

# Bestimmung von Radon-222, Radium-226, Radium-228, Uran-238, Uran-234 und der Gesamt- $\alpha$ -Aktivität in Trinkwasser

Ringversuch 4/2012

## Schriften

M. Beyermann

T. Bünger

A. Guttman

K. Schmidt

H. Wershofen \*

I. Winterfeldt

A. Labahn

\* Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig



Bundesamt für Strahlenschutz

**BFS-SCHR-50/12**

Bitte beziehen Sie sich beim Zitieren dieses Dokuments immer auf folgende URN:

**urn:nbn:de:0221-2012120510259**

Zur Beachtung:

**BfS-Berichte und BfS-Schriften können von den Internetseiten des Bundesamtes für Strahlenschutz unter <http://www.bfs.de> kostenlos als Volltexte heruntergeladen werden.**

Salzgitter, Dezember 2012

# **Bestimmung von Radon-222, Radium-226, Radium-228, Uran-238, Uran-234 und der Gesamt- $\alpha$ -Aktivität in Trinkwasser**

**Ringversuch 4/2012**

## **Schriften**

**M. Beyermann**

**T. Bünger**

**A. Guttman**

**K. Schmidt**

**H. Wershofen \***

**I. Winterfeldt**

**A. Labahn**

**\* Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig**



## ZUSAMMENFASSUNG

Eine zuverlässige Bestimmung natürlicher Radionuklide im Trinkwasser ist erforderlich, um die Regelungen der Europäischen Trinkwasserrichtlinie und der deutschen Trinkwasserverordnung in Bezug auf radioaktivitätsbezogene Parameter zu erfüllen. Maßnahmen für die Qualitätssicherung bei der Bestimmung von Aktivitätskonzentrationen radioaktiver Stoffe im Trinkwasser zu ergreifen, gehört nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG) zu den Aufgaben des Bundes. Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) führt dementsprechend Ringversuche und Vergleichsmessungen durch.

Ziel des aktuellen Ringversuches war es, analytische Probleme aufzuzeigen, die Teilnehmer bei der Verbesserung der Qualität ihrer analytischen Ergebnisse zu unterstützen und die Diskussion und den Erfahrungsaustausch auf dem Gebiet der Messung natürlicher Radioaktivität zu fördern. Die Ergebnisse der Arbeit „Ringversuch zur Bestimmung von Radon-222, Radium-226, Radium-228, Uran-238, Uran-234 und der Gesamt- $\alpha$ -Aktivität in Trinkwasser – Ringversuch 4/2012“ werden in dem vorliegenden, zusammenfassenden Bericht vorgestellt. 42 Labore nahmen am diesjährigen Ringversuch teil und übermittelten ihre Messergebnisse. Die statistische Auswertung zeigte, dass 89 % der übermittelten analytischen Daten die Beurteilungskriterien des Leistungstests erfüllten und als akzeptable Ergebnisse einzuschätzen waren.

## SUMMARY

A reliable determination of naturally occurring radionuclides in drinking water is necessary to comply with requirements for the quality of water intended for human consumption given in European and German regulations. Quality assurance in the field of measuring activity concentration of radioactive substances in drinking water is by law (Precautionary Radiation Protection Act, StrVG) a duty of the Federation. Accordingly, the Federal Office for Radiation Protection (BfS) is engaged in carrying out interlaboratory comparisons .

The present interlaboratory comparison was designed to identify analytical problems, to support the participants to improve the quality of their analytical results and to provide a forum for discussion and exchange of knowledge in the field of measuring natural radioactivity in drinking water. The results of the study “Intercomparison for the determination of radon-222, radium-226, radium-228, uranium-238, uranium-234 and gross  $\alpha$ -activity in drinking water – intercomparison 4/2012” are represented in the present summary report. This year 42 laboratories took part in the study and reported their measuring results. The summary evaluation of the proficiency test demonstrated that 89 % of the overall reported analytical data resulted in acceptable performance and fulfilled the evaluation criteria.



# INHALTSVERZEICHNIS

<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>3</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>3</b>
<b>1 EINLEITUNG .....</b>	<b>7</b>
<b>2 TECHNISCHE VORBEREITUNG UND DURCHFÜHRUNG DES RINGVERSUCHS.....</b>	<b>9</b>
2.1 Beschreibung der Proben.....	9
2.2 Prüfung der Homogenität und Stabilität der Proben.....	9
2.3 Teilnehmer .....	10
2.4 Organisatorischer Ablauf .....	10
2.5 Z-Wert .....	11
<b>3 AUSWERTUNG UND ERGEBNISSE .....</b>	<b>13</b>
<b>4 DISKUSSION DER ERGEBNISSE .....</b>	<b>16</b>
4.1 Gesamt- $\alpha$ -Aktivität.....	16
4.2 Radon-222.....	18
4.3 Radium-226 und Radium-228 .....	19
4.4 Uranisotope .....	20
4.5 Blei-210 und Polonium-210 .....	22
<b>5 SCHLUSSFOLGERUNGEN.....</b>	<b>24</b>
<b>6 LITERATUR .....</b>	<b>26</b>
<b>ANHANG.....</b>	<b>29</b>

## **ANHANGSVERZEICHNIS**

Anhang 1:	Liste der Teilnehmer .....	29
Anhang 2:	Herstellung/Gewinnung der Proben und Überprüfung der Homogenität und Stabilität .....	33
Anhang 3:	Kalibrierscheine und Zertifikate (Auszüge) .....	41
Anhang 4:	Hinweise zur Durchführung des Ringversuchs .....	49
Anhang 5:	Eingesetzte Mess- und Analyseverfahren.....	53
Anhang 6:	Berechnungsgrundlagen.....	57
Anhang 7:	Tabellarische und graphische Auswertung des Ringversuchs.....	61

## **ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

Abb. 1:	Graphische Darstellung der Ergebnisse des Ringversuchs; Probe 1 – Modellwasser (MTW) .....	14
Abb. 2:	Graphische Darstellung der Ergebnisse des Ringversuchs; Probe 2 – reales Trinkwasser (RTW) .....	15

## **TABELLENVERZEICHNIS**

Tab. 1:	Übersicht über die wichtigsten Kenndaten bei der Auswertung des Ringversuchs; Probe 1 – Modellwasser (MTW).....	14
Tab. 2:	Übersicht über die wichtigsten Kenndaten bei der Auswertung des Ringversuchs; Probe 2 – reales Trinkwasser (RTW) .....	15

# 1 EINLEITUNG

Die Durchführung von Vergleichsmessungen und Vergleichsanalysen für die amtlichen Radioaktivitäts-Messstellen der Länder gehört nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG, § 2) [1] zu den Aufgaben von Institutionen des Bundes.

Im Vollzug dieser Aufgaben werden von der Leitstelle für die Überwachung der Radioaktivität in Trinkwasser, Grundwasser, Abwasser, Klärschlamm und Abfällen im Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) in Zusammenarbeit mit der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) regelmäßig Ringversuche zur Bestimmung von **künstlichen**  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlern bzw.  $\alpha$ -Strahlern in Wasser durchgeführt [z. B. 2a,b]. Bei den zu untersuchenden Proben handelt es sich stets um ein **Modellwasser** bekannter Zusammensetzung und um ein **reales Abwasser**. In den Jahren 2005 und 2010 hat die Leitstelle darüber hinaus spezielle Ringversuche zur **Trinkwasseranalyse** mit natürlichen Radionukliden in Modell- und realem Trinkwasser durchgeführt, an denen neben Messstellen der Länder und anderen Leitstellen auch interessierte private Laboratorien und Forschungseinrichtungen teilgenommen haben [3a, 3b]. Diese Ringversuche dienten insbesondere der Entwicklung, Weiterentwicklung und Erprobung von Analyseverfahren, die bisher im Rahmen von Trinkwasseruntersuchungen nicht routinemäßig eingesetzt wurden.

Im Hinblick auf die künftige Umsetzung der Trinkwasserverordnung von 2001 (TrinkwV 2001) in der Bekanntmachung der Neufassung von 2011 [4a,b] und des hierfür erarbeiteten Leitfadens [5] zur Überwachung von Trinkwasser auf neue, radioaktivitätsbezogene Parameter wurde die Reihe spezieller Ringversuche im Mai 2012 fortgesetzt durch den „**Ringversuch zur Bestimmung von Radon-222, Radium-226, Radium-228, Uran-238, Uran-234 und der Gesamt- $\alpha$ -Aktivität in Trinkwasser – Ringversuch 4/2012**“. Zusätzlich zur Bestimmung von Radon-222, Radium- und Uranisotopen sowie der Gesamt- $\alpha$ -Aktivitätskonzentration war als weitere Option eine Bestimmung der Radonfolgeprodukte Blei-210 und Polonium-210 vorgesehen.

Während für die natürlichen Radionuklide U-238, U-235 und U-234 umfangreiche Erfahrungen aus den Ringversuchen zurückliegender Jahre vorliegen, gab es bisher in Deutschland nur vereinzelt Ringversuche oder Vergleichsmessungen, z. B. [3a, 3b, 6, 7], bei denen Rn-222 oder andere, speziell für Trinkwasser relevante Parameter oder Radionuklide zu bestimmen waren.

Der Ringversuch 4/2012 richtete sich an

- die amtlichen Messstellen der Länder zur Überwachung der Umweltradioaktivität,
- an staatliche und private Laboratorien, die künftig mit der Radioaktivitätsüberwachung von Trinkwasser gemäß Trinkwasserverordnung (§ 7 TrinkwV 2001 in Verbindung mit Anlage 3 lfd. Nrn. 19 und 20) [4a,b] befasst sein werden

und

- an staatliche und private Laboratorien, die natürliche Radionuklide in Mineralwässern bestimmen.

Versandt wurden je nach den im Teilnehmerlabor vorgesehenen Analysen jeweils

- **Probe 1:** Bis zu 3 × 1 Liter **Modellwasser** (MTW) bekannter Zusammensetzung in 1000-ml-Polyethylenflaschen (PE).
- **Probe 2:** Bis zu 3 × 1 Liter oder 10 Liter **reales Trinkwasser** (RTW) aus einem Wasserwerk im Fichtelgebirge in 1000-ml-Polyethylenflaschen (PE) bzw. in 10-Liter-Kanistern aus PE.
- **Probe 3:** Zur Bestimmung von **Radon-222** jeweils 2 × 0,5 Liter **reales Trinkwasser** (RTW, identisch mit Probe 2) in gasdichten Getränkeflaschen aus Polyethylenterephthalat (PET).

Die Bewertung der Messergebnisse des Ringversuches erfolgt beim **Modellwasser** durch den Vergleich der Laborwerte mit bekannten „**Sollwerten**“, die sich auf Aktivitätsnormale zurückführen lassen. Für das Radionuklid Ra-228 hat die Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Arbeitsgruppe 6.12 – Umweltradioaktivität, präzise Messungen/Kalibrierungen an der Ausgangslösung, die zur Herstellung der an die Teilnehmer abgegebenen Proben benutzt wurde, durchgeführt und einen Kalibrierschein übermittelt. Die Aktivitätsangabe ist mit Ausnahme der Tabellen und graphischen Darstellungen im Anhang 7 als „**PTB-Wert**“ gekennzeichnet. Für den Summenparameter Gesamt- $\alpha$ -Aktivität und die Radionuklide Pb-210, Po-210 und U-234 wurden Aktivitätskonzentrationen als Erwartungswerte berechnet; die Beurteilung der übermittelten Messergebnisse erfolgt jedoch auf der Basis der resultierenden **Gesamtmittelwerte**.

Bei der **realen Trinkwasserprobe** existieren keine Soll- bzw. PTB-Werte, so dass eine Beurteilung der Qualität der Messergebnisse ausschließlich auf der Basis von **Gesamtmittelwerten** vorgenommen wird. Für die Gesamt- $\alpha$ -Aktivitätskonzentration des Realwassers wurde außerdem der Erwartungswert als Summe der resultierenden Gesamtmittelwerte der U-238-, U-234- und Ra-226-Aktivitätskonzentrationen berechnet und als Vergleichswert dargestellt (siehe Anhang 7) und diskutiert.

Die zur Bewertung der Ergebnisse durchgeführte Berechnung der z-Werte (z-scores) nach [10] wird in Abschnitt 2.5 näher erläutert.

## **2 TECHNISCHE VORBEREITUNG UND DURCHFÜHRUNG DES RINGVERSUCHS**

### **2.1 Beschreibung der Proben**

#### **Probe 1 – Modellwasser (MTW)**

Bei dieser Probe handelt es sich um ein synthetisches Trinkwasser, abgefüllt in 1-Liter-Polyethylenflaschen. Zur Herstellung dieses Wassers wurde eine Ra-226-Referenzlösung der Fa. Amersham England sowie ein Uran-Standard der Fa. SPEXCertiPrep<sup>®</sup> sowie eine im BfS hergestellte und von der PTB kalibrierte Ra-228-Referenzlösung eingesetzt. Die Probe war auf eine Ca<sup>2+</sup>-Konzentration von 10 mg/l und einen pH-Wert von ca. 1,8 eingestellt, ansonsten aber nicht geträgert. Die Herstellung des Modellwassers und die Abfüllung erfolgten am 8. Mai 2012. Dieses Datum wurde als Bezugszeitpunkt für die zu bestimmenden Aktivitätskonzentrationen festgelegt.

#### **Proben 2 und 3 – reales Trinkwasser (RTW)**

Bei diesen Proben handelt es sich um ein eisenarmes Trinkwasser (unaufbereitetes Rohwasser als Trinkwasser) aus der Aufbereitungsanlage der Stadt Kirchenlamitz im Fichtelgebirge, welches bei früheren Untersuchungen des BfS im Vergleich zu anderen Trinkwässern erhöhte Aktivitätskonzentrationen natürlicher Radionuklide, insbesondere von Rn-222 aufwies. Die üblicherweise bei der Trinkwasseraufbereitung vorgenommene Belüftung (oxidative Ausfällung von Eisen- und Manganoxidhydraten) ist bei diesem Wasser nicht erforderlich.

Die Entnahme der Proben und die Abfüllung erfolgte am 23. Mai 2012 vor Ort an der amtlich festgelegten Probenentnahmestelle aus dem Zulauf des Tiefbrunnens. Die Entnahme und Abfüllung von 84 Proben zur Bestimmung der Radon-222-Aktivitätskonzentration nahm einen Zeitraum von etwa 40 Minuten in Anspruch, den Teilnehmern wurde das Datum und die Uhrzeit von Beginn, Mitte, bzw. Ende der Abfüllung als Bezugszeitpunkt mitgeteilt.

Bezüglich weiterer Einzelheiten wird auf Anhang 2 verwiesen.

### **2.2 Prüfung der Homogenität und Stabilität der Proben**

Die Homogenität des Modellwassers und des abgefüllten realen Trinkwassers wurde durch wiederholte Messungen der Gesamt- $\alpha$ - und der U-238-Aktivitätskonzentration sowie bei Probe 3 (RTW) durch mehrfache Rn-222-Bestimmungen an jeweils mindestens drei Proben (erste, mittlere, letzte Probe der Abfüllung) überprüft.

Da die Messergebnisse im Rahmen der durch die doppelte Zählstandardabweichung ermittelten Messunsicherheiten übereinstimmen (siehe Tab. A2-1, Anhang 2), können die Proben von Modell- und realem Trinkwasser jeweils als homogen angenommen werden.

Die Überprüfung der Stabilität der Proben über einen Zeitraum von drei Monaten erfolgte durch wiederholte Messungen der Gesamt- $\alpha$ - und der Po-210-Aktivitätskonzentration (Modellwasser) bzw. der Gesamt- $\alpha$ - und der U-238-Aktivitätskonzentration (Realwasser). Für die Untersuchungen des Realwassers wurden die ca. 30 Stunden nach der Entnahme entemanieren und durch

Ansäuern stabilisierten Proben verwendet. Die Problematik der aus vorhandenem Rn-222 nachwachsenden Pb-210- und Po-210-Aktivitäten wurde im Begleitblatt „Hinweise zur Analyse des Realwassers im Rahmen des Ringversuchs Trinkwasser – RV 4/2012“ (Anhang 4) erläutert.

Auch bei den Untersuchungen zur Stabilität der versandten Wasserproben ergaben sich im Rahmen der durch die doppelte Zählstandardabweichung ermittelten Messunsicherheiten übereinstimmende Messergebnisse (siehe Tab. A2-2, Anhang 2). Demzufolge wird davon ausgegangen, dass die Proben von Modell- und entemanierem, realem Trinkwasser hinsichtlich der zu bestimmenden Parameter Ra-226, Ra-228, U-234, U-238 und Gesamt- $\alpha$ -Aktivität über den gesamten, zur Verfügung stehenden Untersuchungszeitraum als stabil betrachtet werden können.

### 2.3 Teilnehmer

Insgesamt 47 Laboratorien erhielten Proben vom BfS. Darunter waren 20 amtliche Messstellen der Länder, 5 Laboratorien von Leitstellen des Bundes, 10 Laboratorien von Firmen, Universitäten und sonstigen Privatinstitutionen, 4 Laboratorien in Großforschungseinrichtungen und 8 Einrichtungen im Ausland. Messwerte wurden übermittelt von 42 Laboratorien (einschließlich des eigenen Labors).

Die am Ringversuch RV 4/2010 teilnehmenden, 42 Laboratorien sind im **Anhang 1** in alphabetischer Reihenfolge aufgeführt, wobei letztere nicht mit der Reihenfolge der Laborcodes übereinstimmt. In einigen Fällen (hier bei den Ergebnissen der Rn-222-Bestimmung) wurden Nebennummern zum Laborcode vergeben (z. B. xx-1, xx-2 usw.), die in den folgenden Auswertungen als separate Laboratorien geführt werden. Die Anzahl der in den Auswertungen dokumentierten Laboratorien ist dann ggf. höher als die oben genannte Teilnehmerzahl.

### 2.4 Organisatorischer Ablauf

Die Ankündigung von geplanten Ringversuchen erfolgte 2012 erstmalig über das Internet auf der BfS-Seite <http://www.bfs.de/de/bfs/veranst.html>. Institutionen, die in den Vorjahren an Trinkwasser-Ringversuchen teilgenommen haben, wurden außerdem schriftlich über die Termine und die Art der zu untersuchenden Proben informiert und um Rückmeldung ihrer erneuten Teilnahme gebeten. Diese Vorgehensweise wird auch zukünftig beibehalten.

Mit der Teilnahmeerklärung wurden gleichzeitig Angaben über die im jeweiligen Labor geplanten Radionuklidanalysen übermittelt. Auf dieser Grundlage konnte im BfS das notwendige, zur Verfügung zu stellende Probevolumen von Modell- und Realwasser abgeschätzt werden. Als maximales Probevolumen waren dabei drei Liter Modell- und elf Liter Realwasser vorgesehen; Die Bereitstellung größerer Volumina war einerseits aufgrund der notwendigen technischen Voraussetzungen (begrenzttes Volumen des Mischgefäßes zur Herstellung des Modellwassers) und andererseits beim Realwasser im Hinblick auf den logistischen Aufwand beim Transport und Versand der Proben (max. 10-l-Kanister) nicht möglich, vergl. auch Anhang 2.

Die mit den Proben an die Teilnehmer versandten Hinweise zum Probenmaterial und zur Durchführung des Ringversuchs werden im **Anhang 4** wiedergegeben.

Anfang August, nach Ablauf der vorgesehenen Frist von etwa drei Monaten für die analytischen Arbeiten (01.08.2012), erfolgte die Eingabe der übermittelten Analysenergebnisse in eine Datenbank. Korrekturbögen zur Prüfung der übertragenen Daten einschließlich der zugeordneten Analysen- und Messmethoden wurden am 11.08.2012, mit der Bitte um Durchsicht und Rückantwort bei fehlerhaft übertragenen Daten innerhalb der nächsten 14 Tage, verschickt. Verspätet eingegangene Analysenergebnisse wurden bis zum Stichtag 31.08.2012 bei der Auswertung berücksichtigt.

An dieser Stelle ist anzumerken, dass die Klassifizierung (und Codierung) der von den Teilnehmern beschriebenen Verfahren nach dem vom BfS bisher verwendeten Methodenkatalog nicht mehr zufriedenstellend gelingt. Der in Anlehnung an frühere IAEA-Ringversuche [8] 1994 erstellte und in den Folgejahren aufgrund neuer Entwicklungen auf dem Gebiet der Analytik erweiterte Katalog von Bestimmungsmethoden einzelner Radionuklide bzw. Nuklidgruppen soll deshalb Ende 2012 überarbeitet werden. Es ist vorgesehen, bei zukünftigen Ringversuchen eine neu gestaltete, stark vereinfachte Kennzeichnung von Bestimmungsmethoden vorzunehmen. In den kommenden Jahren soll eine Liste von unterschiedlichen, grob skizzierten Verfahren mit den auszufüllenden Ergebnisbögen verschickt und damit den Teilnehmern die Möglichkeit gegeben werden, ihre angewandten spezifischen Labormethoden selbst einem Verfahren aus der vorgegebenen Liste zuzuordnen.

Der Abschlussbericht des diesjährigen Ringversuches wird den Teilnehmern wie bisher in schriftlicher Form zur Verfügung gestellt, und soll erstmalig auch über das Internet abrufbar sein.

## 2.5 Z-Wert

Auf Wunsch vieler Ringversuchsteilnehmer wurde 2010 erstmals der Parameter „**z-Wert**“ bzw. „**z-score**“ zur Beurteilung der Qualität der Einzelmesswerte berechnet und auf einem extra Blatt den jeweiligen Teilnehmern mitgeteilt. Diese Vorgehensweise wird beibehalten. Wie in Abschnitt 4.5 erläutert, wird aber für die Radionuklide Pb-210 und Po-210 in Probe 2 (Realwasser) auf die Angabe des z-Wertes verzichtet. Auch für den Parameter Ra-228 im Realwasser werden keine z-Werte angegeben, da die Aktivitätskonzentration hier geringer ist als die nach [5] erforderliche Nachweisgrenze der Bestimmungsmethode.

Zur Erklärung der Kriterien des vorgenommenen Leistungstests dienen die folgenden Hinweise:

Die Qualitätsbewertung der Messwerte der Laboratorien erfolgt auf der Grundlage normierter Abweichungen des jeweiligen Labormittelwertes von einem konventionell richtigen Wert (**Modellwasser**: Sollwert oder ausreißerfreier Gesamtmittelwert; **Realwasser**: ausreißerfreier Gesamtmittelwert), nach den Internationalen Standards ISO/IEC Guide 43-1 [10] und ISO/IEC 17043 [11] sowie ISO 13528 [12].

Grundsätzlich wird folgende Berechnung verwendet:

$$z = (c_L - c_S) / s$$

mit  $s = 0,1 \cdot c_S$  und

$c_L$  Labormittelwert des Labors  $L$ ;  
 $c_S$  konventionell richtiger Wert;  
 $s$  maximal zulässige Abweichung.

Für Messmethoden mit radiochemischen Trennoperationen und/oder aufwändiger Präparation der Messproben gilt:

$$s = 0,2 \cdot c_S.$$

Bei Summenparametern, die für Übersichtsmessungen eingesetzt werden, sind Kalibrierung der Messgeräte, Berücksichtigung möglicher Störeinflüsse und Interpretation der Messergebnisse aufgrund unterschiedlicher Radionuklidzusammensetzungen und wechselnder Aktivitätsverhältnisse deutlich schwieriger als bei der Ermittlung von Einzelnukliden. Eine Bestimmung der chemischen Ausbeute bei der Abtrennung von der Probenmatrix ist nicht möglich. In diesen Fällen (hier Bestimmung der Gesamt- $\alpha$ -Aktivität) wird von der Leitstelle die zulässige Abweichung wie folgt festgelegt:

$$s = 0,3 \cdot c_S.$$

Die Faktoren 0,1 bis 0,3 basieren auf den Auswertungen der vergangenen Ringversuche und orientieren sich u. a. an der beobachteten Leistungsfähigkeit der von den Teilnehmern eingesetzten Verfahren. Eine Berücksichtigung des in der jeweiligen Probe vorliegenden Aktivitätsniveaus ist dabei nicht möglich, da die Nachweisgrenzen der unterschiedlichen, laborspezifischen Verfahren nicht bekannt sind. Für die in diesem Jahr von den Teilnehmern angewandten Verfahren ergeben sich die folgenden Zuweisungen. Eine kurze Beschreibung der mit jeweiliger Code-Nummer bezeichneten Methoden ist Anhang 5 zu entnehmen.

$s = 0,1 \cdot c_S$ : G, G1, G2, G22, G24, G31, ICM, ICO, P

$s = 0,2 \cdot c_S$ : A, A11, A12, A2, A20, A21, A22, A23, A24, A26, A30, A4, A42, A44, A51, B, B11, B12, B16, B4, B44, B45, B99, G11

$s = 0,3 \cdot c_S$ : Ai, Ain, AL, ALd, ALe, ALg

Der Faktor  $s$  wird automatisch auf einen Wert von 0,1 eingestellt, wenn vom Teilnehmer kein Messverfahren zu den übermittelten Ergebnissen angegeben wurde.

Die Beurteilung der Messwerte erfolgt nach folgender Regel:

$ z\text{-Wert}  \leq 2$	akzeptables Ergebnis A;
$2 <  z\text{-Wert}  \leq 3$	fragwürdiges Ergebnis N (W);
$3 <  z\text{-Wert} $	nicht akzeptables Ergebnis N.

### 3 AUSWERTUNG UND ERGEBNISSE

Die statistische Auswertung der von den Teilnehmern übermittelten Daten erfolgte auf der Grundlage der DIN 38402-42: 2005-09 [14]. Dabei wurde eine Normalverteilung der Messwerte vorausgesetzt. Die Berechnungsgrundlagen zur Auswertung des Ringversuches sind im **Anhang 6** aufgeführt. Begriffe und Kurzzeichen werden entsprechend der Messanleitungen für die Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt und zur Erfassung radioaktiver Emissionen aus kerntechnischen Anlagen [9a] bzw. nach DIN 38402 [14] verwendet. Sämtliche Angaben zur Aktivitätskonzentration erfolgen in Bq/l.

Die detaillierte Auswertung des Ringversuchs ist im **Anhang 7** anschaulich dargestellt. Getrennt nach Radionukliden werden die Analysenergebnisse und die ermittelten statistischen Kenndaten in tabellarischer Form dokumentiert. Sofern mehr als zehn Laboratorien Messwerte mitgeteilt haben, werden die Ergebnisse zusätzlich in Form von Messwertverteilungen dargestellt. In dieser Darstellung sind die Laboratorien in der Abszisse nach zunehmenden Messwerten geordnet.

Neben dem Laborcode, dem eingesetzten Analysenverfahren (Code gemäß Methodenkatalog in **Anhang 5**), den Einzelmesswerten und den Labormittelwerten werden in der Auswertung folgende Kenndaten dokumentiert: **Anzahl der ausreißerfreien Laboratorien**  $l$ , Anzahl der ausreißerfreien Einzelwerte (oberhalb von Nachweisgrenzen), **Gesamtmittelwert** der Aktivitätskonzentrationen  $\bar{x}$  (ausreißerfrei), **Streubereich** der Einzelwerte  $T$  mit einer statistischen Sicherheit von 95 % (= doppelte Vergleichsstandardabweichung), Anzahl der Ausreißerlabore und der Ausreißerwerte, deren prozentualer Anteil sowie **Vergleichsstandardabweichung**  $s_R$ , **Wiederholstandardabweichung**  $s_r$ , **Vergleichbarkeit**  $R$  und **Wiederholbarkeit**  $r$ . Sind **Sollwerte** oder **Messwerte der PTB** für die zu bestimmenden Parameter vorhanden, werden diese ebenfalls angegeben, wobei aus programmtechnischen Gründen einheitlich die Bezeichnung „Sollwert“ verwendet wird. Die als Ausreißer identifizierten Messwerte werden in Anhang 7 in den Tabellen durch farbliche Markierung und Angabe des Typs (hier 2 oder 3) sowie in den graphischen Darstellungen durch „\*\*“ oder „\*\*\*“ gekennzeichnet.

In den folgenden Tabellen 1 und 2 sind die Ergebnisse des Ringversuchs zusammengefasst. Aufgeführt werden für jedes Radionuklid die wichtigsten Kenndaten des Ringversuchs, wie die **Anzahl der ausreißerfreien Laboratorien**, der **Gesamtmittelwert** und der **Streubereich** der Einzelwerte. Ferner werden die **Sollwerte**  $x_S$  und der **Messwert der PTB**  $x_{PTB}$  einschließlich ihrer Messunsicherheiten sowie die als **Erwartungswerte** berechneten Aktivitätskonzentrationen  $x_{Ber}$  angegeben. Da die Berechnung der Erwartungswerte auf der Basis von Annahmen erfolgte, wird hier auf Angaben zur Standardabweichung verzichtet.

Die Ergebnisse des Ringversuchs werden weiterhin in den Abbildungen 1 und 2 in graphisch aufbereiteter Form präsentiert. Für die relevanten Nuklide werden die Gesamtmittelwerte und Streubereiche als Säulendiagramme dargestellt. Ergänzt wird diese Darstellung durch den PTB-Wert (als Sollwert durchgehend rot markierte Linie) bzw. den berechneten Wert (gestrichelt markiert). Da die Aktivitätskonzentrationen der dokumentierten Radionuklide über einen sehr weiten Bereich divergieren, sind die Graphiken in zwei bzw. drei Blöcke geteilt und verschiedene Maßstäbe zur Skalierung der Ordinate gewählt worden.

**Tab. 1: Übersicht über die wichtigsten Kenndaten bei der Auswertung des Ringversuchs; Probe 1 – Modellwasser (MTW)**

Konzentration in Bq/l ; Bezugsdatum: 8. Mai 2012

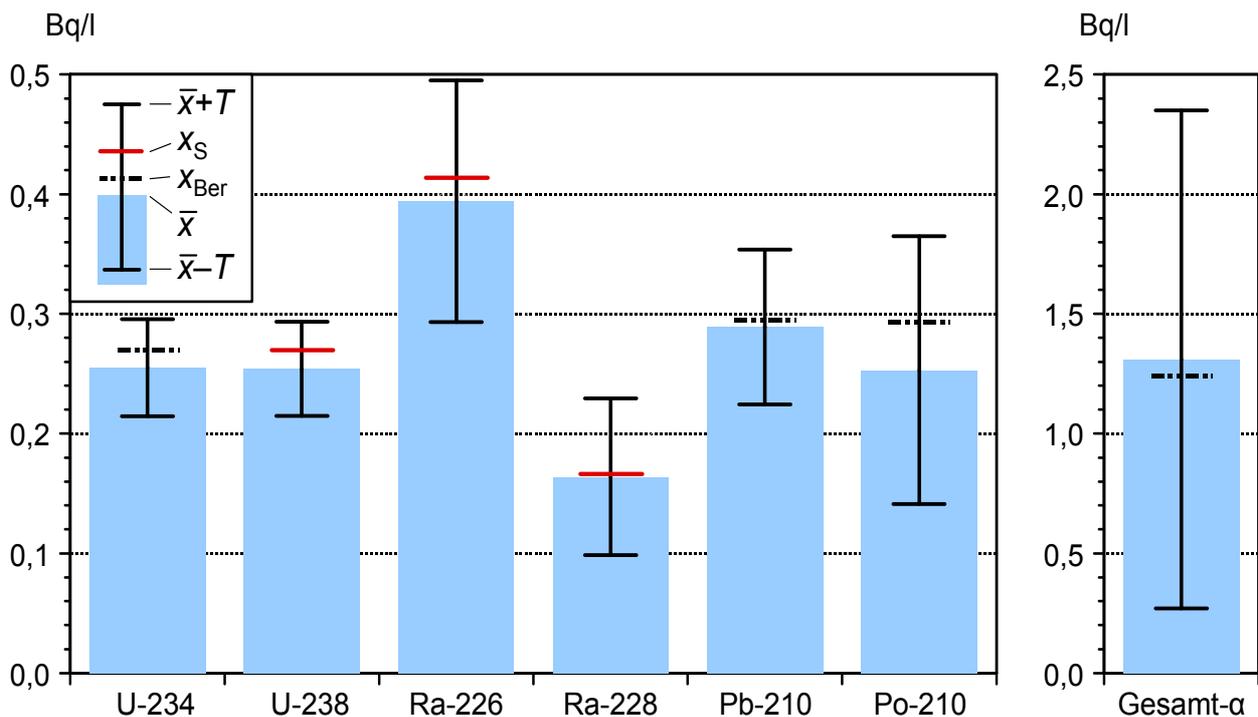
Parameter bzw. Nuklid	Anzahl der ausreisserfreien Labore	Gesamtmittelwert	Streubereich	Berechneter Wert	Sollwert bzw. Messwert der PTB <sup>1)</sup>
	$l$	$\bar{x}$	$T$	$x_{Ber}$	$x_S$ bzw. $x_{PTB}$
Gesamt- $\alpha$	18	1,31	1,04	1,24 <sup>2,3)</sup>	
U-234	34	0,255	0,041	0,270 <sup>3)</sup>	
U-238	40	0,254	0,039		<b>0,270±0,002</b>
Ra-226	21	0,394	0,101		<b>0,414±0,021</b>
Ra-228	17	0,164	0,065		<b>0,166±0,005</b>
Pb-210	15	0,289	0,065	0,295 <sup>3)</sup>	
Po-210	14	0,253	0,112	0,293 <sup>3)</sup>	

<sup>1)</sup> Angegeben ist die erweiterte Messunsicherheit, die sich aus der Standardmessunsicherheit durch Multiplikation mit dem Erweiterungsfaktor  $k = 2$  (entsprechend einem Vertrauensbereich von 95 %) ergibt.

<sup>2)</sup> Berücksichtigte  $\alpha$ -Strahler: U-238, U-234, Ra-226, Po-210, wobei die Aktivitäten von U-234 und Po-210 anhand von Annahmen ermittelt wurden.

<sup>3)</sup> Die Berechnung der Aktivitätskonzentration wird in Anhang 2 erläutert.

**Abb. 1: Graphische Darstellung der Ergebnisse des Ringversuchs; Probe 1 – Modellwasser (MTW)**



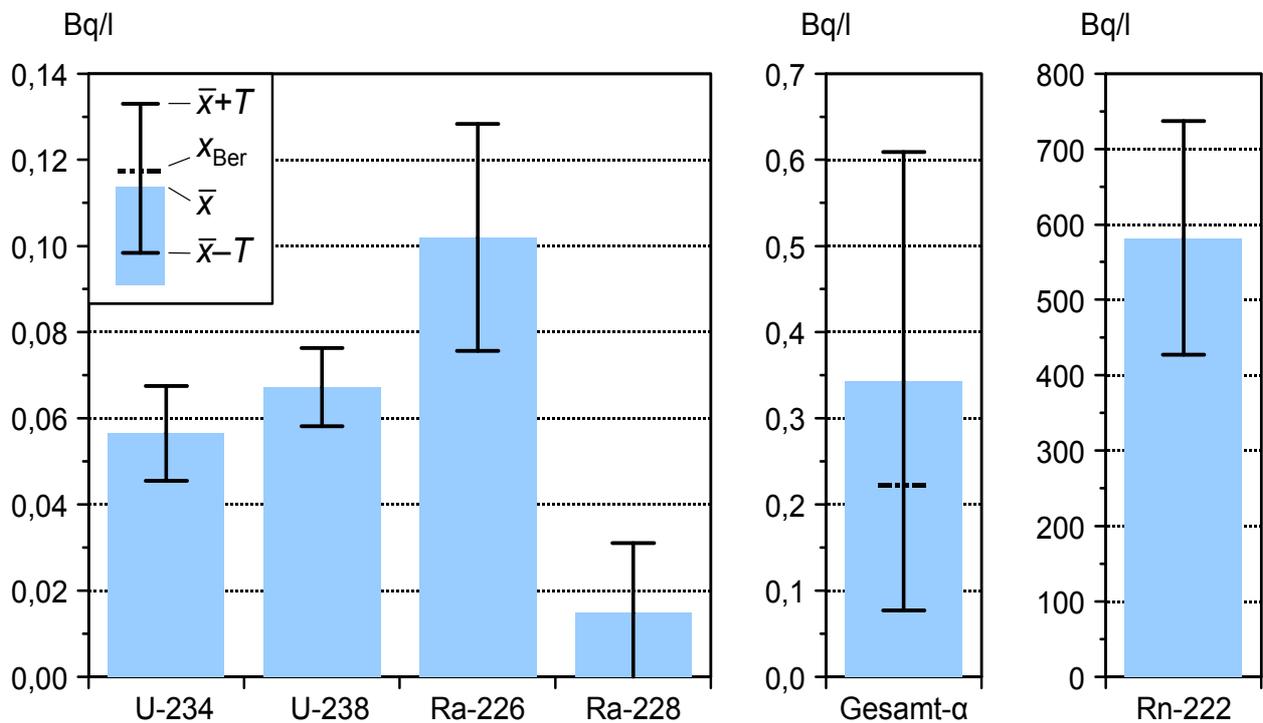
**Tab. 2: Übersicht über die wichtigsten Kenndaten bei der Auswertung des Ringversuchs; Probe 2 – reales Trinkwasser (RTW)**

Konzentration in Bq/l ; Bezugsdatum: 23. Mai 2012

Parameter bzw. Nuklid	Anzahl der ausreisserfreien Labore	Gesamtmittelwert	Streubereich	Berechneter Wert <sup>1)</sup>
	$l$	$\bar{x}$	$T$	$x_{Ber}$
Gesamt- $\alpha$	20	0,343	0,266	0,225
Rn-222	52	582	155	
U-234	32	0,056	0,011	
U-238	32	0,067	0,009	
Ra-226	20	0,102	0,026	
Ra-228	12	0,015	0,016	

<sup>1)</sup> Berechneter Wert der Gesamt- $\alpha$ -Aktivität als Summe der Gesamtmittelwerte der Ra-226-, U-238- und U-234-Aktivitätskonzentrationen

**Abb. 2: Graphische Darstellung der Ergebnisse des Ringversuchs; Probe 2 – reales Trinkwasser (RTW)**



## 4 DISKUSSION DER ERGEBNISSE

**Der Gesamtmittelwert**  $\bar{x}$  sollte für die zu bestimmenden Parameter mit hoher Wahrscheinlichkeit in der Nähe des "wahren" Wertes liegen, wenn man voraussetzt, dass die teilnehmenden Laboratorien erprobte Analyseverfahren eingesetzt haben und eine regelmäßige Qualitätssicherung durchführen. Dies zeigen die Erfahrungen aus zahlreichen Ringversuchen zurückliegender Jahre (z. B. [2a, b]) und wird durch die Ergebnisse dieses Ringversuchs im Hinblick auf die Bestimmung der Uranisotope im Modellwasser oder auf die Bestimmung der Rn-222-Aktivitätskonzentration im Realwasser auch bestätigt. Die Gesamtmittelwerte der Aktivitätskonzentrationen von U-238 und U-234 weichen insgesamt um nicht mehr als 6 % vom Soll- bzw. Erwartungswert ab, auch die **Vergleichsstandardabweichungen** sind mit Werten von etwa 8 % gering. Bei den Messdaten zur Rn-222-Bestimmung wurde ebenfalls eine niedrige Vergleichsstandardabweichung von lediglich 13 % ermittelt.

Eine mit 54 % deutliche Abweichung des Gesamtmittelwertes (0,34 Bq/l) vom berechneten Wert (0,22 Bq/l) ergab sich für die Gesamt- $\alpha$ -Aktivitätskonzentration des realen Trinkwassers. Dieses Ergebnis bestätigt erneut die in den Vorjahren festgestellte Tendenz einer Überschätzung der vorhandenen Gesamt- $\alpha$ -Aktivität [3a, 3b].

Beim Vergleich der zu bestimmenden Parameter hinsichtlich der als doppelte Vergleichsstandardabweichung berechneten **relativen Streubereiche** ergaben sich erwartungsgemäß sehr hohe Werte mit etwa 80 % für die Ergebnisse der Gesamt- $\alpha$ -Aktivitätsbestimmung (Modell- und Realwasser). Der höchste Wert (> 100 %) trat allerdings bei den Ergebnissen der Ra-228-Bestimmung im Realwasser auf, was auf die sehr niedrige Aktivitätskonzentration (Gesamtmittelwert: 0,015 Bq/l) zurückgeführt wird.

In Bezug auf die Anzahl der als **Ausreißer Typ 2** identifizierten Daten ergab sich ein überraschendes Ergebnis für die Bestimmung der U-238-Aktivitätskonzentration im Realwasser; 20 % der übermittelten Werte (8 von 40 Laboren) wurden als Ausreißer klassifiziert und konnten bei der Berechnung der statistischen Kenngrößen nicht berücksichtigt werden.

Die Ergebnisse der statistischen Auswertung werden im Einzelnen in den Abschnitten 4.1 bis 4.5 diskutiert. Die Beurteilung der Qualität der übermittelten Messwerte erfolgte auf der Grundlage der im Leistungstest berechneten z-Werte (siehe Abschnitt 2.5) mit denen Akzeptanz (z-Wert: "A"), Warnung bei fragwürdigem Ergebnis (z-Wert: „W“) bzw. nicht akzeptiertes Ergebnis (z-Wert: „N“) bescheinigt wird.

### 4.1 Gesamt- $\alpha$ -Aktivität

Zur Gesamt- $\alpha$ -Aktivität im Trinkwasser der Bundesrepublik Deutschland tragen nach den Ergebnissen in [13] hauptsächlich die Uranisotope U-238 und U-234, außerdem Ra-226 und in wenigen Fällen Po-210 bei. Der Aktivitätsanteil von U-235 ist in der Regel vernachlässigbar gering. Bei den untersuchten Ringversuchsproben (Modell- und Realwasser) betrug dieser jeweils weniger als 2 %.

Die Gesamt- $\alpha$ -Aktivität im Trinkwasser als Summe der Aktivitäten natürlicher  $\alpha$ -Strahler unterliegt – wie oben am Beispiel des nachwachsenden Po-210 erläutert – zeitlichen Veränderungen, die bei der Messung und Bewertung zu berücksichtigen sind. Bei längerer Lagerung der zu untersuchenden Proben kann z. B. Po-210 aus vorhandener Pb-210-Aktivität nachwachsen. Dies ist insbesondere bei hohen Rn-222-Aktivitätskonzentrationen und/oder bei hohen Pb-210/Po-210-Aktivitätsverhältnissen zu beachten. Während im ersten Fall eine längere Lagerung der Probe nach vollständigem Austreiben von Rn-222 möglich ist, sollten die Bestimmungen der Gesamt- $\alpha$ - und der Po-210-Aktivitätskonzentration im zweiten Fall möglichst kurze Zeit nach Entnahme der Probe erfolgen.

Gravierende (messtechnisch erfassbare), zeitliche Veränderungen der Gesamt- $\alpha$ -Aktivitätskonzentration der beiden Ringversuchsproben MTW und RTW über einen Zeitraum von drei Monaten waren unter Voraussetzung des vollständigen Austreibens von Rn-222 aus der Realwasserprobe (RTW) innerhalb einer Frist von einigen Tagen nach der Probenahme nicht zu erwarten. Für das Modellwasser (MTW) wurde radioaktives Gleichgewicht zwischen Pb-210 und Po-210 angenommen. Wenn Adsorptionen von Radionukliden an Innenwänden der Gefäße ausgeschlossen werden, sollten in beiden Ringversuchsproben weitgehend stabile Aktivitätsverhältnisse im Bearbeitungszeitraum vorliegen. Die Aktivität von nachwachsendem Th-228 im Modellwasser blieb im Vergleich zur Summe der Aktivitäten von U-238, U-234, Ra-226 und Po-210 vernachlässigbar gering. Mit den in Anhang 2 dargestellten Messergebnissen der Stabilitätstests wird diese Annahme bestätigt.

Die Auswertung der übermittelten Messwerte für alle angewandten Verfahren ist in Anhang 7 wiedergegeben. Zur Berechnung der Gesamt- $\alpha$ -Aktivitätskonzentration im Modellwasser wird auf Anhang 2 verwiesen.

Ergebnisse der Gesamt- $\alpha$ -Bestimmung lagen von 19 Laboren für Probe 1 (MTW) bzw. von 22 Laboren für Probe 2 (RTW) vor, wobei ein (Nr. 33) bzw. zwei (Nr. 27, 33) Ausreißerlabore vom Typ 2 identifiziert wurden. Die im Vergleich zu anderen Parametern (z. B. U-238-Bestimmung: 40 Teilnehmer) geringe Anzahl übermittelter Daten lässt darauf schließen, dass eine breite routinemäßige Anwendung der Verfahren zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht stattfindet.

Der Gesamtmittelwert  $\bar{x}$  mit 1,31 Bq/l für Probe 1 (MTW) weicht nur um +6 % von dem als Summe der Einzelnuklide berechneten Wert (1,24 Bq/l) ab und kann damit als nahezu übereinstimmend betrachtet werden. Dennoch ergab sich ein großer relativer Streubereich von 80 %. Eine wesentlich größere Differenz zwischen Gesamtmittelwert (0,34 Bq/l) und Erwartungswert von +52 % bezogen auf den als Summe der Gesamtmittelwerte der Aktivitätskonzentrationen von Ra-226, U-234 und U-238 im Realwasser berechneten Wert von 0,22 Bq/l sowie ein mit 78 % ebenso hoher Wert für den relativen Streubereich wurden für die Probe 2 (RTW) ermittelt. In erster Linie wird dieses Ergebnis auf die um einen Faktor von 6 niedrigere Aktivitätskonzentration des realen Wassers zurückgeführt, wenn die Erwartungswerte zugrunde gelegt werden. Andererseits könnte hier auch der hohe Rn-222-Gehalt des Realwassers von Bedeutung sein, wenn die Untersuchungen (wie empfohlen, siehe Anhang 4) kurze Zeit nach der Probenahme stattfanden, Rn-222 jedoch bei der Präparation der Messprobe für die Alpha-Aktivitätsmessung nicht vollständig entfernt wurde. Der Beitrag von nachgebildetem Po-210 als weiterer Einflussfaktor ist schwierig einzuschätzen. Mit einer deutlichen Erhöhung der Gesamt- $\alpha$ -Aktivitätskonzentration um etwa 0,04 Bq/l bis 0,08 Bq/l war nur dann zu rechnen, wenn die Rn-222-Aktivität

vollständig oder zumindest zum großen Teil in der Probe verbleibt und die Analyse erst zwei bis drei Monate nach der Probenahme erfolgte.

In beiden Proben dieses Ringversuchs (MTW bzw. RTW) war der Anteil von Ra-226 an der Gesamt- $\alpha$ -Aktivität mit Werten von 33 % bzw. 45 % vergleichbar hoch (bezogen auf die Erwartungswerte der Gesamt- $\alpha$ -Aktivität). Die Rn-222-Aktivitätskonzentration des realen Trinkwassers zum Zeitpunkt der Probenahme betrug etwa 580 Bq/l (Gesamtmittelwert).

Bei der Bestimmung der Gesamt- $\alpha$ -Aktivität natürlicher Radionuklide ist im Unterschied zu den künstlichen Radionukliden eine Begrenzung der Messzeit der Proben von Bedeutung. Lange Messzeiten sind ebenso ungünstig wie unnötige Wartezeiten zwischen Probenpräparation und Messbeginn. Bei der Probenpräparation sollte das im Wasser gelöste Rn-222 zunächst vollständig ausgetrieben werden. Aufgrund der kurzen Halbwertszeit von 3,8 Tagen wird es jedoch sehr schnell aus vorhandenem Ra-226 nachgebildet. Da die Folgenuklide des Rn-222 mit Halbwertszeiten im Minuten- bzw. Sekundenbereich ebenfalls zur Impulsrate beitragen, ergibt sich somit bei langen Messzeiten eine Überbewertung der Gesamt- $\alpha$ -Aktivität in Abhängigkeit von ihrem Anteil an Ra-226.

Im Unterschied zu den Ergebnissen der vorangegangenen Trinkwasser-Ringversuche [3a, 3b] wurde die Gesamt- $\alpha$ -Aktivität nicht mehr vorrangig durch direkte Messung einer auf einem Schälchen eingedampften Teilprobe bestimmt. Von etwa 50 % aller teilnehmenden Laboratorien wurden in diesem Jahr Verfahren eingesetzt, bei denen die Aktivität nach unterschiedlicher Aufarbeitung der Proben mit Hilfe von LSC-Messungen ermittelt wird. Eine getrennte Auswertung der für das Modellwasser übermittelten Daten hinsichtlich der eingesetzten Messmethoden lieferte identische Gesamtmittelwerte (1,18 Bq/l für Verfahren Ai, Ain, A20 bzw. 1,17 Bq/l für LSC-Verfahren mit Codes AL, ALd, ALe, ALg); bemerkenswerte Resultate dieser differenzierten Auswertung sind jedoch der deutlich (vierfach) höhere relative Streubereich der Daten für die „Schälchenmessung“ und die Klassifizierung von zwei weiteren Ausreißerlaboren Typ 2 (Labore 4 und 8) bei den LSC-Methoden. Die Ergebnisse sind in tabellarischer Form und als graphische Darstellungen ebenfalls in Anhang 7 wiedergegeben. Auf eine verfahrensbezogene Auswertung wurde beim Realwasser aufgrund der erheblichen Abweichung des Gesamtmittelwertes vom Erwartungswert verzichtet.

## **4.2 Radon-222**

Im Unterschied zu anderen Parametern ist beim Radon-222 die Angabe eines Erwartungswertes als Soll- bzw. berechneter Wert nicht möglich, hier dient allein der Gesamtmittelwert als Maßstab zur Beurteilung der einzelnen Messwerte der Teilnehmer. Bestimmungen der Aktivitätskonzentrationen von Radon-222 im Trinkwasser erfordern keine chemische Aufarbeitung des Probenmaterials, kritisch zu sehen sind hier die Probenahme selbst und die Stabilität der Proben im Zeitraum zwischen der Entnahme und der Messung.

Die am häufigsten angewandten Methoden zur Bestimmung der Rn-222-Aktivitätskonzentration waren LSC-Messungen mit/ohne Alpha/Beta-Diskriminierung (Code A4) sowie gammaspektrometrische Verfahren (Codes G, G1, G2). Eine Beschreibung der im BfS eingesetzten Methode ist in [9a] veröffentlicht.

Ergebnisse der Radon-222-Bestimmung wurden von 53 Laboren für Probe 3 (RTW) übermittelt, die mit einer Ausnahme in die statistische Auswertung einbezogen werden konnten. Ein Labor (Nr. 21) wurde als Ausreißer Typ 3 identifiziert, wobei die Standardabweichung der beiden berichteten Messwerte lediglich 13 % betrug. Sowohl der in Anhang 7 dargestellte nahezu rotationsymmetrische Kurvenverlauf der Messwertverteilung als auch der resultierende relative Streubereich von 27 % zeigen, dass die Bestimmung von Rn-222 offensichtlich von allen beteiligten Laboratorien beherrscht wird. Bei der Qualitätsprüfung wurden sämtliche Messwerte akzeptiert (z-Wert: „A“).

Der mit 582 Bq/l berechnete Gesamtmittelwert aller Labore ist etwa 19 % niedriger als der aus den Homogenitätstests resultierende Mittelwert des BfS von 715 Bq/l.

Dies könnte ein Hinweis auf eventuelle Radonverluste aus den Proben während des Transports zu den Laboratorien sein. In der Leitstelle erfolgten die Radonbestimmungen bereits am Folgetag der Abfüllung; um die Dichtheit der Flaschen zu überprüfen, wurden jedoch bei restlichen Proben auch Messungen nach drei Tagen vorgenommen, wobei keinerlei Hinweise auf Radonverluste festgestellt wurden. Auch aus den Ergebnissen der Parallelbestimmungen der Teilnehmer an zwei versandten Proben ergaben sich keine Anhaltspunkte für Radonverluste bei der Abfüllung, Verpackung und Lieferung der Proben.

### **4.3 Radium-226 und Radium-228**

#### **Ra-226**

Für die Bestimmung dieses Radionuklids wurden neben gamma- und alphaspektrometrischen Messmethoden auch Verfahren mit LSC- oder integraler Alphaaktivitätsmessung sowie die chemische Analyse über ICP-MS eingesetzt, wobei der Anteil der gammaspektrometrischen Messungen überwiegt. Sowohl für das Modell- als auch für das Realwasser wurden ausschließlich Werte oberhalb von Nachweisgrenzen gammaspektrometrischer Verfahren angegeben, wobei die niedrigsten ermittelten Aktivitätskonzentrationen etwa 0,09 Bq/l betragen.

Von 26 Teilnehmern wurden Messwerte der Ra-226-Aktivitätskonzentration im Modellwasser übermittelt. Vier Labore (Nr. 23, Nr. 33 mit zwei verschiedenen Bestimmungsmethoden und Nr. 39) wurden als Ausreißer Typ 2 und ein Labor (Nr. 27) als Ausreißer Typ 3 identifiziert. Die Abweichung von Gesamtmittelwert (0,394 Bq/l) und Sollwert (0,414 Bq/l) beträgt nur -5 %, der relative Streubereich wurde mit einem Wert von 25 % berechnet.

Beim Realwasser ergaben sich ein Gesamtmittelwert von 0,102 Bq/l und ebenfalls ein relativer Streubereich von 25 %. Von 24 Teilnehmern konnten vier Ausreißerlabore vom Typ 2 (9, 27, 33, 39) bei der statistischen Auswertung nicht berücksichtigt werden.

Der mit etwa 20 % bemerkenswert hohe Anteil an Ausreißerlaboren (19 % beim Modellwasser, 17 % beim Realwasser) ist als Hinweis auf die Notwendigkeit regelmäßiger externer Qualitätskontrollen zu werten. Unmittelbare Rückschlüsse auf verfahrensbedingte Probleme können aus den vorliegenden Ergebnissen nicht gezogen werden, da in diesen Fällen sowohl die Anwendung alpha- und gammaspektrometrischer Methoden als auch Messungen über ICP-MS berichtet wurden. Dennoch deutet sich in der Messwertverteilung für das Modellwasser (Anhang 7) – wie seinerzeit auch beim RV 4/2005 ausgiebig erörtert [3a] – im mittleren Bereich eine Stufe an, so dass sich zwei Plateaus ausbilden. Im unteren Bereich beruhen die Messwerte zum Teil auf

gammaskpektrometrischen Methoden (G1, G2, G 11, G22), während im oberen Bereich vorwiegend alphaspektrometrische Verfahren und in einem Fall die gammaskpektrometrische Messung über die 186-keV-Linie (G31) angewendet worden sind.

### **Ra-228**

Die am häufigsten angewandten Methoden zur Bestimmung der Ra-228-Aktivitätskonzentration waren hier ebenfalls gammaskpektrometrische Messungen (Verfahren G, G1, G11, G2, G24) in der Regel nach Probenbehandlung (G11). Anzumerken ist an dieser Stelle, dass in [5] als Mindestanforderung an die zur Trinkwasseranalyse eingesetzten Analyseverfahren zur Bestimmung von Ra-228 ein sehr geringer Wert von 0,02 Bq/l für die zu erreichende Nachweisgrenze gefordert wird. Eine direkte gammaskpektrometrische Messung der Probe (ohne Aufarbeitung des Probenmaterials) wird dieser Anforderung nicht gerecht.

Ergebnisse der Ra-228-Bestimmung von Modellwasser wurden von 22 Teilnehmern übermittelt. Die Messwerte von drei Laboren (4, 9, 44) bzw. einem Labor (27) erwiesen sich als Ausreißer Typ 2 bzw. Typ 3. Damit beträgt der Anteil der bei der statistischen Auswertung nicht berücksichtigten Labore 18 %.

Während Gesamtmittelwert (0,164 Bq/l) und PTB-Wert (0,166 Bq/l) nahezu identisch sind, die Abweichung von beträgt lediglich -1 %, ergab sich im Vergleich zum Parameter Ra-226 ein mit 40 % deutlich höherer Streubereich der Messwerte. Der Anteil fragwürdiger (z-Wert: „W“) und nicht akzeptierter (z-Wert: „N“) Ergebnisse beträgt hier 30 %, wobei dazu neben den genannten Ausreißern auch ein berichteter Nachweisgrenzwert unterhalb des Sollwertes (Labor 39) und ein Labormittelwert oberhalb (+37 %) des Sollwertes (Labor 13) beitragen. Die Problematik der Einschätzung analytischer Verfahren (vgl. Abschnitt 2.5) wird am Beispiel des letztgenannten Labors (Nr. 13) deutlich. Da der berichteten gammaskpektrometrischen Bestimmungsmethode (Verfahren G24) ein niedriger Schwierigkeitsgrad ( $s = 0,1$ ) zugeordnet wurde, resultiert ein z-Wert von „N“, obwohl die Messergebnisse zum ausreißerfreien Datenkollektiv gehören.

Beim Realwasser wurde erwartungsgemäß (siehe Anhang 4, Hinweise zur Analyse des Realwassers im Rahmen des Ringversuchs Trinkwasser – RV 4/2012) eine extrem niedrige Aktivitätskonzentration mit einem Gesamtmittelwert von 0,015 Bq/l bestimmt. Infolgedessen ergab sich auch ein relativer Streubereich der Messwerte von mehr als 100 %. Unter 20 teilnehmenden Laboren wurden ein Ausreißer Typ 2 (Labor 10) und ein Ausreißer Typ 3 (Labor 44) festgestellt. Aufgrund der niedrigen Aktivitätskonzentration (unterhalb der nach [5] erforderlichen Nachweisgrenze) wurde keine Qualitätsbewertung der Messergebnisse über den z-Wert vorgenommen.

## **4.4 Uranisotope**

Aufgrund der niedrigen Aktivitätskonzentrationen der Uranisotope in beiden Ringversuchsproben (MTW und RTW) wurden hier keine gammaskpektrometrischen sondern vorrangig radiochemische Bestimmungsmethoden mit anschließender Alphaspektrometrie (Verfahren A2, A22, A26) angewandt, sowie chemisch-analytische Methoden (ICM, ICO, P) für die Bestimmung von U-238.

### **U-238**

Für die Probe 1 Modellwasser ergab sich eine mit –6 % sehr geringe Abweichung von Gesamtmittelwert von 0,254 Bq/l und Sollwert von 0,270 Bq/l, der relative Streubereich der Messwerte beträgt bei einer Anzahl von 40 ausreißerfreien Laboratorien nur 15 %. Die mit einer Ausnahme akzeptierten Ergebnisse (z-Wert: „A“) belegen die Verlässlichkeit der eingesetzten Bestimmungsmethoden. Die durch ICP-MS (Verfahren ICM) ermittelten Messwerte von Labor 33 wurden als fragwürdiges Ergebnis (z-Wert: „W“) eingestuft, obwohl die Differenz zwischen Labormittel- und Sollwert nur etwa 30 % und zwischen Labor- und Gesamtmittelwert weniger als 20 % beträgt.

Für die Probe 2 Realwasser ergaben sich bei 40 teilnehmenden und 32 ausreißerfreien Laboratorien ein Gesamtmittelwert von 0,067 Bq/l und wie beim Modellwasser ein geringer relativer Streubereich der Messwerte von 13 %. Der in diesem Fall hohe Anteil (20 %) von Ausreißerlaboren Typ 2 steht im Widerspruch zu den durchgängig positiven Ergebnissen beim Modellwasser und kann an dieser Stelle nicht erklärt werden. Rückschlüsse auf die angewandten Verfahren können hier nicht gezogen werden, da bei den acht Ausreißerlaboren sowohl alpha- und gammaspektrometrische Messungen als auch Messungen über ICP-MS und ICP-OES zum Einsatz kamen.

Der Wert der U-238-Aktivitätskonzentration des Realwassers betrug zwar im Vergleich zum Modellwasser nur etwa ein Drittel, er sollte jedoch mit den angewandten Analysemethoden ohne Schwierigkeiten nachweisbar sein. Bemerkenswert ist bei dieser Probe allerdings das mit einem Wert von 0,82 aus den Gesamtmittelwerten berechnete, äußerst ungewöhnliche U-234/U-238-Aktivitätsverhältnis. Bemerkenswert ist weiterhin, dass im Leistungstest die Messergebnisse von zwei Ausreißerlaboren (17, 42) akzeptiert werden konnten (z-Wert: „A“), drei weitere Ausreißerlabore (4, 29, 30) gewarnt wurden (z-Wert: „W“) und nur bei drei Ausreißerlaboren (2, 10, 40) eine Beurteilung als nicht akzeptables Ergebnis (z-Wert: „N“) erfolgte.

In den Messwertverteilungen sind die idealtypischer Weise zu erwartenden Plateaus im mittleren Bereich für Probe 2 Realwasser besser ausgebildet als bei Probe 1 Modellwasser.

### **U-235**

Ergebnisse der U-235-Bestimmung oberhalb von Nachweisgrenzen wurden von 31 Laboren für Probe 1 (MTW) und von 26 Laboren für Probe 2 (RTW) übermittelt, wobei nur ein Ausreißerlabor vom Typ 2 (RTW: Labor 6) nicht in die statistische Auswertung einbezogen werden konnte. Für die relativen Streubereiche ergaben sich vergleichsweise hohe Werte von 40 % für Probe 1 und 50 % für Probe 2, was auf die extrem niedrigen Aktivitätskonzentrationen zurückzuführen ist. Die Gesamtmittelwerte der bestimmten U-235-Aktivitätskonzentrationen betragen erwartungsgemäß etwa 1/22 der Gesamtmittelwerte der U-238-Aktivitätskonzentrationen von Modell- (0,012 Bq/l) bzw. Realwasser (0,003 Bq/l).

### **U-234**

Für die Bestimmung der U-234-Aktivitätskonzentration wurden bis auf vier Ausnahmen radiochemische Verfahren mit anschließender  $\alpha$ -spektrometrischer Aktivitätsmessung genutzt; bei den vier durch Massenspektrometrie (Verfahren ICM) ermittelten Werten wurden keine verfahrensbedingten Besonderheiten festgestellt.

Ergebnisse der U-234-Bestimmung wurden von 35 Laboren für sowohl für Probe 1 (MTW) als auch für Probe 2 (RTW) übermittelt, wobei im Fall der Probe 1 ein Ausreißerlabor Typ 3 (Nr. 39)

und im Fall der Probe 2 drei Ausreißerlabore Typ 2 (Nr. 2, 17, 40) nicht in die statistische Auswertung einbezogen werden konnten. Die relativen Streubereiche bei Probe 1 und 2 sind vergleichbar, sie betragen 16 % (Modellwasser) bzw. 20 % (Realwasser).

Während bei den Messwerten für das Modellwasser sämtliche Ergebnisse im Leistungstest akzeptiert wurden (z-Werte: „A“), ergaben sich beim Realwasser für zwei (Nr. 2, 40) der drei oben genannten Ausreißerlabore nicht akzeptierte Ergebnisse (z-Wert: „N“).

## 4.5 Blei-210 und Polonium-210

### Pb-210

Messwerte der Pb-210-Aktivitätskonzentration des **Modellwassers** wurden von 17 Teilnehmern übermittelt. Von der Mehrzahl der Teilnehmer wurden radiochemische Bestimmungsmethoden mit integraler Betamessung (8 Labore) bzw. mit LSC-Messung (5 Labore) durchgeführt. Aufgrund der niedrigen Aktivitätskonzentration wurden gammaspektrometrische Messungen nur in 4 Laboren eingesetzt. Bei der statistischen Auswertung der Messdaten wurden zwei Labore (Nr. 27, 46) als Ausreißer Typ 2 identifiziert.

Der Gesamtmittelwert von 0,289 Bq/l ist nahezu identisch mit dem berechneten Wert von 0,295 Bq/l; die Vergleichsstandardabweichung beträgt nur 11 %, der relative Streubereich 22 %. Für einen Parameter, der überwiegend durch Anwendung radiochemischer Methoden bestimmt wurde, sind diese Werte als hervorragend einzuschätzen.

Werte der Pb-210-Aktivitätskonzentration im **Realwasser** wurden von 16 Teilnehmern übermittelt, davon in neun Fällen mit Angaben zum Zeitpunkt des Ausgasens von Radon (Entemanation) aus der Probe. Zwei dieser neun Teilnehmer (Labore 8 und 14) haben zusätzlich zu den übermittelten Messwerten auch berechnete, d. h. um den nachgebildeten Anteil der Pb-210-Aktivität korrigierte Werte angegeben. Übereinstimmend im Ergebnis beider Labore wurde diese, auf den Zeitpunkt der Probenahme bezogene, berechnete Pb-210-Aktivitätskonzentration mit einem Wert von  $< 0,02$  Bq/l (gerundet auf 2 signifikante Stellen) angegeben.

Bei sechs Teilnehmern (Labore 21, 27, 29, 32, 44 und 47) lassen die übermittelten Werte der Pb-210-Aktivitätskonzentration im Bereich von 0,14 Bq/l bis 0,27 Bq/l und die fehlenden Angaben zum Datum der Entemanation darauf schließen, dass Rn-222 aus der Probe nicht (oder nur unvollständig) ausgetrieben wurde. Bei einem Teilnehmer (Labor 33) wurde die Probe zwei Tage nach der Entnahme entemaniert, die vergleichsweise hohen ermittelten Pb-210-Aktivitätskonzentrationen (ca. 0,28 Bq/l) sind jedoch Anzeichen für eine erhebliche Rn-222-Restaktivität in der Realwasserprobe.

Im BfS-Labor werden aufzubewahrende Wasserproben in 10-l-Kanistern über einen Zeitraum von 2 bis 3 Stunden entemaniert, indem ein gleichmäßiger Luftstrom (ca. 2 Liter pro Minute) mit einer Membranpumpe (Aquarium-Durchlüfter Elite 802) durch die Probe geleitet wird. Die Vollständigkeit des Ausgasens wird in der Regel (bei hohem Probenaufkommen zumindest stichprobenartig) durch eine Messung der verbliebenen Rn-222-Aktivität im Wasser kontrolliert. An dieser Stelle ist allerdings anzumerken, dass nicht alle Teilnehmer des diesjährigen Ringversuches, die Pb-210-Bestimmungen durchgeführt haben, ebenfalls mit der Ermittlung von Rn-222-Aktivitätskonzentrationen befasst sind.

Von fünf Teilnehmern (Labore 11, 13, 14, 19, 30) wurde die Realwasserprobe am Folgetag der Entnahme entemanier und Pb-210-Aktivitätskonzentrationen im Bereich von 0,03 Bq/l bis 0,09 Bq/l ermittelt.

Da keine gasdichten Transportgefäße für die nicht zur Rn-222-Bestimmung vorgesehenen Proben verwendet wurden, die Transportbedingungen (z. B. Dauer, mechanische Beanspruchung durch Schütteln der Behälter, Temperatur) unterschiedlich waren und letztlich 40 % der Teilnehmer, die Pb-210-Aktivitätskonzentrationen im Realwasser ermittelt haben, offensichtlich nicht bzw. unvollständig entemanierete Proben für die Analyse verwendeten, ist eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse bei diesem Parameter nicht gegeben. Die Messergebnisse der Teilnehmer werden deshalb zwar im Anhang 7 wiedergegeben, auf die Berechnung der statistischen Kenngrößen und eine Bewertung der Ergebnisse muss jedoch verzichtet werden.

### **Po-210**

Messwerte der Po-210 Aktivitätskonzentration im Modell- bzw. im Realwasser wurden ebenfalls von 16 Teilnehmern übermittelt. Nach radiochemischer Aufarbeitung der Proben erfolgte in den meisten Fällen eine alphaspektrometrische Messung der Aktivität, bei zwei Teilnehmern wurden LSC-Messungen durchgeführt.

Für das Modellwasser ergab sich ein Gesamtmittelwert der Po-210 Aktivitätskonzentration in Höhe von 0,253 Bq/l, dies entspricht 86 % des berechneten Wertes (0,295 Bq/l). Die Vergleichsstandardabweichung beträgt hier 22 % und ist damit deutlich (um den Faktor 2) höher als bei den Ergebnissen der Pb-210-Bestimmung im Modellwasser.

Im Unterschied zum Modellwasser konnte eine statistische Auswertung der übermittelten Daten für das **Realwasser** nicht vorgenommen werden. Nur bei acht von 16 Laboren waren Angaben zum Datum der Abtrennung von Pb-210 und zum Datum der Entemanierung (Ausgasen von Rn-222) der Probe vorhanden.

Zwei Teilnehmer (Labore 8 und 26) gaben auf den Zeitpunkt der Probenahme korrigierte Werte der Po-210-Aktivitätskonzentration von < 0,004 Bq/l und < 0,002 Bq/l an.

Von den verbleibenden sechs Ergebnisberichten muss ein Labor (Nr. 2) gesondert betrachtet werden, da die Realwasserprobe hier erst 13 Tage nach Entnahme entemanier werden konnte, und die Trennung von Pb-210 und Po-210 nochmals einen Monat später erfolgte. Die ermittelte Po-210-Aktivitätskonzentration dieser Probe beträgt etwa 0,03 Bq/l. Wird davon ausgegangen, dass ein Anteil von etwa 70 % des im Wasser gelösten Edelgases Rn-222 während des Transportes und der Lagerung in der Probe verbleibt, entspricht dieses Messergebnis der durch das Abklingen von Rn-222 über einen Zeitraum von ca. 40 Tagen hervorgerufenen Po-210-Aktivität.

Die in ihrer Vorgehensweise, d. h. Austreiben von Rn-222 ein bis fünf Tage nach Probenahme und Pb/Po-Trennung innerhalb der nächsten 10 Tage, vergleichbaren Labore (11, 12, 13, 14, 33) lieferten Messergebnisse mit sehr niedrigen Aktivitätskonzentrationen im Bereich von 0,003 Bq/l bis 0,007 Bq/l. Unter Berücksichtigung der Wartezeiten nach der Probenahme (Nachbildung von Po-210) entsprechen diese Angaben weitgehend den Ergebnissen der Labore 8 und 26. Für die Darstellung und Beurteilung der Einzelmesswerte treffen die für den Parameter Pb-210 im Realwasser ausgeführten Angaben ebenfalls zu.

## 5 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Ziel dieses Trinkwasser-Ringversuchs „**Ringversuch zur Bestimmung von Radon-222, Radium-226, Radium-228, Uran-238, Uran-234 und der Gesamt- $\alpha$ -Aktivität in Trinkwasser – Ringversuch 4/2012**“ war es, den amtlichen Radioaktivitätsmessstellen der Länder bzw. Laboratorien und Institutionen, die künftig mit der Überwachung der radioaktivitätsbezogenen Parameter der Trinkwasserverordnung befasst sein werden, die Möglichkeit einer externen Qualitätskontrolle und der Weiterentwicklung ihrer Analysenverfahren zu geben sowie mögliche Störungen und Fehlerquellen bei der Radioaktivitätsbestimmung in Trinkwasserproben aufzuzeigen. Insofern sollte der Qualitätsbewertung über den z-Wert nicht übermäßig große Bedeutung beigemessen werden, da die Festlegung des Faktors  $s$  für die maximal zulässige Abweichung einer gewissen Willkür unterliegt. Insbesondere werden die verschiedenen Konzentrationsbereiche der zu analysierenden Radionuklide nicht berücksichtigt.

Beteiligt haben sich 42 in der Wasseranalytik bzw. Überwachung der Umweltradioaktivität tätige Laboratorien, wobei die Anzahl der Teilnehmer, die Messwerte für die in der Trinkwasserüberwachung relevanten radioaktivitätsbezogenen Parameter Gesamt- $\alpha$ -Aktivität, Radon-222, Radium-226 und Radium-228 mit etwa 20 bis 25 deutlich geringer ist. Mit der Einschätzung „akzeptiertes Ergebnis“ für 89 % sämtlicher übermittelte Messwerte ergibt sich insgesamt eine positive Bilanz dieser externen Qualitätskontrolle.

Die Auswertung des Ringversuchs hat gezeigt, dass praktisch alle beteiligten Laboratorien den Anforderungen zur Bestimmung der Aktivitätskonzentration von Radon-222 gerecht werden; betrachtet man nur die Messergebnisse für das Modellwasser, trifft diese Einschätzung auch für die Bestimmung der Uranisotope zu. Problematisch ist die Beurteilung der Messwerte des Summenparameters Gesamt- $\alpha$ -Aktivität, da je nach Wartezeiten und eingesetzten Messverfahren unterschiedliche Radionuklidvektoren erfasst werden können. Dennoch ist das Ergebnis für das Modellwasser mit einem Gesamtmittelwert (1,31 Bq/l), der nur +5 % vom berechneten Wert (1,24 Bq/l) abweicht, positiv zu werten. Allerdings beträgt die Aktivitätskonzentration ein Vielfaches vom in der Trinkwasserüberwachung relevanten Richt- bzw. Schwellenwert des Screening-Parameters Gesamt- $\alpha$ -Aktivitätskonzentration (0,05 Bq/l nach [5]). Weniger zufriedenstellend fallen deshalb erwartungsgemäß die Ergebnisse für das reale Trinkwasser aus. Hier weichen Gesamtmittelwert (0,34 Bq/l) und berechneter Wert (0,22 Bq/l) um mehr als 50 % voneinander ab, allerdings bei hohem Rn-222-Gehalt des untersuchten Wassers.

Die Leitstelle beabsichtigt die Durchführung weiterer Ringversuche dieser Art in den kommenden Jahren. Als Schlussfolgerungen aus den vorliegenden Ergebnissen werden dabei die folgenden Punkte Berücksichtigung finden:

- Die vorgenommene Bereitstellung (Abfüllung, Verpackung, Transport) von Proben zur Bestimmung der Radon-222-Aktivitätskonzentration hat sich bewährt; Änderungen sind zukünftig nicht erforderlich.
- Reale Wässer mit hohen Rn-222-Aktivitätskonzentrationen sind nicht geeignet als Ringversuchsproben, an denen die Radionuklide Pb-210 und/oder Po-210 bestimmt werden. Die in der Praxis notwendige Vorgehensweise (Entemanierung unmittelbar nach Probenahme und Po-210-Analyse bei hohem bzw. unbekanntem Pb-210/Po-210-Aktivitätsverhältnis in kurzer Folgezeit) ist im Rahmen eines Ringversuches nicht realisierbar.

- Da die Beurteilung der Messergebnisse nunmehr in Form der im Leistungstest ermittelten „z-Werte“ dargestellt wird, in deren Berechnung ein vom Schwierigkeitsgrad der angewandten Methode abhängiger Faktor (0,1, 0,2 oder 0,3, s. o.) eingeht, wird der bisher von der Leitstelle verwendete Methodenkatalog überarbeitet. Hinweise und Anregungen zu diesem Thema von Seiten der Teilnehmer sind erwünscht.
- In Anbetracht der nach [5] empfohlenen Messstrategie und der vergleichsweise hohen Anzahl von nicht akzeptierten Analysenergebnissen bei der Bestimmung der Gesamt- $\alpha$ -, der Ra-226- und der Ra-228-Aktivitätskonzentration in diesem Ringversuch, wird diesen Parametern auch zukünftig eine besondere Aufmerksamkeit gewidmet.
- In diesem Ringversuch ergab sich der höchste Anteil nicht akzeptierter Ergebnisse mit einem Wert von 29 % für die Bestimmung der Ra-228-Aktivitätskonzentration im Modellwasser. Für die Messwerte der Gesamt- $\alpha$ -Aktivitätskonzentration betragen die Anteile beim Modellwasser 16 % und beim Realwasser 20 %. Beim Ra-226 im Realwasser wurden 21 % der übermittelten Ergebnisse nicht akzeptiert.

Abschließend ist anzumerken, dass die Leitstelle im Hinblick auf zukünftige Anforderungen im Rahmen einer Überwachung natürlicher Radionuklide im Trinkwasser eine intensivere Zusammenarbeit mit den auf diesem Gebiet tätigen Laboren anstrebt. Die Zielstellung besteht hauptsächlich darin, unterschiedliche analytische Methoden zu diskutieren, Probleme, die die Qualität der Messergebnisse beeinflussen, aufzuzeigen und einen breiten Erfahrungsaustausch zu unterstützen.

## 6 LITERATUR

- [1] Gesetz zum vorsorgenden Schutz der Bevölkerung gegen Strahlenbelastung (Strahlenschutzvorsorgegesetz – StrVG) vom 19. Dezember 1989, BGBl. Teil I, S. 2610–2614 (1986); zuletzt geändert am 25. November 2003, BGBl. Teil I, S. 2304, 2308 (2003)
- [2a] Viertel, H. ; Guttman, A. ; Schmidt, K. ; Winterfeldt, I. ; Labahn, A.: *Ringversuch zur Bestimmung des Radionuklidgehaltes im Wasser – Ringversuch 1/2010*. BfS Fachbereich Strahlenschutz und Umwelt, Berlin, SW 1 – 03/2011
- [2b] Viertel, H. ; Guttman, A. ; Schmidt, K. ; Winterfeldt, I. ; Labahn, A.: *Ringversuch zur Bestimmung von Alpha-Strahlern im Wasser – Ringversuch 2/2010*. BfS Fachbereich Strahlenschutz und Umwelt, Berlin, SW 1 – 03/2010
- [3a] Obrikat, D. ; Bünger, T. ; Beyermann, M. ; Guttman, A. ; Schmidt, K. ; Winterfeldt, I.: *Ringversuch zur Bestimmung von natürlichen Radionukliden, Tritium und der Gesamt- $\alpha$ -Aktivität in Trinkwasser – Ringversuch 4/2005*. BfS Fachbereich Strahlenschutz und Umwelt, Berlin, SW 2 – 08/2005
- [3b] Beyermann, M. ; Bünger, T. ; Wershofen, H. ; Guttman, A. ; Schmidt, K. ; Winterfeldt, I. ; Labahn, A.: *Ringversuch zur Bestimmung von Radon-222 und der Gesamt- $\alpha$ -Aktivität in Trinkwasser – Ringversuch 4/2010*. BfS Fachbereich Strahlenschutz und Umwelt, Berlin, SW 1 – 01/2011
- [4a,b] Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2001) vom 21. Mai 2001, BGBl. 2001, Teil I, S. 959 und Erste Verordnung zur Änderung der Trinkwasserverordnung vom 3. Mai 2011, BGBl., Teil I Nr. 21, S. 748–774
- [5] Leitfaden zur Untersuchung und Bewertung von Radioaktivität im Trinkwasser, Empfehlung von BMU, BMG, BfS, UBA DVGW und BDEW – erstellt unter Mitwirkung von Ländervertretern  
<http://www.bfs.de/de/ion/nahrungsmittel/trinkwasserleitfaden.html>
- [6] Wiegand, J. ; Gellermann, R. ; Schott, B.: *Measuring Radon and Radium in Water – Results of the III International Workshop on 13th – 14th May 1999, Thale, Harz Mountains, Germany*. Strahlenschutzpraxis Nr. 6 (1), S. 54–57 (2000)
- [7] Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN): *Report on the IRC-CEC Intercomparison Concerning the Measurement of the Gross Alpha, Gross Beta, Tritium Activities and Potassium Concentration in a Drinking Water Sample*. IRC Note No. 50, Le Vésint (Frankreich), August 2002
- [8] International Atomic Energy Agency (IAEA), Marine Environment Laboratory; Ballestra, S. ; Gastaud, J. ; Lopez, J. J. ; Parsi, P. ; Vas, D.: *Report on the Intercomparison Run IAEA 300 – Radionuclides in Marine Sediment*. Monaco Cedex (1994)
- [9a] Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): *Messanleitungen für die Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt und zur Erfassung radioaktiver Emissionen aus kerntechnischen Anlagen*. 1.–7. Lieferung, Elsevier, München 2006, ISBN 3-437-11456-5

- [9b] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): *Messanleitungen für die Überwachung radioaktiver Stoffe in der Umwelt und externer Strahlung*.  
[http://www.bmu.de/strahlenschutz/ueberwachung\\_der\\_umweltradioaktivitaet/messanleitungen/doc/42042.php](http://www.bmu.de/strahlenschutz/ueberwachung_der_umweltradioaktivitaet/messanleitungen/doc/42042.php)
- [10] Norm ISO/IEC Guide 43-1:1997: *Proficiency testing by interlaboratory comparisons – Part 1: Development and operation of proficiency testing schemes*
- [11] Norm ISO/IEC 17043:2010: *Conformity assessment – General requirements for proficiency testing*
- [12] Norm ISO 13528:2005: *Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons*
- [13] Beyermann, M. ; Bünger, T. ; Gehrcke, K. ; Obrikat, D.: *Strahlenexposition durch natürliche Radionuklide im Trinkwasser in der Bundesrepublik Deutschland*. BfS-SW-Bericht, BfS-SW-06/09, urn:nbn:de:0221-20100319945, Salzgitter, 2009
- [14] Norm DIN 38402-42:2005-09: *Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Allgemeine Angaben (Gruppe A) Teil 42: Ringversuche zur Verfahrensvalidierung, Auswertung (A 42)*. 2005-09
- [15] Gottschalk, G. ; Kaiser, R. E.: *Einführung in die Varianzanalyse und Ringversuche*. Mannheim : B.I. - Wissenschaftsverlag, 1976



**Anhang 1:**  
**Liste der Teilnehmer**



## Liste der Teilnehmer

Bayerisches Landesamt für Umwelt, Referat 47 – Strahlenschutzlabor Südbayern, Augsburg

Bayerisches Landesamt für Umwelt, Referat 47 – Umweltradioaktivitätslabor, Augsburg

Bundesamt für Gesundheit, Sektion Umweltradioaktivität (URA), Bern (Schweiz)

Bundesamt für Strahlenschutz, AG-SG 2.4, Berlin

Bundesamt für Strahlenschutz, Fachgebiet SW 1.5, Berlin

Bundesamt für Strahlenschutz, Fachgebiet SW 1.6, Oberschleißheim

Bundesanstalt für Gewässerkunde, Referat Radiologie, Koblenz

Eichamt Dortmund, Messstelle Umweltradioaktivität nach StrVG

Eichrom Europe, Eichrom Laboratoires, Campus de Ker Lann – Parc de Lormandière, Bruz (Frankreich)

Forschungszentrum Jülich GmbH, N-A

Forschungszentrum Jülich GmbH, Geschäftsbereich Sicherheit und Strahlenschutz

Helmholtz Zentrum München, Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (GmbH), Radioanalytisches Laboratorium, Neuherberg

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Außenstelle Kassel, Dezernat I 5

IAF – Radioökologie GmbH, Radeberg

Institut für Hygiene und Umwelt, Bereich Umweltuntersuchungen, Hamburg

Institut für Medizinische Physik und Strahlenschutz, Technische Hochschule Mittelhessen, Gießen

Institut Romeis Bad Kissingen GmbH, Labor Analytik Wasser und Getränke, Oberthulba

IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasser, Beratungs- und Entwicklungsges. mbH, Regionalstandort Rhein-Main, Biebesheim

Jozef Stefan Institute, Department of Environmental Sciences, Ljubljana (Slowenien)

Kantonales Laboratorium Basel-Stadt, Analytik / Strahlenschutz (Schweiz)

Karlsruher Institut für Technologie, Sicherheitsmanagement (KSM-AL), Eggenstein-Leopoldshafen

Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz, FB 6.4 – Radiologische Umweltüberwachung (IMIS), Saarbrücken

Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, Dezernat 650, Radioaktivitätsmessstelle Stralsund

Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz, Abt. 6, Ref. 67, Mainz

Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, FG Umweltradioaktivität/Landesmessstellen, Halle

Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Landesmessstelle Nord, FG 14, Osterburg

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Referat 32,  
Karlsruhe

Landeslabor Berlin-Brandenburg, Strahlenmessstelle Frankfurt (Oder)

Landeslabor Brandenburg, Landesmessstelle Oranienburg, Abt. Strahlenschutz

Landesuntersuchungsamt, Institut für Lebensmittelchemie, Speyer

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Betriebsstelle  
Hannover-Hildesheim (AB 33)

Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, CC Strahlenschutz  
Wien (Österreich)

Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Kompetenzzentrum  
Radioökologie und Radon, Linz (Österreich)

Paul Scherrer Institut, Abt. für Strahlenschutz, Villigen PSI (Schweiz)

RWS Centre for Water Management, WGML-Radiochemie, Lelystad (Niederlande)

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Strahlenmessstelle, Berlin

Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft, GB 2, 1. Landesmessstelle,  
Radebeul

Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft, 2. Landesmessstelle für Umwelt-  
radioaktivität, Fachbereich 2, Chemnitz

Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie, Landesmessstelle Gera

Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie, Messstelle Jena, Referat 24

Universität Regensburg, ZRN-URA-Laboratorium, Institut für analytische Chemie

Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e. V., Labor für Umwelt- und Radio-  
analytik, Dresden

## **Anhang 2:**

**Herstellung/Gewinnung der Proben und Überprüfung der Homogenität und Stabilität**



## Probe 1 – Modellwasser (MTW)

### Beschreibung des Probenmaterials

Bei dieser Probe handelte es sich um eine synthetische Trinkwasserprobe. Die Herstellung des Modellwassers und die Abfüllung in 1-Liter-Polyethylenflaschen erfolgten am 8. Mai 2012. Diese Proben wurden am Folgetag auf dem Postweg versandt, sie sind gekennzeichnet als „**MTW-fortlaufende Nr. der Abfüllung**“.

### Herstellung der Proben

Der Ansatz des Modellwassers erfolgte durch Verdünnung einer Stammlösung in einem 200-l-Polyethylenbehälter auf ein Volumen von 140 Litern. Dabei stand der Behälter auf einer auf Null tarieren kalibrierten Laborwaage (Soehnle, Typ 7743), über die beim Zusatz von entionisiertem Wasser die Masse kontrolliert und bestimmt wurde. Alle verwendeten Geräte wurden vorher – da bereits für frühere Ringversuche eingesetzt – gründlich, d. h. mehrfach mit verdünnter Salpetersäure, einer komplexbildenden Lösung (RBS 50, Fa. Roth) und entionisiertem Wasser gereinigt.

Zur Herstellung der Stammlösung wurden folgende Komponenten unter leichtem Schwenken in eine Vorlage von ca. 300 ml entionisiertem Wasser in einer 1-l-Polyethylenflasche gegeben:

<u>Inaktiver Träger;</u>	5 ml konz. HNO <sub>3</sub> (65%ig) und 10,28 g CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O (2,8 g Ca <sup>2+</sup> );
<u>U-238; 37,8 Bq</u>	Uran-Standard PLU2-2X/2Y, Lot No.8-123U der Fa. SPEXCertiPrep <sup>®</sup> , 1 mg/ml Uran in 2%iger HNO <sub>3</sub> $m = 3,0584 \text{ g}$ (37,762 Bq U-238), gelöst in ca. 10 ml H <sub>2</sub> O;
<u>Ra-226; 58,0 Bq</u>	Referenzlösung Amersham England Type RA33 von 10/1972: 0,804 µg Ra-226 = 29372 Bq; 1991 verdünnt auf 1,0 l HCl-saure BaCl <sub>2</sub> -Lsg.: $a = 29,37 \text{ Bq/g}$ (Bezugsdatum: 18.10.1972), $m = 2,0090 \text{ g}$ (58,002 Bq Ra-226 am 08.05.2012), gelöst in 10 ml H <sub>2</sub> O; <i>die radiochemische Abtrennung des Ra-226 erfolgte vor 1972; unter der Voraussetzung, dass keine Adsorption an Gefäßwänden stattfand, beträgt die gelöste Aktivität des nachgebildeten Pb-210 am 08.05.2012 mindestens 71,2 % der Ra-226-Aktivität, demnach 41,31 Bq; für Po-210 ergibt sich eine Aktivität von 41,01 Bq (70,7 % der Ra-226-Aktivität am 08.05.2012)</i>
<u>Ra-228; 23,3 Bq</u>	PTB-Kalibrierzeichen PTB 6.12-787/10.2012: $a = 77,5 \pm 2,4 \text{ Bq/kg}$ (Bezugsdatum: 02.05.2012) $m = 300,39 \text{ g} = 23,28 \text{ Bq}$ ;

Die Stammlösung wurde auf ca. 900 ml verdünnt und unter Rühren in eine Vorlage von ca. 50 kg entionisiertem Wasser und 135 ml konz. HNO<sub>3</sub> (65 %) gegeben. Anschließend wurde der Behälter mit entionisiertem Wasser auf eine Masse von 140,0 ± 0,1 kg aufgefüllt. Die Lösung wurde weitere drei Stunden gerührt und schließlich unter weiterem Rühren mit einer Fasspumpe

aus Kunststoff in 142 1-Liter-Polyethylenflaschen abgefüllt (Proben MTW 1 – MTW 142). Der pH-Wert betrug ca. 1,8.

Damit ergeben sich für das Modellwasser auf das Datum 8. Mai 2012 bezogen folgende berechnete Aktivitätskonzentrationen:

**Tab. A2-1:** Berechnete Aktivitätskonzentrationen für das Modellwasser

<b>α-Strahler</b>			<b>β-Strahler</b>		
Nuklid	HWZ	Berechnete Aktivitätskonz.	Nuklid	HWZ	Berechnete Aktivitätskonz.
<b>Uran-Radium-Zerfallsreihe</b>					
U-238	$4,47 \cdot 10^9$ a	0,270			
U-234 <sup>1)</sup>	$2,46 \cdot 10^5$ a	(0,270)			
Ra-226	1600 a	0,414			
			<i>Pb-210</i> <sup>2)</sup>	22,3 a	0,295
<i>Po-210</i> <sup>2)</sup>	138,4 d	0,293	<i>Bi-210</i> <sup>2)</sup>	5,0 d	0,295
<b>Thorium-Zerfallsreihe</b>					
Th-232 <sup>3)</sup>	$1,4 \cdot 10^{10}$ a	—	Ra-228	5,75 a	0,166
Th-228 <sup>3)</sup>	1,91 a	< 0,013	Ac-228	6,13 h	0,166
Gesamt-α <sup>4)</sup>		<b>1,243</b>			

<sup>1)</sup> Bei der Berechnung der U-234-Aktivitätskonzentration wurde eine natürliche Isotopenzusammensetzung des Uran-Standards angenommen.

<sup>2)</sup> Zur Berechnung der Erwartungswerte für die Aktivitätskonzentrationen von Pb-210 und Po-210 ist anzumerken, dass die Anteile der nachgebildeten Aktivitäten in der Ra-226-Referenzlösung zwar nicht genau bekannt sind; aber unter der Voraussetzung, dass keine Verluste auftraten, zu etwa 0,71 angenommen werden.

<sup>3)</sup> Thorium wurde am 22.02.2012 im Labor der Leitstelle aus der verwendeten Ra-228-Referenzlösung radiochemisch abgetrennt. Das mit einer Halbwertszeit von 1,9 Jahren nachgebildete Th-228 sollte während der Dauer des Ringversuches nur unwesentlich zur Gesamt-α-Aktivität der Modellwasserprobe beitragen. Die am 23.02.2012 im BfS durchgeführte radiochemische Analyse ergab Aktivitätskonzentrationen von Th-232 bzw. Th-228 von < 0,4 mBq/l bzw. 6 mBq/l. Im PTB-Kalibrierschein (PTB 6.12-787/10.20) wird ein Th-228-Wert von < 6 mBq/g ausgewiesen. Über einen Zeitraum von drei Monaten ist demzufolge mit einer maximalen Th-228-Aktivitätskonzentration im Modellwasser von etwa 30 mBq/l zu rechnen. Dieser Wert entspricht nur 2 % der Gesamt-α-Aktivitätskonzentration und ist auch unter Berücksichtigung der kurzlebigen, α-Strahlung emittierenden Folgenuklide des Th-228 (Ra-224, Rn-220, Po-216) als vernachlässigbar einzuschätzen.

<sup>4)</sup> Bei der Berechnung der Gesamt-α-Aktivität wurden die Radionuklide U-238, U-234, Ra-226 und Po-210 berücksichtigt. Damit ergibt sich für das Modellwasser ein Erwartungswert von 1,24 Bq/l, wobei dieser Wert hinsichtlich des Po-210- und U-234-Anteils auf der Basis von Annahmen beruht.

Die Berechnung der Gesamt-α-Aktivitätskonzentration erfolgt unter der Annahme, dass bei der Herstellung der Messpräparate im Wasser gelöstes Rn-222 entweichen und Rn-222 außerdem nur in vernachlässigbarem Umfang nachgebildet wird, so dass auch die kurzlebigen Radonfolgeprodukte Po-218, Pb-214, Po-214 und Bi-214 bei der Messung nicht erfasst werden. Der Beitrag der Radionuklide aus der Actinium-Zerfallsreihe (U-235 und Folgeprodukte) wird wegen der geringen Aktivitätskonzentrationen ebenfalls vernachlässigt.

## Homogenitäts- und Stabilitätstest

Die Überprüfung der Homogenität des Modellwassers wurde an insgesamt acht Stichproben (Anfang, Mitte und Ende der Abfüllung) durchgeführt, wobei die Parameter Gesamt- $\alpha$ -Aktivität und U-238 herangezogen wurden. Die Bestimmung der Gesamt- $\alpha$ -Aktivität erfolgte nach einem in [9b] veröffentlichten Verfahren, welches auf einer unspezifischen Mitfällung der  $\alpha$ -Strahler an  $\text{Ca}(\text{NH})_4\text{PO}_4$ , und der anschließenden LSC-Messung beruht. Die U-238-Aktivitätskonzentrationen wurden auf Grundlage der durch kinetische Phosphoreszenzanalyse ermittelten Urankonzentrationen berechnet. Die Ergebnisse der Homogenitätsprüfungen sind in Tab. A2-2 wiedergegeben, danach kann das synthetische Modellwasser als homogene Probe betrachtet werden.

Die Gesamt- $\alpha$ - und die Po-210-Aktivitätskonzentrationen der Modellwasserproben wurden außerdem über einen Zeitraum von drei Monaten (Mitte Mai bis Mitte Juli 2012) stichprobenartig überprüft (siehe Tab. A2-3), wobei keine Veränderungen festgestellt wurden (relative Standardabweichungen vom Mittelwert  $< 12\%$  bzw.  $< 6\%$  bei 9 bzw. 6 Bestimmungen der Gesamt- $\alpha$ - bzw. der Po-210-Aktivitätskonzentration). Folglich kann von der Stabilität der Proben über den gesamten Untersuchungszeitraum ausgegangen werden.

## **Probe 2 – reales Trinkwasser (RTW)**

### Beschreibung des Probenmaterials

Bei dem als Probenmaterial versandten Wasser handelte es sich um ein eisenarmes Trinkwasser (unaufbereitetes Rohwasser als Trinkwasser) aus dem Tiefbrunnen Schloßleithe der Wasseraufbereitungsanlage der Stadt Kirchenlamitz (Fichtelgebirge), Landkreis Weißenstadt. Dieses Wasser war für den Ringversuch besonders geeignet, da es im Vergleich zu anderen Trinkwässern in Deutschland relativ hohe – messtechnisch gut erfassbare – Aktivitätskonzentrationen mehrerer relevanter Radionuklide natürlichen Ursprungs aufweist und zugleich sehr arm an Eisen ist. Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Niederschlägen und eine Ausfällung von Radionukliden in der Probe während des Transportes wurde als gering eingeschätzt.

Die üblicherweise bei der Trinkwasseraufbereitung vorgenommene Belüftung (oxidative Ausfällung von Eisen- und Manganoxidhydraten) ist bei diesem Wasser nicht erforderlich. Zur Entsäuerung wird es über einen Dolomitfilter geleitet und dann ohne weitere Aufbereitung in das Netz eingespeist.

### Gewinnung der Proben

Am 23. Mai 2012 wurde dieses Wasser in der Zeit von 09:15 Uhr bis 12:15 Uhr bei kontinuierlichem Abfluss aus dem Probenentnahmehahn für das Rohwasser (amtl. Kennzahl 4110/5837/00155) zunächst in 34 10-l-Kanister (Proben RTW 101 – RTW 134) und 28 1-l-Flaschen (Proben RTW 135 – RTW 162) abgefüllt, so dass insgesamt 62 Proben gewonnen wurden.

Die Proben wurden vor Ort nummeriert, etikettiert und ohne weitere Behandlung (nicht angesäuert) nebst Ergebnisbögen und ausführlichen Hinweisen zur weiteren Behandlung der Proben und zur Durchführung des Ringversuchs in geeignete Versandkartons verpackt und von ver-

schiedenen Poststellen in Kirchenlamitz, Weißenstadt und Marktredwitz an die Ringversuchsteilnehmer versandt.

### **Probe 3 – reales Trinkwasser (RTW)**

#### Beschreibung des Probenmaterials

(Gleiches Wasser wie Probe 2).

#### Gewinnung der Proben

Ebenfalls am 23. Mai 2011 wurde dieses Wasser in der Zeit von 08:30 Uhr bis 09:10 Uhr bei kontinuierlichem Abfluss aus dem Probenentnahmehahn für das Rohwasser aus dem Zulauf in den Hochbehälter in gasdichten 0,5-l-Getränkeflaschen aus Polyethylenterephthalat (PET) abgefüllt, so dass insgesamt 84 Proben (Proben RTW 01 – RTW 84) gewonnen wurden. Die Proben wurden vor dem Versand ebenfalls nicht angesäuert.

#### Berechnung der Gesamt- $\alpha$ -Aktivitätskonzentration

Der Erwartungswert der Gesamt- $\alpha$ -Aktivitätskonzentration in Höhe von **0,223 Bq/l** wurde als Summe der Gesamtmittelwerte der U-238-, U-234- und Ra-226-Aktivitätskonzentrationen des Realwassers berechnet. Die extrem niedrige Po-210-Aktivitätskonzentration (bei vollständiger Entemanierung der Proben kurze Zeit nach Eintreffen im Labor) blieb bei der Summenbildung unberücksichtigt.

#### Homogenitäts- und Stabilitätstest bei Realwasserproben

Die Überprüfung der Homogenität des nicht für Rn-222-Bestimmungen verwendbaren Realwassers (Probe 2) wurde an drei Stichproben (erste, mittlere, letzte Probe der Abfüllung nach Entemanierung im Labor am 24.05.2012 um ca. 15:00 Uhr) durchgeführt, wobei wie beim Modellwasser die Parameter Gesamt- $\alpha$ -Aktivität und U-238 herangezogen wurden.

Beim realen Trinkwasser, welches zur Rn-222-Bestimmung vorgesehen war (Probe 3), wurden am Folgetag der Abfüllung an sechs Proben jeweils Doppelbestimmungen der Rn-222-Aktivitätskonzentration vorgenommen. Die angewandte Methode unter Nutzung der LSC-Messung ist in [9b] veröffentlicht. Die Ergebnisse der Homogenitätsprüfungen sind in Tab. A2-2 wiedergegeben.

Außerdem wurden im Zeitraum von Anfang Juni bis Ende Juli 2012 an restlichen, im Labor entemanerten Realwasserproben die Gesamt- $\alpha$ - sowie die U-238-Aktivitätskonzentrationen überprüft. Da keine signifikanten Reduktionen festgestellt wurden (relative Standardabweichungen bei allen Parametern < 10 %), kann auch hier von der Stabilität der Proben über den gesamten Untersuchungszeitraum ausgegangen werden.

Die auf den Mittelwert  $\bar{x}_{1,h}$  bezogene relative Standardabweichung betrug bei der Gesamt- $\alpha$ -Aktivität in Probe 1 (Modellwasser) 6,0 % und bei U-238 (Modellwasser) 1,7 %. Für das reale Trink-

wasser ergaben sich relative Standardabweichungen der Gesamt- $\alpha$ -Aktivität in Probe 2 von 10 %, der U-238-Aktivitätskonzentration (Probe 2) von 2,3 % und 4,4 % bei der Rn-222-Aktivitätskonzentration in Probe 3. Im Rahmen der angegebenen Messunsicherheiten können die Proben als homogen angenommen werden.

**Tab. A2-2:** Homogenitätstest von **Modellwasser** (MTW, Probe 1) und **realem Trinkwasser** (RTW, Proben 2 und 3), die Aktivitätskonzentrationen sind in **Bq/l** angegeben

<b>Probe 1 (MTW)</b>	MTW 01,02	MTW 45, 46	MTW 90, 91	MTW 141,142	$\bar{x}_{l,h}$
Gesamt- $\alpha^*$	1,202±7,8% 1,255±7,6%	1,282±7,6% 1,195±7,8%	1,177±7,9% 1,107±8,2%	1,292±7,5% 1,108±8,2%	1,202±5,8%
U-238 <sup>*)</sup>	0,261±3,4% 0,262±3,4%	0,257±3,4% 0,250±3,4%	0,259±3,4% 0,257±3,4%	0,260±3,4% 0,252±3,4%	0,257±1,7%
<b>Probe 2 (RTW)</b>	RTW 101	RTW 133	RTW 153	RTW 158	
Gesamt- $\alpha^*$	0,269±9,8%		0,232±11%	0,251±10%	0,251±10%
U-238 <sup>*)</sup>	0,061±4,0%	0,059±4,0%	0,061±4,0%		0,060±2,3%
<b>Probe 3 (RTW)</b>	RTW 01, 02	RTW 41, 42		RTW 83, 84	
Rn-222 <sup>*)</sup>	732±0,6% 745±0,6% 725±0,6% 782±0,6%	712±0,6% 704±0,7% 656±0,7% 689±0,7%		719±0,6% 688±0,7% 723±0,6% 704±0,7%	715±4,4%

<sup>\*)</sup> Angabe der Messunsicherheit als doppelte Zählstandardabweichung, der Einfluss der Proben-  
aufbereitung und systematischer Messunsicherheiten wird an dieser Stelle vernachlässigt

**Tab. A2-3:** Stabilitätstest von **Modellwasser** (MTW, Probe 1) und **realem Trinkwasser** (RTW, Probe 2), die Aktivitätskonzentrationen sind in **Bq/l** angegeben

<b>Analysen</b>	Mai 2012	Juni 2012	Juli 2012	$\bar{x}_{l,h}$
MTW-Gesamt- $\alpha^*$	1,202±7,8% 1,255±7,6% 1,282±7,6% 1,195±7,8% 1,177±7,9% 1,107±8,2%	1,032±8,5% 1,097±8,2%	1,257±7,8% 1,307±7,6% 1,117±8,4% 1,085±8,5%	1,176±7,5%
MTW-Po-210 <sup>*)</sup>	0,223±7,7% 0,219±7,8% 0,229±7,7%	0,237±8,0%	0,238±8,0% 0,236±7,6%	0,230±3,5%
RTW-Gesamt- $\alpha^*$	0,269±9,8% 0,232±11% 0,251±10%	0,251±10%	0,201±12% 0,232±11%	0,239±9,8%
RTW-U-238 <sup>*)</sup>	0,061±4,0% 0,059±4,0% 0,061±4,0%	0,061±4,0% 0,059±4,0% 0,061±4,0%	0,060±4,0% 0,059±4,0% 0,061±4,0%	0,060±1,6%

<sup>\*)</sup> Angabe der Messunsicherheit als doppelte Zählstandardabweichung



**Anhang 3:**  
**Kalibrierscheine und Zertifikate (Auszüge)**





## Kalibrierschein

*Calibration Certificate*

Gegenstand:  
*Object:* 0,1 M HNO<sub>3</sub>-Lösung mit Ra-228

Hersteller:  
*Manufacturer:* Bundesamt für Strahlenschutz, Dienststelle Berlin

Typ:  
*Type:*

Kennnummer:  
*Serial No.:* Ra-228, 22.02.12

Auftraggeber:  
*Applicant:* Bundesamt für Strahlenschutz  
Dienststelle Berlin  
Köpenicker Allee 120 - 130  
10318 Berlin

Anzahl der Seiten:  
*Number of pages:* 3

Geschäftszeichen:  
*Reference No.:* PTB-6.12-787-Ra-228

Kalibrierzeichen:  
*Calibration mark:* PTB-6.12-787/10.2012

Datum der Kalibrierung:  
*Date of calibration:* 2012-03-14 bis 2012-05-02

Im Auftrag  
*On behalf of PTB* Braunschweig, 2012-05-14

Im Auftrag  
*On behalf of PTB*

Siegel  
*Seal*

  
Dr. H. Wershofen

  
Hr. M. Schmiedel



Die Tabelle enthält die Ergebnisse der gammaspektrometrischen Messungen an der uns zugesandten Ra-228-Lösung. Die Probe wurde in eine 1-Liter-Ringschale überführt und mit zwei verschiedenen low-level Gammaskpektrometern gemessen.

Die eingesetzten Spektrometer sind auf die Primärnormale der PTB rückführbar kalibrierte Messeinrichtungen.

Folgende, auf den 22.02.2012 bezogene, spezifische Aktivitäten  $a$  wurden ermittelt:

Nuklid	$a$ in mBq/g
Ra-228 (Ac-228)	$77,5 \pm 2,4$
Th-228	$< 6$
Ra-224	$< 3$
Pb-212	$< 3$

Die spezifische Aktivität des Ra-228 wurde unter Annahme des radioaktiven Gleichgewichtes über Ac-228 bestimmt.

Bei der Ermittlung der Aktivitätswerte wurde für Ac-228 mit einer Halbwertszeit von 5,75 Jahren und für Th-228, Ra-224 u. Pb-212 mit 1,913 Jahren gerechnet. Aufbaueffekte wurden nicht berücksichtigt.

Während der Kalibrierung (49 Tage) hat sich die Masse im Messgefäß durch Verdunstungseffekte um ca. 1,1 % verringert. Die angegebene spez. Aktivität ist auf die Masse kurz vor dem Zurückfüllen in die Versandflasche am 02.05.2012, 10:00 Uhr bezogen.

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“ (ISO, 1995) ermittelt. Der Wert der Messgröße liegt im Regelfall mit einer Wahrscheinlichkeit von annähernd 95 % im zugeordneten Werteintervall.



# SPE Certificate<sup>TM</sup>

## Certificate of Reference Material

**Catalog Number:** PLU2-2X/2Y                      **Lot No.** 8-123U

**Description:** 1000 mg/L Uranium

**Matrix:** 2% HNO<sub>3</sub>

This ASSURANCE<sup>®</sup> certified reference material, CRM, is intended primarily for use as a calibration standard or quality control standard for inorganic spectroscopic instrumentation such as ICPOES, DCP, AA, ICPMS, and XRF. It can be employed in USEPA, ASTM and other methods relevant to the certified properties listed below.

**Certified Value:** 1000.5 mg/L +/- 3 mg/L

**Traceable to:** NIST SRM 3164

The CRM is prepared gravimetrically using high purity Uranium Oxide                      Lot# 04001D. The certified value listed is the average of values obtained by classical wet assay and ICP spectrometer analysis.

**Refer to side 2 for details of measurement uncertainties.**

**Classical Wet Assay:** 1001 mg/L

**Method:** Evaporate to dryness, ignite and weigh as U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>.

**Instrumentation Analysis By ICP spectrometer:** 1000 mg/L

### Uncertified Properties:

**Density:** 1.018 @ 23.5 Degrees Celsius

### Trace Metallic Impurities in the Actual Solution via ICP / ICPMS Analysis:

Element	mg/L	Element	mg/L	Element	mg/L
Al	0.05	Cu	0.02	Pb	<0.007
As	0.05	Fe	0.10	Rb	<0.001
Ag	<0.005	Ga	<0.001	Re	<0.001
B	<0.004	In	<0.001	Sn	<0.001
Ba	0.003	K	0.06	Sr	0.004
Be	<0.001	Li	<0.001	Sb	0.003
Bi	0.002	Mg	0.003	Ti	<0.001
Ca	.12	Mn	0.003	Tl	<0.001
Cr	<0.003	Mo	0.005	V	0.005
Cd	<0.001	Na	0.1	Zr	<0.001
Co	<0.001	Ni	<0.002	Zn	0.02

Balances are calibrated regularly with weight sets traceable to NIST #32856, #32857 and others. This CRM is guaranteed stable to +/-0.5% of the certified concentration inclusive of uncertainty of measurements and other effects, such as transpiration losses, for a period of one year from the date of certification. This guarantee is valid only when the material is kept tightly capped and transported and stored under laboratory conditions.

Date of Certification: - 1 JAN 2002

Certifying Officer: N. Kocherakota

## Report of Certification

This Certified Reference Material has been prepared and certified under an ISO 9001 system consistent with the following guides:

Guide To The Expression Of Uncertainty In Measurement 1995

EURACHEM/CITAC Guide: Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement – Second Edition

ASTM Guide D6362-98

ISO Guide 34: Quality system guidelines for the production of reference materials.

ISO Guide 17025: Certification of reference materials, general and statistical principles

ISO Guide 31: Contents of certificates of reference materials

NIST Technical Note 1297

ILAC-G12-2000: Guidelines for the requirements for the competence of reference materials producers

ISO/REMCO N280

### Material Source:

All analytes and matrix materials are obtained and verified by SPEX CertiPrep from pre-qualified vendors as per ISO 9000 guidelines. Vendor identifications are proprietary, however sources of all materials used in the preparation and testing of SPEX CertiPrep CRMs are tracked and documented. For further information contact CRM Sales.

### Instructions for Use:

Primary usage of this CRM is in neat form or diluted serially with matrix of a purity at or greater than the purity of the original matrix solution. If dilution is required the diluent must be compatible with all certified analytes and contain stabilizers appropriate for the period of intended use. The CRM can also be used as a spike or with a spike, again with appropriate compatibility considerations. All solutions should be thoroughly mixed, by shaking, prior to use and never pipetted directly from the bottle. All surfaces that come in contact with the solution must be thoroughly cleaned and leached prior to use. Dilutions should be performed only with Class A volumetric glassware.

### Method of Preparation:

Clean laboratory procedures and techniques have been used throughout the preparation. All materials, equipment, analytical instrumentation and personnel have been qualified prior to use. The highest purity acids applicable, 18 megohm, double deionized water, acid-leached triple-rinsed bottles, and Class A glassware have been used in all preparations.

### Homogeneity:

The Homogeneity of the CRM has been confirmed by procedures consistent with ISO guide 17025, ISO/REMCO N280 and ASTM D6362-98 Appendix X2. Random, replicate samples of the final, packaged material have been analyzed for the certified values by procedures consistent with the intended use of the CRM.

The mathematical expression  $k_s = s^2 m$  is employed to determine the sampling size

$s$  = relative standard deviation in % for one component of the sample. (ie. The sub-sampling uncertainty)

$m$  = the sub-sampling mass

$k_s$  = mass of sub-sample necessary to ensure a relative sub-sampling error of 1% (68% confidence level) in a single determination

### Statistical estimator and Confidence limits:

The certified value 'X' listed on the reverse of this document is at the 95% level of confidence and can be expressed as

$X = x \pm U$  where  $x$  = measured value,  $U$  = Expanded uncertainty

$U = k u_c$  where  $k=2$  is the coverage factor at the 95% confidence level

$u_c$  is obtained by combining the individual element standard uncertainty components  $u_i$  and  $u_c = \sqrt{\sum u_i^2}$

### Certification Traveler Report:

All certified values reported were derived from Traveler Report (Spex CertiPrep's traceability documentation) identified by the lot number of this CRM. For further information contact CRM Sales.

### Legal Notice:

SPEX CertiPrep reference materials are not for any cosmetic, drug or household application and are to be used only by qualified individuals who are trained in appropriate procedures. No claims against SPEX CertiPrep, Inc. of any kind whatsoever, whether based on breach of warranty, alleged negligence, or otherwise, with respect to this RM shall be greater than the purchase price. In no event shall SPEX CertiPrep, Inc. be liable for any loss of profits or any incidental, special, or consequential damages.



203 Norcross Avenue • Metuchen, NJ 08840 USA  
732-549-7144 • 1-800-LAB-SPEX • Fax: 732-603-9647  
CRMSales@spexcsp.com • www.spexcsp.com  
Always Providing Superior Quality . . . Unparalleled Service™



# Certificate of measurement of sources containing radium-226

Description

4 Radium Salt Capillaries Type RA33

Half-life 1620 years

Dimensions:

External length - mm

External diameter 3 mm

Active length - mm

Screenage 0.5 mm

of Glass

- mm of -

Measurement

On 18 October 1972 the content of radium-226 was

Source number	Content (micro grams)
33089 <i>In the</i>	0.721
33091 <i>detected 77.3m</i>	0.804
33092 <i>R. source 6.1</i>	0.749
33097 <i>10.10.1</i>	0.744

Source number	Content (grams)

Accuracy

The OVERALL UNCERTAINTY in the quoted content of each source is estimated to be less than ± 5 %

This estimate of uncertainty is calculated in accordance with the recommendations of the International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU Report 12). The limits of uncertainty are taken as the arithmetic sum of the uncertainty due to random variations, calculated at the 99.7% confidence level, and the estimated maximum uncertainties due to systematic errors. The systematic uncertainties include the estimated overall uncertainty in the content of the standard source used for the comparison.

Notes

1. Tests for leakage of radon-222 have been carried out with satisfactory results. on 13 November 1973.
2. The radionuclide in these sources is radium-226 in equilibrium with its immediate decay products. It may contain traces of thorium-228 and actinium-227. At the reference time the activity of either impurity was less than 0.1% of the activity of the radium-226. The resulting uncertainty in the measurement of the radium-226 content has been included in the assessment of accuracy.
3. The measurement was made by comparing the rate at which gamma radiation emerged from the source with that from a standard radium-226 source, using a ~~lead-walled ionization chamber~~ NaI crystal.
4. The standard source was calibrated by comparison with the British National Radium Standard at the National Physical Laboratory. ~~Since the directional tolerance of the source is less than ±5% the resulting uncertainty in the absorption correction and hence in the radium-226 content has been included in the assessment of accuracy.~~

Lab. ref. CMR 5917

Approved

*R. J. G. ...*  
Radiation Sources department

*John ...*  
Physics department

*G. R. Newbery*  
for Managing Director

The Radiochemical Centre Ltd

address: Amersham Buckinghamshire England HP7 9LL

telephone: Little Chalfont 4444 (STD code 02404)

telegrams and cables: Activity Amersham Telex

telex: 83141 Active Amersham



**Anhang 4:**  
**Hinweise zur Durchführung des Ringversuchs**



## Hinweise zur Durchführung des Ringversuchs Trinkwasser - RV 4/2012

Die beiden Ringversuchsproben Modell- und Realwasser werden voraussichtlich in der 21. KW 2012 (Realwasser, Rn-222-Bestimmung) bzw. in der 22. KW 2012 (Modellwasser) verschickt.

Die **Modellwasserproben** sind durch die Bezeichnung – **MTW-fortlaufende Nr. der Abfüllung** und die **realen Trinkwasserproben** durch die Bezeichnung – **RTW-fortlaufende Nr. der Abfüllung** auf den Flaschen gekennzeichnet.

Folgende Radionuklide bzw. Nuklidgruppen können bestimmt werden: Rn-222 (nur im Realwasser), Gesamt-Alpha-Aktivität, Ra-226, Ra-228, U-238, U-235, U-234, Pb-210 und Po-210.

Für die Ermittlung der Rn-222-Aktivitätskonzentrationen sind vier Bestimmungen (Doppelbestimmung für jede der beiden entsprechenden Realwasser-Teilproben) vorgesehen.<sup>\*)</sup>

Für die anderen Parameter sollen je zwei Bestimmungen (Doppelbestimmung) durchgeführt und jeweils beide Messergebnisse in die beigefügten Formulare eingetragen werden. Die Ergebnisse sind in der Einheit **Bq/l** anzugeben. Messergebnisse, die nach unterschiedlichen Methoden ermittelt wurden, sollten nicht unter "Messung 1" und "Messung 2" eingetragen werden, ggf. ist dann eine weitere Zeile in die Tabelle einzufügen.

Wir bitten Sie, auf dem beigefügten Formular stichpunktartig zu vermerken, wie die Messungen durchgeführt wurden, d.h., die wesentlichen Angaben zur Analyse (Probenbehandlung, Herstellung des Messpräparates, Aktivitätsmessung) mitzuteilen. Für den Parameter Gesamt-Alpha-Aktivität sind diese Angaben bitte in das vorbereitete Schema einzutragen.

Der Summenparameter Gesamt-Alpha-Aktivität soll bei der zukünftigen Trinkwasserüberwachung einen Hinweis auf die Aktivitäten von U-238, U-235, U-234, Th-232, Th-230, Th-228, Ra-226 und Po-210 liefern; nicht enthalten sind Rn-222, Ra-224, Rn-220 und kurzlebige Radonfolgeprodukte. Die Methoden zur Bestimmung der Gesamt-Alpha-Aktivität sollten dieser Zielstellung gerecht werden.

**Das Bezugsdatum** für die Aktivitätsangabe ist der Beschriftung der Probengefäße zu entnehmen. Bei der Gesamt-Alpha-Aktivität zählt das Messdatum als Bezugsdatum, die Berücksichtigung von Korrekturfaktoren ist in diesem Fall nicht möglich.

### Charakterisierung der Probe MTW-xx (Modellwasser)

Bei dieser Probe handelt es sich um ein synthetisches Wasser, abgefüllt in 1Liter-Kunststoffflaschen. Zur Herstellung der Probe wurden eine Ra-226- und Ra-228-Lösung bekannter Aktivitätskonzentration sowie ein Uran-Standard der Fa. SPEXCertiPrep® eingesetzt. Die Probe ist auf eine Ca<sup>2+</sup>-Konzentration von 20 mg/l und einen pH-Wert von ca. 1,8 eingestellt.

### Charakterisierung der Probe RTW-xx (reales Trinkwasser)

Bei dieser Probe handelt es sich um ein Rohwasser zur Trinkwassergewinnung aus einem Wasserkwerk in einem Gebiet erhöhter natürlicher Radioaktivität in Bayern. Da diese Proben unbehandelt verschickt werden, sollte mit Ausnahme der zur Rn-222-Bestimmung vorgesehenen Teilproben eine Stabilisierung nach Eintreffen im Labor erfolgen (mit konz. Salpetersäure auf einen pH-Wert von ca. 2 einstellen). Werden auch die Aktivitätskonzentrationen von Pb-210 und Po-210 bestimmt, ist die Probe außerdem zu entemanieren.

Um Ihnen die Auswertung des Ringversuches möglichst bald zusenden zu können, bitten wir Sie, den Abgabetermin einzuhalten.

**Einsendeschluss** für die Ergebnisse ist der **01.08.2012**.

#### **\*) wichtige Anmerkung:**

Die realen Trinkwasserproben zur Rn-222-Bestimmung werden in gasdichten Getränkeflaschen aus Polyethylenterephthalat (PET) verschickt. Dieses Material ist empfindlich gegen starke Säuren (pH < 4). Nach der Entnahme der Aliquote zur Rn-222-Bestimmung sollten die Proben nur vorsichtig angesäuert und alsbald in Polyethylen-(PE)-Flaschen umgefüllt werden.

## Hinweise zur Analyse des Realwassers im Rahmen des Ringversuchs Trinkwasser - RV 4/2012

Die **realen Trinkwasserproben** sind durch die Bezeichnung - **RTW-fortlaufende Nr. der Abfüllung** gekennzeichnet. Es handelt sich hierbei um ein Rohwasser zur Trinkwassergewinnung aus einem Wasserwerk in einem Gebiet erhöhter natürlicher Radioaktivität in Bayern.

Folgende Radionuklide bzw. Nuklidgruppen können bestimmt werden: Rn-222, Gesamt-Alpha-Aktivität, Ra-226, Ra-228, U-238, U-235, U-234, Pb-210 und Po-210.

Nur die zur Rn-222-Bestimmung vorgesehenen Teilproben werden in gasdichten Gefäßen verschickt. Bei den anderen Behältnissen muss mit einem (ohne zusätzliche Messungen nicht quantifizierbaren) Verlust von Rn-222 bei der Abfüllung und beim Transport der Probe gerechnet werden.

Es wird eine sehr niedrige Aktivitätskonzentration ( $< 0,02$  Bq/l) für das Radionuklid Ra-228 erwartet.

Bedingt durch die gegebene Nuklidzusammensetzung des Rohwassers, insbesondere die hohe Rn-222-Aktivitätskonzentration (Erwartungswert aus Vorkenntnissen) sowie durch den organisatorischen Ablauf des Ringversuches können einheitliche und für einen längeren Zeitraum gleich bleibende Pb-210-, Po-210- (folglich auch Gesamt-Alpha-) Aktivitätskonzentrationen der Realwasserproben **nicht** gewährleistet werden.

Für die Bestimmung der Gesamt-Alpha-Aktivität sowie der Aktivitätskonzentrationen von Pb-210 und Po-210 sind deshalb bitte folgende Hinweise zu beachten:

- Die Analysen zur Bestimmung der Gesamt-Alpha-Aktivitätskonzentration sind möglichst kurze Zeit nach Eingang der Proben im Labor durchzuführen. Der Anteil nachgebildeter Po-210-Aktivität ist dann vernachlässigbar gering.
- Die für eine Pb-210- und Po-210-Bestimmung benötigte Teilprobe sollte unmittelbar nach dem Eintreffen im Labor entemanieren werden, um im Wasser gelöstes Rn-222 vollständig auszutreiben und damit ein weiteres Nachwachsen von Pb-210 zu verhindern (ein Aufbau von Pb-210-Aktivität während des Probentransportes muss in Kauf genommen werden).
- Das Datum der Entemanierung ist bei der Übermittlung der Pb-210-Messwerte bitte anzugeben. Obwohl eine rechnerische Korrektur der Pb-210-Aktivitätskonzentration hinsichtlich des nachgebildeten Anteils (infolge der vorhandenen Rn-222-Aktivität) nicht möglich ist, sollen bei der Interpretation der von den Teilnehmern ermittelten Analysenergebnisse ggf. Zeitverzögerungen infolge des Postversands berücksichtigt werden.
- Po-210 sollte möglichst frühzeitig von der Probenmatrix (zumindest von Pb-210) abgetrennt werden, da durch die Abtrennung vom Mutternuklid Pb-210 eine Nachbildung von Po-210 unterbunden wird. (Es ist zu erwarten, dass ein Aktivitätsverhältnis Pb-210/Po-210 deutlich oberhalb von 1 auftreten wird.)
- Um die Vergleichbarkeit der Analysenwerte einzuschätzen, ist bitte das Datum der Abtrennung des Po-210 anzugeben.
- Werden die oben empfohlenen Zeiten eingehalten (Entemanierung bei Probeneingang, Po-210-Abtrennung spätestens 10 Tage nach der Probenahme), können Aufbau- bzw. Zerfallskorrekturen für die Zeit zwischen Probenahme und Beginn der Analyse bei der Berechnung der Po-210-Aktivitätskonzentration entfallen. Gegebenenfalls vorgenommene Korrekturen sind bitte ebenfalls stichpunktartig anzugeben.

Eine abschließende Beurteilung der Teilnehmer-Messwerte hinsichtlich der Abweichung vom ausreißerfreien Gesamtmittelwert (z-score) für die Parameter Pb-210- und Po-210-Aktivitätskonzentration im Realwasser wird **nicht** vorgenommen.

**Anhang 5:**  
**Eingesetzte Mess- und Analyseverfahren**



## Eingesetzte Mess- und Analyseverfahren

Von den Teilnehmern des Ringversuchs wurden neben der  $\gamma$ -Spektrometrie übliche Aufbereitungs-, Analyse- und Messverfahren [9a, b], in Teilschritten veränderte bzw. eigene laborspezifische Methoden eingesetzt.

Die angegebenen Analyseverfahren wurden zu Gruppen zusammengefasst, um eine sinnvolle Bewertung der über verschiedene Methoden gewonnenen Messwerte vornehmen zu können. Die Codierung erfolgte in Anlehnung an den ursprünglich in den Berichten zu den Vergleichsmessungen der IAEA verwendeten Code [8].

### $\alpha$ -strahlende Nuklide

Code	Methode
A	Alphamessung, nicht näher spezifiziert
A11	Spontane Abscheidung von Po-210, integrale Alphamessung
A12	Mitfällung an Bariumsulfat, integrale Alphamessung
A2	Alphaspektrometrische Messung, radiochemische Aufarbeitung nicht näher spezifiziert
A20	Alphaspektrometrische Messung der getrockneten Probe
A21	Spontane Abscheidung von Po-210, alphaspektrometrische Messung
A22	Ionenaustauschchromatographie, alphaspektrometrische Messung
A23	Anreicherung an mit Manganoxid behandelten Polyacryl- bzw. Polyamidschichten, alphaspektrometrische Messung
A24	Anreicherung an ionenselektiven Membranfiltern aus PTFE (3M Empore™ Radium Discs), alphaspektrometrische Messung
A26	Extraktionschromatographie, alphaspektrometrische Messung
A30	Mikrofällung/Abscheidung auf Membran-/Nuklearfiltern, alphaspektrometrische Messung
A4	LSC-Alphamessung mit/ohne Alpha/Beta-Diskriminierung, radiochemische Aufarbeitung nicht näher spezifiziert
A42	Mitfällung an Bariumsulfat, LSC-Messung über Rn-222 und Folgeprodukte
A44	Anreicherung an ionenselektiven Membranfiltern aus PTFE (3M Empore™ Radium Discs), LSC-Messung
A51	Ausgasen, Überführung/Messung in Lucas-Kammer
Ai	Gesamt- $\alpha$ -Aktivität: Integrale Messung der getrockneten Probe mit Großflächenzähler / Proportionalzähler
Ain	Gesamt- $\alpha$ -Aktivität: Integrale Alphamessung der naß veraschten und getrockneten Probe mit Großflächenzähler / Proportionalzähler
AL	Gesamt- $\alpha$ -Aktivität: LSC-Messung nicht näher spezifiziert
ALd	Gesamt- $\alpha$ -Aktivität: Mitfällung an Calciumhydrogenphosphat, LSC-Messung mit Alpha/Beta-Diskriminierung
ALe	Gesamt- $\alpha$ -Aktivität: LSC-Messung der eingedampften Probe
ALg	Gesamt- $\alpha$ -Aktivität: LSC-Messung der gefriergetrockneten Probe

## **β-strahlende Nuklide**

Code	Methode
B	Betamessung, nicht näher spezifiziert
B1	Integrale low-level-Betamessung mit Proportionalzähler / Szintillatoren, radiochemische Aufarbeitung nicht näher spezifiziert
B11	Spontane Abscheidung von Bi-210, integrale Betamessung
B12	Bleisulfidfällung, Fällung von Bleichromat, integrale Betamessung von Bi-210
B16	Mitfällung von Ra-228 an Bariumsulfat, Extraktionschromatographie (eichrom® Ln, RE), Mitfällung von Ac-228 an Cerfluorid, integrale Betamessung
B4	LSC-Beta-Messung mit/ohne Alpha/Beta-Diskriminierung, radiochemische Aufarbeitung nicht näher spezifiziert
B44	Anreicherung an ionenselektiven Membranfiltern aus PTFE (3M Empore™ Radium Discs), LSC-Messung
B45	Extraktionschromatographie (eichrom® Pb, Sr), LSC-Messung
B99	Sonstige Betamessung

## **γ-strahlende Nuklide**

Code	Methode
G	Gammaspektrometrie, nicht näher spezifiziert
G1	Hochauflösende Gammaspektrometrie, direkt
G11	Hochauflösende Gammaspektrometrie, direkt, nach Probenbehandlung
G2	Hochauflösende Gammaspektrometrie, indirekt über Tochternuklide im Gleichgewicht, nicht näher spezifiziert
G22	Gammaspektrometrische Ra-226-Messung, indirekt über Tochternuklide im Gleichgewicht (Bi-214)
G24	Gammaspektrometrische Ra-228-Messung, indirekt über Tochternuklide im Gleichgewicht (Ac-228)
G31	Gammaspektrometrische Ra-226-Messung über 186-keV-Linie nach Abzug des U-235-Anteils

## **Andere Methoden**

Code	Methode
ICM	ICP-MS (inductive coupled plasma mass spectrometry)
ICO	ICP-OES (inductive coupled plasma optical emission spectrometry)
P	Phosphorimetrische Bestimmung (KPA)

**Anhang 6:**  
**Berechnungsgrundlagen**



## Berechnungsgrundlagen

Die Auswertung des Ringversuchs erfolgte nach DIN 38402, Teil 42 [14]. Im Folgenden werden die wichtigsten verwendeten Formeln und Größen angegeben:

$x_{ik}$	Einzelwert $k$ des Laboratoriums $i$
$K_i$	Anzahl der ausreißerfreien Messwerte des Laboratoriums $i$
$n$	Gesamtzahl der ausreißerfreien Messwerte aller Laboratorien
$l$	Gesamtzahl aller ausreißerfreien Laboratorien, die in die Auswertung der Ergebnisse des Ringversuchs einbezogen werden
$t$	Studentfaktor der t-Verteilung

$\bar{x}_i$  **Labormittelwert** aus den Messwerten  $x_{ik}$  des Laboratoriums  $i$

$$\bar{x}_i = \frac{1}{K_i} \sum_{k=1}^{K_i} x_{ik}$$

$s_i$  **Laborstandardabweichung** der ausreißerfreien  $x_{ik}$  des Laboratoriums  $i$

$$s_i = \sqrt{\frac{1}{(K_i - 1)} \sum_{k=1}^{K_i} (x_{ik} - \bar{x}_i)^2}$$

$\bar{x}$  **Gesamtmittelwert** der ausreißerfreien Messwerte aller Laboratorien

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^l \bar{x}_i \cdot K_i$$

$s_R$  **Vergleichsstandardabweichung** der ausreißerfreien Messwerte aller Laboratorien

$$s_R = \sqrt{s_L^2 + s_r^2}$$

$$s_L^2 = \frac{s_d^2 - s_r^2}{\bar{n}}$$

$$s_d^2 = \frac{1}{l-1} \sum_{i=1}^l K_i (\bar{x}_i - \bar{x})^2$$

$$\bar{n} = \frac{1}{l-1} \left[ \sum_{i=1}^l K_i - \frac{\sum_{i=1}^l K_i^2}{\sum_{i=1}^l K_i} \right]$$

$s_r$  **Wiederholstandardabweichung** der ausreißerfreien Messwerte aller Laboratorien

$$s_r = \sqrt{\frac{1}{n-l} \sum_{i=1}^l (K_i - 1) \cdot s_i^2}$$

$T$  **Streubereich** aller auswertbaren Laboreinzelwerte (statistische Sicherheit 95 %)

$$T = t \cdot s_R \quad t(95\%) \approx 2$$

$R$  **Vergleichbarkeit** (Wert, **unterhalb** dessen man die absolute Differenz zwischen zwei unter verschiedenen Bedingungen erhaltenen Messergebnissen gleichen Probenmaterials mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit erwarten darf [15])

$$R = t \cdot \sqrt{2} \cdot s_R \quad t(95\%) \approx 2$$

$T\%$  prozentualer **Streubereich** aller auswertbaren Laboreinzelwerte (statistische Sicherheit 95 %)

$$T\% = \frac{t \cdot s_R}{\bar{x}} \cdot 100 \quad t(95\%) \approx 2$$

$r$  **Wiederholbarkeit** (Wert, **unterhalb** dessen man die absolute Differenz zwischen zwei unter verschiedenen Bedingungen erhaltenen Messergebnissen gleichen Probenmaterials mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit erwarten darf [15])

$$r = t \cdot \sqrt{2} \cdot s_r \quad t(95\%) \approx 2$$

## **Anhang 7:**

### **Tabellarische und graphische Auswertung des Ringversuchs**



Labornr.	MM	Mittelw.	Std.-Abw.	Messwerte		z-Wert	
2-1	Ai	1,13E+00	0,00E+00	1,13E+00	1,13E+00	0,461	A
4-1	ALe	8,30E-01	1,41E-02	8,20E-01	8,40E-01	1,22	A
5-1	ALg	1,27E+00	2,12E-02	1,28E+00	1,25E+00	0,118	A
8-1	AL	2,51E+00	7,07E-02	2,46E+00	2,56E+00	<b>3,05</b>	<b>N</b>
9-1	Ai	1,22E+00	8,49E-02	1,28E+00	1,16E+00	0,232	A
11-1	ALd	1,23E+00	7,07E-03	1,23E+00	1,22E+00	0,219	A
12-1	A20	1,03E+00	3,54E-02	1,05E+00	1,00E+00	1,09	A
13-1	ALe	1,20E+00	3,54E-02	1,22E+00	1,17E+00	0,296	A
14-1	ALd	1,16E+00	6,36E-02	1,20E+00	1,11E+00	0,397	A
21-1	Ai	1,25E+00	1,20E-01	1,16E+00	1,33E+00	0,168	A
22-1	ALd	1,10E+00	4,95E-02	1,13E+00	1,06E+00	0,550	A
27-1	ALe	1,09E+00	8,49E-02	1,15E+00	1,03E+00	0,562	A
28-1	Ain	1,55E+00	1,06E-01	1,47E+00	1,62E+00	0,594	A
30-1	Ai	6,89E-01	5,66E-03	6,93E-01	6,85E-01	1,58	A
32-1	Ai	1,19E+00	1,41E-02	1,18E+00	1,20E+00	0,308	A
<sup>2</sup> 33-1	ALd	4,73E+00	1,20E-01	4,64E+00	4,81E+00	<b>8,68</b>	<b>N</b>
38-1	Ain	2,60E+00	0,00E+00	2,60E+00	2,60E+00	<b>3,28</b>	<b>N</b>
39-1	Ain	8,03E-01	1,33E-01	8,97E-01	7,09E-01	1,29	A
41-1	Ai	1,79E+00	7,07E-02	1,74E+00	1,84E+00	1,22	A

Auswertung für G-Alpha		RV 4/2012 – Probe 1 – Modellwasser	
		Auswertung nach DIN 38402-42:2005-09	
Anzahl der ausreißerfreien Labore:	18	Gesamtmittelwert:	1,31E+00
Anzahl der Ausreißerlabore:	1	Vergleichsstandardabweichung:	5,19E-01
Anteil der Ausreißerlabore in %:	5,26	Wiederholstandardabweichung:	6,57E-02
Anzahl der ausreißerfreien Einzelwerte:	36	Vergleichbarkeit:	1,47E+00
Anzahl der Ausreißereinzelnwerte:	2	Wiederholbarkeit:	1,86E-01
Anteil der Ausreißereinzelnwerte in %:	5,26		

Eingerahmte Werte kennzeichnen die Ausreißer vom Typ 1, 2 und/oder 3

Stand: 24.9.2012

Ausreißerlabore: <sup>2</sup> = Typ-2-Ausreißer <sup>3</sup> = Typ-3-Ausreißer

Aktivitätsangaben in Bq/l



Labornr.	MM	Mittelw.	Std.-Abw.	Messwerte		z-Wert	
<sup>2</sup> 4-1	ALe	8,30E-01	1,41E-02	8,20E-01	8,40E-01	0,970	A
5-1	ALg	1,27E+00	2,12E-02	1,28E+00	1,25E+00	0,268	A
<sup>2</sup> 8-1	AL	2,51E+00	7,07E-02	2,46E+00	2,56E+00	3,81	N
11-1	ALd	1,23E+00	7,07E-03	1,23E+00	1,22E+00	0,154	A
13-1	ALe	1,20E+00	3,54E-02	1,22E+00	1,17E+00	<0,10	A
14-1	ALd	1,16E+00	6,36E-02	1,20E+00	1,11E+00	<0,10	A
22-1	ALd	1,10E+00	4,95E-02	1,13E+00	1,06E+00	0,216	A
27-1	ALe	1,09E+00	8,49E-02	1,15E+00	1,03E+00	0,230	A
<sup>2</sup> 33-1	ALd	4,73E+00	1,20E-01	4,64E+00	4,81E+00	10,1	N

Auswertung für G-Alpha		RV 4/2012 – Probe 1 – Modellwasser	
		Auswertung nach DIN 38402-42:2005-09	
Anzahl der ausreißerfreien Labore:	6	Gesamtmittelwert:	1,17E+00
Anzahl der Ausreißerlabore:	3	Vergleichsstandardabweichung:	7,92E-02
Anteil der Ausreißerlabore in %:	33,33	Wiederholstandardabweichung:	5,07E-02
Anzahl der ausreißerfreien Einzelwerte:	12	Vergleichbarkeit:	2,24E-01
Anzahl der Ausreißereinzelnwerte:	6	Wiederholbarkeit:	1,44E-01
Anteil der Ausreißereinzelnwerte in %:	33,33		

In die Auswertung einbezogene Messmethoden: AL, ALd, ALe, ALg

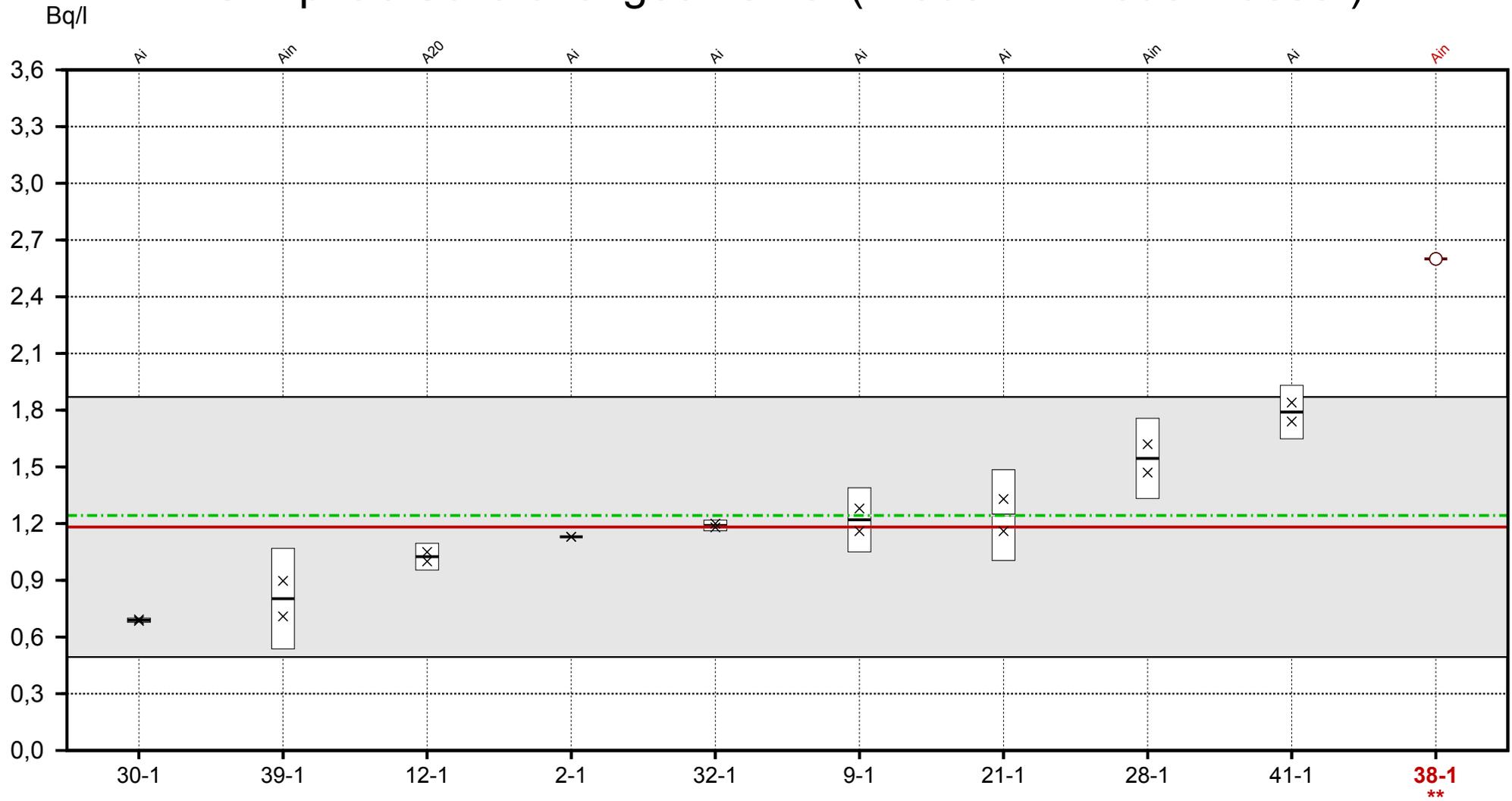
Eingerahmte Werte kennzeichnen die Ausreißer vom Typ 1, 2 und/oder 3

Stand: 24.9.2012

Ausreißerlabore: <sup>2</sup> = Typ-2-Ausreißer <sup>3</sup> = Typ-3-Ausreißer

Aktivitätsangaben in Bq/l

# G-Alpha / Schälchengeometrie (Probe 1 – Modellwasser)



In die Auswertung einbezogene Messmethoden: A20, Ai, Ain

Labornummer

× Messwert

◆ Typ-1-Ausreißermesswert

□ Labormittelwert  
mit doppelter  
Standardabweichung

■ Gesamtmittelwert mit  
doppelter Vergleichs-  
standardabweichung

N Messwert ≤ NWG

○ Wert v. Typ-2-Ausreißerlabor \*\*

**Ringversuch 4/2012**

Auswertung nach DIN 38402-42:2005-09

▲ Messwert außerhalb Maßstab

● Wert v. Typ-3-Ausreißerlabor \*\*\*

--- Berechn. Wert

Labornr.	MM	Mittelw.	Std.-Abw.	Messwerte		z-Wert	
2-1	Ai	1,13E+00	0,00E+00	1,13E+00	1,13E+00	0,146	A
9-1	Ai	1,22E+00	8,49E-02	1,28E+00	1,16E+00	0,108	A
12-1	A20	1,03E+00	3,54E-02	1,05E+00	1,00E+00	0,664	A
21-1	Ai	1,25E+00	1,20E-01	1,16E+00	1,33E+00	0,178	A
28-1	Ain	1,55E+00	1,06E-01	1,47E+00	1,62E+00	1,02	A
30-1	Ai	6,89E-01	5,66E-03	6,93E-01	6,85E-01	1,39	A
32-1	Ai	1,19E+00	1,41E-02	1,18E+00	1,20E+00	<0,10	A
<sup>2</sup> 38-1	Ain	2,60E+00	0,00E+00	2,60E+00	2,60E+00	4,00	N
39-1	Ain	8,03E-01	1,33E-01	8,97E-01	7,09E-01	1,07	A
41-1	Ai	1,79E+00	7,07E-02	1,74E+00	1,84E+00	1,72	A

Auswertung für G-Alpha		RV 4/2012 – Probe 1 – Modellwasser	
		Auswertung nach DIN 38402-42:2005-09	
Anzahl der ausreißerfreien Labore:	9	Gesamtmittelwert:	1,18E+00
Anzahl der Ausreißerlabore:	1	Vergleichsstandardabweichung:	3,44E-01
Anteil der Ausreißerlabore in %:	10,00	Wiederholstandardabweichung:	7,96E-02
Anzahl der ausreißerfreien Einzelwerte:	18	Vergleichbarkeit:	9,73E-01
Anzahl der Ausreißereinzelnwerte:	2	Wiederholbarkeit:	2,25E-01
Anteil der Ausreißereinzelnwerte in %:	10,00		

In die Auswertung einbezogene Messmethoden: A20, Ai, Ain

Eingerahmte Werte kennzeichnen die Ausreißer vom Typ 1, 2 und/oder 3

Stand: 24.9.2012

Ausreißerlabore: <sup>2</sup> = Typ-2-Ausreißer <sup>3</sup> = Typ-3-Ausreißer

Aktivitätsangaben in Bq/l



Labornr.	MM	Mittelw.	Std.-Abw.	Messwerte		z-Wert		
1-1	A26	2,68E-01	2,33E-02	2,51E-01	2,84E-01	0,249	A	
2-1	ICM	2,38E-01	1,41E-03	2,39E-01	2,37E-01	0,660	A	
3-1	A26	2,65E-01	7,07E-03	2,60E-01	2,70E-01	0,200	A	
4-1	A2	2,35E-01	2,12E-02	2,20E-01	2,50E-01	0,389	A	
5-1	ICM	2,49E-01	7,07E-04	2,48E-01	2,49E-01	0,248	A	
6-1	A26	3,00E-01	1,41E-02	2,90E-01	3,10E-01	0,887	A	
8-1	A22	2,43E-01	1,41E-02	2,33E-01	2,53E-01	0,232	A	
9-1	A26	2,52E-01	4,95E-03	2,48E-01	2,55E-01	<0,10	A	
11-1	A26	2,49E-01	8,49E-03	2,55E-01	2,43E-01	0,114	A	
12-1	A2	2,36E-01	5,66E-03	2,40E-01	2,32E-01	0,369	A	
14-1	A26	2,45E-01	7,07E-03	2,40E-01	2,50E-01	0,193	A	
16-1	A22	2,60E-01	5,44E-03	2,56E-01	2,64E-01	<0,10	A	
17-1	A26	2,90E-01	1,41E-03	2,89E-01	2,91E-01	0,690	A	
19-1	A	2,55E-01	3,54E-03	2,57E-01	2,52E-01	<0,10	A	
20-1	A26	2,51E-01	2,33E-02	2,47E-01	2,30E-01	2,76E-01	<0,10	A
21-1	A26	2,73E-01	2,76E-02	2,92E-01	2,53E-01	0,347	A	
22-1	A2	2,79E-01	9,19E-03	2,85E-01	2,72E-01	0,465	A	
23-1	A2	2,42E-01	4,95E-03	2,38E-01	2,45E-01	0,261	A	
25-1	A2	2,61E-01	1,41E-03	2,62E-01	2,60E-01	0,121	A	
26-1	ICM	2,66E-01	1,41E-02	2,56E-01	2,76E-01	0,439	A	
27-1	A	2,80E-01	1,41E-02	2,90E-01	2,70E-01	0,494	A	
28-1	A2	2,65E-01	7,07E-03	2,60E-01	2,70E-01	0,200	A	
30-1	A22	2,40E-01	2,83E-03	2,38E-01	2,42E-01	0,291	A	
31-1	A26	2,50E-01	0,00E+00	2,50E-01	2,50E-01	<0,10	A	
32-1	A26	2,62E-01	4,95E-03	2,65E-01	2,58E-01	0,131	A	
33-1	A26	2,33E-01	0,00E+00	2,33E-01	2,33E-01	0,428	A	
33-1	ICM	2,18E-01	1,41E-03	2,19E-01	2,17E-01	1,44	A	
34-1	A26	2,45E-01	2,12E-02	2,60E-01	2,30E-01	0,193	A	
36-1	A26	2,58E-01	7,07E-04	2,57E-01	2,58E-01	<0,10	A	
38-1	A26	2,60E-01	0,00E+00	2,60E-01	2,60E-01	0,102	A	
<sup>3</sup> 39-1	A26	2,60E-01	4,81E-02	2,26E-01	2,94E-01	0,102	A	
40-1	A22	2,63E-01	4,24E-03	2,60E-01	2,66E-01	0,161	A	
42-1	A2	2,09E-01	2,83E-03	2,11E-01	2,07E-01	0,899	A	
44-1	A26	2,68E-01	4,24E-03	2,65E-01	2,71E-01	0,259	A	
47-1	A26	2,63E-01	1,06E-02	2,70E-01	2,55E-01	0,151	A	

Auswertung für U-234		RV 4/2012 – Probe 1 – Modellwasser	
		Auswertung nach DIN 38402-42:2005-09	
Anzahl der ausreißerfreien Labore:	34	Gesamtmittelwert:	2,55E-01
Anzahl der Ausreißerlabore:	1	Vergleichsstandardabweichung:	2,03E-02
Anteil der Ausreißerlabore in %:	2,86	Wiederholstandardabweichung:	1,16E-02
Anzahl der ausreißerfreien Einzelwerte:	69	Vergleichbarkeit:	5,75E-02
Anzahl der Ausreißereinzelnwerte:	2	Wiederholbarkeit:	3,28E-02
Anteil der Ausreißereinzelnwerte in %:	2,82		

Eingrahmte Werte kennzeichnen die Ausreißer vom Typ 1, 2 und/oder 3

Stand: 24.9.2012

Ausreißerlabore: <sup>2</sup> = Typ-2-Ausreißer <sup>3</sup> = Typ-3-Ausreißer

Aktivitätsangaben in Bq/l



Labornr. MM	Mittelw.	Std.-Abw.	Messwerte		z-Wert		
1-1 A26	1,33E-02	7,07E-04	1,28E-02	1,38E-02	0,162	A	
2-1 ICM	1,11E-02	7,07E-05	1,11E-02	1,10E-02	1,42	A	
3-1 A26	1,20E-02		<3,60E-02	1,20E-02	0,343	A	
4-1 A2			<2,00E-02	<2,00E-02		A	
5-1 ICM	1,15E-02	7,07E-04	1,20E-02	1,10E-02	1,07	A	
6-1 A26	1,40E-02	4,24E-03	1,10E-02	1,70E-02	0,433	A	
8-1 A22	1,23E-02	3,32E-03	9,90E-03	1,46E-02	0,246	A	
9-1 A26	1,35E-02	2,12E-03	1,50E-02	1,20E-02	0,239	A	
11-1 A26	1,45E-02	7,07E-04	1,40E-02	1,50E-02	0,627	A	
12-1 A2	1,10E-02	0,00E+00	1,10E-02	1,10E-02	0,731	A	
14-1 A26			<2,00E-02	<2,00E-02		A	
16-1 A22	1,81E-02	3,90E-03	1,53E-02	2,08E-02	<b>2,01</b>	<b>W</b>	
17-1 A26	1,70E-02	7,07E-05	1,70E-02	1,69E-02	1,58	A	
19-1 A	1,20E-02	0,00E+00	1,20E-02	1,20E-02	0,343	A	
20-1 A26	1,70E-02		<2,40E-02	<2,20E-02	1,70E-02	1,60	A
21-1 A26	1,23E-02	1,27E-03	1,32E-02	1,14E-02	0,227	A	
22-1 A2	9,00E-03	1,41E-03	8,00E-03	1,00E-02	1,51	A	
23-1 A2			<1,62E-02	<1,26E-02		<b>N</b>	
25-1 A2	1,20E-02	0,00E+00	1,20E-02	1,20E-02	0,343	A	
26-1 ICM	1,20E-02	5,66E-04	1,16E-02	1,24E-02	0,686	A	
27-1 A	1,25E-02	7,07E-04	1,20E-02	1,30E-02	0,149	A	
28-1 A2	1,40E-02	1,41E-03	1,30E-02	1,50E-02	0,433	A	
29-1 G1	1,58E-02		1,58E-02		<b>2,26</b>	<b>W</b>	
30-1 A22	1,15E-02	1,63E-03	1,03E-02	1,26E-02	0,557	A	
31-1 A26	1,15E-02	7,07E-04	1,20E-02	1,10E-02	0,537	A	
32-1 A26	1,48E-02	4,88E-03	1,13E-02	1,82E-02	0,724	A	
33-1 A26	1,13E-02	3,54E-04	1,10E-02	1,15E-02	0,634	A	
33-1 ICM	9,80E-03	0,00E+00	9,80E-03	9,80E-03	<b>2,39</b>	<b>W</b>	
34-1 A26	1,25E-02	7,07E-04	1,20E-02	1,30E-02	0,149	A	
36-1 A26	1,40E-02	2,83E-03	1,60E-02	1,20E-02	0,433	A	
38-1 A26	1,15E-02	7,07E-04	1,20E-02	1,10E-02	0,537	A	
39-1 A26			<3,17E-02	<1,66E-02		A	
40-1 A22	1,30E-02	1,41E-03	1,20E-02	1,40E-02	<0,10	A	
42-1 A2	1,05E-02	7,07E-04	1,10E-02	1,00E-02	0,925	A	
47-1 A26	1,75E-02	3,54E-03	2,00E-02	1,50E-02	1,79	A	

Auswertung für U-235		RV 4/2012 – Probe 1 – Modellwasser	
		Auswertung nach DIN 38402-42:2005-09	
Anzahl der ausreißerfreien Labore:	31	Gesamtmittelwert:	1,29E-02
Anzahl der Ausreißerlabore:	0	Vergleichsstandardabweichung:	2,59E-03
Anteil der Ausreißerlabore in %:	0,00	Wiederholstandardabweichung:	1,96E-03
Anzahl der ausreißerfreien Einzelwerte:	59	Vergleichbarkeit:	7,33E-03
Anzahl der Ausreißereinzelnwerte:	0	Wiederholbarkeit:	5,55E-03
Anteil der Ausreißereinzelnwerte in %:	0,00		

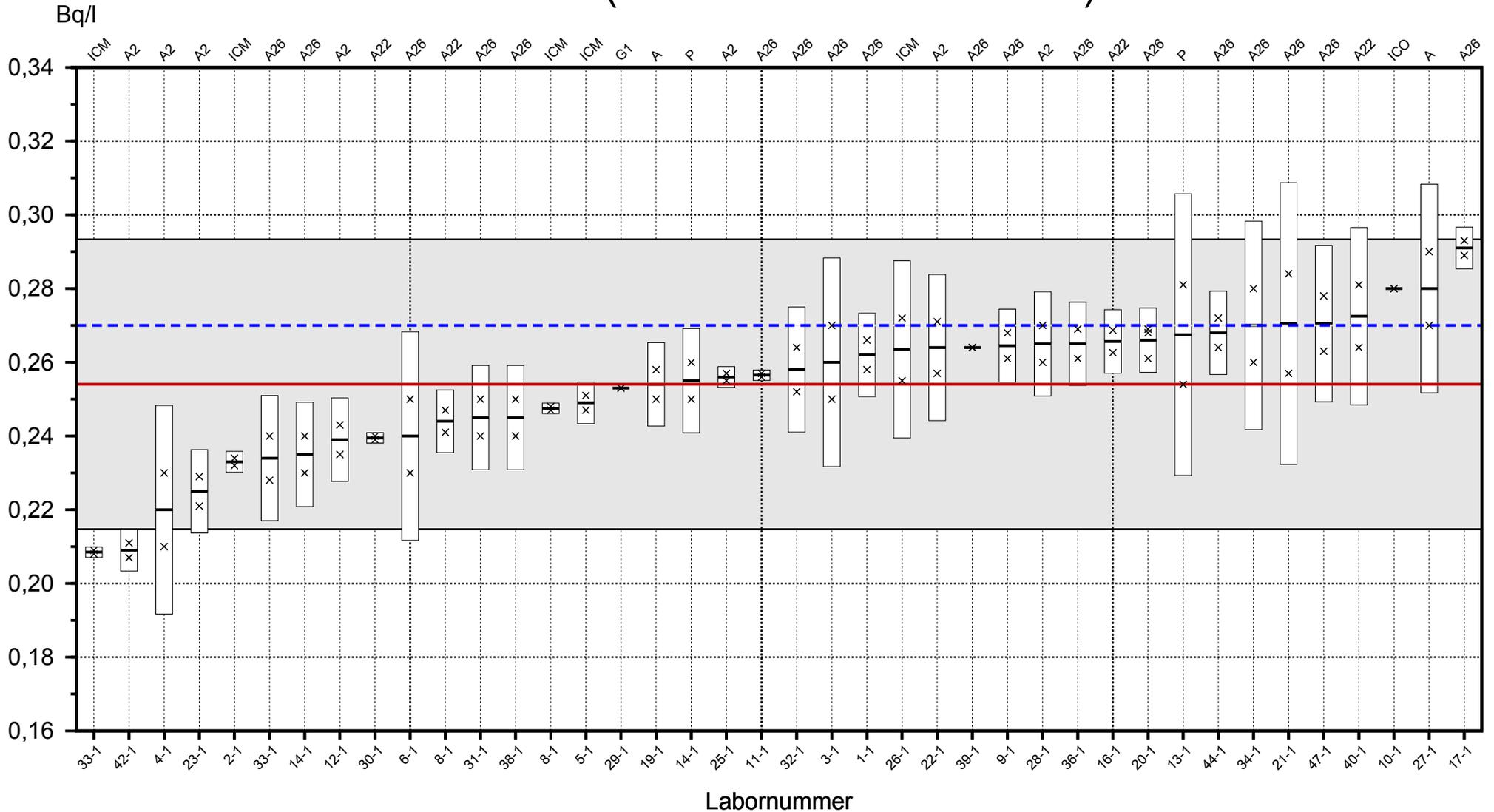
Eingrahmte Werte kennzeichnen die Ausreißer vom Typ 1, 2 und/oder 3

Stand: 24.9.2012

Ausreißerlabore: <sup>2</sup> = Typ-2-Ausreißer <sup>3</sup> = Typ-3-Ausreißer

Aktivitätsangaben in Bq/l

# U-238 (Probe 1 – Modellwasser)



- × Messwert
- N Messwert ≤ NWG
- ▲ Messwert außerhalb Maßstab
- ◆ Typ-1-Ausreißermesswert
- Wert v. Typ-2-Ausreißerlabor \*\*
- Wert v. Typ-3-Ausreißerlabor \*\*\*

□ Labormittelwert mit doppelter Standardabweichung

■ Gesamtmittelwert mit doppelter Vergleichsstandardabweichung

## Ringversuch 4/2012

Auswertung nach DIN 38402-42:2005-09

--- Sollwert

Labornr. MM	Mittelw.	Std.-Abw.	Messwerte		z-Wert
1-1 A26	2,62E-01	5,66E-03	2,58E-01	2,66E-01	0,148 A
2-1 ICM	2,33E-01	1,41E-03	2,34E-01	2,32E-01	1,37 A
3-1 A26	2,60E-01	1,41E-02	2,50E-01	2,70E-01	0,185 A
4-1 A2	2,20E-01	1,41E-02	2,10E-01	2,30E-01	0,926 A
5-1 ICM	2,49E-01	2,83E-03	2,51E-01	2,47E-01	0,778 A
6-1 A26	2,40E-01	1,41E-02	2,30E-01	2,50E-01	0,556 A
8-1 A22	2,44E-01	4,24E-03	2,41E-01	2,47E-01	0,482 A
8-1 ICM	2,48E-01	7,07E-04	2,47E-01	2,48E-01	0,833 A
9-1 A26	2,65E-01	4,95E-03	2,68E-01	2,61E-01	0,102 A
10-1 ICO	2,80E-01	0,00E+00	2,80E-01	2,80E-01	0,370 A
11-1 A26	2,57E-01	7,07E-04	2,56E-01	2,57E-01	0,250 A
12-1 A2	2,39E-01	5,66E-03	2,43E-01	2,35E-01	0,574 A
13-1 P	2,68E-01	1,91E-02	2,54E-01	2,81E-01	<0,10 A
14-1 A26	2,35E-01	7,07E-03	2,40E-01	2,30E-01	0,648 A
14-1 P	2,55E-01	7,07E-03	2,60E-01	2,50E-01	0,556 A
16-1 A22	2,66E-01	4,31E-03	2,63E-01	2,69E-01	<0,10 A
17-1 A26	2,91E-01	2,83E-03	2,89E-01	2,93E-01	0,389 A
19-1 A	2,54E-01	5,66E-03	2,50E-01	2,58E-01	0,296 A
20-1 A26	2,66E-01	4,36E-03	2,69E-01	2,68E-01	2,61E-01 <0,10 A
21-1 A26	2,71E-01	1,91E-02	2,84E-01	2,57E-01	<0,10 A
22-1 A2	2,64E-01	9,90E-03	2,71E-01	2,57E-01	0,111 A
23-1 A2	2,25E-01	5,66E-03	2,21E-01	2,29E-01	0,833 A
25-1 A2	2,56E-01	1,41E-03	2,57E-01	2,55E-01	0,259 A
26-1 ICM	2,64E-01	1,20E-02	2,55E-01	2,72E-01	0,241 A
27-1 A	2,80E-01	1,41E-02	2,90E-01	2,70E-01	0,185 A
28-1 A2	2,65E-01	7,07E-03	2,60E-01	2,70E-01	<0,10 A
29-1 G1	2,53E-01		2,53E-01		0,630 A
30-1 A22	2,40E-01	7,07E-04	2,40E-01	2,39E-01	0,565 A
31-1 A26	2,45E-01	7,07E-03	2,50E-01	2,40E-01	0,463 A
32-1 A26	2,58E-01	8,49E-03	2,52E-01	2,64E-01	0,222 A
33-1 A26	2,34E-01	8,49E-03	2,28E-01	2,40E-01	0,667 A
33-1 ICM	2,09E-01	7,07E-04	2,09E-01	2,08E-01	<b>2,28 W</b>
34-1 A26	2,70E-01	1,41E-02	2,80E-01	2,60E-01	<0,10 A
36-1 A26	2,65E-01	5,66E-03	2,61E-01	2,69E-01	<0,10 A
38-1 A26	2,45E-01	7,07E-03	2,50E-01	2,40E-01	0,463 A
39-1 A26	2,64E-01	0,00E+00	2,64E-01	2,64E-01	0,111 A
40-1 A22	2,73E-01	1,20E-02	2,64E-01	2,81E-01	<0,10 A
42-1 A2	2,09E-01	2,83E-03	2,07E-01	2,11E-01	1,13 A
44-1 A26	2,68E-01	5,66E-03	2,64E-01	2,72E-01	<0,10 A

Auswertung für U-238		RV 4/2012 – Probe 1 – Modellwasser	
		Auswertung nach DIN 38402-42:2005-09	
Anzahl der ausreißerfreien Labore:	40	Gesamtmittelwert:	2,54E-01
Anzahl der Ausreißerlabore:	0	Vergleichsstandardabweichung:	1,96E-02
Anteil der Ausreißerlabore in %:	0,00	Wiederholstandardabweichung:	8,58E-03
Anzahl der ausreißerfreien Einzelwerte:	80	Vergleichbarkeit:	5,56E-02
Anzahl der Ausreißereinzelnwerte:	0	Wiederholbarkeit:	2,43E-02
Anteil der Ausreißereinzelnwerte in %:	0,00	Sollwert:	2,70E-01

Eingerahmte Werte kennzeichnen die Ausreißer vom Typ 1, 2 und/oder 3

Stand: 24.9.2012

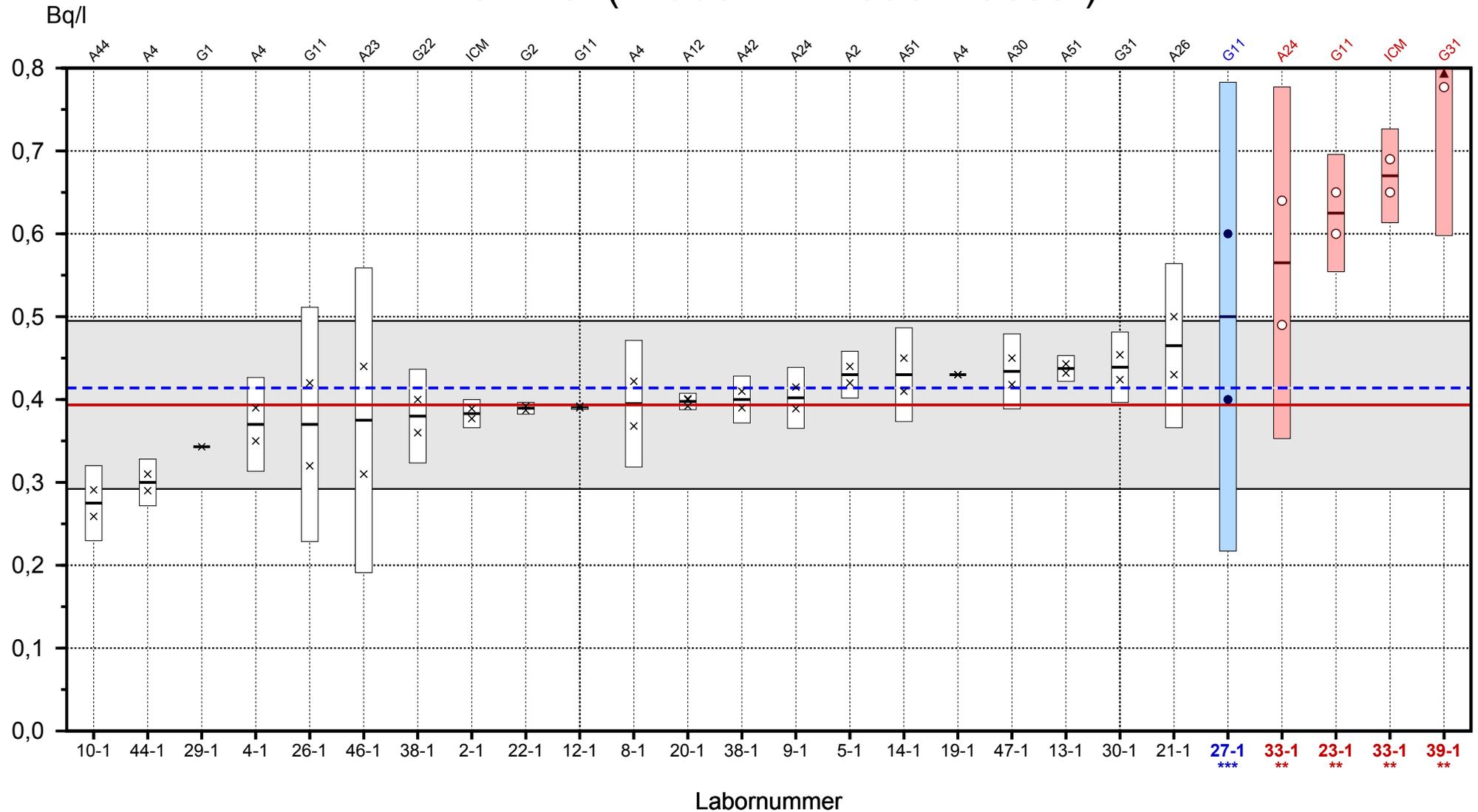
Ausreißerlabore: <sup>2</sup> = Typ-2-Ausreißer <sup>3</sup> = Typ-3-Ausreißer

Aktivitätsangaben in Bq/l

<b>Labornr. MM</b>	<b>Mittelw.</b>	<b>Std.-Abw.</b>	<b>Messwerte</b>		<b>z-Wert</b>	
47-1 A26	2,71E-01	1,06E-02	2,78E-01	2,63E-01	<0,10	A



# Ra-226 (Probe 1 – Modellwasser)



- × Messwert
- N Messwert ≤ NWG
- ▲ Messwert außerhalb Maßstab

- ◆ Typ-1-Ausreißermesswert
- Wert v. Typ-2-Ausreißerlabor \*\*
- Wert v. Typ-3-Ausreißerlabor \*\*\*

□ Labormittelwert mit doppelter Standardabweichung

■ Gesamtmittelwert mit doppelter Vergleichsstandardabweichung

## Ringversuch 4/2012

Auswertung nach DIN 38402-42:2005-09

--- Sollwert

Labornr.	MM	Mittelw.	Std.-Abw.	Messwerte		z-Wert		
2-1	ICM	3,83E-01	8,49E-03	3,77E-01	3,89E-01	0,749	A	
4-1	A4	3,70E-01	2,83E-02	3,90E-01	3,50E-01	0,531	A	
5-1	A2	4,30E-01	1,41E-02	4,40E-01	4,20E-01	0,193	A	
8-1	A4	3,95E-01	3,82E-02	4,22E-01	3,68E-01	0,230	A	
9-1	A24	4,02E-01	1,84E-02	4,15E-01	3,89E-01	0,145	A	
10-1	A44	2,75E-01	2,26E-02	2,59E-01	2,91E-01	1,68	A	
12-1	G11	3,91E-01	1,41E-03	3,90E-01	3,92E-01	0,278	A	
13-1	A51	4,38E-01	7,78E-03	4,43E-01	4,32E-01	0,284	A	
14-1	A51	4,30E-01	2,83E-02	4,50E-01	4,10E-01	0,193	A	
19-1	A4	4,30E-01	0,00E+00	4,30E-01	4,30E-01	0,193	A	
20-1	A12	3,98E-01	4,93E-03	3,92E-01	4,00E-01	4,01E-01	0,197	A
21-1	A26	4,65E-01	4,95E-02	4,30E-01	5,00E-01	0,616	A	
22-1	G2	3,90E-01	3,54E-03	3,92E-01	3,87E-01	0,592	A	
<sup>2</sup> 23-1	G11	6,25E-01	3,54E-02	6,50E-01	6,00E-01	2,55	W	
26-1	G11	3,70E-01	7,07E-02	4,20E-01	3,20E-01	0,531	A	
<sup>3</sup> 27-1	G11	5,00E-01	1,41E-01	4,00E-01	6,00E-01	1,04	A	
29-1	G1	3,43E-01		3,43E-01		1,72	A	
30-1	G31	4,39E-01	2,12E-02	4,24E-01	4,54E-01	0,604	A	
<sup>2</sup> 33-1	A24	5,65E-01	1,06E-01	4,90E-01	6,40E-01	1,82	A	
<sup>2</sup> 33-1	ICM	6,70E-01	2,83E-02	6,50E-01	6,90E-01	6,18	N	
38-1	A42	4,00E-01	1,41E-02	3,90E-01	4,10E-01	0,169	A	
38-1	G22	3,80E-01	2,83E-02	3,60E-01	4,00E-01	0,821	A	
<sup>2</sup> 39-1	G31	8,75E-01	1,39E-01	9,73E-01	7,77E-01	11,1	N	
44-1	A4	3,00E-01	1,41E-02	2,90E-01	3,10E-01	1,38	A	
46-1	A23	3,75E-01	9,19E-02	4,40E-01	3,10E-01	0,471	A	
47-1	A30	4,34E-01	2,26E-02	4,18E-01	4,50E-01	0,242	A	

Auswertung für Ra-226		RV 4/2012 – Probe 1 – Modellwasser	
		Auswertung nach DIN 38402-42:2005-09	
Anzahl der ausreißerfreien Labore:	21	Gesamtmittelwert:	3,94E-01
Anzahl der Ausreißerlabore:	5	Vergleichsstandardabweichung:	5,07E-02
Anteil der Ausreißerlabore in %:	19,23	Wiederholstandardabweichung:	3,26E-02
Anzahl der ausreißerfreien Einzelwerte:	42	Vergleichbarkeit:	1,43E-01
Anzahl der Ausreißereinzelnwerte:	10	Wiederholbarkeit:	9,23E-02
Anteil der Ausreißereinzelnwerte in %:	19,23	Sollwert:	4,14E-01

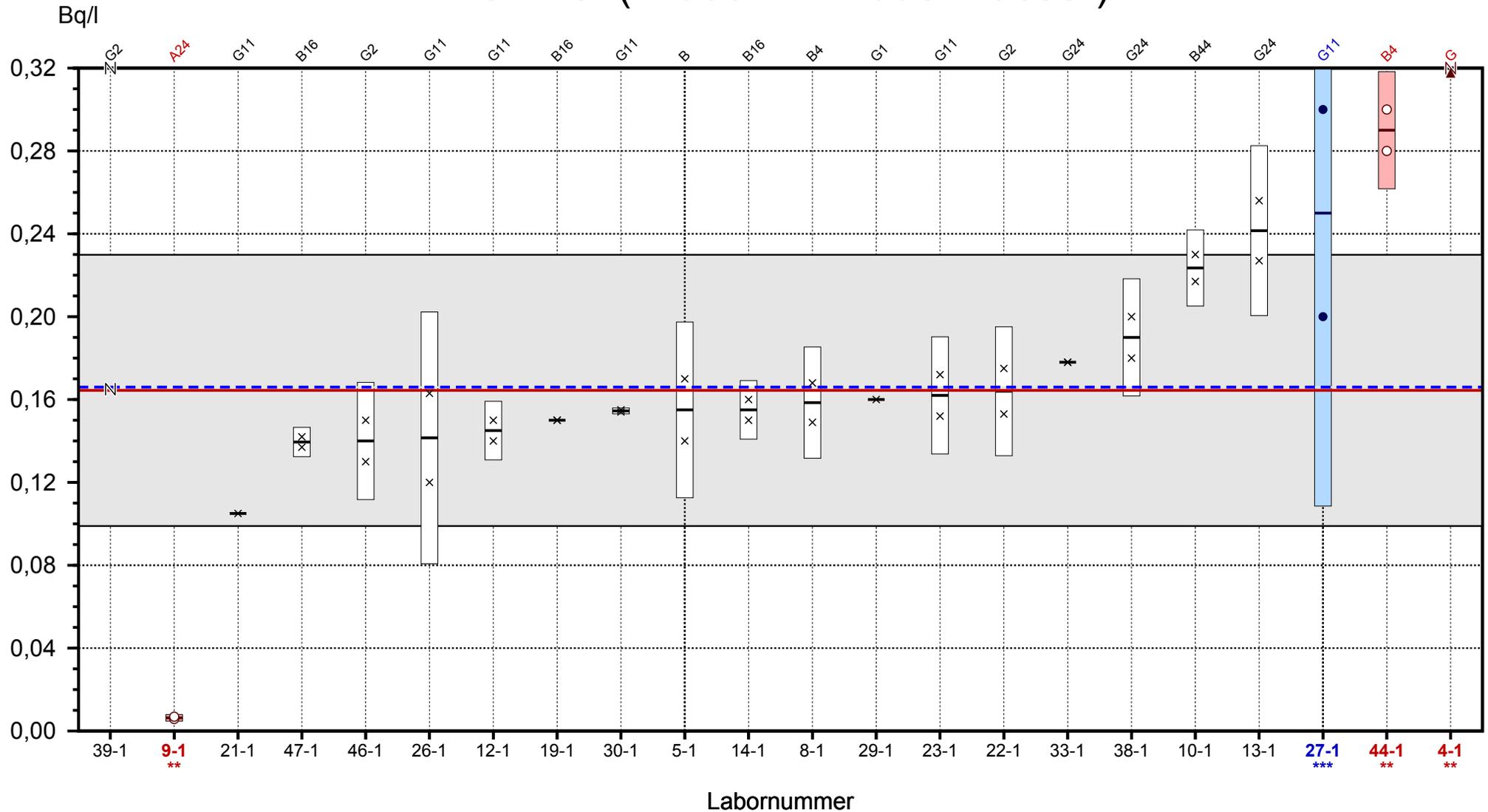
Eingerahmte Werte kennzeichnen die Ausreißer vom Typ 1, 2 und/oder 3

Stand: 24.9.2012

Ausreißerlabore: <sup>2</sup> = Typ-2-Ausreißer <sup>3</sup> = Typ-3-Ausreißer

Aktivitätsangaben in Bq/l

# Ra-228 (Probe 1 – Modellwasser)



- × Messwert
- N Messwert ≤ NWG
- ▲ Messwert außerhalb Maßstab
- ◆ Typ-1-Ausreißermesswert
- Wert v. Typ-2-Ausreißerlabor \*\*
- Wert v. Typ-3-Ausreißerlabor \*\*\*

Labormittelwert mit doppelter Standardabweichung

Gesamtmittelwert mit doppelter Vergleichsstandardabweichung

## Ringversuch 4/2012

Auswertung nach DIN 38402-42:2005-09

--- Sollwert

Labornr.	MM	Mittelw.	Std.-Abw.	Messwerte		z-Wert	
<sup>2</sup> 4-1	G	1,20E+00		<2,00E+00	1,20E+00	<b>62,3</b>	<b>N</b>
5-1	B	1,55E-01	2,12E-02	1,70E-01	1,40E-01	0,331	A
8-1	B4	1,59E-01	1,34E-02	1,68E-01	1,49E-01	0,226	A
<sup>2</sup> 9-1	A24	6,35E-03	7,78E-04	5,80E-03	6,90E-03	<b>4,81</b>	<b>N</b>
10-1	B44	2,24E-01	9,19E-03	2,17E-01	2,30E-01	1,73	A
12-1	G11	1,45E-01	7,07E-03	1,50E-01	1,40E-01	0,633	A
13-1	G24	2,42E-01	2,05E-02	2,27E-01	2,56E-01	<b>4,55</b>	<b>N</b>
14-1	B16	1,55E-01	7,07E-03	1,50E-01	1,60E-01	0,331	A
19-1	B16	1,50E-01	0,00E+00	1,50E-01	1,50E-01	0,482	A
21-1	G11	1,05E-01		1,05E-01		1,84	A
22-1	G2	1,64E-01	1,56E-02	1,53E-01	1,75E-01	0,121	A
23-1	G11	1,62E-01	1,41E-02	1,52E-01	1,72E-01	0,121	A
26-1	G11	1,42E-01	3,04E-02	1,63E-01	1,20E-01	0,738	A
<sup>3</sup> 27-1	G11	2,50E-01	7,07E-02	3,00E-01	2,00E-01	<b>2,53</b>	<b>W</b>
29-1	G1	1,60E-01		1,60E-01		0,361	A
30-1	G11	1,55E-01	7,07E-04	1,55E-01	1,54E-01	0,346	A
33-1	G24	1,78E-01	0,00E+00	1,78E-01	1,78E-01	0,723	A
38-1	G24	1,90E-01	1,41E-02	2,00E-01	1,80E-01	1,45	A
39-1	G2			<3,60E-01	<1,65E-01		<b>N</b>
<sup>2</sup> 44-1	B4	2,90E-01	1,41E-02	2,80E-01	3,00E-01	<b>3,73</b>	<b>N</b>
46-1	G2	1,40E-01	1,41E-02	1,30E-01	1,50E-01	1,57	A
47-1	B16	1,40E-01	3,54E-03	1,37E-01	1,42E-01	0,798	A

Auswertung für Ra-228		RV 4/2012 – Probe 1 – Modellwasser	
		Auswertung nach DIN 38402-42:2005-09	
Anzahl der ausreißerfreien Labore:	17	Gesamtmittelwert:	1,64E-01
Anzahl der Ausreißerlabore:	4	Vergleichsstandardabweichung:	3,27E-02
Anteil der Ausreißerlabore in %:	19,05	Wiederholstandardabweichung:	1,42E-02
Anzahl der ausreißerfreien Einzelwerte:	32	Vergleichbarkeit:	9,26E-02
Anzahl der Ausreißereinzelnwerte:	7	Wiederholbarkeit:	4,01E-02
Anteil der Ausreißereinzelnwerte in %:	17,95	Sollwert:	1,66E-01

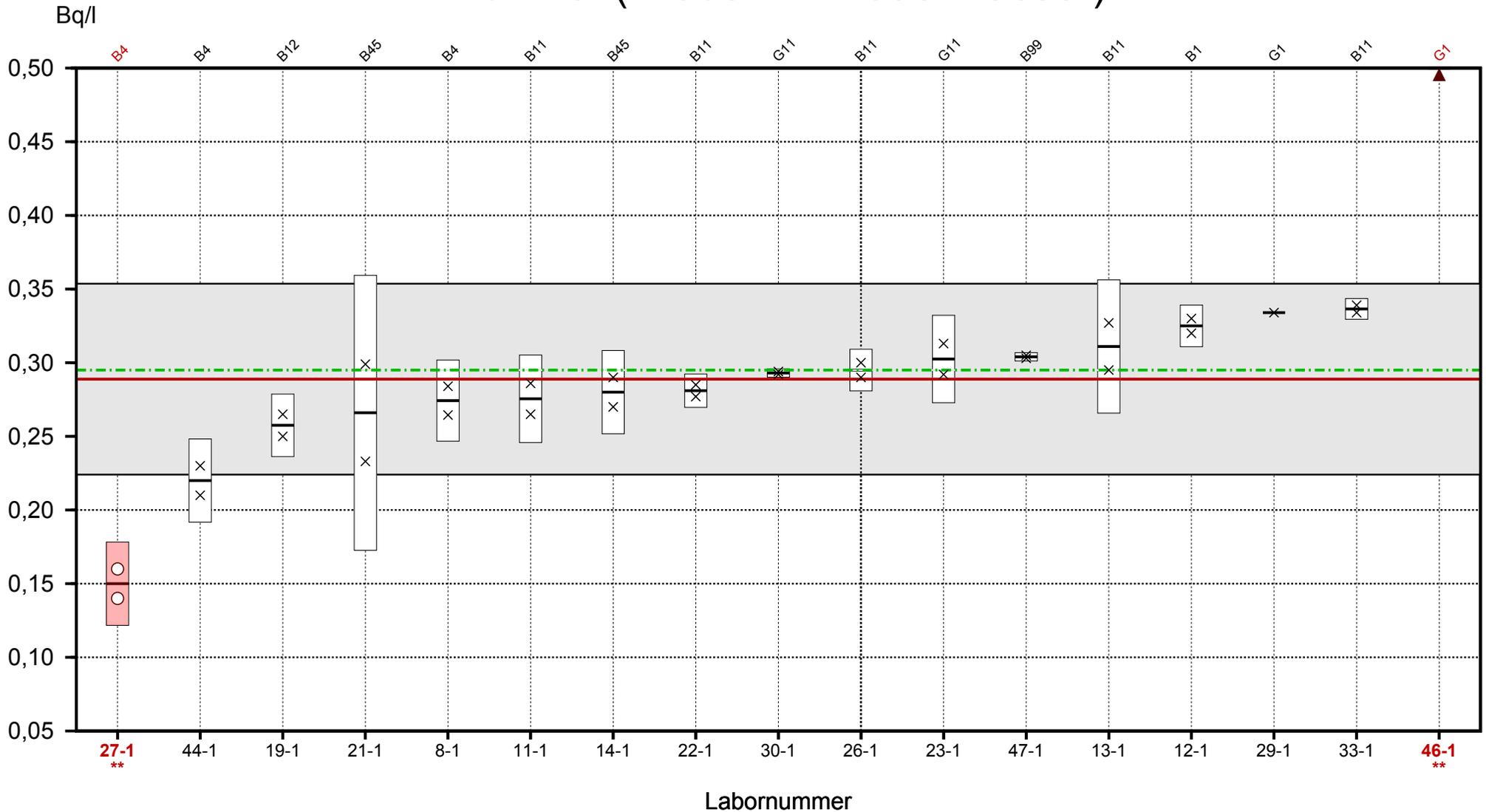
Eingerahmte Werte kennzeichnen die Ausreißer vom Typ 1, 2 und/oder 3

Stand: 24.9.2012

Ausreißerlabore: <sup>2</sup> = Typ-2-Ausreißer <sup>3</sup> = Typ-3-Ausreißer

Aktivitätsangaben in Bq/l

# Pb-210 (Probe 1 – Modellwasser)



- × Messwert
- N Messwert ≤ NWG
- ▲ Messwert außerhalb Maßstab
- ◆ Typ-1-Ausreißermesswert
- Wert v. Typ-2-Ausreißerlabor \*\*
- Wert v. Typ-3-Ausreißerlabor \*\*\*

□ Labormittelwert mit doppelter Standardabweichung

■ Gesamtmittelwert mit doppelter Vergleichsstandardabweichung

## Ringversuch 4/2012

Auswertung nach DIN 38402-42:2005-09

--- Berechn. Wert

Labornr. MM	Mittelw.	Std.-Abw.	Messwerte		z-Wert
8-1 B4	2,74E-01	1,38E-02	2,84E-01	2,65E-01	k. A.
11-1 B11	2,76E-01	1,48E-02	2,65E-01	2,86E-01	k. A.
12-1 B1	3,25E-01	7,07E-03	3,20E-01	3,30E-01	k. A.
13-1 B11	3,11E-01	2,26E-02	3,27E-01	2,95E-01	k. A.
14-1 B45	2,80E-01	1,41E-02	2,90E-01	2,70E-01	k. A.
19-1 B12	2,58E-01	1,06E-02	2,50E-01	2,65E-01	k. A.
21-1 B45	2,66E-01	4,67E-02	2,33E-01	2,99E-01	k. A.
22-1 B11	2,81E-01	5,66E-03	2,85E-01	2,77E-01	k. A.
23-1 G11	3,03E-01	1,48E-02	3,13E-01	2,92E-01	k. A.
26-1 B11	2,95E-01	7,07E-03	2,90E-01	3,00E-01	k. A.
<sup>2</sup> 27-1 B4	1,50E-01	1,41E-02	1,60E-01	1,40E-01	k. A.
29-1 G1	3,34E-01		3,34E-01		k. A.
30-1 G11	2,93E-01	1,41E-03	2,94E-01	2,92E-01	k. A.
33-1 B11	3,37E-01	3,54E-03	3,39E-01	3,34E-01	k. A.
44-1 B4	2,20E-01	1,41E-02	2,10E-01	2,30E-01	k. A.
<sup>2</sup> 46-1 G1	3,60E+00	2,83E-01	3,40E+00	3,80E+00	k. A.
47-1 B99	3,04E-01	1,41E-03	3,03E-01	3,05E-01	k. A.

Auswertung für Pb-210		RV 4/2012 – Probe 1 – Modellwasser	
		Auswertung nach DIN 38402-42:2005-09	
Anzahl der ausreißerfreien Labore:	15	Gesamtmittelwert:	2,89E-01
Anzahl der Ausreißerlabore:	2	Vergleichsstandardabweichung:	3,24E-02
Anteil der Ausreißerlabore in %:	11,76	Wiederholstandardabweichung:	1,69E-02
Anzahl der ausreißerfreien Einzelwerte:	29	Vergleichbarkeit:	9,16E-02
Anzahl der Ausreißereinzelnwerte:	4	Wiederholbarkeit:	4,77E-02
Anteil der Ausreißereinzelnwerte in %:	12,12		

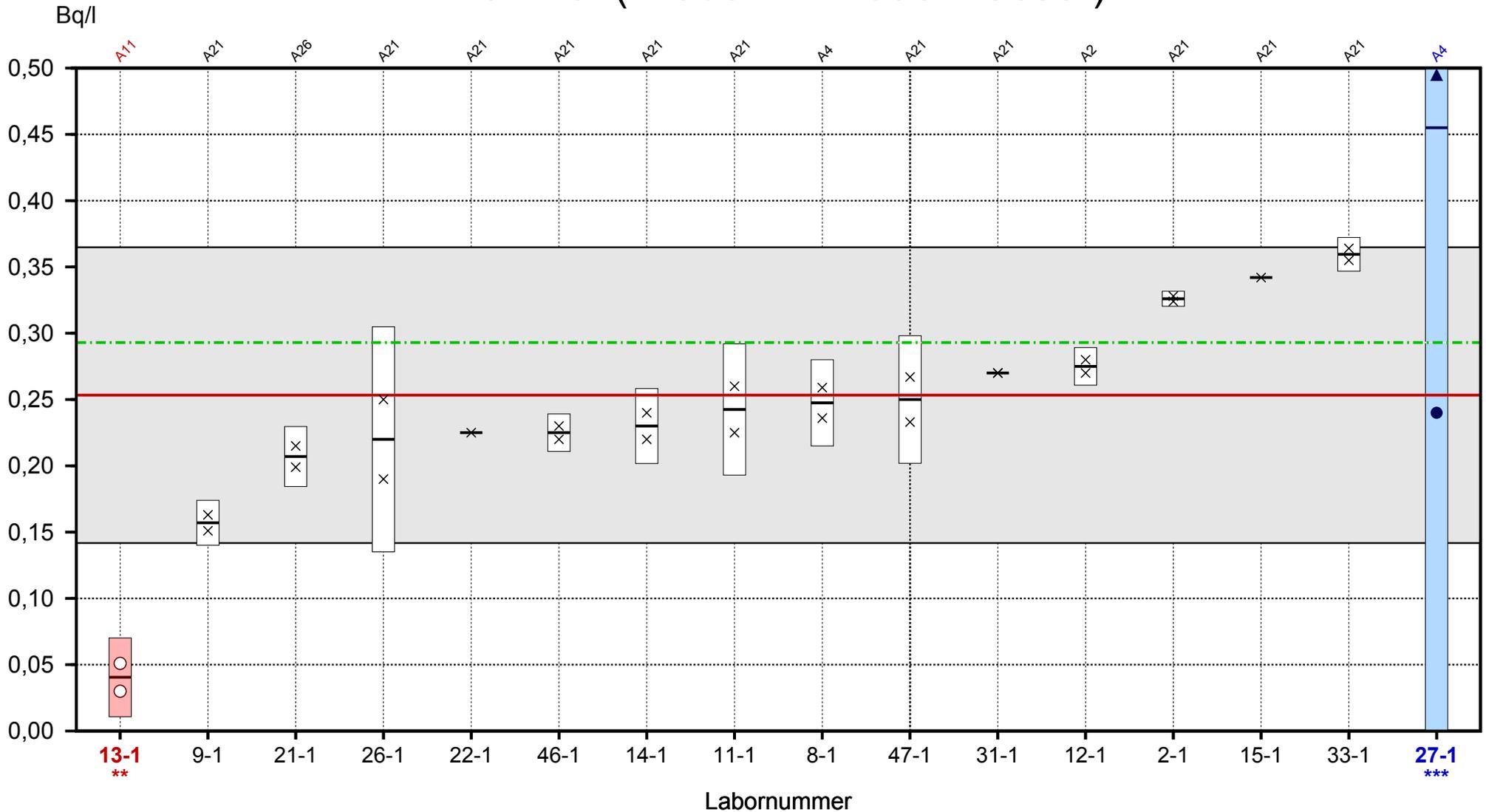
Eingerahmte Werte kennzeichnen die Ausreißer vom Typ 1, 2 und/oder 3

Stand: 24.9.2012

Ausreißerlabore: <sup>2</sup> = Typ-2-Ausreißer <sup>3</sup> = Typ-3-Ausreißer

Aktivitätsangaben in Bq/l

# Po-210 (Probe 1 – Modellwasser)



- × Messwert
- N Messwert ≤ NWG
- ▲ Messwert außerhalb Maßstab
- ♦ Typ-1-Ausreißermesswert
- Wert v. Typ-2-Ausreißerlabor \*\*
- Wert v. Typ-3-Ausreißerlabor \*\*\*

□ Labormittelwert mit doppelter Standardabweichung

■ Gesamtmittelwert mit doppelter Vergleichsstandardabweichung

## Ringversuch 4/2012

Auswertung nach DIN 38402-42:2005-09

--- Berechn. Wert

Labornr.	MM	Mittelw.	Std.-Abw.	Messwerte		z-Wert
2-1	A21	3,26E-01	2,83E-03	3,28E-01	3,24E-01	k. A.
8-1	A4	2,48E-01	1,63E-02	2,36E-01	2,59E-01	k. A.
9-1	A21	1,57E-01	8,49E-03	1,63E-01	1,51E-01	k. A.
11-1	A21	2,43E-01	2,47E-02	2,25E-01	2,60E-01	k. A.
12-1	A2	2,75E-01	7,07E-03	2,70E-01	2,80E-01	k. A.
<sup>2</sup> 13-1	A11	4,05E-02	1,48E-02	3,00E-02	5,10E-02	k. A.
14-1	A21	2,30E-01	1,41E-02	2,20E-01	2,40E-01	k. A.
15-1	A21	3,42E-01		3,42E-01		k. A.
21-1	A26	2,07E-01	1,13E-02	2,15E-01	1,99E-01	k. A.
22-1	A21	2,25E-01		2,25E-01		k. A.
26-1	A21	2,20E-01	4,24E-02	1,90E-01	2,50E-01	k. A.
<sup>3</sup> 27-1	A4	4,55E-01	3,04E-01	2,40E-01	6,70E-01	k. A.
31-1	A21	2,70E-01	0,00E+00	2,70E-01	2,70E-01	k. A.
33-1	A21	3,60E-01	6,36E-03	3,55E-01	3,64E-01	k. A.
46-1	A21	2,25E-01	7,07E-03	2,30E-01	2,20E-01	k. A.
47-1	A21	2,50E-01	2,40E-02	2,33E-01	2,67E-01	k. A.

Auswertung für Po-210		RV 4/2012 – Probe 1 – Modellwasser Auswertung nach DIN 38402-42:2005-09	
Anzahl der ausreißerfreien Labore:	14	Gesamtmittelwert:	2,53E-01
Anzahl der Ausreißerlabore:	2	Vergleichsstandardabweichung:	5,58E-02
Anteil der Ausreißerlabore in %:	12,50	Wiederholstandardabweichung:	1,78E-02
Anzahl der ausreißerfreien Einzelwerte:	26	Vergleichbarkeit:	1,58E-01
Anzahl der Ausreißereinzelnwerte:	4	Wiederholbarkeit:	5,04E-02
Anteil der Ausreißereinzelnwerte in %:	13,33		

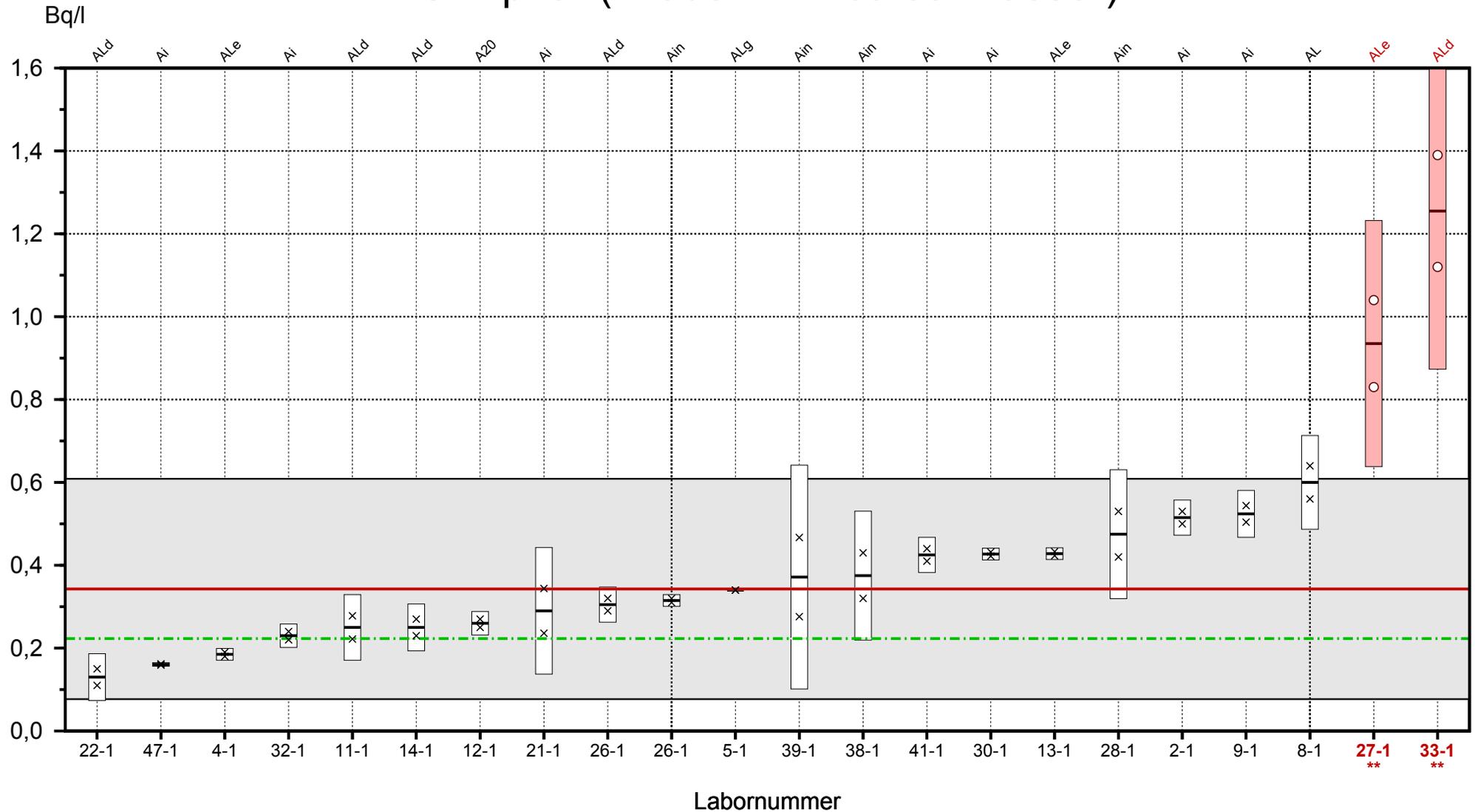
Eingerahmte Werte kennzeichnen die Ausreißer vom Typ 1, 2 und/oder 3

Stand: 24.9.2012

Ausreißerlabore: <sup>2</sup> = Typ-2-Ausreißer <sup>3</sup> = Typ-3-Ausreißer

Aktivitätsangaben in Bq/l

# G-Alpha (Probe 2 – Reales Wasser)



- × Messwert
- N Messwert ≤ NWG
- ▲ Messwert außerhalb Maßstab

- ◆ Typ-1-Ausreißermesswert
- Wert v. Typ-2-Ausreißerlabor \*\*
- Wert v. Typ-3-Ausreißerlabor \*\*\*

□ Labormittelwert mit doppelter Standardabweichung

■ Gesamtmittelwert mit doppelter Vergleichsstandardabweichung

## Ringversuch 4/2012

Auswertung nach DIN 38402-42:2005-09

--- Berechn. Wert

Labornr.	MM	Mittelw.	Std.-Abw.	Messwerte		z-Wert	
2-1	Ai	5,15E-01	2,12E-02	5,00E-01	5,30E-01	1,67	A
4-1	ALe	1,85E-01	7,07E-03	1,90E-01	1,80E-01	1,53	A
5-1	ALg	3,40E-01	0,00E+00	3,40E-01	3,40E-01	<0,10	A
8-1	AL	6,00E-01	5,66E-02	6,40E-01	5,60E-01	<b>2,50</b>	<b>W</b>
9-1	Ai	5,24E-01	2,83E-02	5,04E-01	5,44E-01	1,76	A
11-1	ALd	2,50E-01	3,96E-02	2,22E-01	2,78E-01	0,902	A
12-1	A20	2,60E-01	1,41E-02	2,70E-01	2,50E-01	1,21	A
13-1	ALe	4,28E-01	7,07E-03	4,23E-01	4,33E-01	0,829	A
14-1	ALd	2,50E-01	2,83E-02	2,70E-01	2,30E-01	0,902	A
21-1	Ai	2,90E-01	7,64E-02	3,44E-01	2,36E-01	0,513	A
22-1	ALd	1,30E-01	2,83E-02	1,50E-01	1,10E-01	<b>2,07</b>	<b>W</b>
26-1	ALd	3,05E-01	2,12E-02	2,90E-01	3,20E-01	0,368	A
26-1	Ain	3,15E-01	7,07E-03	3,10E-01	3,20E-01	0,270	A
<sup>2</sup> 27-1	ALe	9,35E-01	1,48E-01	8,30E-01	1,04E+00	<b>5,76</b>	<b>N</b>
28-1	Ain	4,75E-01	7,78E-02	4,20E-01	5,30E-01	1,29	A
30-1	Ai	4,27E-01	7,07E-03	4,22E-01	4,32E-01	0,819	A
32-1	Ai	2,30E-01	1,41E-02	2,40E-01	2,20E-01	1,10	A
<sup>2</sup> 33-1	ALd	1,26E+00	1,91E-01	1,39E+00	1,12E+00	<b>8,87</b>	<b>N</b>
38-1	Ain	3,75E-01	7,78E-02	4,30E-01	3,20E-01	0,313	A
39-1	Ain	3,72E-01	1,35E-01	4,67E-01	2,76E-01	0,279	A
41-1	Ai	4,25E-01	2,12E-02	4,40E-01	4,10E-01	0,799	A
47-1	Ai	1,61E-01	2,12E-03	1,62E-01	1,59E-01	1,77	A

Auswertung für G-Alpha		RV 4/2012 – Probe 2 – Reales Wasser	
		Auswertung nach DIN 38402-42:2005-09	
Anzahl der ausreißerfreien Labore:	20	Gesamtmittelwert:	3,43E-01
Anzahl der Ausreißerlabore:	2	Vergleichsstandardabweichung:	1,33E-01
Anteil der Ausreißerlabore in %:	9,09	Wiederholstandardabweichung:	4,76E-02
Anzahl der ausreißerfreien Einzelwerte:	40	Vergleichbarkeit:	3,76E-01
Anzahl der Ausreißereinzelnwerte:	4	Wiederholbarkeit:	1,35E-01
Anteil der Ausreißereinzelnwerte in %:	9,09		

Eingerahmte Werte kennzeichnen die Ausreißer vom Typ 1, 2 und/oder 3

Stand: 24.9.2012

Ausreißerlabore: <sup>2</sup> = Typ-2-Ausreißer <sup>3</sup> = Typ-3-Ausreißer

Aktivitätsangaben in Bq/l



Labornr. MM	Mittelw.	Std.-Abw.	Messwerte		z-Wert	
4-1 A4	4,40E+02	2,12E+01	4,25E+02	4,55E+02	1,22	A
4-2 A4	3,96E+02	2,83E+00	3,94E+02	3,98E+02	1,60	A
5-1 A4	5,68E+02	3,46E+01	5,92E+02	5,43E+02	0,128	A
5-2 A4	5,74E+02	1,41E+01	5,64E+02	5,84E+02	<0,10	A
8-1 A4	5,74E+02	1,56E+01	5,63E+02	5,85E+02	<0,10	A
8-2 A4	5,96E+02	1,34E+01	5,86E+02	6,05E+02	0,113	A
10-1 A4	5,01E+02	2,12E+00	5,02E+02	4,99E+02	0,703	A
10-2 A4	4,97E+02	6,36E+00	4,92E+02	5,01E+02	0,738	A
12-1 G2	5,58E+02	5,66E+00	5,62E+02	5,54E+02	0,419	A
12-2 G2	5,55E+02	1,13E+01	5,47E+02	5,63E+02	0,471	A
13-1 A4	5,12E+02	4,24E+00	5,09E+02	5,15E+02	0,604	A
13-2 A4	5,17E+02	2,83E+00	5,15E+02	5,19E+02	0,562	A
14-1 A4	7,38E+02	1,06E+01	7,30E+02	7,45E+02	1,33	A
14-2 A4	6,65E+02	7,07E+00	6,60E+02	6,70E+02	0,709	A
15-1 A4	5,93E+02	4,24E+00	5,96E+02	5,90E+02	<0,10	A
15-2 A4	5,87E+02	9,19E+00	5,93E+02	5,80E+02	<0,10	A
19-1 A4	6,31E+02	5,66E+00	6,35E+02	6,27E+02	0,417	A
19-1 G	6,03E+02	7,07E-01	6,03E+02	6,02E+02	0,345	A
19-2 A4	6,25E+02	1,63E+01	6,13E+02	6,36E+02	0,361	A
19-2 G	6,04E+02	2,12E+00	6,02E+02	6,05E+02	0,362	A
20-1 G1	6,42E+02	1,06E+01	6,49E+02	6,34E+02	1,01	A
20-2 G1	6,40E+02	3,54E+00	6,37E+02	6,42E+02	0,980	A
<sup>3</sup> 21-1 G1	5,61E+02	8,63E+01	5,00E+02	6,22E+02	0,368	A
21-2 G1	5,41E+02	1,56E+01	5,52E+02	5,30E+02	0,711	A
22-1 A4	5,73E+02	7,07E+00	5,78E+02	5,68E+02	<0,10	A
22-2 G1	6,18E+02	1,77E+01	6,30E+02	6,05E+02	0,603	A
23-1 G1	6,58E+02	2,12E+01	6,73E+02	6,43E+02	1,30	A
23-2 G1	6,14E+02	7,78E+00	6,19E+02	6,08E+02	0,534	A
24-1 A4	6,03E+02	2,83E+00	6,01E+02	6,05E+02	0,177	A
24-2 A4	6,04E+02	6,36E+00	5,99E+02	6,08E+02	0,181	A
25-1 G1	6,29E+02	4,95E+00	6,25E+02	6,32E+02	0,792	A
25-2 G1	6,39E+02	2,12E+00	6,40E+02	6,37E+02	0,963	A
26-1 A4	5,40E+02	0,00E+00	5,40E+02	5,40E+02	0,364	A
26-2 A4	5,45E+02	7,07E+00	5,40E+02	5,50E+02	0,321	A
27-1 G1	5,45E+02	7,07E+00	5,40E+02	5,50E+02	0,642	A
28-1 A4	5,66E+02	3,54E+00	5,68E+02	5,63E+02	0,145	A
28-2 A4	5,63E+02	3,54E+00	5,60E+02	5,65E+02	0,171	A
29-1 A4	5,76E+02	9,19E+00	5,69E+02	5,82E+02	<0,10	A
29-2 A4	5,48E+02	5,66E+00	5,44E+02	5,52E+02	0,295	A

Auswertung für Rn-222		RV 4/2012 – Probe 2 – Reales Wasser	
		Auswertung nach DIN 38402-42:2005-09	
Anzahl der ausreißerfreien Labore:	52	Gesamtmittelwert:	5,82E+02
Anzahl der Ausreißerlabore:	1	Vergleichsstandardabweichung:	7,73E+01
Anteil der Ausreißerlabore in %:	1,89	Wiederholstandardabweichung:	1,30E+01
Anzahl der ausreißerfreien Einzelwerte:	104	Vergleichbarkeit:	2,19E+02
Anzahl der Ausreißereinzelnwerte:	2	Wiederholbarkeit:	3,69E+01
Anteil der Ausreißereinzelnwerte in %:	1,89		

Eingerahmte Werte kennzeichnen die Ausreißer vom Typ 1, 2 und/oder 3

Stand: 24.9.2012

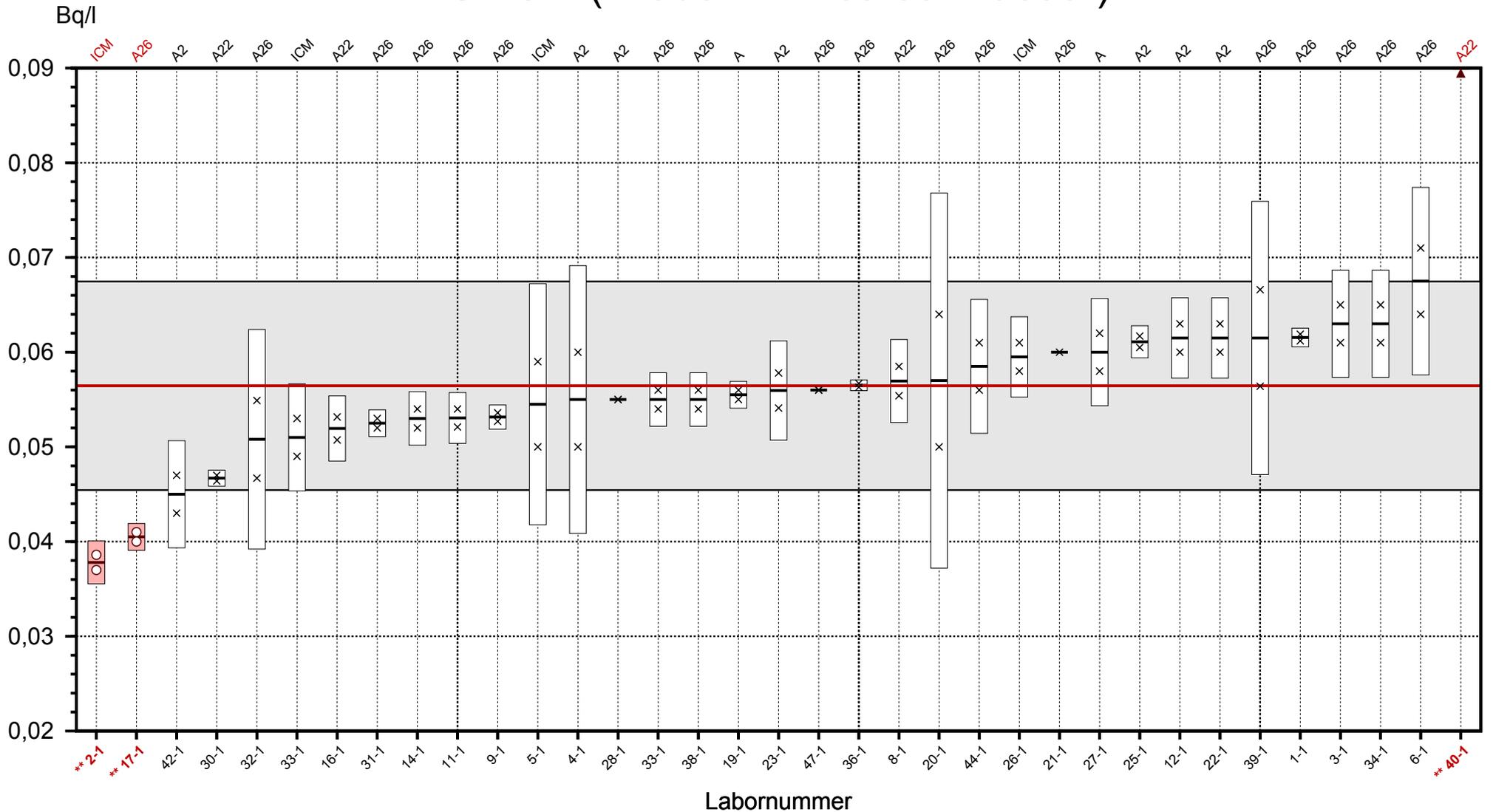
Ausreißerlabore: <sup>2</sup> = Typ-2-Ausreißer <sup>3</sup> = Typ-3-Ausreißer

Aktivitätsangaben in Bq/l

Labornr. MM	Mittelw.	Std.-Abw.	Messwerte		z-Wert	
30-1 G1	6,51E+02	0,00E+00	6,51E+02	6,51E+02	1,18	A
30-2 G1	6,38E+02	2,83E+00	6,40E+02	6,36E+02	0,955	A
33-1 A4	4,61E+02	4,17E+00	4,64E+02	4,58E+02	1,05	A
33-2 A4	4,39E+02	3,96E+01	4,11E+02	4,67E+02	1,23	A
37-1 A	6,16E+02	3,32E+01	6,39E+02	5,92E+02	0,284	A
37-2 A	5,79E+02	3,39E+01	6,03E+02	5,55E+02	<0,10	A
38-1 A4	6,55E+02	7,07E+00	6,50E+02	6,60E+02	0,623	A
38-1 G1	6,75E+02	7,07E+00	6,70E+02	6,80E+02	1,59	A
38-2 A4	6,60E+02	0,00E+00	6,60E+02	6,60E+02	0,666	A
38-2 G1	6,65E+02	7,07E+00	6,60E+02	6,70E+02	1,42	A
40-1 A4	7,19E+02	7,07E+00	7,24E+02	7,14E+02	1,17	A
40-2 A4	7,10E+02	1,20E+01	7,01E+02	7,18E+02	1,09	A
46-1 A4	4,24E+02	2,12E+00	4,25E+02	4,22E+02	1,36	A
46-2 A4	4,26E+02	2,83E+00	4,24E+02	4,28E+02	1,34	A



# U-234 (Probe 2 – Reales Wasser)



- × Messwert
- N Messwert ≤ NWG
- ▲ Messwert außerhalb Maßstab
- ◆ Typ-1-Ausreißermesswert
- Wert v. Typ-2-Ausreißerlabor \*\*
- Wert v. Typ-3-Ausreißerlabor \*\*\*

□ Labormittelwert mit doppelter Standardabweichung

■ Gesamtmittelwert mit doppelter Vergleichsstandardabweichung

**Ringversuch 4/2012**

Auswertung nach DIN 38402-42:2005-09

Labornr.	MM	Mittelw.	Std.-Abw.	Messwerte		z-Wert	
1-1	A26	6,16E-02	4,95E-04	6,12E-02	6,19E-02	0,452	A
<sup>2</sup> 2-1	ICM	3,78E-02	1,13E-03	3,86E-02	3,70E-02	3,30	N
3-1	A26	6,30E-02	2,83E-03	6,10E-02	6,50E-02	0,580	A
4-1	A2	5,50E-02	7,07E-03	5,00E-02	6,00E-02	0,129	A
5-1	ICM	5,45E-02	6,36E-03	5,00E-02	5,90E-02	0,346	A
6-1	A26	6,75E-02	4,95E-03	6,40E-02	7,10E-02	0,979	A
8-1	A22	5,70E-02	2,19E-03	5,54E-02	5,85E-02	<0,10	A
9-1	A26	5,32E-02	6,36E-04	5,27E-02	5,36E-02	0,292	A
11-1	A26	5,31E-02	1,34E-03	5,40E-02	5,21E-02	0,301	A
12-1	A2	6,15E-02	2,12E-03	6,00E-02	6,30E-02	0,447	A
14-1	A26	5,30E-02	1,41E-03	5,20E-02	5,40E-02	0,306	A
16-1	A22	5,19E-02	1,72E-03	5,32E-02	5,07E-02	0,399	A
<sup>2</sup> 17-1	A26	4,05E-02	7,07E-04	4,00E-02	4,10E-02	1,41	A
19-1	A	5,55E-02	7,07E-04	5,60E-02	5,50E-02	<0,10	A
20-1	A26	5,70E-02	9,90E-03	6,40E-02	5,00E-02	<0,10	A
21-1	A26	6,00E-02		6,00E-02		0,314	A
22-1	A2	6,15E-02	2,12E-03	6,30E-02	6,00E-02	0,447	A
23-1	A2	5,60E-02	2,62E-03	5,78E-02	5,41E-02	<0,10	A
25-1	A2	6,11E-02	8,49E-04	6,17E-02	6,05E-02	0,412	A
26-1	ICM	5,95E-02	2,12E-03	6,10E-02	5,80E-02	0,540	A
27-1	A	6,00E-02	2,83E-03	6,20E-02	5,80E-02	0,314	A
28-1	A2	5,50E-02	0,00E+00	5,50E-02	5,50E-02	0,129	A
30-1	A22	4,67E-02	4,24E-04	4,70E-02	4,64E-02	0,864	A
31-1	A26	5,25E-02	7,07E-04	5,30E-02	5,20E-02	0,350	A
32-1	A26	5,08E-02	5,80E-03	4,67E-02	5,49E-02	0,501	A
33-1	A26	5,50E-02	1,41E-03	5,40E-02	5,60E-02	0,129	A
33-1	ICM	5,10E-02	2,83E-03	5,30E-02	4,90E-02	0,966	A
34-1	A26	6,30E-02	2,83E-03	6,50E-02	6,10E-02	0,580	A
36-1	A26	5,65E-02	2,83E-04	5,63E-02	5,67E-02	<0,10	A
38-1	A26	5,50E-02	1,41E-03	5,60E-02	5,40E-02	0,129	A
39-1	A26	6,15E-02	7,21E-03	5,64E-02	6,66E-02	0,447	A
<sup>2</sup> 40-1	A22	1,12E-01		1,12E-01		4,92	N
42-1	A2	4,50E-02	2,83E-03	4,70E-02	4,30E-02	1,01	A
44-1	A26	5,85E-02	3,54E-03	5,60E-02	6,10E-02	0,182	A
47-1	A26	5,60E-02	0,00E+00	5,60E-02	5,60E-02	<0,10	A

Auswertung für U-234		RV 4/2012 – Probe 2 – Reales Wasser	
		Auswertung nach DIN 38402-42:2005-09	
Anzahl der ausreißerfreien Labore:	32	Gesamtmittelwert:	5,65E-02
Anzahl der Ausreißerlabore:	3	Vergleichsstandardabweichung:	5,51E-03
Anteil der Ausreißerlabore in %:	8,57	Wiederholstandardabweichung:	3,55E-03
Anzahl der ausreißerfreien Einzelwerte:	63	Vergleichbarkeit:	1,56E-02
Anzahl der Ausreißereinzelnwerte:	5	Wiederholbarkeit:	1,00E-02
Anteil der Ausreißereinzelnwerte in %:	7,35		

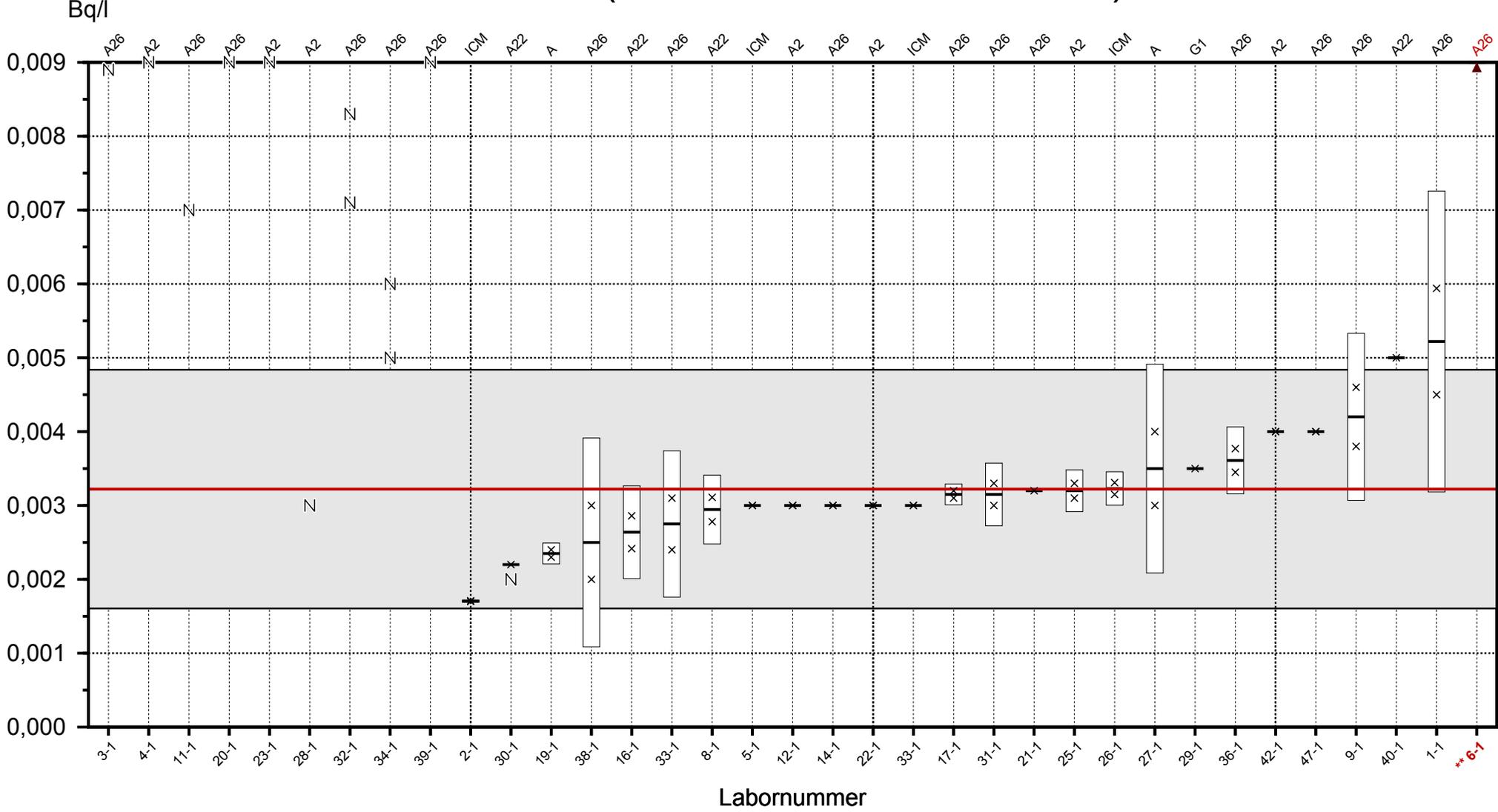
Eingetragene Werte kennzeichnen die Ausreißer vom Typ 1, 2 und/oder 3

Stand: 24.9.2012

Ausreißerlabore: <sup>2</sup> = Typ-2-Ausreißer <sup>3</sup> = Typ-3-Ausreißer

Aktivitätsangaben in Bq/l

# U-235 (Probe 2 – Reales Wasser)



## Ringversuch 4/2012

Auswertung nach DIN 38402-42:2005-09

Labornr.	MM	Mittelw.	Std.-Abw.	Messwerte		z-Wert	
1-1	A26	5,22E-03	1,02E-03	5,94E-03	4,50E-03	<b>3,10</b>	<b>N</b>
2-1	ICM	1,71E-03	7,07E-06	1,70E-03	1,71E-03	<b>4,71</b>	<b>N</b>
3-1	A26			<8,90E-03	<8,90E-03		A
4-1	A2			<2,00E-02	<2,00E-02		A
5-1	ICM	3,00E-03	0,00E+00	3,00E-03	3,00E-03	0,688	A
<sup>2</sup> 6-1	A26	<b>2,70E-02</b>	<b>5,66E-03</b>	<b>2,30E-02</b>	<b>3,10E-02</b>	<b>36,9</b>	<b>N</b>
8-1	A22	2,95E-03	2,33E-04	2,78E-03	3,11E-03	0,429	A
9-1	A26	4,20E-03	5,66E-04	3,80E-03	4,60E-03	1,52	A
11-1	A26			<7,00E-03	<7,00E-03		A
12-1	A2	3,00E-03	0,00E+00	3,00E-03	3,00E-03	0,344	A
14-1	A26	3,00E-03	0,00E+00	3,00E-03	3,00E-03	0,344	A
16-1	A22	2,64E-03	3,14E-04	2,42E-03	2,86E-03	0,906	A
17-1	A26	3,15E-03	7,07E-05	3,10E-03	3,20E-03	0,111	A
19-1	A	2,35E-03	7,07E-05	2,40E-03	2,30E-03	1,35	A
20-1	A26			<1,90E-02	<1,00E-02		A
21-1	A26	3,20E-03		3,20E-03		<0,10	A
22-1	A2	3,00E-03	0,00E+00	3,00E-03	3,00E-03	0,344	A
23-1	A2			<1,13E-02	<2,11E-02		A
25-1	A2	3,20E-03	1,41E-04	3,30E-03	3,10E-03	<0,10	A
26-1	ICM	3,23E-03	1,13E-04	3,31E-03	3,15E-03	<0,10	A
27-1	A	3,50E-03	7,07E-04	3,00E-03	4,00E-03	0,432	A
28-1	A2			<3,00E-03	<3,00E-03		<b>N</b>
29-1	G1	3,50E-03		3,50E-03		0,864	A
30-1	A22	2,20E-03		<2,00E-03	2,20E-03	1,59	A
31-1	A26	3,15E-03	2,12E-04	3,00E-03	3,30E-03	0,111	A
32-1	A26			<8,30E-03	<7,10E-03		A
33-1	A26	2,75E-03	4,95E-04	2,40E-03	3,10E-03	0,732	A
33-1	ICM	3,00E-03	0,00E+00	3,00E-03	3,00E-03	0,688	A
34-1	A26			<5,00E-03	<6,00E-03		A
36-1	A26	3,61E-03	2,26E-04	3,45E-03	3,77E-03	0,603	A
38-1	A26	2,50E-03	7,07E-04	2,00E-03	3,00E-03	1,12	A
39-1	A26			<2,04E-02	<2,28E-02		A
40-1	A22	5,00E-03		5,00E-03		<b>2,76</b>	<b>W</b>
42-1	A2	4,00E-03	0,00E+00	4,00E-03	4,00E-03	1,21	A
47-1	A26	4,00E-03	0,00E+00	4,00E-03	4,00E-03	1,21	A

Auswertung für U-235		RV 4/2012 – Probe 2 – Reales Wasser	
		Auswertung nach DIN 38402-42:2005-09	
Anzahl der ausreißerfreien Labore:	25	Gesamtmittelwert:	3,22E-03
Anzahl der Ausreißerlabore:	1	Vergleichsstandardabweichung:	8,08E-04
Anteil der Ausreißerlabore in %:	3,85	Wiederholstandardabweichung:	3,71E-04
Anzahl der ausreißerfreien Einzelwerte:	46	Vergleichbarkeit:	2,29E-03
Anzahl der Ausreißereinzelnwerte:	2	Wiederholbarkeit:	1,05E-03
Anteil der Ausreißereinzelnwerte in %:	4,17		

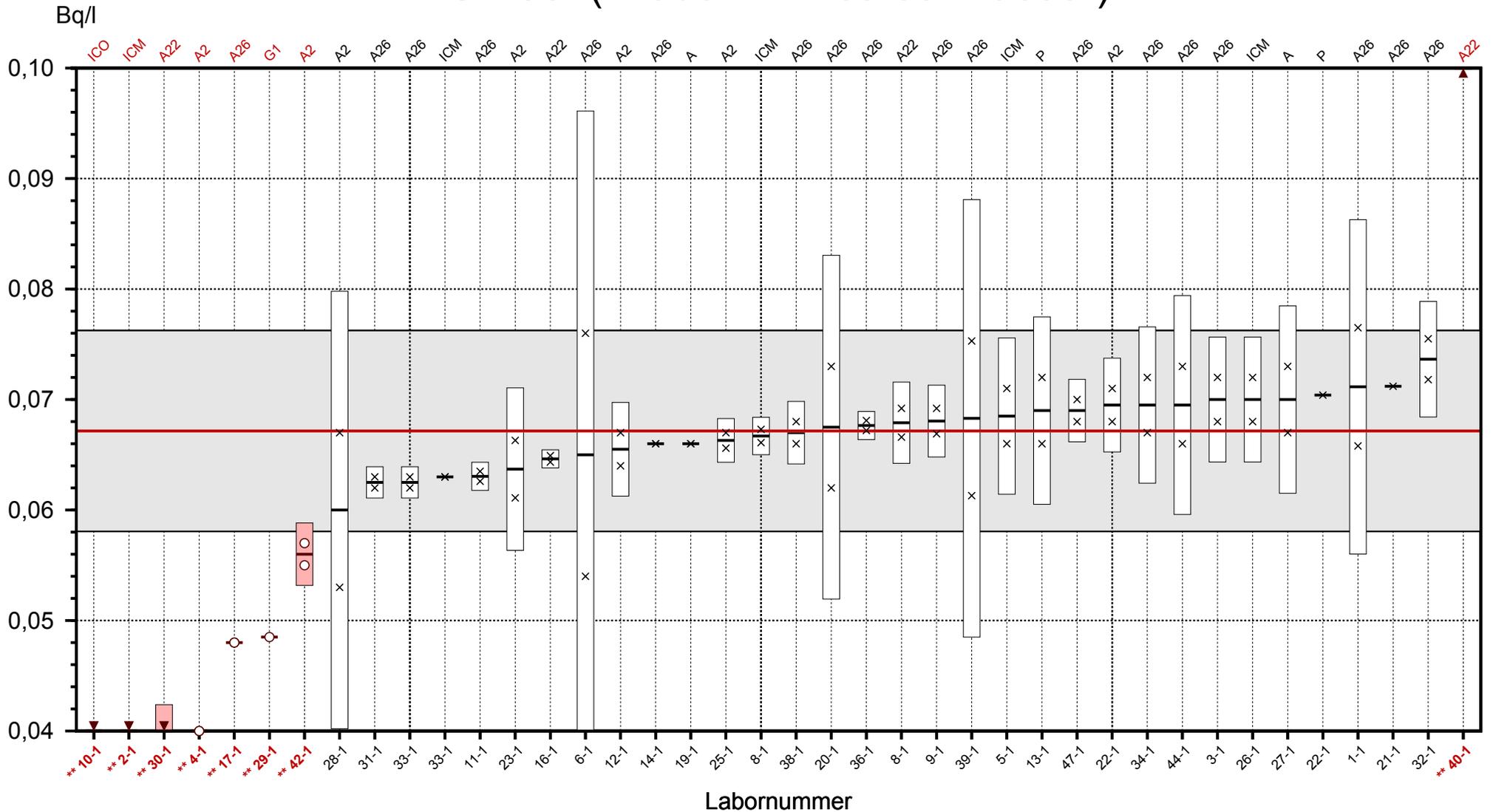
Eingetragene Werte kennzeichnen die Ausreißer vom Typ 1, 2 und/oder 3

Stand: 24.9.2012

Ausreißerlabore: <sup>2</sup> = Typ-2-Ausreißer <sup>3</sup> = Typ-3-Ausreißer

Aktivitätsangaben in Bq/l

# U-238 (Probe 2 – Reales Wasser)



- × Messwert
- N Messwert ≤ NWG
- ▲ Messwert außerhalb Maßstab
- ◆ Typ-1-Ausreißermesswert
- Wert v. Typ-2-Ausreißerlabor \*\*
- Wert v. Typ-3-Ausreißerlabor \*\*\*

□ Labormittelwert mit doppelter Standardabweichung

■ Gesamtmittelwert mit doppelter Vergleichsstandardabweichung

## Ringversuch 4/2012

Auswertung nach DIN 38402-42:2005-09

Labornr.	MM	Mittelw.	Std.-Abw.	Messwerte		z-Wert	
1-1	A26	7,12E-02	7,57E-03	6,58E-02	7,65E-02	0,297	A
<sup>2</sup>	2-1 ICM	3,63E-02	1,06E-03	3,70E-02	3,55E-02	4,60	N
3-1	A26	7,00E-02	2,83E-03	6,80E-02	7,20E-02	0,212	A
<sup>2</sup>	4-1 A2	4,00E-02	0,00E+00	4,00E-02	4,00E-02	2,02	W
5-1	ICM	6,85E-02	3,54E-03	6,60E-02	7,10E-02	0,200	A
6-1	A26	6,50E-02	1,56E-02	5,40E-02	7,60E-02	0,161	A
8-1	A22	6,79E-02	1,84E-03	6,66E-02	6,92E-02	<0,10	A
8-1	ICM	6,67E-02	8,49E-04	6,73E-02	6,61E-02	<0,10	A
9-1	A26	6,81E-02	1,63E-03	6,92E-02	6,69E-02	<0,10	A
<sup>2</sup>	10-1 ICO	1,80E-02	0,00E+00	1,80E-02	1,80E-02	7,32	N
11-1	A26	6,31E-02	6,36E-04	6,35E-02	6,26E-02	0,306	A
12-1	A2	6,55E-02	2,12E-03	6,40E-02	6,70E-02	0,123	A
13-1	P	6,90E-02	4,24E-03	6,60E-02	7,20E-02	0,274	A
14-1	A26	6,60E-02	0,00E+00	6,60E-02	6,60E-02	<0,10	A
16-1	A22	6,46E-02	4,10E-04	6,49E-02	6,43E-02	0,188	A
<sup>2</sup>	17-1 A26	4,80E-02	0,00E+00	4,80E-02	4,80E-02	1,43	A
19-1	A	6,60E-02	0,00E+00	6,60E-02	6,60E-02	<0,10	A
20-1	A26	6,75E-02	7,78E-03	6,20E-02	7,30E-02	<0,10	A
21-1	A26	7,12E-02		7,12E-02		0,301	A
22-1	A2	6,95E-02	2,12E-03	6,80E-02	7,10E-02	0,174	A
22-1	P	7,04E-02		7,04E-02		0,483	A
23-1	A2	6,37E-02	3,68E-03	6,63E-02	6,11E-02	0,257	A
25-1	A2	6,63E-02	9,90E-04	6,56E-02	6,70E-02	<0,10	A
26-1	ICM	7,00E-02	2,83E-03	7,20E-02	6,80E-02	0,423	A
27-1	A	7,00E-02	4,24E-03	7,30E-02	6,70E-02	0,212	A
28-1	A2	6,00E-02	9,90E-03	5,30E-02	6,70E-02	0,533	A
<sup>2</sup>	29-1 G1	4,85E-02		4,85E-02		2,78	W
<sup>2</sup>	30-1 A22	3,72E-02	2,62E-03	3,53E-02	3,90E-02	2,23	W
31-1	A26	6,25E-02	7,07E-04	6,20E-02	6,30E-02	0,347	A
32-1	A26	7,37E-02	2,62E-03	7,55E-02	7,18E-02	0,483	A
33-1	A26	6,25E-02	7,07E-04	6,30E-02	6,20E-02	0,347	A
33-1	ICM	6,30E-02	0,00E+00	6,30E-02	6,30E-02	0,619	A
34-1	A26	6,95E-02	3,54E-03	6,70E-02	7,20E-02	0,174	A
36-1	A26	6,77E-02	6,36E-04	6,81E-02	6,72E-02	<0,10	A
38-1	A26	6,70E-02	1,41E-03	6,80E-02	6,60E-02	<0,10	A
39-1	A26	6,83E-02	9,90E-03	6,13E-02	7,53E-02	<0,10	A
<sup>2</sup>	40-1 A22	1,17E-01		1,17E-01		3,71	N
<sup>2</sup>	42-1 A2	5,60E-02	1,41E-03	5,50E-02	5,70E-02	0,831	A
44-1	A26	6,95E-02	4,95E-03	6,60E-02	7,30E-02	0,174	A

Auswertung für U-238		RV 4/2012 – Probe 2 – Reales Wasser	
<small>Auswertung nach DIN 38402-42:2005-09</small>			
Anzahl der ausreißerfreien Labore:	32	Gesamtmittelwert:	6,72E-02
Anzahl der Ausreißerlabore:	8	Vergleichsstandardabweichung:	4,55E-03
Anteil der Ausreißerlabore in %:	20,00	Wiederholstandardabweichung:	4,83E-03
Anzahl der ausreißerfreien Einzelwerte:	62	Vergleichbarkeit:	1,29E-02
Anzahl der Ausreißereinzelnwerte:	14	Wiederholbarkeit:	1,37E-02
Anteil der Ausreißereinzelnwerte in %:	18,42		

Eingrahmte Werte kennzeichnen die Ausreißer vom Typ 1, 2 und/oder 3

Stand: 24.9.2012

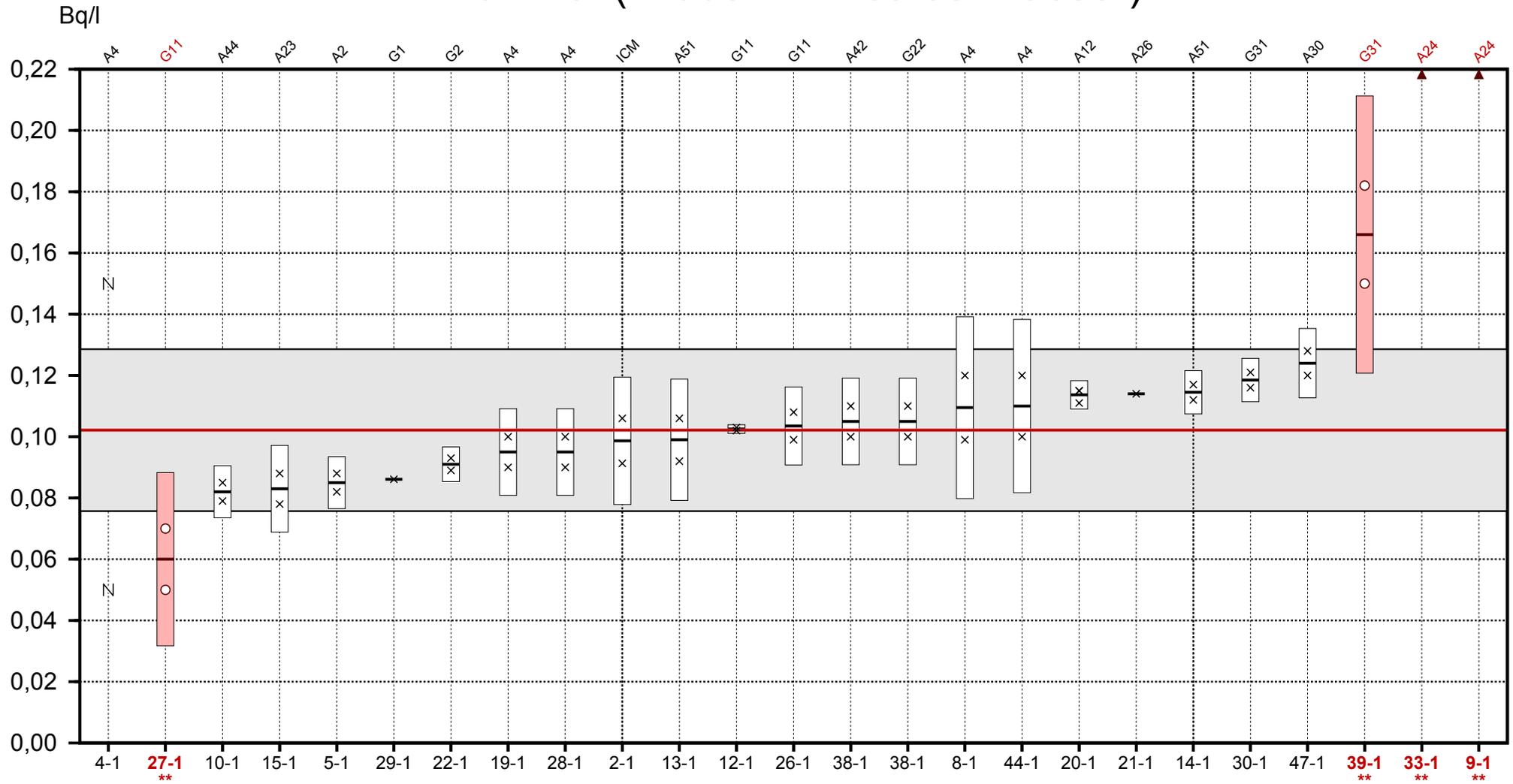
Ausreißerlabore: <sup>2</sup> = Typ-2-Ausreißer <sup>3</sup> = Typ-3-Ausreißer

Aktivitätsangaben in Bq/l

<b>Labornr. MM</b>	<b>Mittelw.</b>	<b>Std.-Abw.</b>	<b>Messwerte</b>		<b>z-Wert</b>	
47-1 A26	6,90E-02	1,41E-03	7,00E-02	6,80E-02	0,137	A



# Ra-226 (Probe 2 – Reales Wasser)



## Ringversuch 4/2012

Auswertung nach DIN 38402-42:2005-09

Labornr.	MM	Mittelw.	Std.-Abw.	Messwerte		z-Wert		
2-1	ICM	9,87E-02	1,04E-02	9,13E-02	1,06E-01	0,342	A	
4-1	A4			<1,50E-01	<5,00E-02		N	
5-1	A2	8,50E-02	4,24E-03	8,20E-02	8,80E-02	0,839	A	
8-1	A4	1,10E-01	1,48E-02	1,20E-01	9,90E-02	0,360	A	
<sup>2</sup>	9-1 A24	2,96E-01	1,48E-02	3,06E-01	2,85E-01	9,47	N	
10-1	A44	8,20E-02	4,24E-03	8,50E-02	7,90E-02	0,986	A	
12-1	G11	1,03E-01	7,07E-04	1,03E-01	1,02E-01	<0,10	A	
13-1	A51	9,90E-02	9,90E-03	9,20E-02	1,06E-01	0,154	A	
14-1	A51	1,15E-01	3,54E-03	1,17E-01	1,12E-01	0,605	A	
15-1	A23	8,30E-02	7,07E-03	7,80E-02	8,80E-02	0,937	A	
19-1	A4	9,50E-02	7,07E-03	1,00E-01	9,00E-02	0,350	A	
20-1	A12	1,14E-01	2,31E-03	1,15E-01	1,11E-01	1,15E-01	0,564	A
21-1	A26	1,14E-01		1,14E-01		0,581	A	
22-1	G2	9,10E-02	2,83E-03	8,90E-02	9,30E-02	1,09	A	
26-1	G11	1,04E-01	6,36E-03	1,08E-01	9,90E-02	<0,10	A	
<sup>2</sup>	27-1 G11	6,00E-02	1,41E-02	7,00E-02	5,00E-02	2,06	W	
28-1	A4	9,50E-02	7,07E-03	9,00E-02	1,00E-01	0,350	A	
29-1	G1	8,61E-02		8,61E-02		1,57	A	
30-1	G31	1,19E-01	3,54E-03	1,16E-01	1,21E-01	1,60	A	
<sup>2</sup>	33-1 A24	2,58E-01	1,20E-02	2,49E-01	2,66E-01	7,61	N	
38-1	A42	1,05E-01	7,07E-03	1,00E-01	1,10E-01	0,140	A	
38-1	G22	1,05E-01	7,07E-03	1,10E-01	1,00E-01	0,280	A	
<sup>2</sup>	39-1 G31	1,66E-01	2,26E-02	1,82E-01	1,50E-01	6,25	N	
44-1	A4	1,10E-01	1,41E-02	1,00E-01	1,20E-01	0,385	A	
47-1	A30	1,24E-01	5,66E-03	1,20E-01	1,28E-01	1,07	A	

Auswertung für Ra-226		RV 4/2012 – Probe 2 – Reales Wasser	
		Auswertung nach DIN 38402-42:2005-09	
Anzahl der ausreißerfreien Labore:	20	Gesamtmittelwert:	1,02E-01
Anzahl der Ausreißerlabore:	4	Vergleichsstandardabweichung:	1,32E-02
Anteil der Ausreißerlabore in %:	16,67	Wiederholstandardabweichung:	7,36E-03
Anzahl der ausreißerfreien Einzelwerte:	39	Vergleichbarkeit:	3,74E-02
Anzahl der Ausreißereinzelnwerte:	8	Wiederholbarkeit:	2,08E-02
Anteil der Ausreißereinzelnwerte in %:	17,02		

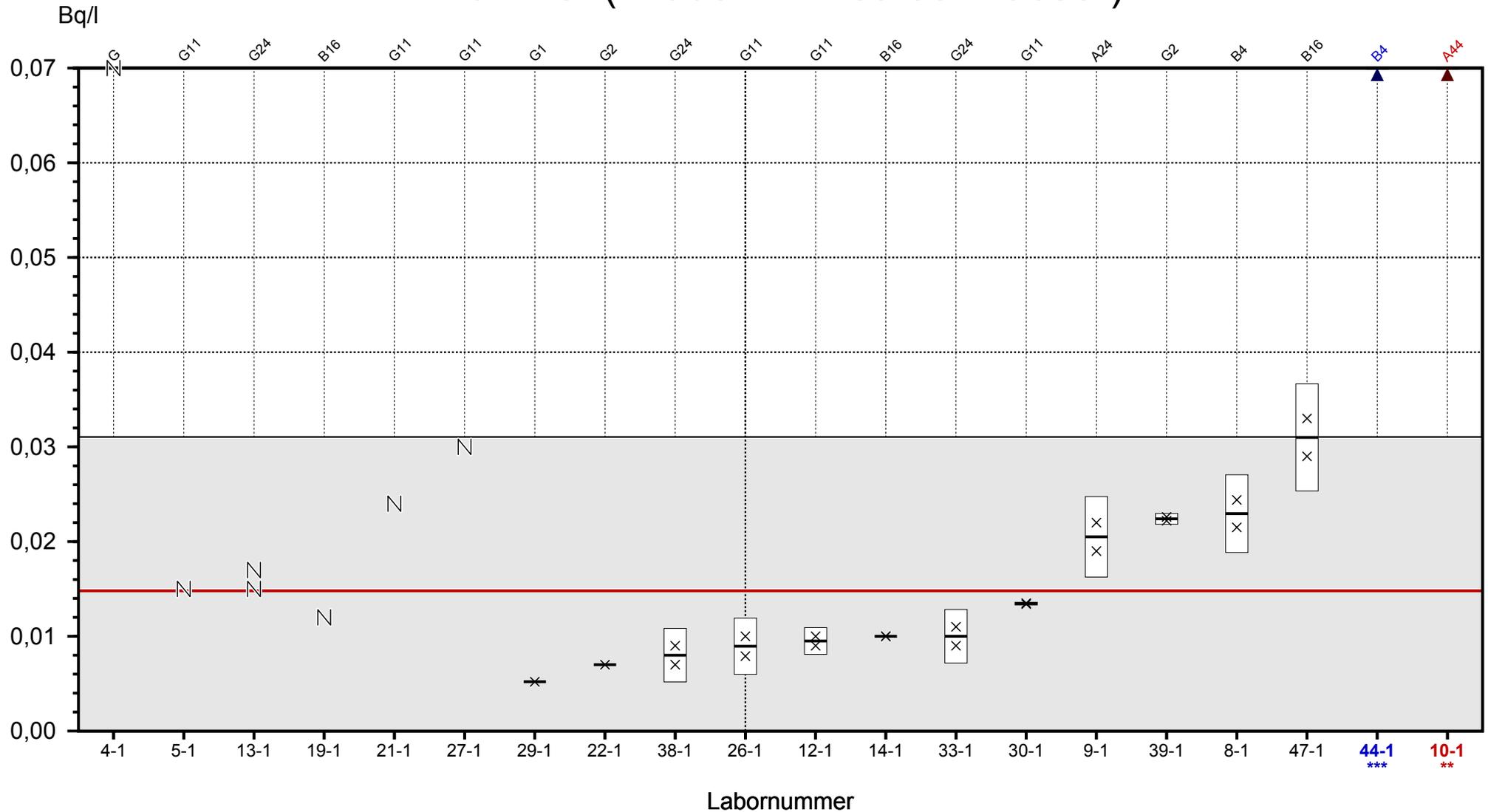
Eingerahmte Werte kennzeichnen die Ausreißer vom Typ 1, 2 und/oder 3

Stand: 24.9.2012

Ausreißerlabore: <sup>2</sup> = Typ-2-Ausreißer <sup>3</sup> = Typ-3-Ausreißer

Aktivitätsangaben in Bq/l

# Ra-228 (Probe 2 – Reales Wasser)



**Ringversuch 4/2012**

Auswertung nach DIN 38402-42:2005-09

Labornr. MM	Mittelw.	Std.-Abw.	Messwerte		z-Wert
4-1 G			<2,00E+00	<1,00E+00	
5-1 G11			<1,50E-02	<1,50E-02	
8-1 B4	2,30E-02	2,05E-03	2,15E-02	2,44E-02	k. A.
9-1 A24	2,05E-02	2,12E-03	2,20E-02	1,90E-02	k. A.
<sup>2</sup> 10-1 A44	1,03E-01	0,00E+00	1,03E-01	1,03E-01	k. A.
12-1 G11	9,50E-03	7,07E-04	9,00E-03	1,00E-02	k. A.
13-1 G24			<1,50E-02	<1,70E-02	
14-1 B16	1,00E-02	0,00E+00	1,00E-02	1,00E-02	k. A.
19-1 B16			<1,20E-02	<1,20E-02	
21-1 G11			<2,40E-02		
22-1 G2	7,00E-03		7,00E-03		k. A.
26-1 G11	8,95E-03	1,48E-03	7,90E-03	1,00E-02	k. A.
27-1 G11			<3,00E-02	<3,00E-02	
29-1 G1	5,20E-03		5,20E-03		k. A.
30-1 G11	1,35E-02	7,07E-05	1,34E-02	1,35E-02	k. A.
33-1 G24	1,00E-02	1,41E-03	1,10E-02	9,00E-03	k. A.
38-1 G24	8,00E-03	1,41E-03	9,00E-03	7,00E-03	k. A.
39-1 G2	2,24E-02	2,83E-04	2,22E-02	2,26E-02	k. A.
<sup>3</sup> 44-1 B4	1,00E-01	1,41E-02	9,00E-02	1,10E-01	k. A.
47-1 B16	3,10E-02	2,83E-03	2,90E-02	3,30E-02	k. A.

Auswertung für Ra-228		RV 4/2012 – Probe 2 – Reales Wasser	
		Auswertung nach DIN 38402-42:2005-09	
Anzahl der ausreißerfreien Labore:	12	Gesamtmittelwert:	1,48E-02
Anzahl der Ausreißerlabore:	2	Vergleichsstandardabweichung:	8,12E-03
Anteil der Ausreißerlabore in %:	14,29	Wiederholstandardabweichung:	1,53E-03
Anzahl der ausreißerfreien Einzelwerte:	22	Vergleichbarkeit:	2,30E-02
Anzahl der Ausreißereinzelnwerte:	4	Wiederholbarkeit:	4,34E-03
Anteil der Ausreißereinzelnwerte in %:	15,38		

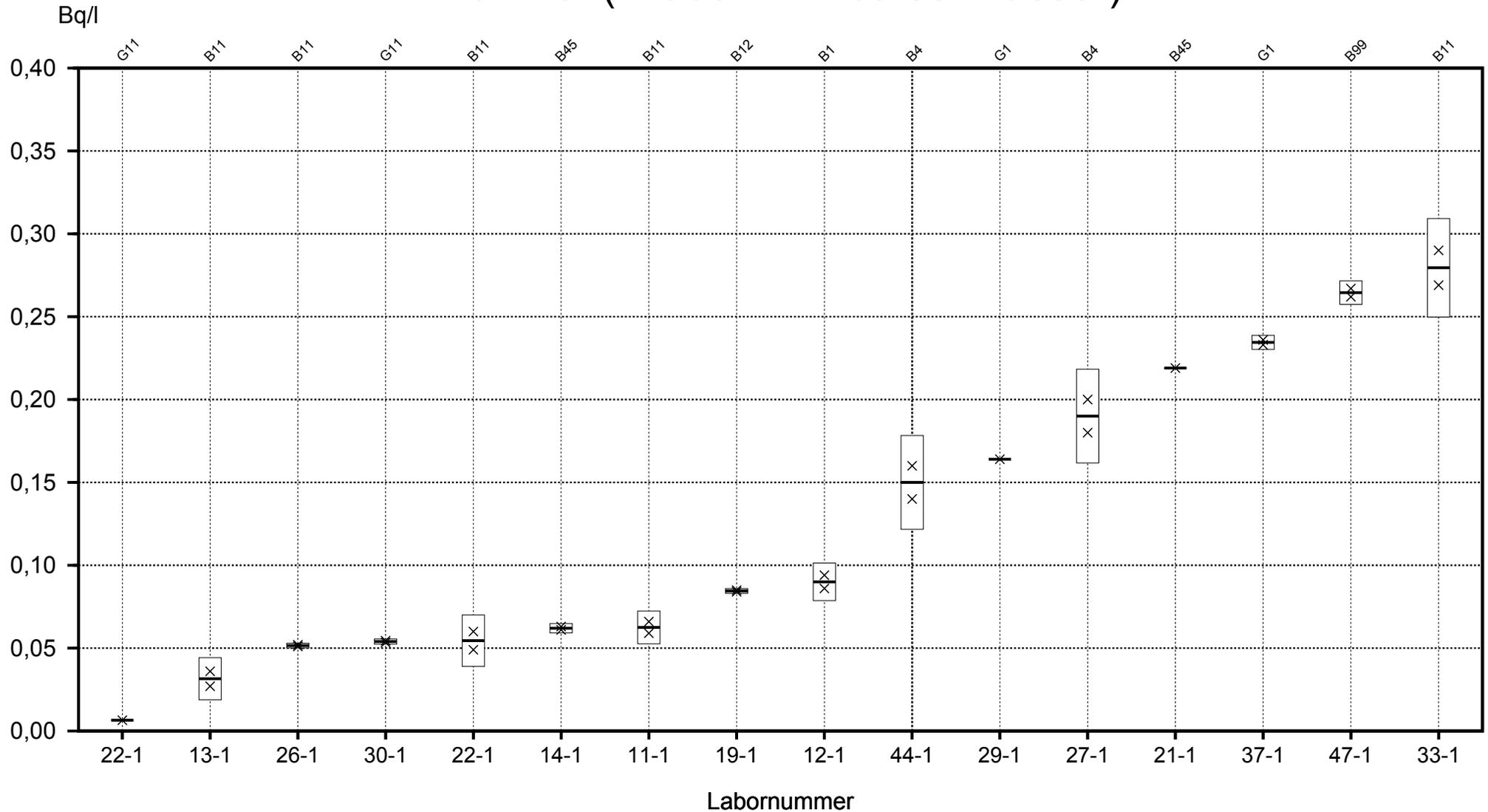
Eingerahmte Werte kennzeichnen die Ausreißer vom Typ 1, 2 und/oder 3

Stand: 24.9.2012

Ausreißerlabore: <sup>2</sup> = Typ-2-Ausreißer <sup>3</sup> = Typ-3-Ausreißer

Aktivitätsangaben in Bq/l

# Pb-210 (Probe 2 – Reales Wasser)



- × Messwert
- N Messwert ≤ NWG
- ▲ Messwert außerhalb Maßstab
- ◆ Typ-1-Ausreißermesswert
- Wert v. Typ-2-Ausreißerlabor \*\*
- Wert v. Typ-3-Ausreißerlabor \*\*\*
- ▭ Labormittelwert mit doppelter Standardabweichung

**Ringversuch 4/2012**

Auswertung nach DIN 38402-42:2005-09

Labornr. MM	Mittelw.	Std.-Abw.	Messwerte		z-Wert
11-1 B11	6,25E-02	4,95E-03	6,60E-02	5,90E-02	k. A.
12-1 B1	9,00E-02	5,66E-03	9,40E-02	8,60E-02	k. A.
13-1 B11	3,15E-02	6,36E-03	2,70E-02	3,60E-02	k. A.
14-1 B45	6,20E-02	1,41E-03	6,10E-02	6,30E-02	k. A.
19-1 B12	8,45E-02	7,07E-04	8,40E-02	8,50E-02	k. A.
21-1 B45	2,19E-01		2,19E-01		k. A.
22-1 B11	5,45E-02	7,78E-03	6,00E-02	4,90E-02	k. A.
22-1 G11	6,50E-03		6,50E-03		k. A.
26-1 B11	5,15E-02	7,07E-04	5,20E-02	5,10E-02	k. A.
27-1 B4	1,90E-01	1,41E-02	2,00E-01	1,80E-01	k. A.
29-1 G1	1,64E-01		1,64E-01		k. A.
30-1 G11	5,40E-02	7,78E-04	5,45E-02	5,34E-02	k. A.
33-1 B11	2,80E-01	1,48E-02	2,69E-01	2,90E-01	k. A.
37-1 G1	2,35E-01	2,12E-03	2,36E-01	2,33E-01	k. A.
44-1 B4	1,50E-01	1,41E-02	1,40E-01	1,60E-01	k. A.
47-1 B99	2,65E-01	3,54E-03	2,67E-01	2,62E-01	k. A.

<b>Auswertung für Pb-210</b>	<b>RV 4/2012 – Probe 2 – Reales Wasser</b> <small>Auswertung nach DIN 38402-42:2005-09</small>
<b>Keine Auswertung</b>	

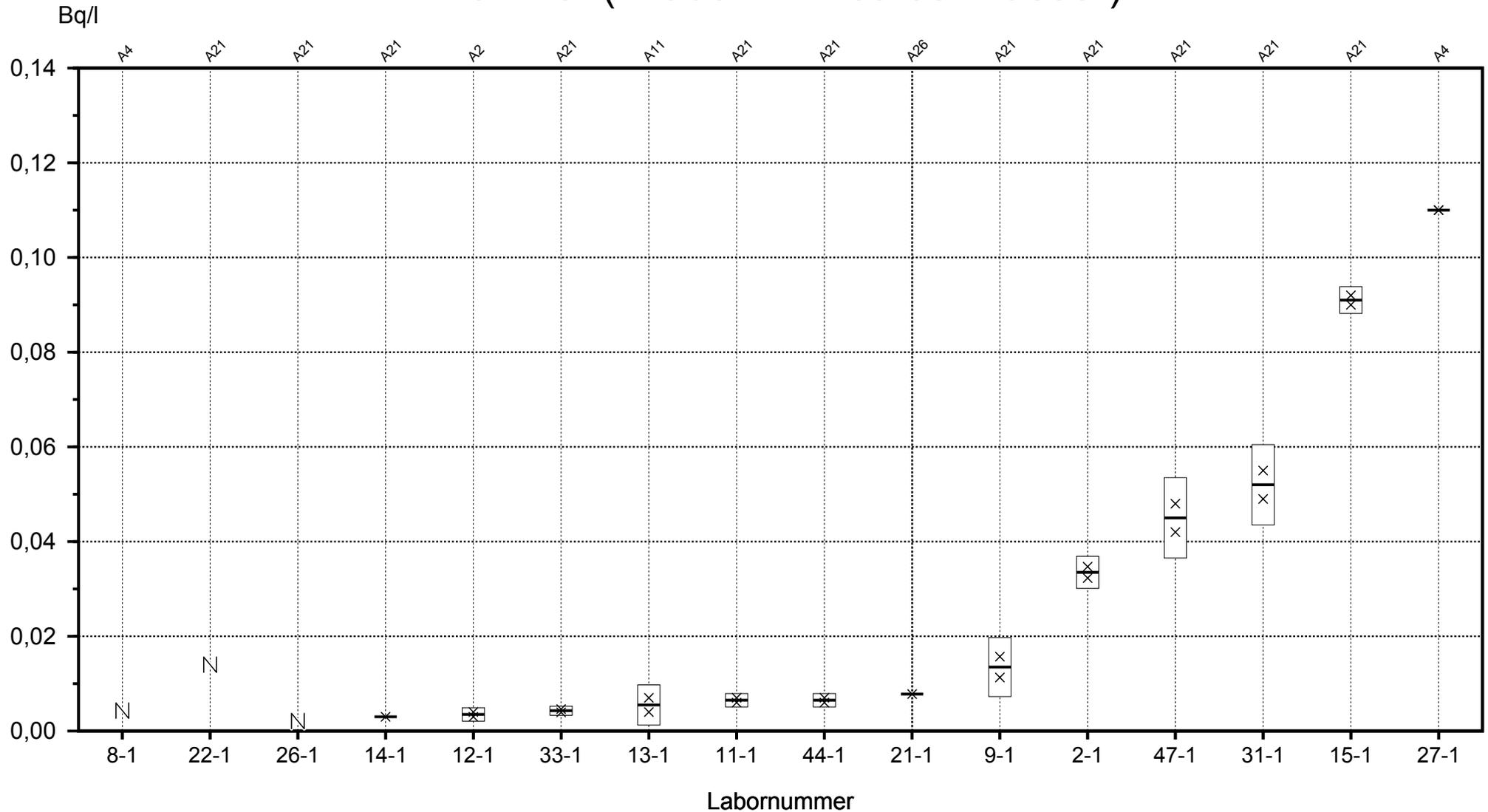
Eingerahmte Werte kennzeichnen die Ausreißer vom Typ 1, 2 und/oder 3

Stand: 24.9.2012

Ausreißerlabore: <sup>2</sup> = Typ-2-Ausreißer <sup>3</sup> = Typ-3-Ausreißer

Aktivitätsangaben in Bq/l

# Po-210 (Probe 2 – Reales Wasser)



- × Messwert
- ◆ Typ-1-Ausreißermesswert
- N Messwert ≤ NWG
- Wert v. Typ-2-Ausreißerlabor \*\*
- ▲ Messwert außerhalb Maßstab
- Wert v. Typ-3-Ausreißerlabor \*\*\*
- Labormittelwert mit doppelter Standardabweichung

**Ringversuch 4/2012**

Auswertung nach DIN 38402-42:2005-09

Labornr. MM	Mittelw.	Std.-Abw.	Messwerte		z-Wert
2-1 A21	3,35E-02	1,70E-03	3,23E-02	3,47E-02	k. A.
8-1 A4			<4,30E-03		
9-1 A21	1,35E-02	3,11E-03	1,13E-02	1,57E-02	k. A.
11-1 A21	6,50E-03	7,07E-04	6,00E-03	7,00E-03	k. A.
12-1 A2	3,50E-03	7,07E-04	3,00E-03	4,00E-03	k. A.
13-1 A11	5,50E-03	2,12E-03	4,00E-03	7,00E-03	k. A.
14-1 A21	3,00E-03		3,00E-03		k. A.
15-1 A21	9,10E-02	1,41E-03	9,20E-02	9,00E-02	k. A.
21-1 A26	7,80E-03		7,80E-03		k. A.
22-1 A21			<1,40E-02	<1,40E-02	
26-1 A21			<2,10E-03	<2,10E-03	
27-1 A4	1,10E-01	0,00E+00	1,10E-01	1,10E-01	k. A.
31-1 A21	5,20E-02	4,24E-03	5,50E-02	4,90E-02	k. A.
33-1 A21	4,28E-03	4,81E-04	3,94E-03	4,62E-03	k. A.
44-1 A21	6,50E-03	7,07E-04	6,00E-03	7,00E-03	k. A.
47-1 A21	4,50E-02	4,24E-03	4,20E-02	4,80E-02	k. A.

<b>Auswertung für Po-210</b>	<b>RV 4/2012 – Probe 2 – Reales Wasser</b> <small>Auswertung nach DIN 38402-42:2005-09</small>
<h1>Keine Auswertung</h1>	

Eingerahmte Werte kennzeichnen die Ausreißer vom Typ 1, 2 und/oder 3

Stand: 24.9.2012

Ausreißerlabore: <sup>2</sup> = Typ-2-Ausreißer <sup>3</sup> = Typ-3-Ausreißer

Aktivitätsangaben in Bq/l



## Bisher erschienene BfS-Schriften

---

### **BfS-SCHR-1/90**

*Warnecke, E.; Odoj, R.; Simon, R.* (Editors)

Requirements for Waste Acceptance and Quality Control.

Proceedings of the 2nd International Seminar on Radioactive Waste Products.

28 May - 1 June 1990, Research Centre Jülich, Federal Republic of Germany.

Salzgitter 1990

### **BfS-SCHR-2/91**

Sicherheitsreihe Nr. 6.

IAEO-Empfehlungen für die sichere Beförderung radioaktiver Stoffe. Ausgabe 1985.

(Diese Übersetzung enthält auch die von der IAEO im Nachtrag 1988 zu den Empfehlungen vorgenommenen Ergänzungen).

Salzgitter 1991

### **BfS-SCHR-3/91**

*Schüttmann, W.; Aurand, K.*

Die Geschichte der Außenstelle Oberschlema des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Biophysik Frankfurt am Main.

Salzgitter 1991

### **BfS-SCHR-4/91**

*Bornemann, O.* (mit einem Beitrag von *R. Fischbeck*)

Zur Geologie des Salzstocks Gorleben nach den Bohrergebnissen.

Salzgitter 1991

### **BfS-SCHR-5/92**

*Herrmann, A.G.*

Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM).

Lösungszuflüsse in den Grubenfeldern Marie und Bartensleben: Stoffbestand, Herkunft, Entstehung. Eine Dokumentation.

Zweiter Bericht. Abschlußbericht für den Zeitabschnitt 1. Januar bis 31. Dezember 1991. Clausthal-Zellerfeld, den 29. Februar 1992.

Salzgitter 1992

### **BfS-SCHR-6/92**

Bestandsaufnahme IMIS-IT.

Seminar zum Projektstand IMIS am 3. Mai 1991.

Salzgitter 1992

### **BfS-SCHR-7/92**

Empfehlungen der Reaktor-Sicherheitskommission (RSK) 1987 - 1991 (Band 7).

Zusammengestellt von der RSK-Geschäftsstelle.

Salzgitter 1992

### **BfS-SCHR-8/92**

Radiologische Erfassung, Untersuchung und Bewertung bergbaulicher Altlasten.

Abschlußbericht zum ersten Teilprojekt.

Salzgitter 1992

### **BfS-SCHR-9/93**

*Grosche, B.; Burkart, W.* (Editors)

Radiation epidemiology after the Chernobyl accident.

Proceedings of a workshop held at the Institute for Radiation Hygiene, Federal Office of Radiation Protection, Neuherberg, October 23-25, 1991

## Bisher erschienene BfS-Schriften

---

### **BfS-SCHR-10/93**

*von Borstel, L.E.*

Lösungen in marinen Evaporiten.

Salzgitter 1993

### **BfS-SCHR-11/93**

*Herrmann, A.G.*

Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM).

Lösungsvorkommen in den Grubenfeldern Marie und Bartensleben: Stoffbestand, Herkunft,

Entstehung.

Eine Dokumentation.

Abschlußbericht für den Zeitabschnitt 1. Januar bis 31. Dezember 1992. Clausthal-Zellerfeld, den 29. Februar 1992.

Salzgitter 1993

### **BfS-SCHR-12/93**

IMIS-Statusgespräch.

Seminar zum Projektstand IMIS am 1. Februar 1993.

Salzgitter 1993

### **BfS-SCHR-13/94**

*Przyborowski, S.; Röhnsch, W.*

ICRP-Publikation 65

über den Schutz gegenüber Radon-222 in Wohnung und an Arbeitsplätzen und die Situation in der Bundesrepublik Deutschland.

Salzgitter, 1994

### **BfS-SCHR-14/95**

*Kammerer, L.; Peter, J.; Burkhardt, J.; Trugenberger-Schnabel, A.; Bergler, I.*

Umweltradioaktivität in der Bundesrepublik Deutschland 1992 und 1993. Daten und Bewertung.

Bericht der Leitstellen des Bundes und des Bundesamtes für Strahlenschutz.

Salzgitter, Dezember 1995

### **BfS-SCHR-15/96**

Solare terrestrische UV-Strahlung in Deutschland.

Meßergebnisse und strahlenhygienische Bewertung der Daten aus dem UV-Meßnetz des BFS/UBA für den Zeitraum Januar bis Dezember 1994.

Salzgitter, März 1996

### **BfS-SCHR-16/98**

*Kammerer, L.*

Umweltradioaktivität in der Bundesrepublik Deutschland 1994 bis 1995. Daten und Bewertung.

Bericht der Leitstellen des Bundes und des Bundesamtes für Strahlenschutz.

Salzgitter, März 1998

### **BfS-SCHR-17/98**

Radiologische Erfassung, Untersuchung und Bewertung bergbaulicher Altlasten.

Abschlußbericht zum zweiten Teilprojekt.

Salzgitter, März 1998

### **BfS-SCHR-18/98**

*Sonnek, C.*

Die Euratom-Grundnormen für den Strahlenschutz 1996 und 1997.

Ausblick auf zukünftiges Strahlenschutzrecht in Deutschland.

Salzgitter, Juli 1998

## Bisher erschienene BfS-Schriften

---

### **BfS-SCHR-19/99**

Strahlenschutz und Sicherheit in der Medizin.

ICRP-Veröffentlichung 73.

Ein Bericht einer Arbeitsgruppe des Komitees 3 der Internationalen Strahlenschutzkommission.

Von der Kommission angenommen im März 1996.

Salzgitter, Mai 1999

### **BfS-SCHR-20/99**

WORKSHOP

Strahlenüberwachung von Arbeitsplätzen mit erhöhten Konzentrationen von Radon und Radonzerfallsprodukten und Qualitätssicherung der Überwachungsmessungen.

22. bis 24. Juni 1998, Berlin.

Salzgitter, November 1999

### **BfS-SCHR-21/00**

*Kammerer, L.*

Umweltradioaktivität in der Bundesrepublik Deutschland 1996 und 1997. Daten und Bewertung.

Bericht der Leitstellen des Bundes und des Bundesamtes für Strahlenschutz.

Salzgitter, Oktober 2000

### **BfS-SCHR-22/01**

*Ettenhuber, E.; Gehrcke, K.*

Radiologische Erfassung, Untersuchung und Bewertung bergbaulicher Altlasten.

Abschlussbericht.

Salzgitter, März 2001

### **BfS-SCHR-23/01** (ist nicht als Druck erschienen, nur im Internet)

*Steinmetz, M.*

UV-Index in practical use

Proceedings of an International Workshop

Institute of radiation hygiene, Munich, Germany, December 4-7, 2000

Salzgitter, 2001

### **BfS-SCHR-24/02**

*Peter J.; Schneider G.; Bayer A.; Trugenberg-Schnabel A.*

High Levels of Natural Radiation and Radon Areas:

Radiation Dose and Health Effects

Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference on High Levels of Natural Radiation and Radon Areas held in Munich, Germany on September 4 to 7 2000

Neuherberg, März 2002

### **BfS-SCHR-25/02**

*Brix, J.; Matthes, R.; Schulz, O.; Weiss, W.*

Forschungsprojekte zur Wirkung elektromagnetischer Felder des Mobilfunks.

Bundesamt für Strahlenschutz

21. und 22. Juni 2001

Salzgitter, Juni 2002

### **BfS-SCHR-26/02**

*Bruchertseifer, F.; Pohl, H.*

Fachgespräch

Begrenzung der Strahlenexposition als Folge von Störfällen bei kerntechnischen Anlagen und Einrichtungen.

1. und 2. März 2001

Salzgitter, Juni 2002

## Bisher erschienene BfS-Schriften

---

### **BfS-SCHR-27/03**

*Trugenberger-Schnabel, A.; Peter J.;  
Kanzliwius, R.; Bernhard, C.; Bergler, I.*  
Umweltradioaktivität in der Bundesrepublik Deutschland 1998 bis 2001  
Daten und Bewertung  
Bericht der Leitstellen des Bundes und des Bundesamtes für Strahlenschutz  
Salzgitter, Januar 2003

### **BfS-SCHR-28/03**

*Walter, H.*  
2.Fachgespräch SODAR  
19. u. 20. März 2003  
Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt,  
Naturschutz und Reaktorsicherheit  
Zusammenfassung der Vorträge  
Salzgitter, Juni 2003

### **BfS-SCHR-29/03**

*Bergler, I.; Bernhard, C.; Gödde, R.; Schmitt-Hannig, A.*  
Strahlenschutzforschung  
- Programmreport 2001 -  
Bericht über das vom Bundesamt für Strahlenschutz fachlich und verwaltungsgemäß begleitete  
Ressortforschungsprogramm Strahlenschutz des Bundesumweltministeriums  
Salzgitter, Juni 2003

### **BfS-SCHR-30/04**

*Lennartz, H.-A.; Mussel, Ch.; Thieme, M.*  
Beteiligung der Öffentlichkeit bei der Standortauswahl für die Endlagerung radioaktiver Abfälle  
Abschlussbericht  
Salzgitter, April 2004

### **BfS-SCHR-31/04**

*Weiß, D.; Bönigke, G.; Spoden, E.; Warnecke, E.*  
Übersicht zu stillgelegten kerntechnischen Anlagen in Deutschland und in Europa – Januar 2004  
Salzgitter, September 2004

### **BfS-SCHR-32/04**

*Bergler, I.; Bernhard, C.; Gödde, R.; Löbke-Reinl, A.; Schmitt-Hannig, A.*  
Strahlenschutzforschung  
Programmreport 2003  
Bericht über das vom Bundesamt für Strahlenschutz fachlich und administrativ begleitete  
Ressortforschungsprogramm Strahlenschutz des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und  
Reaktorsicherheit  
Salzgitter, Dezember 2004

### **BfS-SCHR-33/05**

*Hartmann, M.; Beyer, D.; Dalheimer, A.; Hänisch, K.*  
Ergebnisse der In-vitro-Ringversuche: S-35 in Urin sowie Am-241 und Pu-Isotope in Urin  
Workshop zu den In-vitro-Ringversuchen 2001 und 2002 der Leitstelle Inkorporationsüberwachung  
des BfS am 1. Juli 2003 im Bayerischen Landesamt für Umweltschutz, Kulmbach  
Salzgitter, Januar 2005

### **BfS-SCHR-34/05** (nur als CD vorhanden)

*Trugenberger-Schnabel, A.; Peter, J.; Kanzliwius, R.; Bernhard, C.; Bergler, I.*  
Umweltradioaktivität in der Bundesrepublik Deutschland  
Bericht der Leitstellen des Bundes und des Bundesamtes für Strahlenschutz  
Daten und Bewertung für 2002 und 2003  
Salzgitter, Juni 2005

## Bisher erschienene BfS-Schriften

---

### **BfS-SCHR-35/05** (nur als CD vorhanden)

*Bergler, I.; Bernhard, C.; Gödde, R.; Löbke-Reinl, A.; Schmitt-Hannig, A.*

Strahlenschutzforschung

Programmreport 2004

Bericht über das vom Bundesamt für Strahlenschutz fachlich und administrativ begleitete

Ressortforschungsprogramm Strahlenschutz des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und

Reaktorsicherheit

Salzgitter, August 2005

### **BfS-SCHR-36/05** (nur als CD vorhanden)

*Steinmetz, M.*

200 Jahre solare UV-Strahlung

Geschichte und Perspektiven

Wissenschaftliches Kolloquium

Salzgitter, Oktober 2005

### **BfS-SCHR-37/05**

*Facharbeitskreis Probabilistische Sicherheitsanalyse für Kernkraftwerke*

Methoden zur probabilistischen Sicherheitsanalyse für Kernkraftwerke

Stand: August 2005

Salzgitter, Oktober 2005

### **BfS-SCHR-38/05**

*Facharbeitskreis Probabilistische Sicherheitsanalyse für Kernkraftwerke*

Daten zur probabilistischen Sicherheitsanalyse für Kernkraftwerke

Stand: August 2005

Salzgitter, Oktober 2005

### **BfS-SCHR-39/06**

*Borrmann, F.; Brennecke, P.; Koch, W.; Kugel, K.; Rehs, B.; Steyer, S.; Warnecke, E.*

Management of Decommissioning Waste in Germany

Contribution to the IAEA CRP on „Disposal Aspects of Low and Intermediate level Decommissioning

Waste“! (T2.40.06)

Stand: August 2006

Salzgitter, Dezember 2006

### **BfS-SCHR-40/06**

*Bergler, I.; Bernhard, C.; Gödde, R.; Löbke-Reinl, A.; Schmitt-Hannig, A.*

Strahlenschutzforschung

Programmreport 2005

Bericht über das vom Bundesamt für Strahlenschutz fachlich und administrative begleitete

Forschungsprogramm Strahlenschutz des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und

Reaktorsicherheit

Salzgitter, Dezember 2006

### **BfS-SCHR-41/07**

*Schkade, U.-K.; Arnold, D.<sup>\*)</sup>; Döring, J.; Hartmann, M.; Wershofen, H.<sup>\*)</sup>*

<sup>\*)</sup> *Physikalisch-Technische Bundesanstalt*

Gammastrahlungsmessung der spezifischen Aktivitäten natürlicher Radionuklide

in Umweltproben

7. Vergleichsanalyse „Boden 2006“

Leitstelle für Fragen der Radioaktivitätsüberwachung bei erhöhter natürlicher Radioaktivität

Berlin, Dezember 2006

Salzgitter, Januar 2007

### **BfS-SCHR-42/07**

*Dushe, C.; Ettenhuber, E.; Gehrcke, K.; Kümmel, M.; Schulz, H.<sup>\*)</sup>*

<sup>\*)</sup> *IAF-Radioökologie GmbH Dresden*

Ein neues Verfahren zur Ermittlung der Radonexhalation großer Flächen

Salzgitter, Februar 2007

## Bisher erschienene BfS-Schriften

---

### **BfS-SCHR-43/07**

Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle zur Ermittlung der Körperdosis  
Teil 2: Ermittlung der Körperdosis bei innerer Strahlenexposition; Inkorporationsüberwachung  
(§§ 40, 41 und 42 Strahlenschutzverordnung)  
Rundschreiben vom 12.01.2007 RS II 3 – 15530/1 (GMBI 2007 S. 623)  
Salzgitter, September 2007

### **BfS-SCHR-44/07**

*Bernhard, C.; Gödde, R.; Löbke-Reinl, A.; Schmitt-Hannig, A.; Trugenberg-Schnabel, A.*  
Strahlenschutzforschung  
Programmreport 2006  
Bericht über das vom Bundesamt für Strahlenschutz fachlich und administrativ begleitete  
Forschungsprogramm Strahlenschutz des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und  
Reaktorsicherheit  
Salzgitter, Dezember 2007

### **BfS-SCHR-45/09**

urn:nbn:de:0221-2009011200  
*Bernhard-Ströl, C.; Gödde, R.; Hachenberger, Claudia, Löbke-Reinl, A.; Schmitt-Hannig, A.*  
Strahlenschutzforschung  
Programmreport 2007  
Bericht über das vom Bundesamt für Strahlenschutz fachlich begleitete und administrativ umgesetzte  
Forschungsprogramm Strahlenschutz des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und  
Reaktorsicherheit  
Salzgitter, Januar 2009

### **BfS-SCHR-46/09**

urn:nbn:de:0221-2009082120  
*Bernhard-Ströl, C.; Gödde, R.; Hachenberger, Claudia, Löbke-Reinl, A.; Schmitt-Hannig, A.*  
Strahlenschutzforschung  
Programmreport 2008  
Bericht über das vom Bundesamt für Strahlenschutz fachlich begleitete und administrativ umgesetzte  
Forschungsprogramm Strahlenschutz des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und  
Reaktorsicherheit  
Salzgitter, November 2009

### **BfS-SCHR-47/09**

urn:nbn:de:0221-2009082154  
Die Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) von 2007  
ICRP-Veröffentlichung 103, verabschiedet im März 2007  
Deutsche Ausgabe  
Salzgitter, November 2009

### **BfS-SCHR-48/10**

urn:nbn:de:0221-201009153217  
*Bernhard-Ströl, C.; Gödde, R.; Hachenberger, Claudia, Löbke-Reinl, A.; Schmitt-Hannig, A.*  
Strahlenschutzforschung  
Programmreport 2009  
Bericht über das vom Bundesamt für Strahlenschutz fachlich begleitete und administrativ umgesetzte  
Forschungsprogramm Strahlenschutz des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und  
Reaktorsicherheit  
Salzgitter, November 2010

## Bisher erschienene BfS-Schriften

---

### **BfS-SCHR-49/11**

urn:nbn:de:0221-201111236640

*Bernhard-Ströl, C.; Gödde, R.; Hachenberger, Claudia, Löbke-Reinl, A.; Schmitt-Hannig, A.*

Strahlenschutzforschung

Programmreport 2010

Bericht über das vom Bundesamt für Strahlenschutz fachlich begleitete und administrativ umgesetzte Forschungsprogramm Strahlenschutz des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Salzgitter, November 2011

### **BfS-SCHR-50/12**

urn:nbn:de:0221-2012120510259

*Beyermann, M.; Bünger, T.; Guttmann, A.; Schmidt, K.; Wershofen, H.; Winterfeldt, I.; Labahn, A.*

Ringversuch zur Bestimmung von Radon-222, Radium-226, Radium-228, Uran-238, Uran-234 und der Gesamt- $\alpha$ -Aktivität in Trinkwasser – Ringversuch 4/2012

Salzgitter, Dezember 2012

# | Verantwortung für Mensch und Umwelt |

**Kontakt:**

Bundesamt für Strahlenschutz

Postfach 10 01 49

38201 Salzgitter

Telefon: + 49 (0)3018 333-0

Telefax: + 49 (0)3018 333-1885

Internet: [www.bfs.de](http://www.bfs.de)

E-Mail: [ePost@bfs.de](mailto:ePost@bfs.de)

Gedruckt auf Recyclingpapier aus 100 % Altpapier.



Bundesamt für Strahlenschutz