± 1,1	-0,9	-0,3	-3,2	-0,6
47	27,4 ± 3,8	24,4 ± 3,3	2,3	0,9	1,3	0,5
48	11,9 ± 0,9	12,2 ± 0,9	-5,2	-5,1	-12,0	-11,4
48	12,4 ± 0,9	12,1 ± 0,9	-5,0	-5,1	-11,0	-11,6
49	23,4 ± 1,0	22,7 ± 0,9	0,3	0,0	0,7	0,0
50	10,7 ± 0,2	10,9 ± 0,2	-5,8	-5,7	-43,0	-41,6
51	23,1 ± 0,7	23,0 ± 0,7	0,2	0,1	0,7	0,4
52	23,6 ± 0,5	23,5 ± 0,5	0,5	0,4	1,8	1,7
53	21,4 ± 0,8	20,9 ± 0,8	-0,6	-0,9	-1,5	-2,2
54	23,9 ± 1,2	24,0 ± 1,2	0,6	0,7	1,0	1,1
55	20,2 ± 0,8	20,8 ± 0,8	-1,2	-0,9	-3,1	-2,4
56	24,9 ± 1,3	25,2 ± 1,3	1,1	1,2	1,7	1,9
57	177,0 ± 12,3	178,8 ± 12,4	75,1	76,0	12,6	12,6
58	24,0 ± 1,4	25,0 ± 1,7	0,6	1,1	0,9	1,4
59	19,3 ± 1,1	18,4 ± 0,9	-1,6	-2,1	-3,0	-4,6
60	23,0 ± 0,5	23,3 ± 0,6	0,2	0,3	0,6	1,0
61	24,3 ± 1,2	23,5 ± 1,2	0,8	0,4	1,3	0,7
63	21,1 ± 1,8	22,0 ± 1,9	-0,8	-0,3	-0,9	-0,4
64	19,4 ± 0,8	19,7 ± 0,8	-1,6	-1,4	-3,9	-3,7
65	24,0 ± 2,0	24,0 ± 2,0	0,7	0,6	0,7	0,6
66	20,7 ± 1,7	23,7 ± 2,7	-1,0	0,5	-1,2	0,4
67	23,8 ± 0,9	23,4 ± 0,8	0,6	0,4	1,2	0,8
68	24,6 ± 1,9	25,0 ± 1,9	0,9	1,1	1,0	1,2
69	20,2 ± 0,4	21,2 ± 0,4	-1,2	-0,7	-5,2	-3,0
70	23,4 ± 1,9	-	0,4	-	0,4	-
71	23,3 ± 1,1	23,1 ± 1,1	0,3	0,2	0,6	0,4

Tabelle A.6 Messwerte und Ergebnisse für Pb-210

Pb-210						
$x_{pt} = 102,72 \text{ Bq/kg TM}, \sigma_{pt} = 8,22 \text{ Bq/kg TM}, u(x_{pt}) = 2,19 \text{ Bq/kg TM}$						
Labor- code	M_1 [Bq/kg TM]	M_2 [Bq/kg TM]	z-Score ₁	z-Score ₂	ζ -Score ₁	ζ -Score ₂
17	103,0 ± 3,9	105,0 ± 4,0	0,0	0,3	0,1	0,5
23	96,8 ± 9,3	93,7 ± 8,8	-0,7	-1,1	-0,6	-1,0
25	109,1 ± 5,4	106,5 ± 5,3	0,8	0,5	1,1	0,7
36	100,1 ± 15,7	106,8 ± 16,7	-0,3	0,5	-0,2	0,2
39	110,0 ± 10,0	-	0,9	-	0,7	-
43	96,3 ± 10,9	100,7 ± 11,1	-0,8	-0,3	-0,6	-0,2
46	92,2 ± 9,5	93,3 ± 5,1	-1,3	-1,2	-1,1	-1,7
52	110,2 ± 4,4	110,2 ± 4,4	0,9	0,9	1,5	1,5
60	115,0 ± 16,1	99,0 ± 16,1	1,5	-0,5	0,8	-0,2
65	100,5 ± 14,9	100,2 ± 14,8	-0,3	-0,3	-0,1	-0,2
68	106,0 ± 19,5	118,0 ± 20,5	0,4	1,9	0,2	0,7
70	85,0 ± 8,2	-	-2,2	-	-2,1	-

Tabelle A.7 Messwerte und Ergebnisse für Sr-89

Sr-89						
$x_{pt} = 258,19 \text{ Bq/kg TM}$, $\sigma_{pt} = 31,43 \text{ Bq/kg TM}$, $u(x_{pt}) = 5,07 \text{ Bq/kg TM}$						
Labor- code	M ₁ [Bq/kg TM]	M ₂ [Bq/kg TM]	z-Score ₁	z-Score ₂	ζ-Score ₁	ζ-Score ₂
4	242,0 ± 7,7	248,0 ± 7,7	-0,5	-0,3	-1,7	-1,1
8	251,3 ± 31,4	225,5 ± 28,2	-0,2	-1,0	-0,2	-1,1
13	274,6 ± 31,3	265,0 ± 65,3	0,5	0,2	0,5	0,1
15	268,0 ± 53,6	297,0 ± 59,4	0,3	1,2	0,2	0,7
16	254,0 ± 12,2	262,0 ± 12,7	-0,1	0,1	-0,3	0,3
16	290,0 ± 12,8	298,0 ± 12,3	1,0	1,3	2,3	3,0
19	271,0 ± 14,1	253,0 ± 13,2	0,4	-0,2	0,9	-0,4
20	230,0 ± 27,6	276,0 ± 30,4	-0,9	0,6	-1,0	0,6
21	231,6 ± 23,2	231,8 ± 23,2	-0,8	-0,8	-1,1	-1,1
22	285,0 ± 15,1	294,0 ± 15,6	0,9	1,1	1,7	2,2
29	300,8 ± 20,5	309,0 ± 22,6	1,4	1,6	2,0	2,2
31	221,1 ± 9,7	243,0 ± 10,7	-1,2	-0,5	-3,4	-1,3
33	273,1 ± 9,3	259,7 ± 9,3	0,5	0,0	1,4	0,1
34	305,0 ± 17,1	285,2 ± 16,0	1,5	0,9	2,6	1,6
36	281,0 ± 16,9	278,0 ± 16,7	0,7	0,6	1,3	1,1
40	224,3 ± 10,1	237,3 ± 10,6	-1,1	-0,7	-3,0	-1,8
40	216,2 ± 10,2	222,5 ± 10,5	-1,3	-1,1	-3,7	-3,1
41	217,0 ± 23,0	237,9 ± 24,3	-1,3	-0,6	-1,7	-0,8
42	211,0 ± 17,3	199,0 ± 17,5	-1,5	-1,9	-2,6	-3,2
42	231,0 ± 22,4	236,0 ± 25,5	-0,9	-0,7	-1,2	-0,9
46	239,5 ± 24,2	261,7 ± 24,9	-0,6	0,1	-0,8	0,1
46	182,7 ± 37,1	141,1 ± 29,2	-2,4	-3,7	-2,0	-3,9
54	290,7 ± 36,6	309,1 ± 38,3	1,0	1,6	0,9	1,3
60	263,3 ± 29,8	265,8 ± 31,3	0,2	0,2	0,2	0,2
65	257,0 ± 10,8	269,0 ± 11,3	-0,0	0,3	-0,1	0,9
66	260,3 ± 16,8	264,0 ± 17,0	0,1	0,2	0,1	0,3
67	258,0 ± 19,6	259,0 ± 19,7	-0,0	0,0	-0,0	0,0
68	274,8 ± 14,9	276,3 ± 14,9	0,5	0,6	1,1	1,1
69	343,0 ± 15,0	287,0 ± 12,9	2,7	0,9	5,3	2,1
71	250,8 ± 13,6	237,4 ± 13,2	-0,2	-0,7	-0,5	-1,5

Tabelle A.8 Messwerte und Ergebnisse für Sr-90

Sr-90						
$x_{pt} = 7,22 \text{ Bq/kg TM}, \sigma_{pt} = 1,77 \text{ Bq/kg TM}, u(x_{pt}) = 0,26 \text{ Bq/kg TM}$						
Labor- code	M ₁ [Bq/kg TM]	M ₂ [Bq/kg TM]	z-Score ₁	z-Score ₂	ζ-Score ₁	ζ-Score ₂
4	1,4 ± 0,7	1,9 ± 0,7	-3,3	-3,0	-7,8	-7,2
8	5,8 ± 0,7	4,4 ± 0,6	-0,8	-1,6	-1,8	-4,6
12	11,9 ± 0,3	12,2 ± 0,2	2,7	2,8	12,7	14,0
13	7,4 ± 0,9	11,2 ± 1,1	0,1	2,2	0,2	3,4
15	7,3 ± 1,5	6,8 ± 1,4	0,0	-0,2	0,0	-0,3
15	9,9 ± 9,9	9,9 ± 9,9	1,5	1,5	0,3	0,3
16	9,5 ± 2,3	8,1 ± 2,2	1,3	0,5	1,0	0,4
16	7,8 ± 0,7	7,3 ± 0,6	0,3	0,0	0,7	0,1
19	7,0 ± 0,4	6,8 ± 0,4	-0,1	-0,2	-0,5	-0,9
20	10,1 ± 1,5	10,5 ± 1,6	1,6	1,8	1,9	2,1
21	11,4 ± 1,1	11,3 ± 1,1	2,4	2,3	3,6	3,5
22	8,8 ± 0,5	8,2 ± 0,5	0,9	0,6	2,6	1,8
24	8,2 ± 1,3	7,8 ± 1,3	0,5	0,3	0,7	0,5
31	6,8 ± 0,4	6,9 ± 0,4	-0,2	-0,2	-0,8	-0,6
34	6,7 ± 0,4	8,2 ± 0,4	-0,3	0,5	-1,2	1,8
36	8,1 ± 1,8	7,0 ± 1,6	0,5	-0,1	0,5	-0,1
36	7,7 ± 0,6	8,0 ± 0,6	0,3	0,4	0,8	1,1
40	6,5 ± 0,4	6,7 ± 0,4	-0,4	-0,3	-1,6	-1,1
40	7,4 ± 0,8	6,5 ± 0,9	0,1	-0,4	0,3	-0,8
41	4,5 ± 0,5	5,9 ± 0,7	-1,5	-0,7	-4,7	-1,8
42	5,4 ± 1,0	7,0 ± 1,1	-1,0	-0,2	-1,7	-0,2
42	5,9 ± 1,8	8,2 ± 1,9	-0,8	0,6	-0,7	0,5
43	6,6 ± 0,8	5,9 ± 0,8	-0,4	-0,7	-0,8	-1,6
46	6,8 ± 0,7	6,6 ± 0,7	-0,2	-0,3	-0,5	-0,8
46	6,6 ± 1,7	4,8 ± 1,0	-0,4	-1,4	-0,4	-2,4
52	4,9 ± 0,3	6,3 ± 0,4	-1,3	-0,5	-5,4	-2,0
54	5,7 ± 1,1	4,6 ± 0,8	-0,8	-1,5	-1,4	-2,9
55	7,6 ± 0,9	7,5 ± 0,9	0,2	0,1	0,4	0,2
60	6,3 ± 0,7	6,3 ± 0,7	-0,5	-0,5	-1,2	-1,2
62	8,9 ± 1,8	9,0 ± 1,8	0,9	1,0	0,9	1,0
65	7,0 ± 0,8	6,3 ± 0,8	-0,1	-0,5	-0,3	-1,1
66	3,2 ± 3,0	4,7 ± 3,1	-2,3	-1,4	-1,3	-0,8
67	5,5 ± 1,0	6,1 ± 1,2	-1,0	-0,6	-1,6	-0,9
68	8,3 ± 0,9	8,2 ± 0,9	0,6	0,6	1,1	1,0
69	7,7 ± 0,4	9,1 ± 0,5	0,3	1,0	1,0	3,4
71	7,5 ± 1,2	7,7 ± 1,2	0,2	0,3	0,2	0,4

8 Abbildungsverzeichnis | List of figures

1 Zeitlicher Ablauf der Eignungsprüfung Teepulver 2021	7
2 Probenvorbereitung für die Eignungsprüfung Teepulver 2021	8
3a Art und Anzahl der teilnehmenden Einrichtungen (oben) bzw. 3b Anzahl und Land der angemeldeten Eignungsprüfungsteilnehmer (unten)	10
4 Histogramme und Kerndichtediagramme der einzelnen Isotope der Eignungsprüfung Teepulver 2021 ...	13
6 Prozentuale Anteile der Werte für den z-Score geordnet nach Radionukliden	17
7 Prozentuale Anteile der Werte für den ζ -Score geordnet nach Radionukliden	17
A.1 S-Plot K-40	28
A.2 S-Plot Co-60	29
A.3 S-Plot Ba-133	30
A.4 S-Plot Cs-134	31
A.5 S-Plot Cs-137	32
A.6 S-Plot Pb-210	33
A.7 S-Plot Sr-89	34
A.8 S-Plot Sr-90	35

9 Tabellenverzeichnis | List of tables

Tabelle 1 Ergebnisse der Homogenitätsmessungen	9
Tabelle 2 Referenzwerte der PTB für das Ringversuchsmaterial grüner Tee (gemahlen)	9
Tabelle 3 Kenngrößen der Eignungsprüfung Teepulver 2021	12
Tabelle A.1 Messwerte und Ergebnisse für K-40.....	36
Tabelle A.2 Messwerte und Ergebnisse für Co-60.....	37
Tabelle A.3 Messwerte und Ergebnisse für Ba-133.....	39
Tabelle A.4 Messwerte und Ergebnisse für Cs-134	41
Tabelle A.5 Messwerte und Ergebnisse für Cs-137	43
Tabelle A.6 Messwerte und Ergebnisse für Pb-210.....	45
Tabelle A.7 Messwerte und Ergebnisse für Sr-89.....	46
Tabelle A.8 Messwerte und Ergebnisse für Sr-90.....	47