

Ringversuche zur externen Qualitätsprüfung von Laboratorien

1 Arbeitsgrundlagen

- E DIN 38 402-45 (A45), 2013-08; Ringversuche zur Eignungsprüfung von Laboratorien
- DIN EN ISO/IEC 17043; Konformitätsbewertung – Allgemeine Anforderungen an Eignungsprüfungen, 2010-05
- DIN ISO 13528; Statistische Verfahren für Eignungsprüfungen durch Ringversuche, 2009-01
- Thompson, M., Ellison, S. L. R., and Wood, R.: The International Harmonized Protocol for the Proficiency Testing of Analytical Chemistry Laboratories (IUPAC technical Report). Pure Appl. Chem. 78, 145-196, 2006
- Fachmodul Wasser und Fachmodul Abfall zur Verwaltungsvereinbarung der Länder über den Kompetenznachweis und die Notifizierung von Prüflaboratorien und Messstellen im gesetzlich geregelten Umweltbereich in der Fassung vom 23. März 2012 bzw. vom August 2012
- AQS-Analytische Qualitätssicherung
Rahmenempfehlungen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) für Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchungen, herausgegeben von der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Erich Schmidt Verlag GmbH & Co., 2. Auflage Berlin, 2006-01
- AQS-Merkblätter für die Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung,
herausgegeben von der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA),
Erich Schmidt Verlag GmbH & Co., Berlin, Loseblattsammlung seit 1991

Weitere Literatur siehe Abschnitt 7.

2 Einleitung

Neben den Maßnahmen zur internen analytischen Qualitätssicherung werden Ringversuche als Instrument der externen Qualitätssicherung durchgeführt. Eine regelmäßige freiwillige Teilnahme an Ringversuchen sollte für jedes Laboratorium selbstverständlich sein. Darüber hinaus wird die Teilnahme an Ringversuchen im Rahmen gesetzlicher Notifizierungsverfahren (Zulassung, Anerkennung, Bekanntgabe, Bestimmung) und für Akkreditierungen nach [1] gefordert. In der Wasseranalytik gelten für Planung, Durchführung und Auswertung von Ringversuchen zur Eignungsprüfung die E DIN 38 402-45 (A45) und die DIN EN ISO/IEC 17043. Weitere Verfahren zur statistischen Auswertung von Ringversuchen finden sich in DIN ISO 13528 und im International Harmonized Protocol for the Proficiency Testing of Analytical Chemistry Laboratories (IUPAC technical Report). Das Merkblatt befasst sich auf der Basis der vorgenannten Arbeitsgrundlagen mit den bei der Abwicklung von Ringversuchen zu berücksichtigenden Präzisierungen und Abweichungen von diesen Vorschriften sowie grundsätzlichen Fragen im Zusammenhang mit den Komplexen:

- Organisation und Durchführung,
- Auswertung und Bewertung,
- Anwendung im Vollzug,

vorrangig zur Prüfung:

- von behördlich zugelassenen Laboratorien (z. B. Abwasser-Einleiterkontrolle),

und darüber hinaus zur Prüfung:

- der Qualität behördlicher Laboratorien (Bund, Länder, Kommunen),
- von Laboratorien, die im behördlichen Auftrag tätig werden.

Dieses Merkblatt befasst sich nicht mit Ringversuchen zur Probenahme.

3 Organisation und Durchführung

3.1 Veranstalter von Ringversuchen

Die Anforderungen an Ringversuchsveranstalter sind in DIN EN ISO 17043 und E DIN 38 402-45 (A45) festgelegt. Die Ringversuchsleitung ist für den ordnungsgemäßen Ablauf des gesamten Ringversuchs verantwortlich. Sie muss die in Ziffer 1.1 des Fachmoduls Wasser bzw. 2.2 des Fachmoduls Abfall beschriebene Qualifikation für die Laborleitung aufweisen. Sofern das veranstaltende Laboratorium am Ringversuch teilnimmt, muss sichergestellt sein, dass die beim Ringversuch ermittelten Werte nicht durch Kenntnisse beeinflusst sind, die durch die Ringversuchsdurchführung erhalten wurden.

3.2 Teilnehmende Laboratorien

Die Anforderungen an Ringversuchsteilnehmer sind in E DIN 38 402-45 (A45) beschrieben. Die Ringversuchsproben sind wie Routineproben zu behandeln. Sie sind vollständig selbst zu untersuchen. Eine Vergabe sämtlicher oder einzelner Analysen an ein Fremdlabor ist unzulässig. Die Dokumentation der Rohdaten ist vorzuhalten.

Ein Teilnehmer am Ringversuch ist in der Regel ein Labor an einem Standort.

Nehmen Labore mit mehreren Standorten (Multistandortlabore) separat am Ringversuch teil, ist darauf zu achten, dass die Proben so verteilt bzw. codiert werden, dass diesen Teilnehmern möglichst kein Vorteil durch interne Absprachen oder doppelte Analytik der gleichen Probe entstehen kann.

Multistandortlabore, die nicht an jedem Standort alle Untersuchungsparameter bestimmen, können sich als ein Teilnehmer registrieren lassen, wenn jeder Parameter insgesamt nur einmal bestimmt wird (Vermerk des jeweiligen Standortes auf dem Ergebnisprotokoll). Für die Kommunikation mit dem Ringversuchsveranstalter muss vom Teilnehmer ein Ansprechpartner benannt werden. Der Probentransport zwischen den Standorten liegt in der Verantwortung des Labors.

3.3 Proben

3.3.1 Auswahl der Proben

Grundsätzlich sind Proben mit realer Matrix zu bevorzugen. Ist keine reale Probe mit gewünschtem Konzentrationsniveau verfügbar, so kann eine entsprechende Probe durch Aufstockung einer realen Probe hergestellt werden. Die Erstellung von synthetischen Proben hat den Vorteil, dass bekannte Sollwerte für die zu untersuchenden Inhaltsstoffe vorliegen und somit Aussagen über die Richtigkeit der Analyseergebnisse möglich sind. Mischt man künstliche Matrix hinzu, so ist sicherzustellen, dass diese frei von den zu untersuchenden Inhaltsstoffen ist. Diese Form der Probenerstellung erfordert in sämtlichen Teilschritten ein kontaminationsfreies Arbeiten.

Bei der Abfüllung der Proben ist das Hauptaugenmerk auf eine einwandfreie Homogenisierung zu legen, um die Erstellung identischer Aliquote zu gewährleisten. Kontaminationen beim Ansatz fallen hierbei nicht ins Gewicht, wenn als zugewiesener Wert der Mittelwert aller Einzelwerte zugrunde gelegt wird. Voruntersuchungen zur Homogenisierung sind durchzuführen und zu dokumentieren.

In der Regel sind mindestens zwei unterschiedliche Konzentrationsniveaus pro Untersuchungsparameter vom Teilnehmer zu bestimmen.

Um Absprachen zwischen teilnehmenden Laboratorien zu unterbinden, sollten mehrere gleichartige Proben mit unterschiedlichen Konzentrationen verteilt werden. Hierbei ist darauf zu achten, dass für die Laboratorien keine unterschiedlichen Schwierigkeitsgrade entstehen. Aus Gründen der statistischen Genauigkeit sollte nach Möglichkeit jedoch sichergestellt sein, dass jede Konzentration von mindestens 12 Laboratorien untersucht wird, wenn der zugewiesene Wert und/oder die Standardabweichung zur Eignungsprüfung aus Teilnehmerdaten ermittelt wird.

3.3.2 Homogenitätstest

Die homogene Verteilung der zu quantifizierenden Stoffe (ggf. ausgewählte Leitparameter) in den Ringversuchs-Teilproben ist vom Ringversuchsveranstalter zu prüfen, nachzuweisen und zu dokumentieren. Geeignete Verfahren sind z. B. in DIN ISO 13528 und im International Harmonized Protocol for the Proficiency Testing of Analytical Chemistry Laboratories (IUPAC technical Report) beschrieben. Wenn ein anderes Prüfungsverfahren nachweislich für die betreffende Matrix geeignet ist, kann auch dieses angewendet werden [2, 3].

Ist z. B. durch Sorptionseffekte keine ausreichende Homogenisierung im Ansatzbehälter erreichbar (beispielsweise bei Mineralölkohlenwasserstoffen), kann eine Flaschendetierung erfolgen.

3.3.3 Stabilitätstests, Probenkonservierung

Durch Vorversuche ist zu überprüfen, ob die zu untersuchenden Inhaltsstoffe für die Dauer des geplanten Analysenzeitraums ausreichend stabil sind. Ist dies nicht gewährleistet, so sind entsprechende Konservierungsmaßnahmen durchzuführen [4]. Aus Gründen der Beweissicherung kann es darüber hinaus sinnvoll sein, die Stabilität des Probenmaterials über den vorgegebenen Analysenzeitraum mittels Kontrollmessungen ausgewählter Parameter oder Leitparameter zu prüfen.

3.3.4 Verwendetes Gefäßmaterial

Das Gefäßmaterial ist so zu wählen, dass hierdurch entstehende Kontaminationen und Verluste durch Adsorption oder Ausgasung weitgehend minimiert werden. Erfüllen im Einzelfall Kunststoffgefäße und Glasgefäße diese Bedingungen gleichermaßen, so ist den Kunststoffgefäßen wegen der geringeren Bruchgefahr beim Transport der Vorrang zu geben.

3.3.5 Probenvolumen

Das Volumen der zu verteilenden Proben ist derart zu wählen, dass es für die Durchführung der vorgeschriebenen Vorbereitungsschritte und Analysen ausreichend ist. Wenn möglich, ist die Verteilung von überschüssigem Probenvolumen zu vermeiden, damit der Untersuchungsstelle nicht die Möglichkeit der zusätzlichen Kontrollanalyse gegeben wird.

In der Regel erhalten sämtliche Teilnehmer die gleiche Probenmenge. Bei begründeten spezifischen Anforderungen kann der Ringversuchsveranstalter davon abweichen (z. B.: Anmeldung nur für Teilbereiche des Ringversuchs).

Nach Ablauf der Frist zur Ergebnisabgabe können zusätzliche Proben an Labore zum Test oder für die interne Qualitätskontrolle abgegeben werden (Voraussetzung Probenstabilität).

Beim Abfüllen partikelhaltiger Proben ist darauf zu achten, dass für den Ringversuchsteilnehmer die Möglichkeit der Homogenisierung im Probenbehältnis sichergestellt ist, z. B. indem ein hinreichend großes Freivolumen gelassen wird. Dieses Vorgehen kann jedoch nicht bei Anwesenheit leichtflüchtiger Inhaltsstoffe angewandt werden [5].

Um große Probenvolumina zu vermeiden, können im begründeten Einzelfall Probenkonzentrate versandt werden, die nach einer mit zu liefernden Arbeitsanweisung zu verdünnen sind. Bei Untersuchungen im niedrigen Konzentrationsbereich (low-level-Bereich) ist diese Vorgehensweise nicht zu empfehlen, da die teilnehmenden Laboratorien durch Analyse der konzentrierten Lösung die gestellten Schwierigkeiten umgehen können.

3.3.6 Probenverteilung

Grundsätzlich gibt es mehrere Möglichkeiten der Probenverteilung:

1. Versand (per Post, Kurierdienst, Expressversand, etc.)
Voraussetzung hierfür ist eine ausreichende Stabilität der zu untersuchenden Parameter bzw. die Sicherstellung einer ausreichenden Kühlung während des Transports bis zum Eintreffen beim Ringversuchsteilnehmer. Die Proben sind entsprechend bruch- und auslaufsicher zu verpacken.
2. Abholung beim Ausrichter oder dem Ort der Probenerstellung
Die Untersuchungslaboratorien senden einen Kurier zur Abholung, der die übernommenen Proben quittiert. Vorab ist den Laboratorien eine Anweisung zum fachgerechten Probentransport zu übermitteln (z. B. Transport in Kühltaschen).
3. Mischform, indem die Proben per Kurier an bestimmte Verteilstationen geliefert werden, wo sie von den Teilnehmern abgeholt werden.

3.4 Zeitplan

Der Ringversuchsveranstalter erstellt vor Beginn der Arbeiten einen Plan über den zeitlichen Ablauf. Die Ankündigung bzw. Ausschreibung des Ringversuches an die teilnehmenden Laboratorien muss mindestens 8 Wochen vor der geplanten Probenausgabe erfolgen. Hierbei sind wesentliche Angaben zu Ablauf und Durchführung des Ringversuches mitzuteilen, wobei mindestens Termine, Art und Anzahl der Proben, Untersuchungsparameter, Auswertungsverfahren, Bewertungskriterien und Kosten, ggf. anzuwendende Analyseverfahren und vorgegebene Bestimmungsgrenzen/Nachweisgrenzen zu nennen sind.

Der Analysenzeitraum bei den teilnehmenden Laboratorien sollte je nach Zeitaufwand für die Analysen festgelegt werden. Er sollte maximal 3 Wochen betragen. Handelt es sich um längerfristige Analysen (z. B. Keimtest), kann auch eine längere Bearbeitungszeit festgelegt werden. In Sonderfällen kann der Analysenbeginn vom Ringversuchsveranstalter vorgegeben werden. Zu dem von der Ringversuchsleitung vorgegebenen Termin, üblicherweise eine Woche nach Ablauf des Analysenzeitraumes, müssen die Ergebnisse bei der Ringversuchsleitung vorliegen.

3.5 Ergebnisangabe

Messwerte werden mit einer vorgegebenen Anzahl signifikanter Stellen abgefragt, in der Regel eine Stelle mehr als von der jeweiligen Analysenvorschrift gefordert. Es ist ein Ergebnisformular zu erstellen, das spätestens zusammen mit den Ringversuchsproben verteilt oder auf elektronischem Wege bereitgestellt wird. Dieses Ergebnisformular soll zumindest folgende Informationen beinhalten:

- zu bestimmende Parameter,
- Anzahl der zu untersuchenden Niveaus/Proben und ggf. die Probenkennzeichnung,
- Einheit,
- ggf. vorgegebene Analyseverfahren, Probenvorbereitungs- und Analysenschritte.

Mit dem Formular werden alle für die Aus- und Bewertung notwendigen Angaben abgefragt. Dazu gehören:

- Laboridentifikation,
- Messwerte,
- Datum der Analysen,
- Bestätigung, dass sämtliche Analysen im eigenen Labor mit eigenen Geräten und eigenem Personal durchgeführt wurden (Für Untersuchungsstellen, die an mehreren Standorten Einrichtungen unterhalten, gilt: Wenn Parameter an einem anderen als dem angemeldeten Standort untersucht werden, so ist dies anzugeben.),
- Name und Unterschrift der verantwortlichen Person,
- ggf. angewendete Analyseverfahren etc.

Dieses Formular ist vom teilnehmenden Laboratorium vollständig ausgefüllt der Ringversuchsleitung bis zum Abgabetermin zu übermitteln.

3.6 Probeninhomogenitäten und -instabilitäten

Treten trotz der sorgfältigen Vorbereitungen des Ausrichters Probeninhomogenitäten oder Probeninstabilitäten während der Ringversuchsdurchführung auf, ist der entsprechende Ringversuchsteil zu wiederholen. Auf die Wiederholung kann verzichtet und das betreffende Niveau von der weiteren Auswertung ausgeschlossen werden, wenn dadurch:

- kein Nachteil für einzelne Teilnehmer des betreffenden Ausrichters durch die reduzierte Anzahl von Parameter-Niveau-Kombinationen entsteht,
- die Gleichbehandlung aller Teilnehmer des betreffenden Ausrichters weiterhin sichergestellt ist,
- noch mindestens die Hälfte der Niveaus des Parameters auswertbar sind
- und wenn im Falle mehrerer Ausrichter den Ringversuchsteilnehmern der anderen Ausrichter kein nennenswerter Nachteil entsteht.

4 Auswertung

Der Ringversuchsveranstalter richtet ein Verfahren zur Abgabe der Analysenergebnisse ein. Dieses Verfahren muss eine geeignete Möglichkeit zur verbindlichen Freigabe der eingetragenen Werte durch den Teilnehmer vorsehen. Der Ringversuchsausrichter muss dafür Sorge tragen, dass die gewählte Form angemessen sicher und zuverlässig ist.

Korrekturen der Ergebnisse sind nach Ablauf der Abgabefrist nicht mehr möglich. Ergebnisse, die nach dem Abgabetermin eingehen, sowie Ergebnisse, die mit nicht zugelassenen Analyseverfahren ermittelt wurden, werden nicht in die statistische Berechnung einbezogen.

Die statistische Auswertung der Daten erfolgt gemäß E DIN 38 402-45 (A45).

Das konkrete anzuwendende Berechnungsverfahren wird bei der Planung des Ringversuches festgelegt und den Teilnehmern spätestens beim Probenversand mitgeteilt. Bei der Verwendung von realen Proben wird in der Regel der robuste Gesamtmittelwert als zugewiesener Wert verwendet.

Zur Auswertung und Bewertung auf der Grundlage der o. g. DIN wurden das Softwareprogramm ProLab und das EXCEL-Makro A45 erstellt (siehe Abschnitt 8). Grundsätzlich ist die Erstellung entsprechender Software mit Hilfe der vorgenannten DIN und der angegebenen Literatur möglich, jedoch darf nur validierte Software eingesetzt werden.

5 Bewertung

Nach Vorliegen der Auswertung erfolgt die Bewertung der einzelnen Laboratorien hinsichtlich "erfolgreicher" oder "nicht erfolgreicher" Teilnahme.

Die Bewertung erfolgt auf Grundlage der in E DIN 38 402-45 (A45) beschriebenen z_U -Scores. Für die Ermittlung der Toleranzgrenzen wird $|z_U| = 2,0$ festgelegt.

Anmerkung 1: *Werte von $|z_U|$ zwischen 2,0 und 3,0, die häufig als „fragwürdig“ bezeichnet werden, gelten als außerhalb der Toleranzgrenzen im Sinne dieses Merkblattes.*

Die zur Berechnung der z_U -Scores erforderlichen Parameter (zugewiesener Wert und Vergleichsstandardabweichung) für die Leistungsbeurteilung werden im Auswerteschritt ermittelt. Um zu verhindern, dass die so ermittelten Toleranzgrenzen für die überprüfte Untersuchungsmethodik zu weit oder zu eng liegen, wird empfohlen, für die Vergleichsstandardabweichung eine Unter- sowie eine Obergrenze festzulegen, die in Abhängigkeit vom Zweck der Analytik, vom Schwierigkeitsgrad der Analysenmethode und vom Konzentrationsniveau von Untersuchungsparameter zu Untersuchungsparameter differieren kann. In diesem Fall sind die Grenzen von der Ringversuchsleitung bei der Ankündigung des Ringversuchs bekannt zu geben.

Anmerkung 2: *Liegen keine ausreichenden Daten für eine begründete Vorgabe der Unter- bzw. Obergrenze vor, kann es sinnvoll sein, die Horwitz-Verhältniszahl (HorRat) bzw. korrigierte Horwitz-Verhältniszahl nach Thompson zu verwenden, um Unter- und Obergrenzen der Standardabweichung festzulegen. Liegt der berechnete HorRat außerhalb des akzeptablen Bereiches (in der Regel: 0,5 – 2), kann die Vergleichsstandardabweichung so gesetzt werden, dass ein akzeptabler Wert (in der Regel 0,5 bzw. 2) erreicht wird. [6, 7].*

Bei unplausibel hohen Vergleichsstandardabweichungen bzw. unplausiblen Wiederfindungsraten kann die Ringversuchsleitung von der Bewertung dieser Parameter-Niveau-Kombination absehen. In diesen Fällen ist zu prüfen, ob dies zu einer ungerechten Behandlung von Teilnehmern führt (siehe auch Punkt 3.6).

Nach Ermittlung der Toleranzgrenzen werden im Bewertungsschritt die Messwerte aller teilnehmenden Laboratorien auf Einhaltung der Toleranzen geprüft. Im Sinne dieses Merkblatts werden diese als erfolgreich bewertet, wenn sie innerhalb des mit $|z_U| = 2,0$ berechneten Toleranzbereichs liegen ($|z_U| \leq 2,0$). Als nicht erfolgreich werden die Messwerte bewertet,

- die außerhalb des mit $|z_U| = 2,0$ berechneten Toleranzbereichs liegen ($|z_U| > 2,0$),
- die als „< Bestimmungsgrenze“ angegeben werden, wenn die vom Teilnehmer angegebene Bestimmungsgrenze oberhalb der von der Ringversuchsleitung vorgegebenen Bestimmungsgrenze liegt,
- die aus einer Untervergabe an ein Fremdlabor resultieren oder
- die mit einem für den Ringversuch nicht zugelassenen Analysenverfahren ermittelt wurden.

Ergebnisse, die nach der Abgabefrist eintreffen, werden nicht bewertet.

Anmerkung 3: *Von einer Bewertung kann abgesehen werden, wenn die berechnete untere Toleranzgrenze unterhalb der vorgegebenen Bestimmungsgrenze liegt. In diesem Fall ist zu prüfen, ob dies zu einer ungerechten Behandlung von Teilnehmern führt (siehe auch Punkt 3.6).*

Anschließend wird die Teilnahme für jeden Parameter bewertet. Ein Parameter gilt dann als erfolgreich bestimmt, wenn mindestens 50% der Messwerte der zu untersuchenden Konzentrationsniveaus/Proben für diesen Parameter als erfolgreich bewertet wurden.

Für Ringversuche nach Fachmodul Abfall erfolgt zusätzlich eine zusammenfassende Bewertung für Teilbereiche (Parametergruppen). Für die erfolgreiche Teilnahme an einem Teilbereich müssen mindestens 80 % aller im Ringversuch bewerteten Parameter – Niveau (Proben) – Kombinationen dieses Teilbereiches erfolgreich analysiert sein. Zusätzlich müssen mindestens 80 % der zu untersuchenden Parameter erfolgreich analysiert sein. Letzteres findet nur dann Anwendung, wenn der betreffende Teilbereich mindestens 5 Parameter umfasst. In begründeten Ausnahmefällen kann von den o. g. Bewertungskriterien abgewichen werden.

Die teilnehmenden Laboratorien erhalten ein Teilnahmezertifikat inklusive Bewertung und Übersicht der z_U -Scores sowie einen Bericht zum Ringversuch. Dieser umfasst mindestens die kurze qualitative Zusammenfassung des Ringversuchs, die Kenndaten der statistischen Auswertung sowie die Übersicht der Messergebnisse und Qualitätsgrenzen mit grafischer Darstellung. Der Bericht kann den Teilnehmern auch in elektronischer Form zur Verfügung gestellt werden.

6 Gebühren

Die Teilnahme am Ringversuch ist kostenpflichtig. Es wird empfohlen, eine Gebühr als Summe aus folgenden Teilbeträgen zusammenzusetzen:

- a) Grundgebühr zur Deckung der allgemeinen Kosten. Diese ist abhängig von der Teilnehmerzahl und liegt zwischen 80,- und 200,- €.
- b) Probengebühr zur Deckung der probenbezogenen Vorarbeiten. Sie ist abhängig von der Anzahl der im Ringversuch bearbeiteten Proben, der Schwierigkeit und Anzahl der zur Vorbereitung durchgeführten Untersuchungen und liegt zwischen 25,- und 500,- €.

- c) Messwertgebühr zur Deckung der Auswerte- und Bewertungskosten. Sie liegt zwischen 5,- und 10,-€ pro Niveau/Probe und Parameter.

7 Literatur

- [1] DIN EN ISO/IEC 17025, Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien, 2005-08
- [2] D. Tholen, R. Chappel, B. Francis: Use of participant EQA results to assess sample homogeneity and stability for qualitative analytes, Accreditation and Quality Assurance, Volume 11, Numbers 8-9, pp. 400-407, 2006-08
- [3] M. Leiterer, St. Uhlig: Homogenitätsprüfung von Ringversuchsproben, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 27.07.2007, www.tll.de/ainfo/pdf/rver0607.pdf
- [4] DIN EN ISO 5667-3, Anleitung zur Konservierung und Handhabung von Proben, 2004-05
- [5] DIN 38402-30 (A30), Vorbehandlung, Homogenisierung und Teilung heterogener Wasserproben, 1998-07
- [6] W. Horwitz, R. Albert: The Horwitz Ratio (HorRat): A Useful Index of Method Performance with Respect to Precision, Journal of AOAC International, 89, No. 4, 1095 – 1109, 2006
- [7] M. Thompson.: Recent trends in inter-laboratory precision at ppb and sub-ppb concentrations in relation to fitness for purpose criteria in proficiency testing, Analyst, 125, 385-386, 2000

Weiterführende Literatur

ISO/TS 20612; Water quality – Interlaboratory comparisons for proficiency testing of analytical chemistry laboratories, 2007-12

S.Uhlig, P. Henschel: Limits of Tolerance and z-Scores in Ring Tests. Fres. J. Anal. Chem. 358, S. 761-766, 1997

W. Horwitz, L. R. Kamps, K. W. Boyer: Quality Assurance in the analysis of food for trace constituents. J. Assoc. Off. Anal. Chem., 63, 1344-1654, 1980

O. Rienitz, D. Schiel, B. Güttler, M. Koch, U. Borchers: A convenient and economic approach to achieve SI-traceable reference values to be used in drinking-water interlaboratory comparisons, Accred. Qual. Assur. 12, 615-622, 2007

8 Bezugsquellen

Softwareprogramm ProLab/ProLab Plus:

quo data GmbH
Kaitzer Str. 135
01187 Dresden
Tel.: 0351-402 8867
www.quodata.de

EXCEL-Makro A-45:

TGZ AQS Baden-Württemberg
am Institut für Siedlungswasserbau,
Wassergüte- und Abfallwirtschaft
der Universität Stuttgart
Bandtäle 2
70569 Stuttgart
Tel.: 0711-685 65446
www.aqsbw.de