BERICHT
zum zertifizierten Referenzmaterial

Unter Mitarbeit
des Arbeitsausschusses „Aluminium" im Chemikerausschuss der
Gesellschaft für Bergbau, Metallurgie, Rohstoff und Umwelttechnik
(GDMB)

ausverkauft / out of stock

BAM-M315
(AlSi9Cu3)

Zertifizierung der Elementanteile
in der Aluminium-Legierung AlSi9Cu3

Juni 2005

Dr. Siegfried Noack

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
Richard-Willstätter-Str. 11
D - 12489 Berlin
Tel.:030/8104 1113
Fax.:030/8104 1117
E-Mail:siegfried.noack@bam.de

Arbeitsgruppe
„Qualitätssicherung zur Referenzmaterialherstellung“

Inhalt

	Seite
1 Technischer Anwendungsbereich und Eigenschaften	3
2 Handelsform	3
3 Analytischer Anwendungsbereich	3
4 Hinweise für den Benutzer	3
5 Herstellung des Referenzmaterials	3
6 Zertifizierte Massenanteile und Informationswerte	4
7 Homogenitätsuntersuchungen	5
7.1 Allgemeines	5
7.2 Wiederholbarkeit der Messung	6
7.3 Radiale Homogenitätsprüfung (Flächen-Homogenität)	6
7.4 Axiale Homogenitätsprüfung	7
7.4.1 Allgemeines - Probenauswahl	7
7.4.2 Ergebnisse der axialen Homogenitätsprüfung	8
7.4.3 Berechnung des axialen Inhomogenitätsbeitrages	20
7.5 Bewertung der Inhomogenitätsbeiträge in Anlehnung an ISO-Guide 35	21
7.6 Probenspezifische Zertifizierung für Ca, Li, Na und Sr	22
8 Stabilität	34
9 Auswertung des Zertifizierungs – Ringversuchs	34
9.1 Allgemeines	34
9.2 Ergebnisse der Ringversuchs - Teilnehmer	35
9.3 Analysenverfahren	57
9.4 Gesamtunsicherheit der zertifizierten Elementanteile	60
10 Beteiligte Laboratorien	62
11 Information und Probenvertrieb	62

1 Technischer Anwendungsbereich und Eigenschaften

Die Aluminiumlegierung „AlSi9Cu3“ ist ein in zahlreichen technischen Bereichen häufig verwendeter Legierungstyp, z. B. im Motoren- und Fahrzeugbau (Motorblock, Zylinderkopf) sowie in Haushaltsgeräten.

2 Handelsform

Das zertifizierte Referenzmaterial ist in Form zylindrischer Scheiben (Durchmesser: 60 mm, Höhe 30 mm) erhältlich.

3 Analytischer Anwendungsbereich

Das zertifizierte Referenzmaterial kann als Kalibrierprobe oder als Analysenkontrollprobe verwendet werden. In kompakter Form ist das Referenzmaterial für alle analytischen Methoden geeignet, bei denen die zylindrischen Scheiben direkt analysiert werden können (z. B. optische Emissions-Spektrometrie mit Funkenanregung [S-OES, Spark-OES], Röntgenfluoreszenzanalyse [XRF, X-ray fluorescence spectrometry]). Da der Zertifizierungs – Ringversuch an zerspantem Material durchgeführt wurde, gelten die zertifizierten Elementgehalte auch für zerkleinertes Material, das für lösungsanalytische (nasschemische) Methoden eingesetzt werden kann (z. B. Plasma-Emissions- Spektrometrie [ICP-OES], Atomabsorptionsspektrometrie [AAS], siehe auch Punkt 4).

4 Hinweise für den Benutzer

Für die analytische Anwendung des Referenzmaterials sind der zentrale Bereich mit einem Durchmesser von 20 mm sowie ein Randbereich von etwa 5mm aus Gründen möglicher Inhomogenitäten nicht geeignet (s. Abb1, rot markierte Bereiche). Funkenspektrometrische Analysen am Kompaktmaterial sollten daher nur in dem hellblau markierten Bereich durchgeführt werden. Bei röntgenspektrometrischen Analysen ist darauf zu achten, dass nur die blau markierten Bereiche bestrahlt werden. Da i.a. die Probenbehälter für maximale Probendurchmesser von 50 mm ausgelegt sind, sind die Probenzylinder entsprechend zu zerteilen. Soll das Referenzmaterial zur Durchführung nasschemischer Analysen zerspant werden, so sind die rot markierten Bereiche zu verwerfen. Die Mindesteinwaage bei der Anwendung von zerspantem Material beträgt 400 mg.

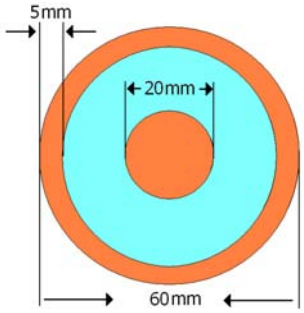


Abb 1: Für die analytische Anwendung nicht geeignete Bereiche (rot markiert)

5 Herstellung des Referenzmaterials

Das Ausgangsmaterial ist von der Firma Hydro Aluminium Deutschland GmbH (F&E Bonn) im Stranggussverfahren hergestellt und in Form von 4 Stangen von jeweils ca. 2m Länge erhalten worden. Die Aufbereitung in zylindrische Scheiben (Durchmesser: 60 mm, Höhe 30 mm) erfolgte in der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) in Berlin-Adlershof durch Zersägen des Stangenmaterials und Abdrehen einer Oberflächenseite(s. Abb. 2).Die Rückseite der Proben wurde mit einem Nummerstempel versehen.

Abb. 2: Probe nach Abfunkung

6 Zertifizierte Massenanteile und Informationswerte

Folgende Massenanteile mit den dazugehörigen Unsicherheiten sind zertifiziert:

Tab. 1: Massenanteile im Prozentbereich

Element		Massenanteile in %	Unsicherheit in % abs.*
Silicium	**Si**	9,18	0,21
Eisen	**Fe**	0,59	0,02
Kupfer	**Cu**	2,51	0,09
Mangan	**Mn**	0,314	0,007
Magnesium	**Mg**	0,422	0,012
Chrom	**Cr**	0,0311	0,0007
Nickel	**Ni**	0,096	0,003
Zink	**Zn**	0,77	0,02
Titan	**Ti**	0,143	0,005
Blei	**Pb**	0,079	0,004
Zinn	**Sn**	0,0771	0,0025

Tab. 2: Massenanteile im µg/g-Bereich

Element		Massenanteile in µg/g	Unsicherheit in µg/g*
Bor	**B**	<3	-
Beryllium	**Be**	5	2
Bismut	**Bi**	41	7
Cadmium	**Cd**	11	4
Cobalt	**Co**	<3	-
Gallium	**Ga**	101	5
Quecksilber	**Hg**	33	2
Phosphor	**P**	13	7
Antimon	**Sb**	32	24
Vanadium	**V**	54	2,5
Zirconium	**Zr**	30	7

Tab. 3: Werte zur Information (Massenanteile im µg/g-Bereich)

Element		Massenanteile in µg/g	Unsicherheit in µg/g*
Bor	**B**	<3	-
Cobalt	**Co**	<3	-
Quecksilber	**Hg**	33	2
Phosphor	**P**	13	7

1) Erweiterte Unsicherheit U nach GUM (k = 2 entspricht P = 95,45 %):

$$U = k \cdot u_c = \sqrt{\frac{t_{(f,\,P)}^{2} \cdot s^{2}}{p} + t_{inhom}^{2} \cdot u_{inhom}^{2}}$$

s: Standardabweichung der Messreihenmittelwerte

p: Anzahl der Messreihenmittelwerte (Methoden/Labors)

u_{inhom}: Unsicherheitsbeitrag auf Grund radialer und axialer Inhomogenitäten; Berechnung in Anlehnung an ISO Guide 35

Werte gerundet nach DIN 1333 (1992).

Zertifizierte Gehalte von Calcium, Lithium, Natrium und Strontium (Massenanteile im µg/g-Bereich)

Für Calcium, Lithium, Natrium und Strontium sind die Massenanteile w(x) nach der Formel w(x) = a · N + b für jede Probennummer N individuell zu berechnen:

Tab. 4: Koeffizienten zur Ermittlung des Massenanteils an Ca, Li, Na und Sr in Abhängigkeit von der Probenummer N: w(x) = a × N + b

N	x	a	b	U[w(x)]*)	N	x	a	b	U[w(x)]*)
100 - 199	Ca	-0,0098	16,137	1,45	300 - 399	Ca	-0,0107	18,465	1,45
	Li	-0,0302	7,090	0,78		Li	-0,0259	11,705	0,81
	Na	-0,1623	33,672	5,69		Na	-0,1466	60,977	5,81
	Sr	-0,0733	79,638	3,91		Sr	-0,0762	95,544	3,88
200 - 299	Ca	-0,0110	17,395	1,45	400 - 499	Ca	-0,0112	19,659	1,46
	Li	-0,0312	10,336	0,83		Li	-0,0270	14,796	0,78
	Na	-0,1684	51,192	5,74		Na	-0,14701	76,081	5,70
	Sr	-0,0877	90,229	3,81		Sr	-0,0793	104,208	3,95

*) Erweiterte Unsicherheit für den nach w(x) = a · N + b ermittelten Massenanteil

7 Homogenitätsuntersuchungen

7.1 Allgemeines

Untersuchungen zur Homogenität des Ausgangsmaterials wurden an ausgewählten zylindrischen Proben mittels Funken-OES durchgeführt.

Die Auswertung der Homogenitätsuntersuchungen erfolgte mit einem auf Basis des Tabellenkalkulationsprogramms „EXCEL“ arbeitenden Makroprogramms (HOMEX 1.0) , das die Durchführung eines statistischen Homogenitätstests in Anlehnung an ASTM E826 erlaubt.

Ein homogenes Ausgangsmaterial liegt dann vor, wenn zwischen definierten Teilmengen (⇒ Mindesteinwagen) kein systematischer Unterschied in den Massenanteilen eines Elementes vorliegt bzw. kein Trend erkennbar ist.

Aus physikalischen Gründen kann es jedoch beim Erstarren der Schmelze zu Seigerungseffekten kommen, was u.U. bei einigen Elementen zu Gehaltsgradienten im erstarrten Material führen kann. Da das Ausgangsmaterial in Stangenform hergestellt ist, können Gehaltsgradienten sowohl in axialer Richtung (Kopf ⇒ Fuß) wie auch in radialer Richtung auftreten (s. Abb. 3+4):

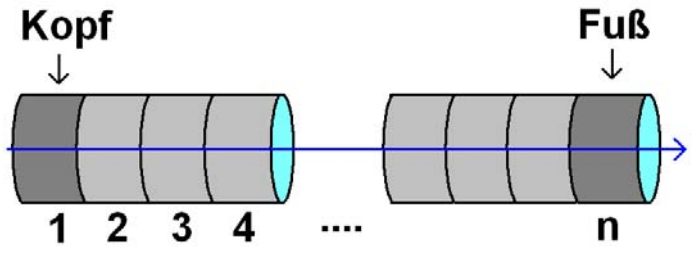


Abb. 3: Axialer Gehaltsgradient bei inhomogenem Material

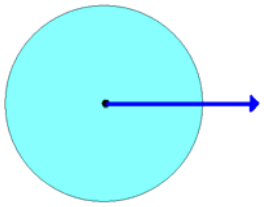


Abb. 4: Radialer Gehaltsgradient bei inhomogenem Material

Die Homogenitätsuntersuchungen umfassten daher beide Aspekte, die im folgenden mit „Radialer Inhomogenität“ bzw. „Axialer Inhomogenität“ bezeichnet werden.

Da bei funkenspektrometrisch durchgeführten Homogenitätsuntersuchungen die erhaltenen Messwerte sowohl durch die Messgerätestreuung (Wiederholbarkeit der Messungen) als auch durch eventuelle Inhomogenitäten beeinflusst werden, muss eine Trennung beider Einflussgrößen erfolgen, um den allein durch Inhomogenitäten bedingten Unsicherheitsbeitrag zu ermitteln. Dies geschieht dadurch, dass von den experimentell ermittelten „Varianzen der Proben-Vergleichsanalysen (⇒ axiale Homogenität) bzw. den Varianzen des radialen Vergleichs in den Proben (⇒ radiale Homogenität) die Messvarianz subtrahiert wird.

7.2 Wiederholbarkeit der Messung

Da das Erstarren des flüssigen Stangenmaterials überwiegend konzentrisch erfolgt, kann man davon ausgehen, dass in konzentrischen ringförmigen Bereichen der Probenzylinder die Massenanteile der Elemente jeweils weitgehend konstant sind (s. Abb.5), abgesehen von Agglomerationen (z. B. TiB_2) während des Erstarrens oder Korngrenzenanreicherungen von Spurenelementen. Wenn diese im mg-Bereich auftretenden Inhomogenitäten nicht vorliegen, repräsentieren die Ergebnisstreuungen von Abfunkungen in den jeweiligen ringförmigen Bereichen weitgehend die Messgeräte-Streuung. Es ist daher möglich, die Messstreuung zumindest näherungsweise zu ermitteln und somit bei der Berechnung des Unsicherheitsbeitrages durch radiale bzw. axiale Inhomogenitäten zu berücksichtigen.

Die Wiederholbarkeit der Messung s_{Mess} wird als mittlere Streuung innerhalb der Bereiche „Innenring“, „Mittelring“ und „Außenring“ definiert:

$$s_{Mess} = \sqrt{\frac{7 \cdot s^2_{Innenring} + 15 \cdot s^2_{Mittelring} + 15 \cdot s^2_{Außenring}}{40 - 3}}$$

Bereich	Abfunkflecken
Mitte	1
Innenring	8
Mittelring	16
Außenring	16
Randzone	0

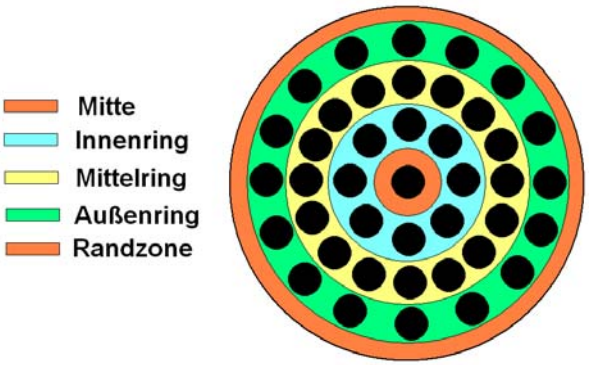


Abb 5: Abfunkschema zur Ermittlung der Mess-Streuung und radialen Inhomogenität

7.3 Radiale Homogenitätsprüfung (Flächen-Homogenität)

Eine radiale Inhomogenität für ein Element ist durch einen signifikanten Unterschied der mittleren Element-Anteile zwischen den verschiedenen ringförmigen Bereichen gegeben (s. Abb.5). Die Streuung „zwischen den Ringen“ ist daher ein Maß für radiale Inhomogenitäten. Da die experimentell ermittelte Varianz für den Vergleich der Ringe auch noch die Messvarianz enthält, ist letzterer Anteil zu subtrahieren. Man erhält den durch „Radiale Inhomogenitäten“ verursachten Unsicherheitsbeitrag als Differenz aus der experimentell ermittelten Varianz „Ring-Vergleich“ und der Messvarianz.

Für die Streuung „Ring-Vergleich“ (p = 3: Innenring, Mittelring, Außenring) gilt:

$$s_{Vgl.Ring} = \sqrt{\frac{16 \cdot \left(\overline{x}_{Außen} - \overline{\overline{x}}\right)^2 + 16\left(\overline{x}_{Mitte} - \overline{\overline{x}}\right)^2 + 8\left(\overline{x}_{Innen} - \overline{\overline{x}}\right)^2}{2}}$$

Dabei ist $\overline{X}_i$ der Mittelwert aller Messungen innerhalb des jeweiligen Ringes und $\overline{\overline{X}}$ der Gesamt-Mittelwert aller Messungen in den 3 ringförmigen Bereichen „Innenring“, „Mittelring“ und „Außenring“.

Für den durch radiale Inhomogenitäten zwischen den Ringen verursachten Unsicherheitsbeitrag folgt damit (s. ISO Guide 35):

$$s_{radial} = \sqrt{\left(s^2_{Vgl.Ring} - s^2_{Mess}\right)/n_0} \qquad n_0 = \frac{1}{p-1} \cdot \left[\sum_{i=1}^{p} n_i - \frac{\sum_{i=1}^{p} n_i^2}{\sum_{i=1}^{p} n_i} = 12{,}8 \right]$$

Die Unsicherheitsbeiträge durch radiale Inhomogenitäten sind in Tab. 5 zusammengefasst.

Tab. 5: Unsicherheitsbeiträge durch radiale Inhomogenitäten

Element	w(x) %	s_{radial}	Element	w(x) µg/g	s_{radial}
Silicium	9,18	0,10	Bismut	-	
Eisen	0,59	0,019	Cadmium	10,8	3,1
Kupfer	2,51	0,017	Cobalt	-	
Mangan	0,31	0,004	Gallium	100,6	6,7
Magnesium	0,42	0,014	Phosphor	12,6	1,4
Chrom	0,031	0,0003	Blei	790,9	19,8
Nickel	0,096	0,002	Antimon	0,0030	4,3
Zink	0,77	0,034	Zinn	770,7	64,5
Titan	0,14	??	Vanadium	53,7	1,9
Bor	1,7	0,19	Zirconium	29,3	2,6
Beryllium	5,4	0,18			

7.4 Axiale Homogenitätsprüfung

7.4.1 Allgemeines - Probenauswahl

Zur Untersuchung der axialen Homogenität wurden von jeder der 4 Stangen des Ausgangsmaterials jeweils 5 Proben gleichmäßig über die Länge verteilt ausgewählt (Abb. 6):

Abb. 6: Probenauswahl bei Prüfung der axialen Homogenität

Jede der insgesamt 20 Proben wurde 6 x „abgefunkt“ (Funken-Emissionsspektrometer OBLF „QSL 1500“), so dass eine Datenmatrix von 6 x 20 = 120 Messwerten resultierte. Die Abfunkflecken wurden dabei innerhalb einer ringförmigen Zone gesetzt, um sicherzustellen, dass die Streuung der jeweiligen 6 Messwerte die Messgeräte-Streuung repräsentiert. Die Messungen wurden über die geräteeigene Software ausgewertet und in die entsprechenden Massenanteile umgerechnet. Die Abbildungen 7.1 bis 7.23 (a: Absoluter Anteilsverlauf in axialer Richtung, Massenanteile in %; b: Relative Abweichung vom mittleren Gehalt in axialer Richtung in %) zeigen die den untersuchten Proben entsprechenden Elementanteile. Die in den Diagrammen angegebenen Messpositionen entsprechen folgenden Zuordnungen:

Messpositionen der 20 Messproben bei der axialen Homogenitätsprüfung

1, 2, 3, 4, 5	Stange 1
6, 7, 8, 9, 10	Stange 2
11, 12, 13, 14, 15	Stange 3
16, 17, 18, 19, 20	Stange 4

7.4.2 Ergebnisse der axialen Homogenitätsprüfung

Die in den folgenden Diagrammen (Abb.7.1a bis Abb.7.23b) dargestellten Ergebnisse der axialen Homogenitätsprüfung liefern folgende Informationen:

x-Achse:	Messposition einer Messprobe
y-Achse:	Massenanteil in % bzw. relative Abweichung des Massenanteils vom Mittelwert aller 20 Proben in %
_____	Mittlerer Massenanteil
……	Einfache Standardabweichung
_‥_‥_‥_‥_‥_	Doppelte Standardabweichung

Abb. 7.1a: Silicium Absoluter Anteilsverlauf in axialer Richtung (Massenanteile in %)

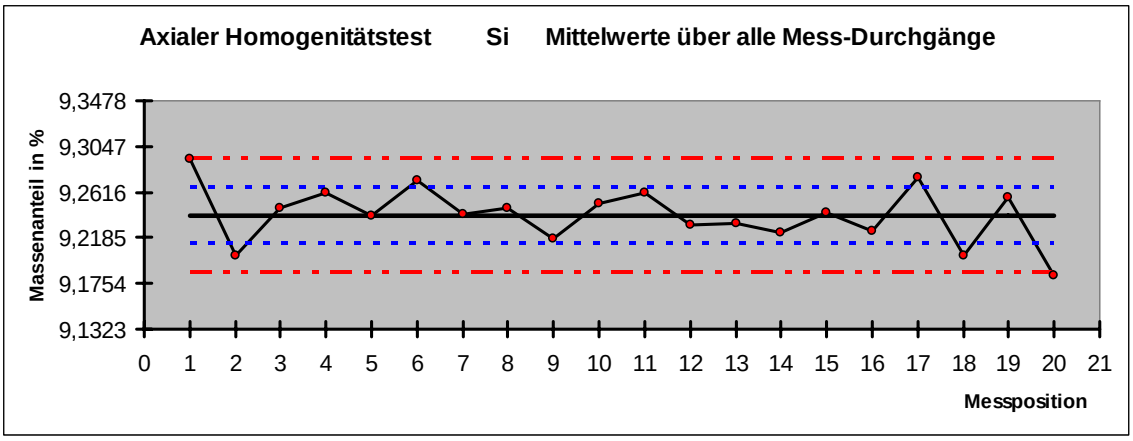


Abb. 7.1b: Silicium Relative Abweichung vom mittleren Gehalt in axialer Richtung in %

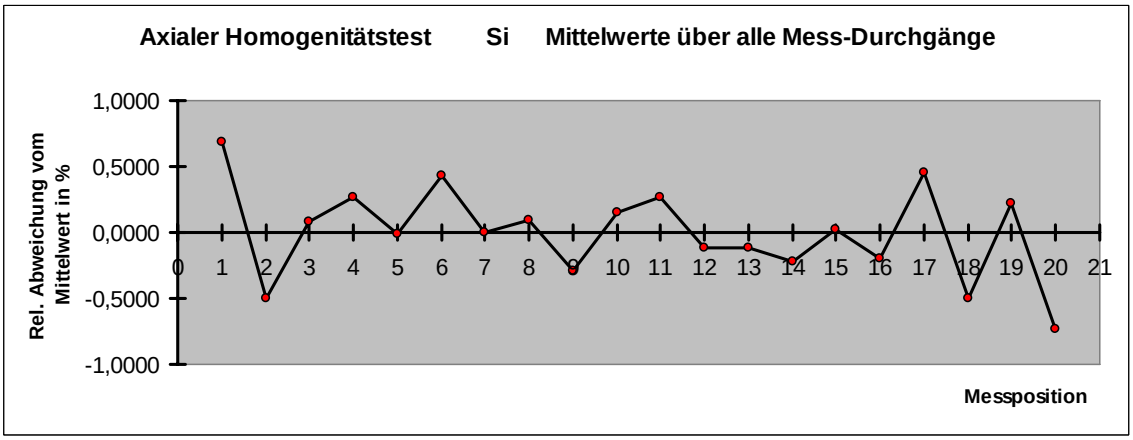


Abb. 7.2a: Eisen Absoluter Anteilsverlauf in axialer Richtung (Massenanteile in %)

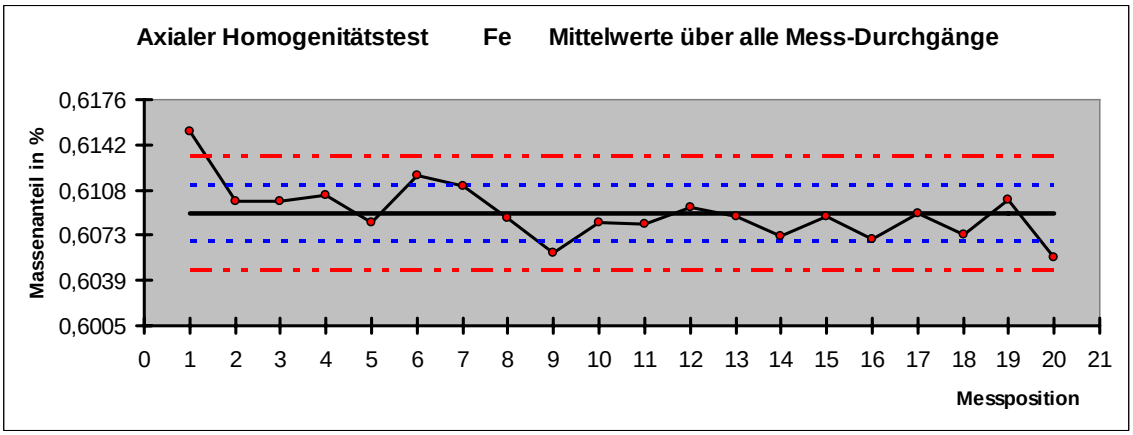


Abb. 7.2b: Eisen Relative Abweichung vom mittleren Gehalt in axialer Richtung in %

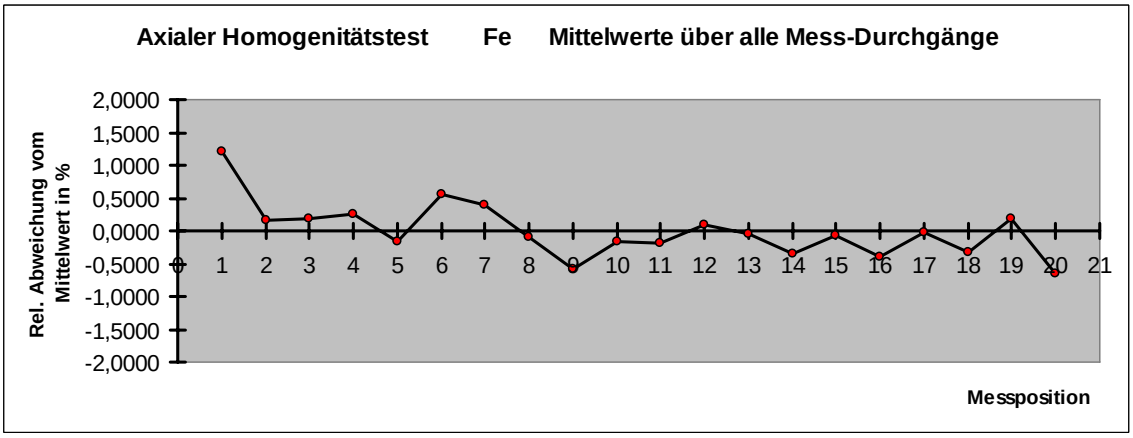


Abb. 7.3a: Kupfer Anteilsverlauf in axialer Richtung (Massenanteile in %)

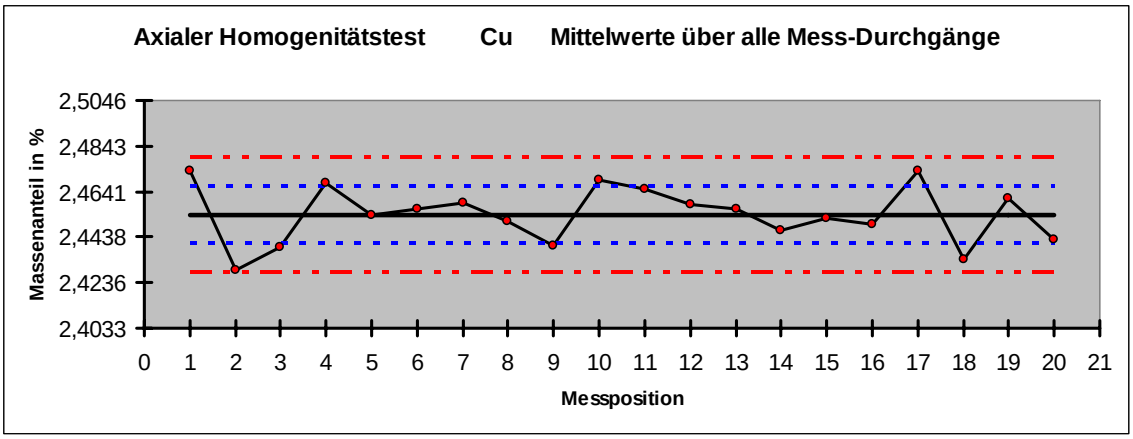


Abb. 7.3b: Kupfer Relative Abweichung vom mittleren Gehalt in axialer Richtung in %

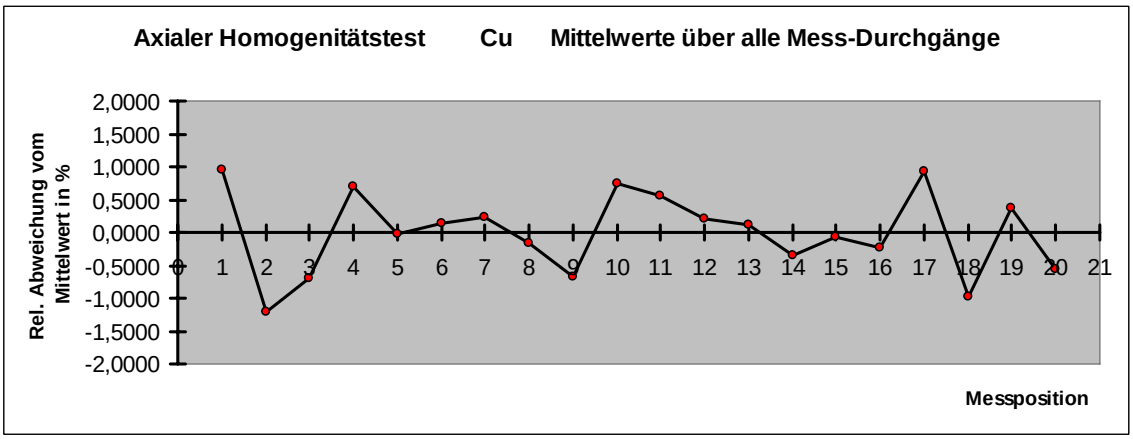


Abb. 7.4a: Mangan Anteilsverlauf in axialer Richtung (Massenanteile in %)

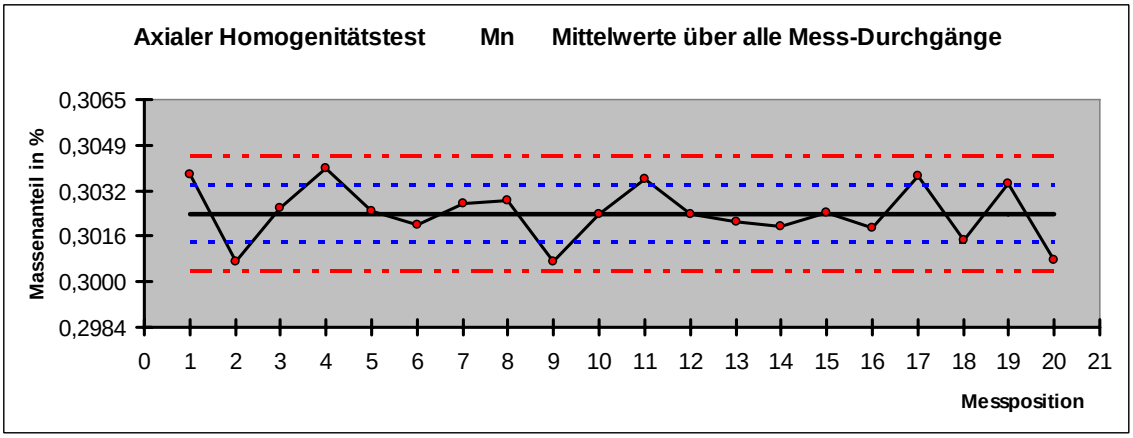


Abb. 7.4b: Mangan Relative Abweichung vom mittleren Gehalt in axialer Richtung in %

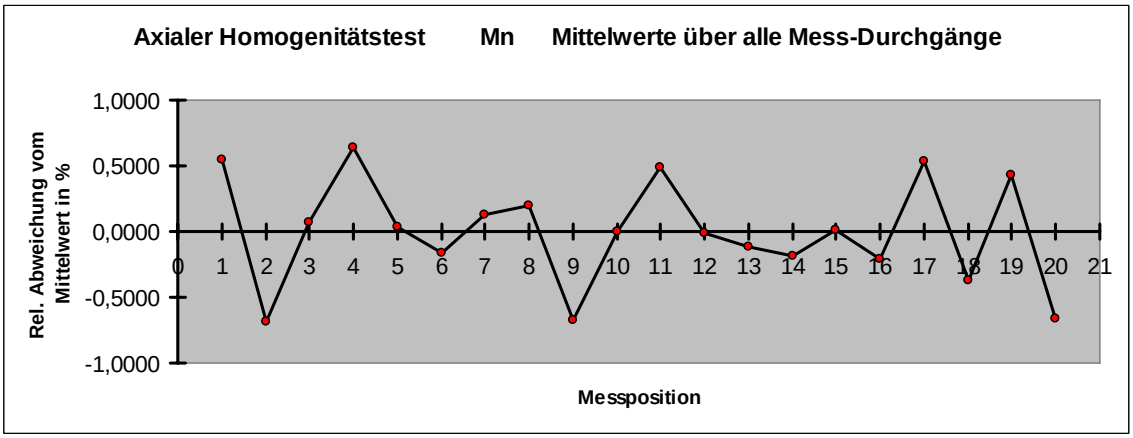


Abb. 7.5a: Magnesium Anteilsverlauf in axialer Richtung (Massenanteil in %)

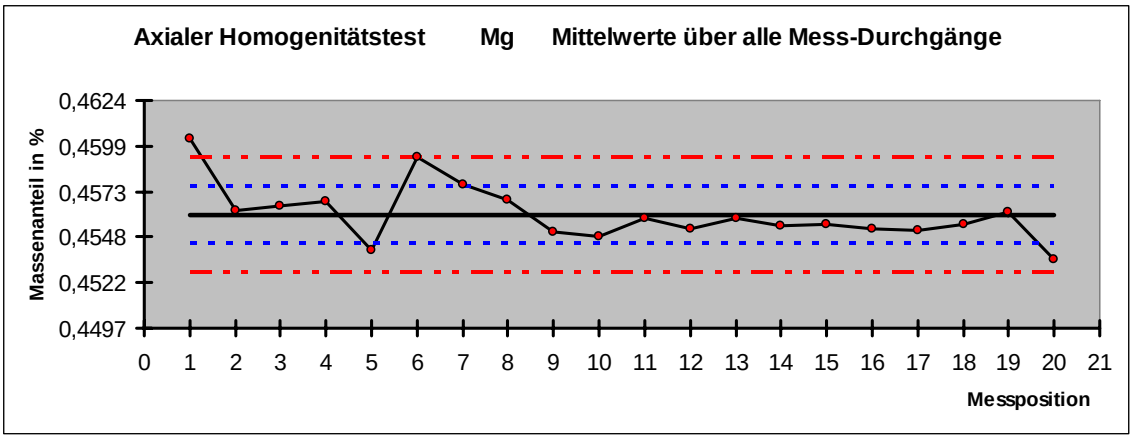


Abb. 7.5b: Magnesium Relative Abweichung vom mittleren Gehalt in axialer Richtung in %

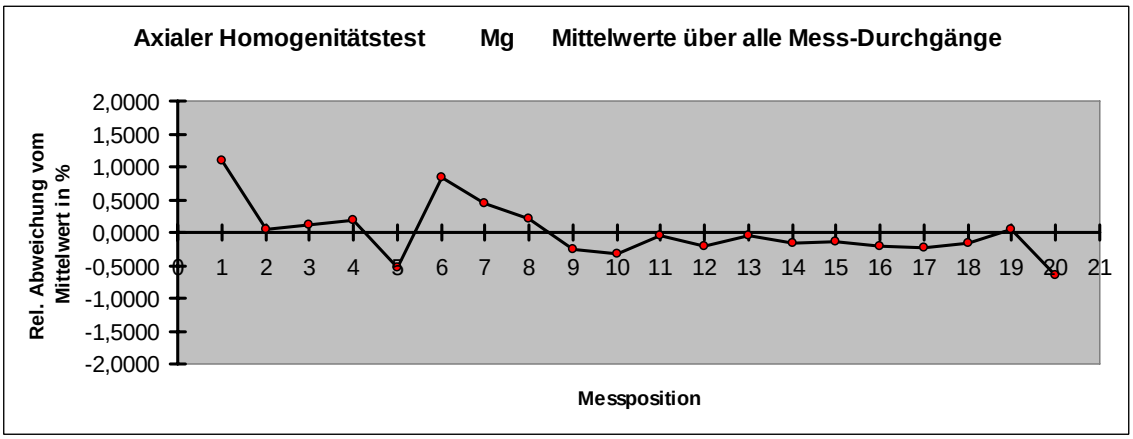


Abb. 7.6a: Chrom Anteilsverlauf in axialer Richtung (Massenanteile in %)

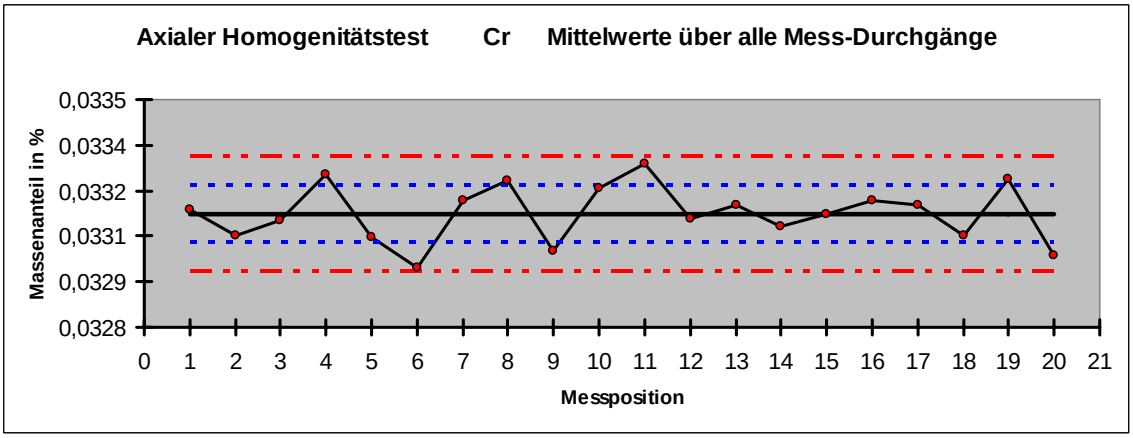


Abb. 7.6b: Chrom Relative Abweichung vom mittleren Gehalt in axialer Richtung in %

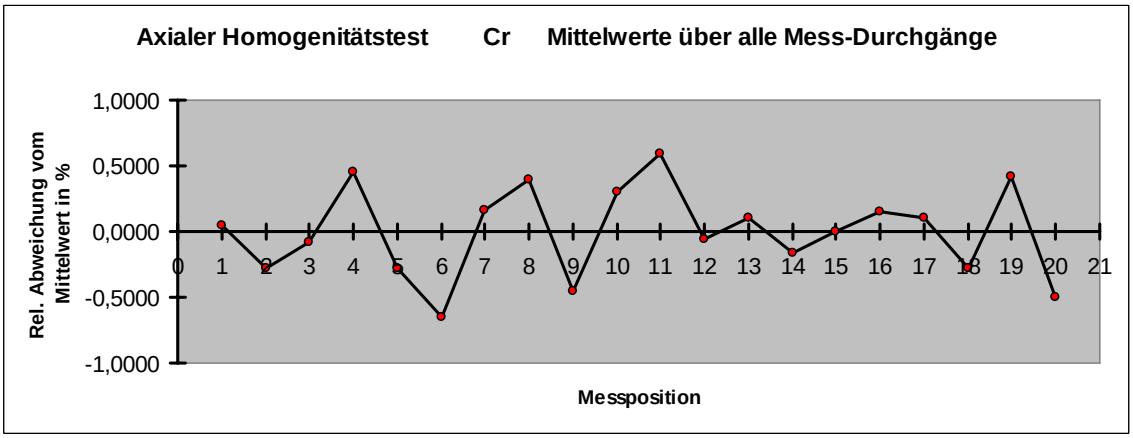


Abb. 7.7a: Nickel Anteilsverlauf in axialer Richtung (Massenanteile in %)

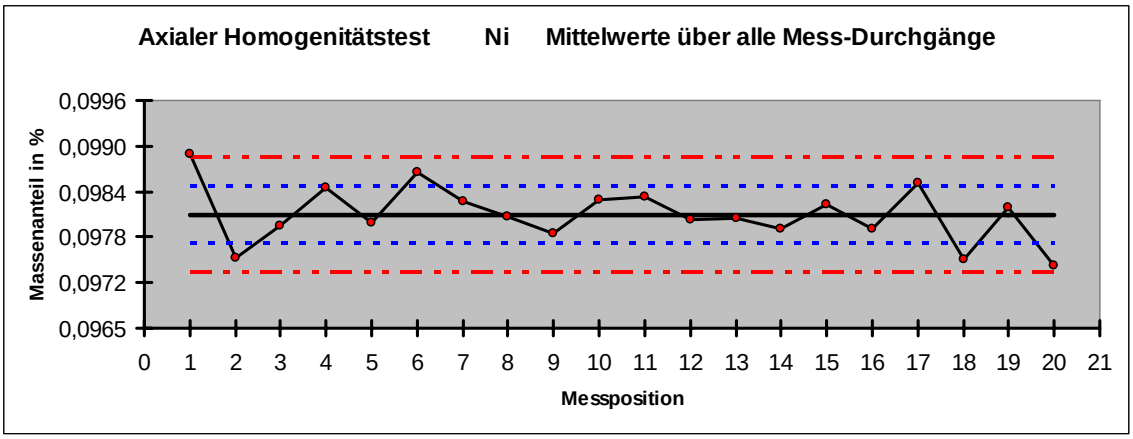


Abb. 7.7b: Nickel Relative Abweichung vom mittleren Gehalt in axialer Richtung in %

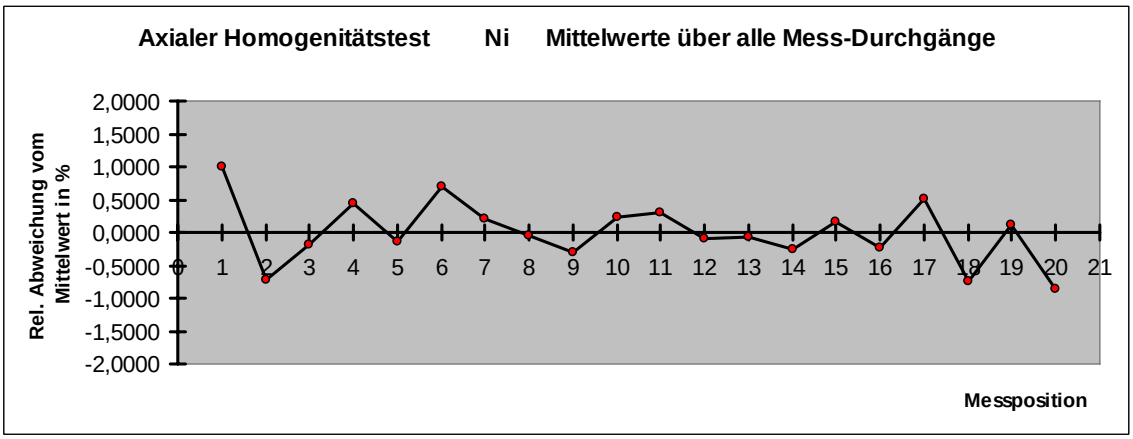


Abb. 7.8a: Zink Anteilsverlauf in axialer Richtung (Massenanteile in %)

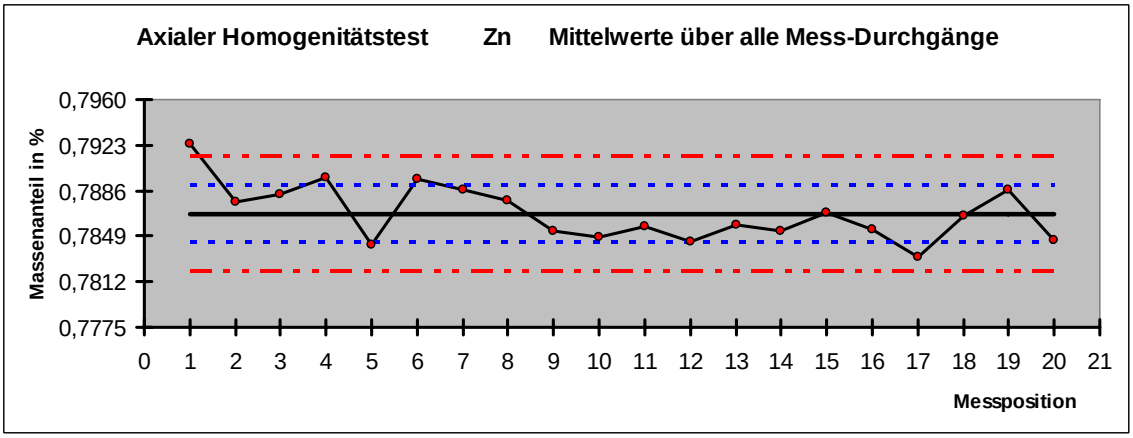


Abb. 7.8b: Zink Relative Abweichung vom mittleren Gehalt in axialer Richtung in %

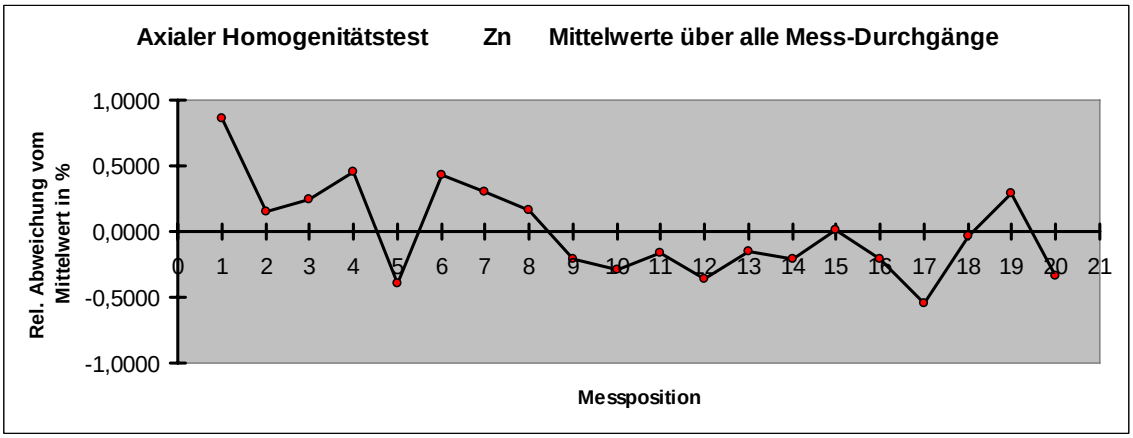


Abb. 7.9a: Titan Anteilsverlauf in axialer Richtung (Massenanteile in %)

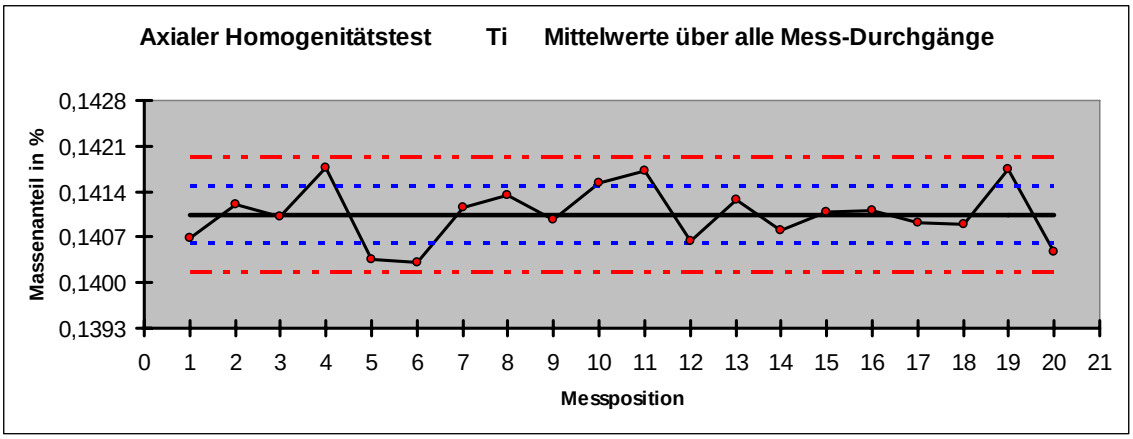


Abb. 7.9b: Titan Relative Abweichung vom mittleren Gehalt in axialer Richtung in %

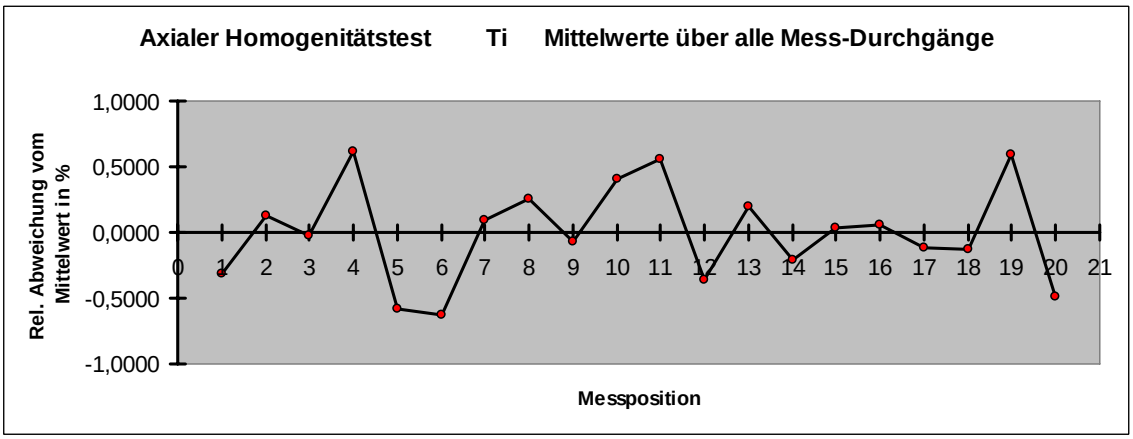


Abb. 7.10a: Bor Anteilsverlauf in axialer Richtung (Massenanteile in %)

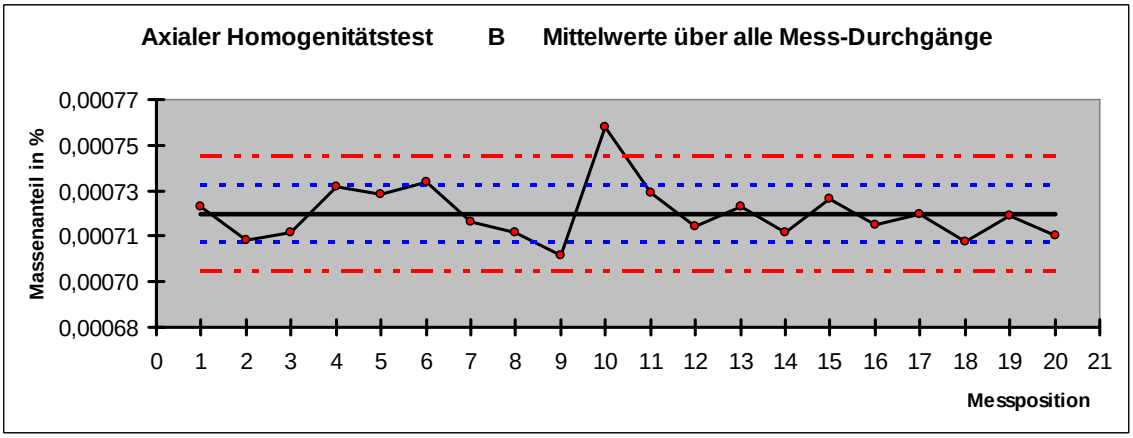


Abb. 7.10b: Bor Relative Abweichung vom mittleren Gehalt in axialer Richtung in %

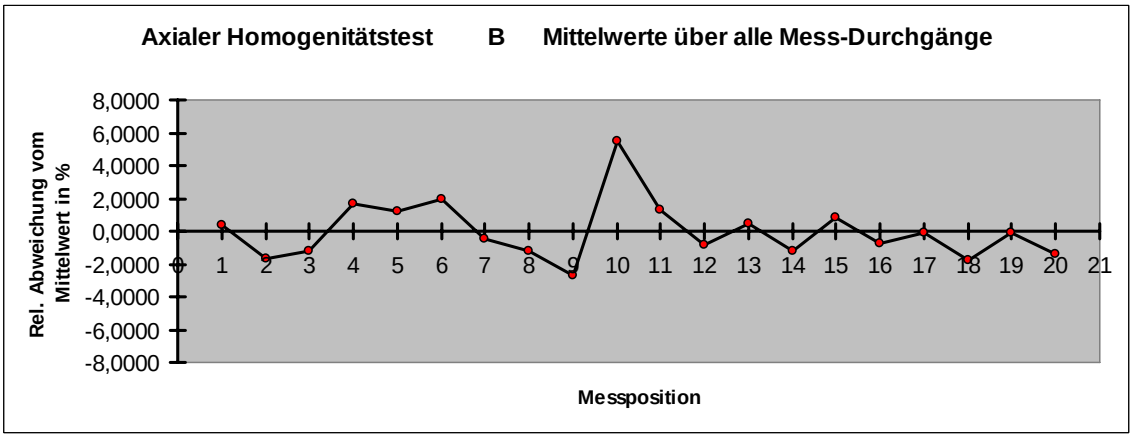


Abb. 7.11a: Beryllium Anteilsverlauf in axialer Richtung (Massenanteile in %)

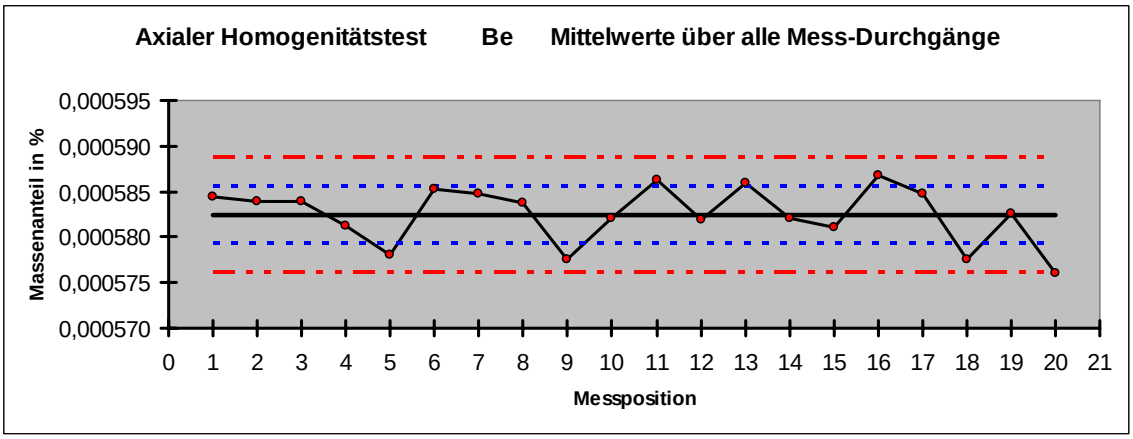


Abb. 7.11b: Beryllium Relative Abweichung vom mittleren Gehalt in axialer Richtung in %

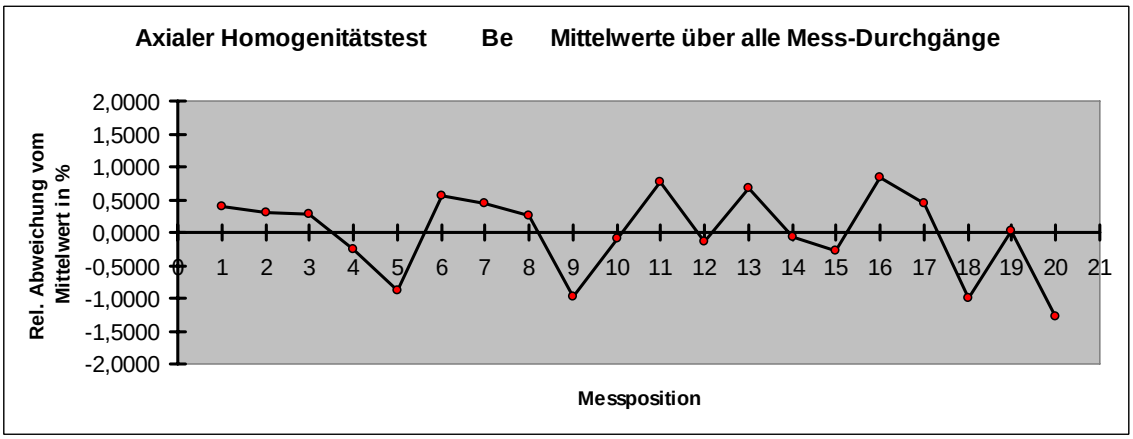


Abb. 7.12a: Calcium Anteilsverlauf in axialer Richtung (Massenanteile in %)

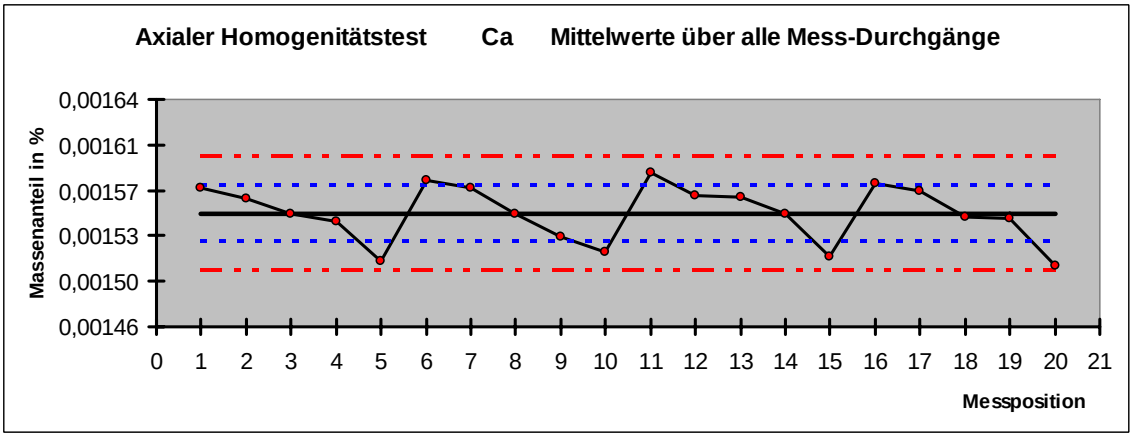


Abb. 7.12b: Calcium Relative Abweichung vom mittleren Gehalt in axialer Richtung in %

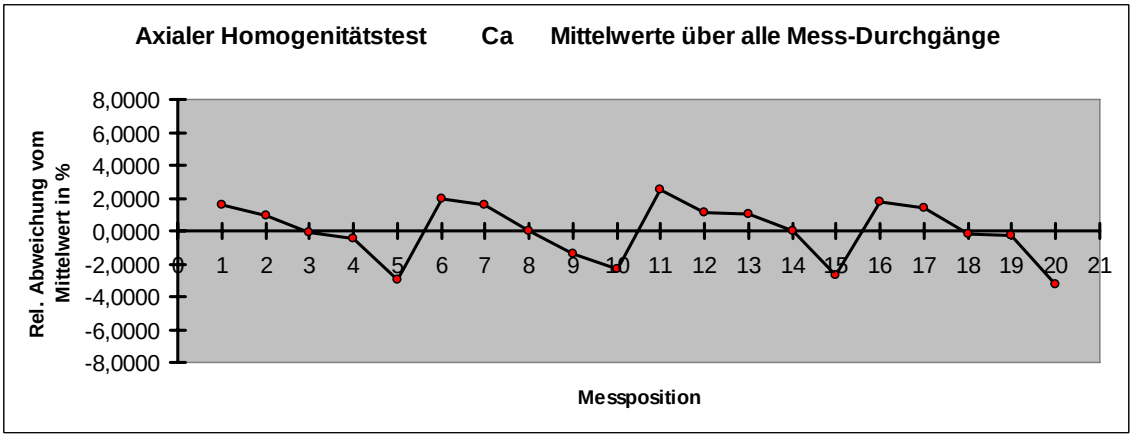


Abb. 7.13a: Cadmium Anteilsverlauf in axialer Richtung (Massenanteile in %)

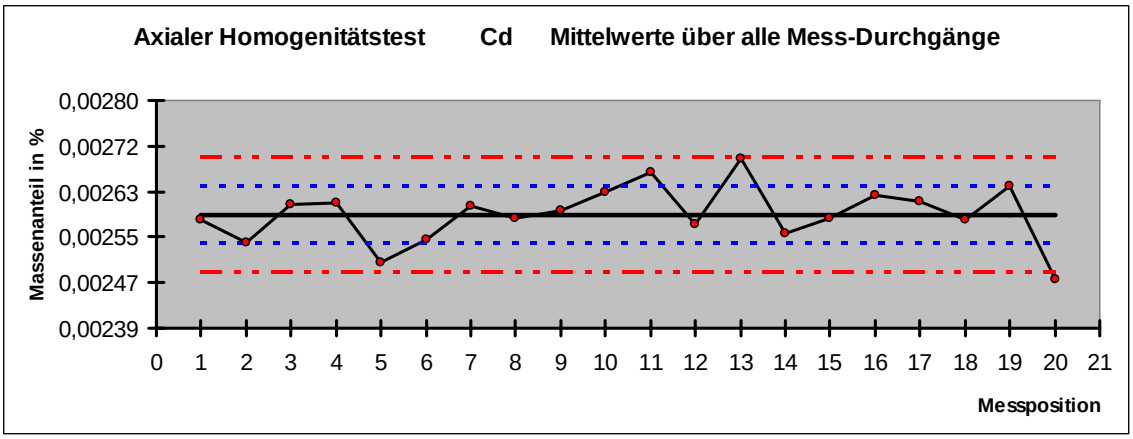


Abb. 7.13b: Cadmium Relative Abweichung vom mittleren Gehalt in axialer Richtung in %

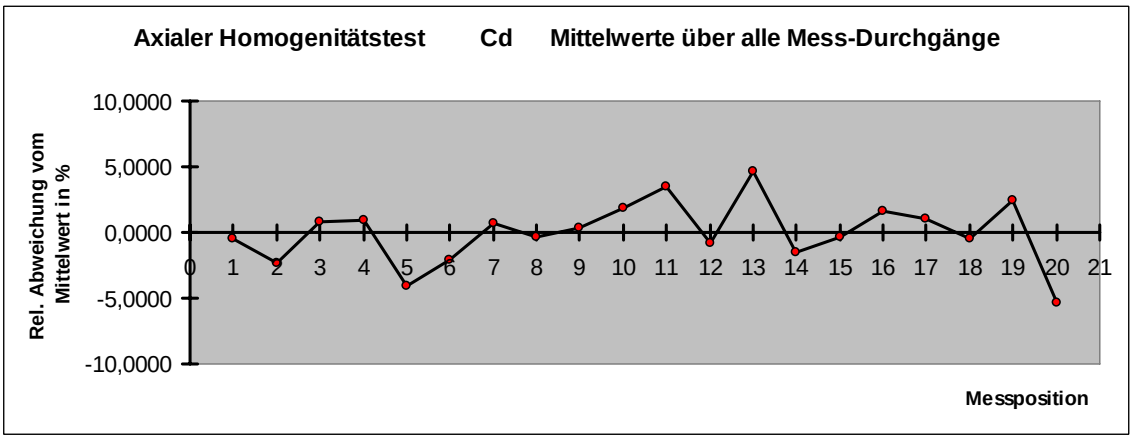


Abb. 7.14a: Gallium Anteilsverlauf in axialer Richtung (Massenanteile in %)

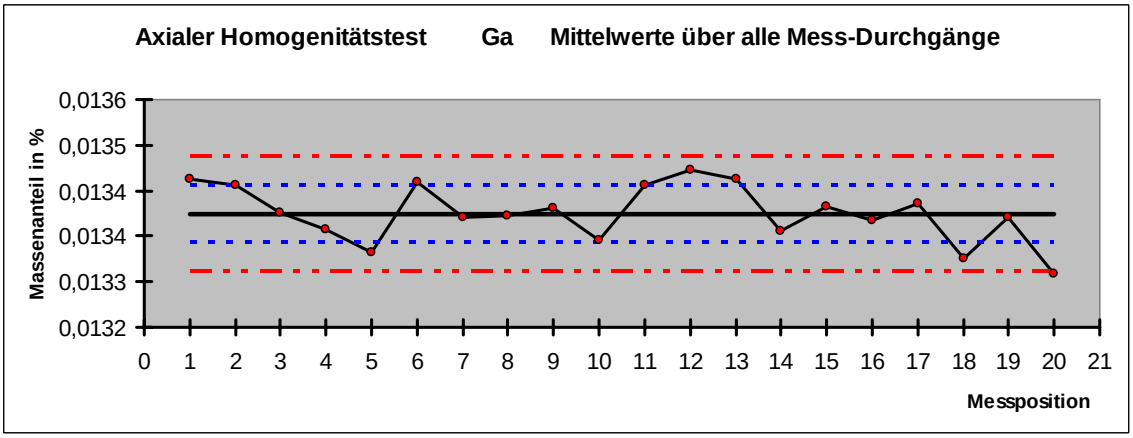


Abb. 7.14b: Gallium Relative Abweichung vom mittleren Gehalt in axialer Richtung in %

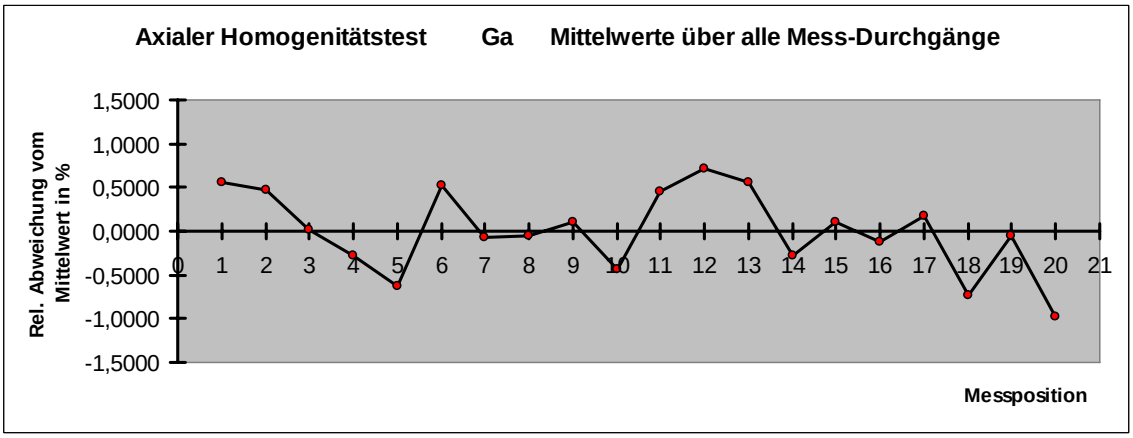


Abb. 7.15a: Lithium Anteilsverlauf in axialer Richtung (Massenanteile in %)

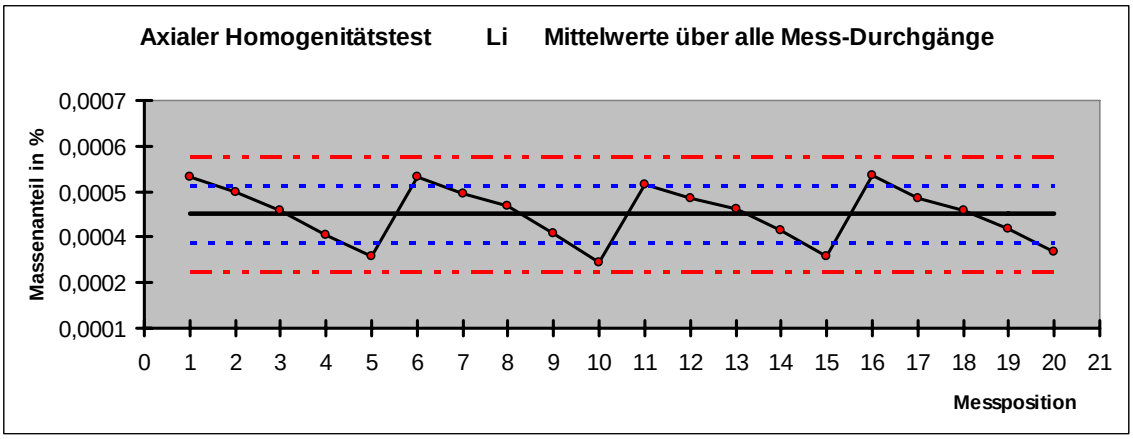


Abb. 7.15b: Lithium Relative Abweichung vom mittleren Gehalt in axialer Richtung in %

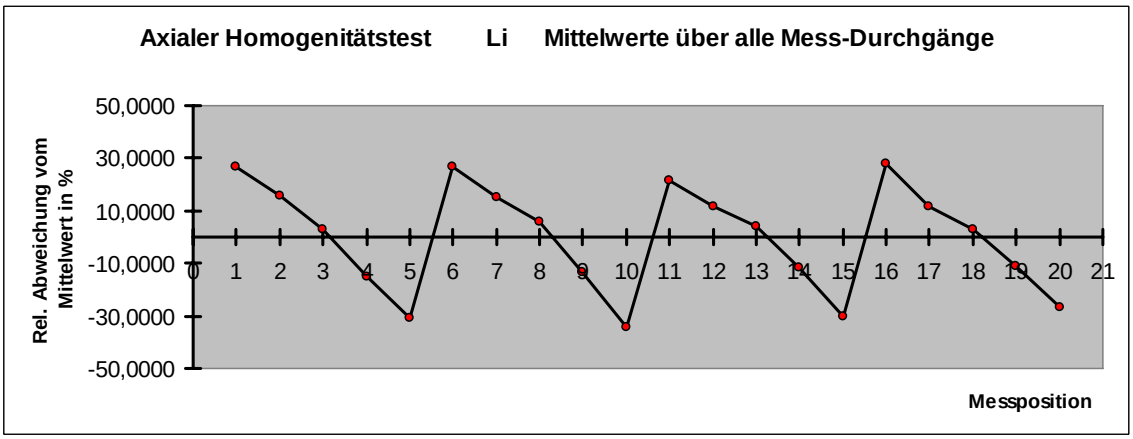


Abb. 7.16a: Natrium Anteilsverlauf in axialer Richtung (Massenanteile in %)

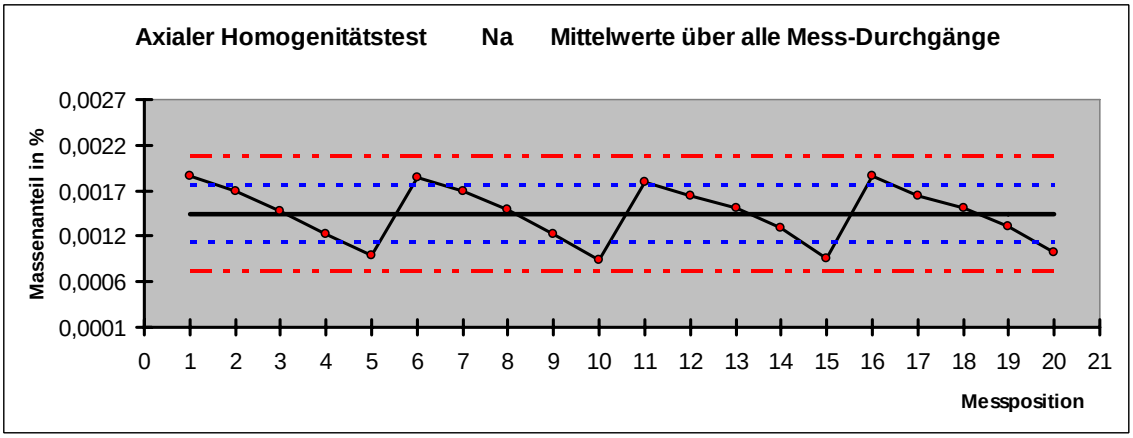


Abb. 7.16b: Natrium Relative Abweichung vom mittleren Gehalt in axialer Richtung in %

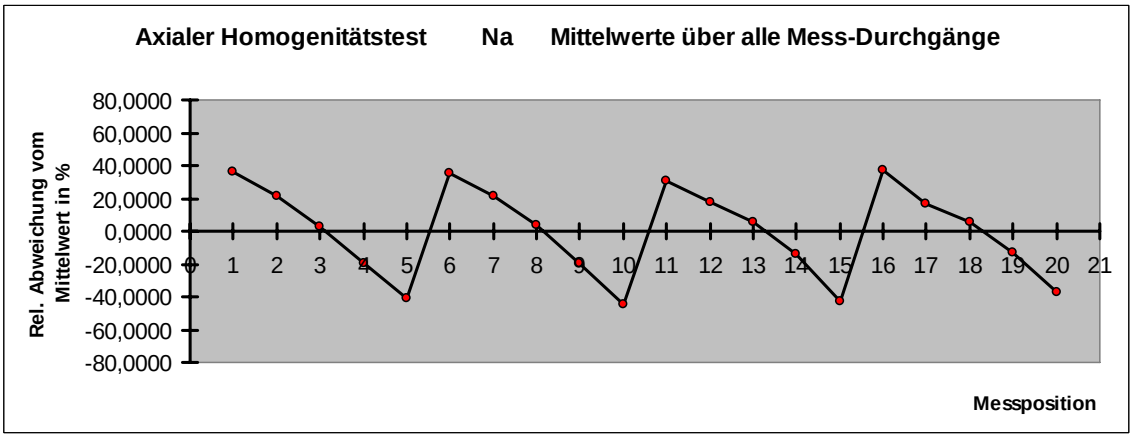


Abb. 7.17a: Phosphor Anteilsverlauf in axialer Richtung (Massenanteile in %)

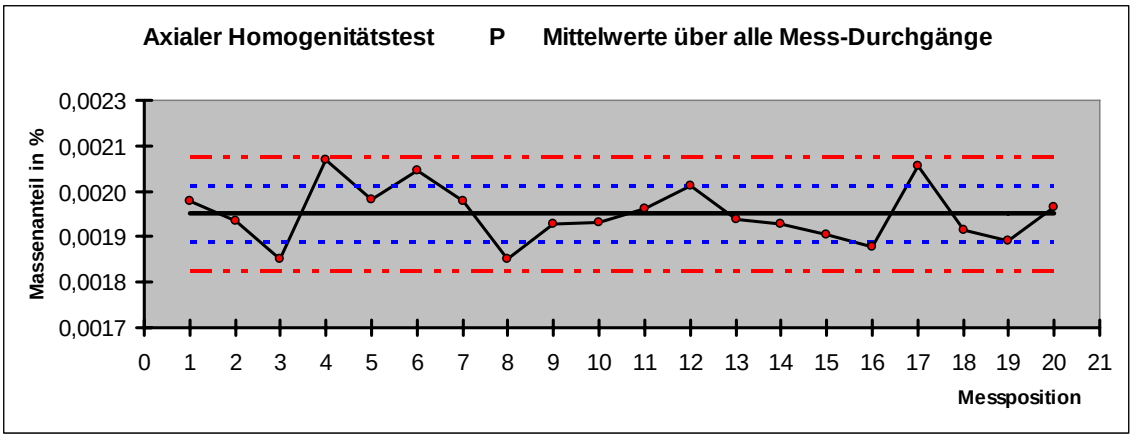


Abb. 7.17b: Phosphor Relative Abweichung vom mittleren Gehalt in axialer Richtung in %

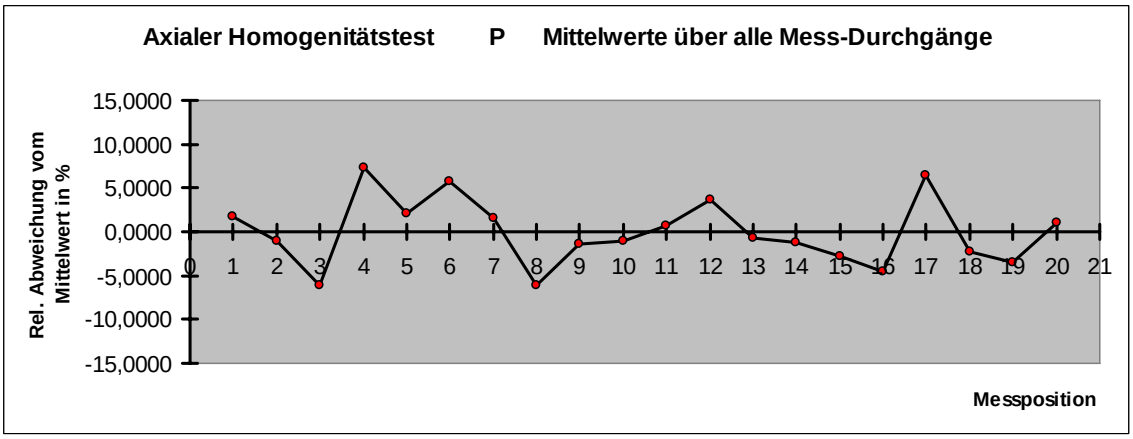


Abb. 7.18a: Blei Anteilsverlauf in axialer Richtung (Massenanteile in %)

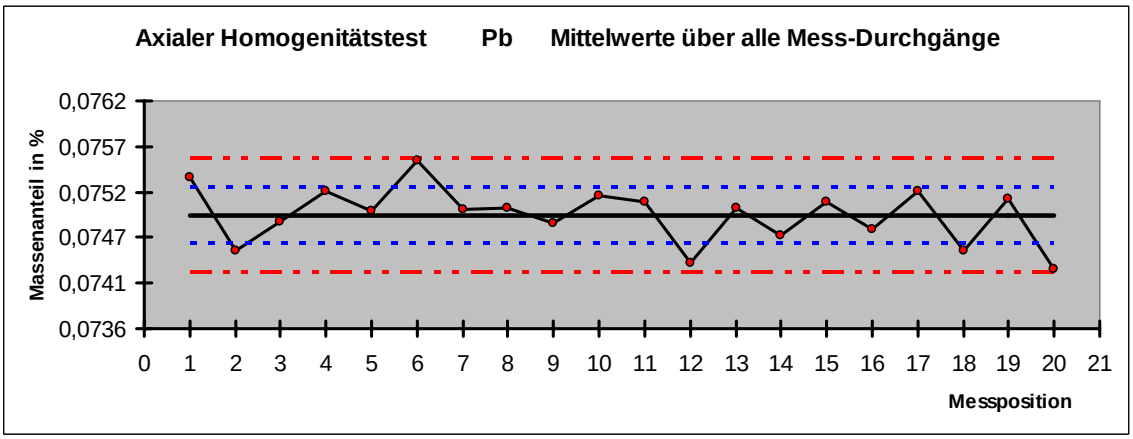


Abb. 7.18b: Blei Relative Abweichung vom mittleren Gehalt in axialer Richtung in %

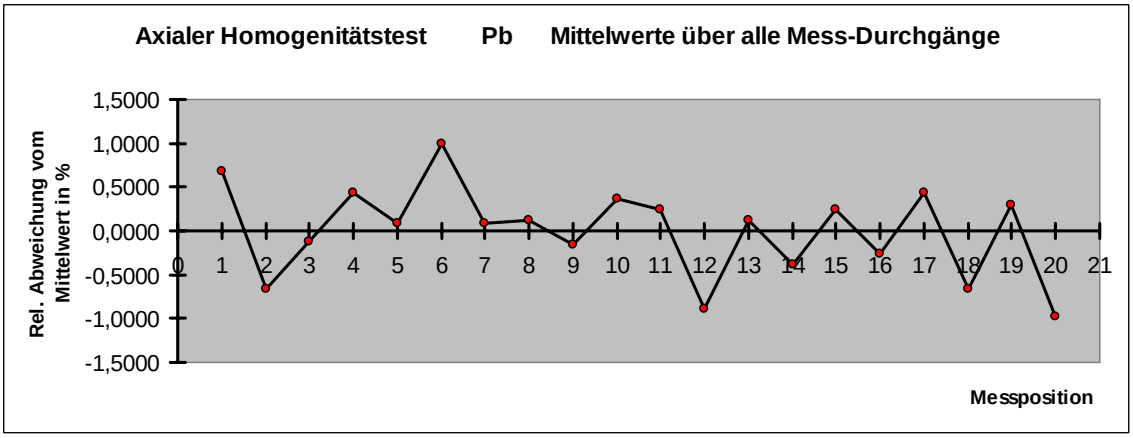


Abb. 7.19a: Antimon Anteilsverlauf in axialer Richtung (Massenanteile in %)

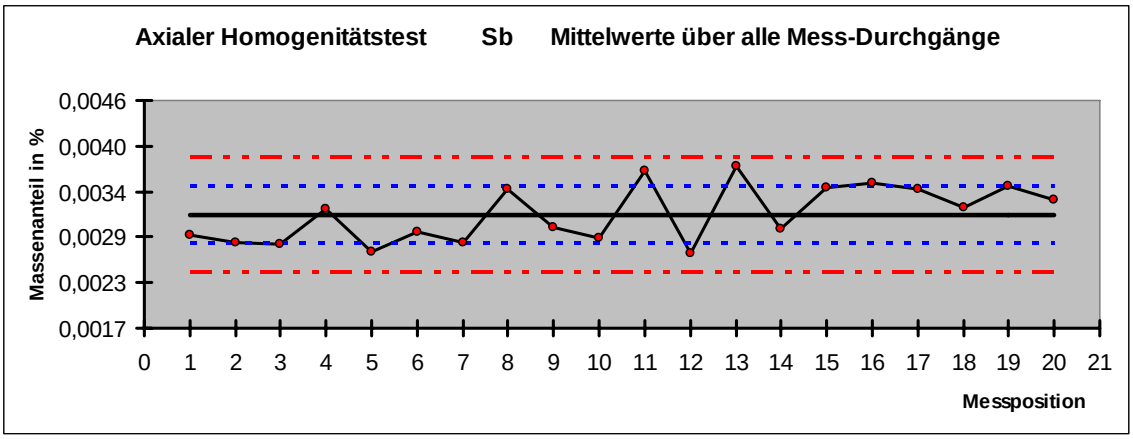


Abb. 7.19b: Antimon Relative Abweichung vom mittleren Gehalt in axialer Richtung in %

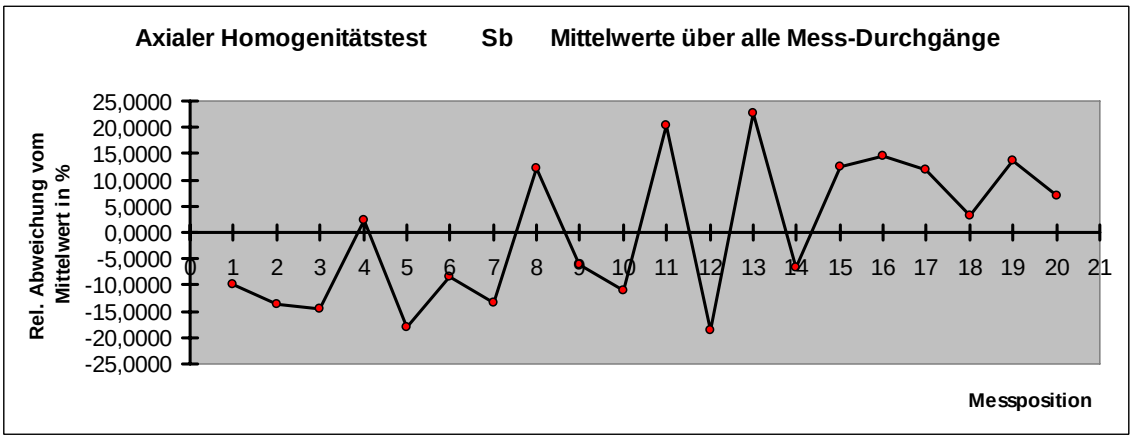


Abb. 7.20a: Zinn Anteilsverlauf in axialer Richtung (Massenanteile in %)

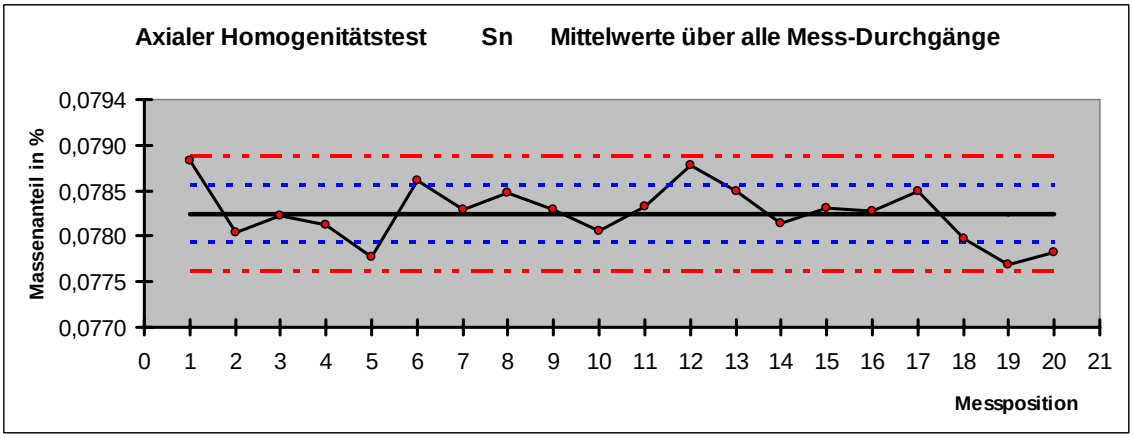


Abb. 7.20b: Zinn Relative Abweichung vom mittleren Gehalt in axialer Richtung in %

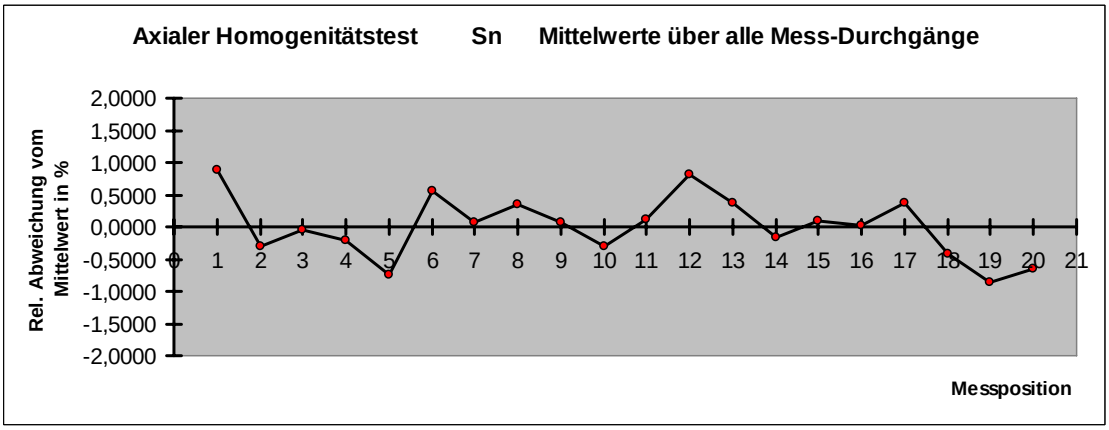


Abb. 7.21a: Strontium Anteilsverlauf in axialer Richtung (Massenanteile in %)

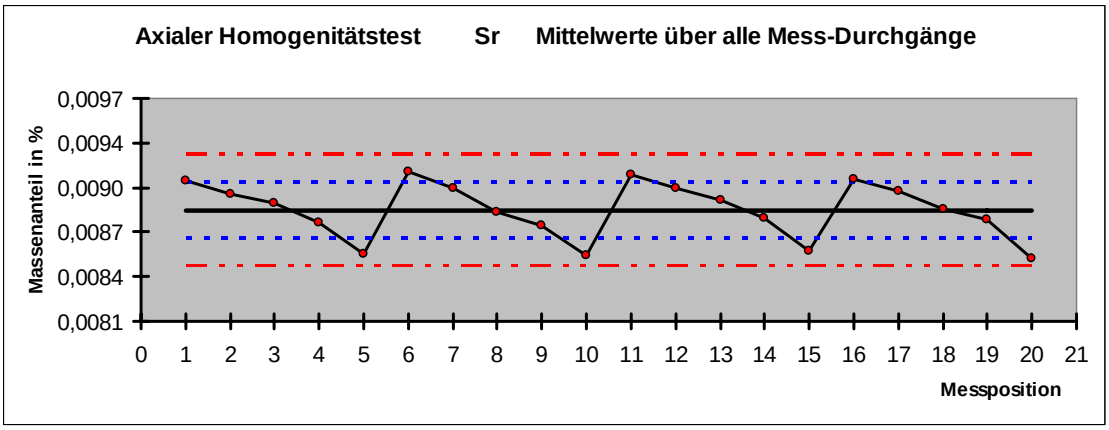


Abb. 7.21b: Strontium Relative Abweichung vom mittleren Gehalt in axialer Richtung in %

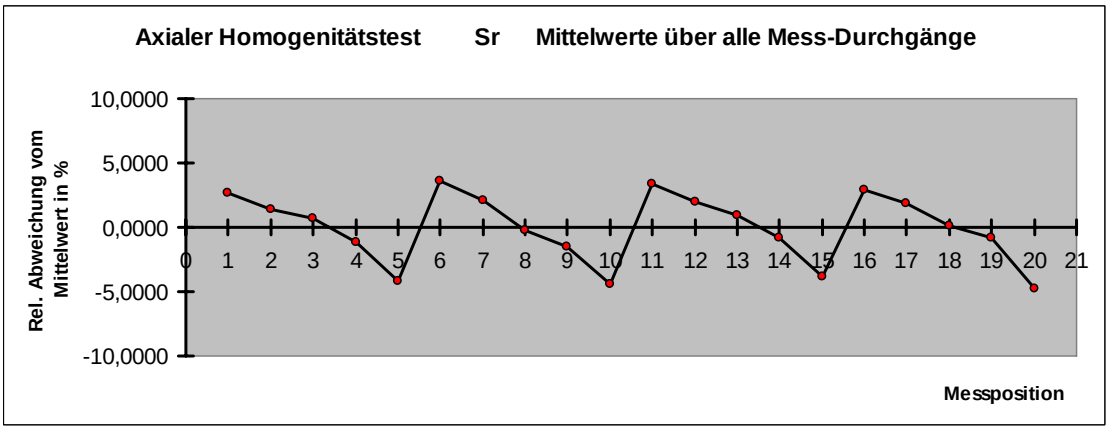


Abb. 7.22a: Vanadium Anteilsverlauf in axialer Richtung (Massenanteile in %)

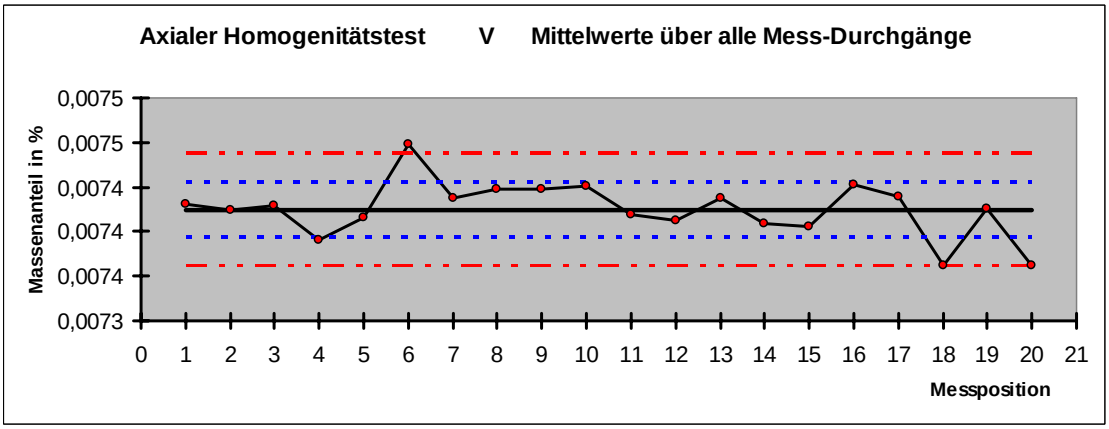


Abb. 7.22b: Vanadium Relative Abweichung vom mittleren Gehalt in axialer Richtung in %

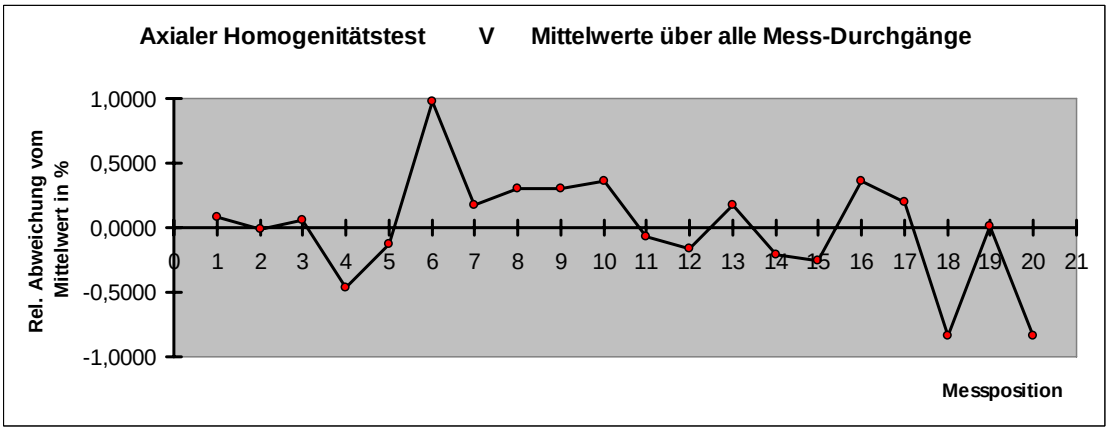


Abb. 7.23a: Zirconium Anteilsverlauf in axialer Richtung (Massenanteile in %)

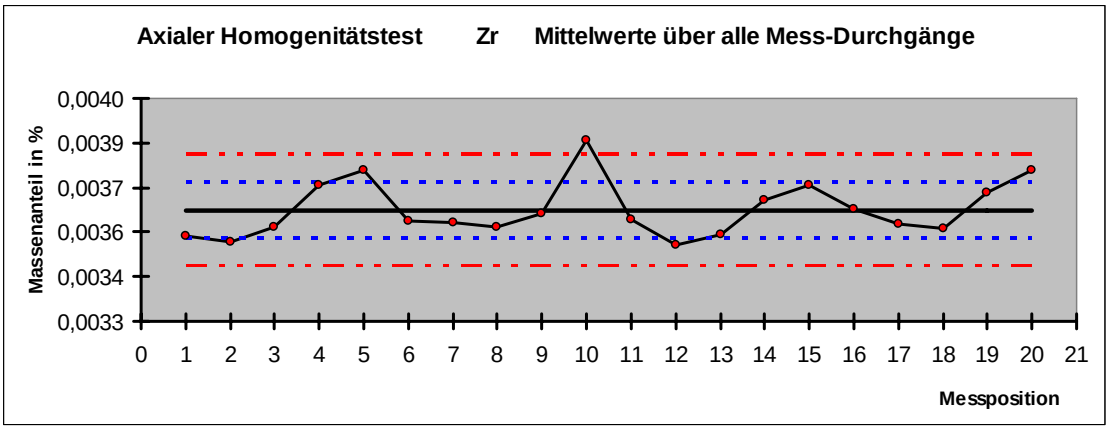
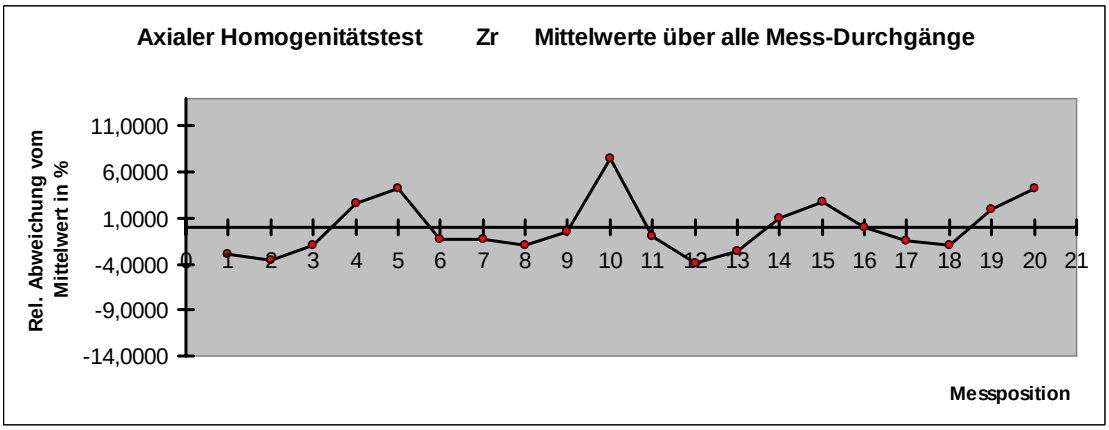


Abb. 7.23b: Zirconium Relative Abweichung vom mittleren Gehalt in axialer Richtung in %



7.4.3 Berechnung des axialen Inhomogenitätsbeitrages

Die Abweichungen der aus den jeweils 6 Messungen erhaltenen Mittelwerte zwischen den untersuchten 21 Proben-Zylindern repräsentieren Inhomogenitäten zwischen den Probenzylindern (axiale Inhomogenität).und die Wiederholbarkeit der Messung.

Der ausschließlich durch axiale Inhomogenitäten verursachte Beitrag zur Unsicherheit („effektive Varianz des Probenvergleichs“) ergibt sich danach als Differenz:

$$s^2_{axial,effektiv} = (s^2_{Vgl.axial} - s^2_{Messung}) / n_0 \qquad \mathbf{n}_0 = 6$$

$$s_{axial} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{a}\left(\overline{x}_i - \overline{\overline{x}}\right)^2}{n_0 \cdot (a-1)} - s^2_{Messung} / n_0}$$

Die durch axiale Inhomogenitäten verursachten Unsicherheitsbeiträge sind in Tab. 6 zusammengefasst.

Dabei ist $\overline{x}_i$ der Mittelwert aller Messungen an einer Probe und $\overline{\overline{x}}$ der Gesamt-Mittelwert aller Messungen zur Ermittlung der axialen Inhomogenität. Die Anzahl der Einheiten a ist die Anzahl der untersuchten Probenzylinder (a = 20).

Tab. 6: Unsicherheitsbeiträge durch axiale Inhomogenitäten

Element	w(x) %	s^2_{axial}	$s^2_{Messungg}$	s_{axial}
Chrom	0,033	1,3 E-07	1,2 E-07	0,0001
Kupfer	2,41	0,0031	0,001	0,05
Eisen	0,60	0,00025	6,9 E-05	0,01
Magnesium	0,45	0,00012	3,3 E-05	0,009
Mangan	0,31	3,0 E-05	6,9 E-06	0,005
Nickel	0,095	4,0 E-06	7,9 E-07	0,002
Silicium	9,04	0,016	0,003	0,12
Titan	0,14	8,8 E-06	1,6 E-06	0,003
Zink	0,79	0,00030	9,2 E-05	0,014

Element	w(x) µg/g	s^2_{axial}	$s^2_{Verfahren}$	s_{axial}
Bor	0,0007	3,9 E-10	1,6 E-09	-
Beryllium	0,0006	2,7 E-10	1,1 E-10	1,3 E-05
Calcium	0,0016	5,2 E-09	7,1 E-10	6,7 E-05
Cadmium	0,0022	9,2 E-08	3,9 E-08	0,0002
Gallium	0,013	6,3 E-07	8,7 E-08	0,0007
Lithium	0,0005	1,4 E-10	1,8 E-10	-
Natrium	0,0019	1,0 E-08	7,5 E-09	5,3 E-05
Phosphor	0,0020	2,7 E-08	5,6 E-08	-
Blei	0,072	3,8 E-06	7,3 E-07	0,002
Zinn	0,077	8,2 E-05	2,3 E-06	0,009
Strontium	0,0087	5,0 E-07	2,5 E-07	0,0005
Vanadium	0,0072	8,0 E-08	2,2 E-08	0,0002
Zirconium	0,0034	3,2 E-07	5,3 E-08	0,0005
Antimon	0,0030	1,1 E-06	7,9 E-07	0,0006

7.5 Bewertung der Inhomogenitätsbeiträge in Anlehnung an ISO-Guide 35

Liegt die Summe der Unsicherheitsbeiträge $s_{axial,effektiv}$ und $s_{radial,effektiv}$ in der Größenordnung der Verfahrensstreuung, dann können durch eine nicht vermeidbare Testunschärfe eines statistischen Homogenitätstests (Varianzanalyse) Beiträge durch Inhomogenitäten u.U. verdeckt werden und sind als solche dann nicht erkennbar. Ebenso kann die Summe der Unsicherheitsbeiträge $s_{axial,effektiv}$ und $s_{radial,effektiv}$ zufällig sogar kleiner als die Verfahrensstreuung ausfallen.

Der „verdeckte“ Streuungsanteil ist dann nach ISO-Guide 35 durch den folgenden Ausdruck zu berücksichtigen:

$$u_{bb} = \sqrt{\frac{s^2_{Messung}}{n}} \cdot \sqrt[4]{\frac{2}{\nu_{s^2_{Messung}}}}$$

Dabei ist p die Anzahl der Analysen (Messungen) zur Ermittlung der Verfahrensstreuung.

$\nu_{s^2_{Messung}}$ ist der zur Berechnung von $s^2_{Messung}$ zugehörige Freiheitsgrad.

In Anlehnung an ISO-Guide 35 sind für den durch Inhomogenitäten bedingten Beitrag zur Gesamtunsicherheit eines zertifizierten Wertes deshalb zwei Fälle zu unterscheiden:

$s^2_{axial,\ effektiv} + s^2_{radial,effektiv} < u^2_{bb}$

Der „mögliche“ Inhomogenitätsanteil an der Gesamtunsicherheit des zertifizierten Wertes wird als u_{bb} berücksichtigt:

$$s_{Gesamt} = \sqrt{\frac{s_{Ring}^2}{n} + u_{bb}^2}\ .$$

$s^2_{axial,\ effektiv} + s^2_{radial,effektiv} > u^2_{bb}$

Der Inhomogenitätsanteil an der Gesamtunsicherheit wird als Summe $s_{axial,\ effektiv} + s_{radial,effektiv}$ berücksichtigt.

$$s_{Gesamt} = \sqrt{\frac{s_{Ring}^2}{n} + s_{axial,effektiv}^2 + s_{radial,effektiv}^2}$$

7.6 Probenspezifische Zertifizierung für Ca, Li, Na und Sr

Die zertifizierten Gehalte für die Elemente Calcium, Lithium, Natrium und Strontium wurden probebezogen berechnet, da bei der funkenspektrometrischen Homogenitätsprüfung eine signifikante Änderung des Gehalts in axialer Richtung nachgewiesen wurde (s. Abb. 7.12a/b, 7.15a/b, 7.16a/b, 7.21a/b). Dabei wurden von den insgesamt vier Stangen des Grundmaterials folgende Proben untersucht:

Tabelle 7: Untersuchte Proben bei der Homogenitätsprüfung für Ca, Li, Na und Sr

	Probe – Nummer N				
Stange 1	**1**00	**1**13	**1**26	**1**39	**1**53
Stange 2	**2**00	**2**13	**2**26	**2**39	**2**53
Stange 3	**3**00	**3**13	**3**26	**3**39	**3**53
Stange 4	**4**00	**4**13	**4**26	**4**39	**4**53

Der Zertifizierungs – Ringversuch wurde an zerspantem Material aus den Proben 302 bis 307 durchgeführt (Stange 3, mittlere Probe – Nummer: 304,5).

Da näherungsweise ein linearer Zusammenhang zwischen der Probe - Nummer (N) und dem Gehalt w(x) (s. Abb. 24 a-d, 25 a-d, 26 a-d und 27 a-d) besteht, konnte durch einfache Extrapolation der „fiktiven“ Probe 304,5 jeweils ein funkenspektrometrischer Gehaltswert $w(x)_{Funken,\ N=304,5}$ für die Elemente Ca, Li, Na und Sr zugeordnet werden. Durch Rückführung auf die im Ringversuch ermittelten Massenanteile $w(x)_{Ringversuch}$ für Ca, Li, Na und Sr erfolgte anschließend eine Normierung (Stangennummer: i):

$$\omega(x)_{Funken} = a_i \cdot N + b_i$$

$$\omega(x)_{korr} = \omega(x)_{Funken} \cdot \frac{\omega(x)_{Ringversuch}}{\omega(x)_{Funken,\ N=304,5}}$$

$$\omega(x)_{korr} = (a_i \cdot N + b_i) \cdot \frac{\omega(x)_{Ringversuch}}{a_3 \cdot 304,5 + b_3}$$

$$\omega(x)_{korr} = (a_i^{korr} \cdot N + b_i^{korr})$$

In den Tabellen 8a-d sind die Koeffizienten a_{korr} und b_{korr} für die nach Tabelle 7 untersuchten Proben für Ca, Li, Na und Sr einzeln aufgeführt und in Tabelle 4 zusammengefasst.

Tabelle 8a: Koeffizienten a_{korr} und b_{korr} zur Berechnung der Massenanteile w(Ca) als Funktion der Probenummer N

		Funken-OES	$w(Ca) = a_i x N + b_i$			$w(Ca) = a^{korr} N + b^{korr}$		
Stange	**N**	**w(Ca)**	a_i	b_i	$w(Ca)_{reg}$	a_{korr}	b_{korr}	$w(Ca)_{korr}$
Stange 1	100	15,71	-0,01020	16,78	15,76	-0,00981	16,14	15,16
	113	15,62	-0,01020	16,78	15,62	-0,00981	16,14	15,03
	126	15,50	-0,01020	16,78	15,49	-0,00981	16,14	14,90
	139	15,44	-0,01020	16,78	15,36	-0,00981	16,14	14,77
	153	15,13	-0,01020	16,78	15,22	-0,00981	16,14	14,64
Stange 2	200	15,76	-0,01143	18,08	15,80	-0,01100	17,40	15,20
	213	15,71	-0,01143	18,08	15,65	-0,01100	17,40	15,05
	226	15,50	-0,01143	18,08	15,50	-0,01100	17,40	14,91
	239	15,32	-0,01143	18,08	15,35	-0,01100	17,40	14,77
	253	15,20	-0,01143	18,08	15,19	-0,01100	17,40	14,61
Stange 3	300	15,83	-0,01115	19,20	15,85	-0,01072	18,47	15,25
	302		-0,01115	19,20	15,83	-0,01072	18,47	15,23
	307		-0,01115	19,20	15,77	-0,01072	18,47	15,17
	313	15,65	-0,01115	19,20	15,71	-0,01072	18,47	15,11
	326	15,64	-0,01115	19,20	15,56	-0,01072	18,47	14,97
	339	15,51	-0,01115	19,20	15,42	-0,01072	18,47	14,83
	354	15,16	-0,01115	19,20	15,25	-0,01072	18,47	14,67
Stange 4	400	15,74	-0,01160	20,44	15,80	-0,01116	19,66	15,20
	413	15,69	-0,01160	20,44	15,65	-0,01116	19,66	15,05
	426	15,48	-0,01160	20,44	15,50	-0,01116	19,66	14,91
	439	15,47	-0,01160	20,44	15,35	-0,01116	19,66	14,76
	454	15,08	-0,01160	20,44	15,17	-0,01116	19,66	14,59

$wCa)_{N=304,5}$ = 15,80 µg/g $w(Ca)_{Ringversuch}$ = 15,198 µg/g Korrekturfaktor = 0,9619

Tabelle 8b: Koeffizienten a_{korr} und b_{korr} zur Berechnung der Massenanteile w(Li) als Funktion der Probenummer N

		Funken-OES	$w(Li) = a_i x N + b_i$			$w(Li) = a^{korr} N + b^{korr}$		
Stange	**N**	**w(Li)**	a_i	b_i	$w(Li)_{reg}$	a_{korr}	b_{korr}	$w(Li)_{korr}$
Stange 1	100	5,08	-0,03828	8,98	5,15087	-0,03022	7,09	4,07
	113	4,70	-0,03828	8,98	4,65329	-0,03022	7,09	3,67
	126	4,24	-0,03828	8,98	4,15570	-0,03022	7,09	3,28
	139	3,63	-0,03828	8,98	3,65811	-0,03022	7,09	2,89
	153	3,09	-0,03828	8,98	3,12225	-0,03022	7,09	2,47
Stange 2	200	5,07	-0,03950	13,09	5,19000	-0,03119	10,34	4,10
	213	4,67	-0,03950	13,09	4,67650	-0,03119	10,34	3,69
	226	4,35	-0,03950	13,09	4,16300	-0,03119	10,34	3,29
	239	3,68	-0,03950	13,09	3,64950	-0,03119	10,34	2,88
	253	2,96	-0,03950	13,09	3,09650	-0,03119	10,34	2,45
Stange 3	300	4,89	-0,03281	14,82	4,98022	-0,02591	11,71	3,93
	302		-0,03281	14,82	4,91460	-0,02591	11,71	3,88
	307		-0,03281	14,82	4,75054	-0,02591	11,71	3,75
	313	4,55	-0,03281	14,82	4,55368	-0,02591	11,71	3,60
	326	4,28	-0,03281	14,82	4,12713	-0,02591	11,71	3,26
	339	3,75	-0,03281	14,82	3,70059	-0,02591	11,71	2,92
	354	3,10	-0,03290	14,82	3,17692	-0,02598	11,71	2,51
Stange 4	400	5,11	-0,03413	18,74	5,08493	-0,02695	14,80	4,02
	413	4,56	-0,03413	18,74	4,64124	-0,02695	14,80	3,66
	426	4,26	-0,03413	18,74	4,19755	-0,02695	14,80	3,31
	439	3,77	-0,03413	18,74	3,75386	-0,02695	14,80	2,96
	454	3,22	-0,03413	18,74	3,24191	-0,02695	14,80	2,56

$wLi)_{N=304,5}$ = 4,83 µg/g $w(Li)_{Ringversuch}$ = 3,814 µg/g Korrekturfaktor = 0,7897

Tabelle 8c: Koeffizienten a_{korr} und b_{korr} zur Berechnung der Massenanteile w(Na) als Funktion der Probenummer N

		Funken-OES	$w(Na) = a_i N + b_i$			$w(Na) = a_{korr} N + b_{korr}$		
Stange	**N**	**w(Na)**	**a**	**b**	**$w(Na)_{reg}$**	**a_{korr}**	**b_{korr}**	**$w(Na)_{reg}$**
Stange 1	100	18,52	-0,17533	36,37	18,84	-0,16231	33,67	17,44
	113	16,78	-0,17533	36,37	16,56	-0,16231	33,67	15,33
	126	14,61	-0,17533	36,37	14,28	-0,16231	33,67	13,22
	139	11,95	-0,17533	36,37	12,00	-0,16231	33,67	11,11
	153	9,37	-0,17533	36,37	9,55	-0,16231	33,67	8,84
Stange 2	200	18,46	-0,18187	55,30	18,92	-0,16837	51,19	17,52
	213	16,81	-0,18187	55,30	16,56	-0,16837	51,19	15,33
	226	14,70	-0,18187	55,30	14,19	-0,16837	51,19	13,14
	239	11,89	-0,18187	55,30	11,83	-0,16837	51,19	10,95
	253	8,93	-0,18187	55,30	9,28	-0,16837	51,19	8,59
Stange 3	300	17,86	-0,15837	65,87	18,36	-0,14662	60,98	16,99
	302		-0,15837	65,87	18,04	-0,14662	60,98	16,70
	307		-0,15837	65,87	17,25	-0,14662	60,98	15,97
	313	16,34	-0,15837	65,87	16,30	-0,14662	60,98	15,09
	326	14,87	-0,15837	65,87	14,24	-0,14662	60,98	13,18
	339	12,66	-0,15837	65,87	12,18	-0,14662	60,98	11,27
	354	9,14	-0,15837	65,87	9,80	-0,14662	60,98	9,08
Stange 4	400	18,64	-0,15881	82,18	18,66	-0,14702	76,08	17,27
	413	16,28	-0,15881	82,18	16,59	-0,14702	76,08	15,36
	426	14,91	-0,15881	82,18	14,53	-0,14702	76,08	13,45
	439	12,68	-0,15881	82,18	12,47	-0,14702	76,08	11,54
	454	9,82	-0,15881	82,18	10,08	-0,14702	76,08	9,33

$w(Na)_{N=304,5}$ = 17,65 µg/g $w(Na)_{Ringversuch}$ = 16,34 µg/g Korrekturfaktor = 0,9258

Tabelle 8d: Koeffizienten a_{korr} und b_{korr} zur Berechnung der Massenanteile w(Sr) als Funktion der Probenummer N

		Funken-OES	$w(Sr) = a_i x N + b_i$			$w(Sr) = a^{korr} N + b^{korr}$		
Stange	**N**	**w(Sr)**	**a_i**	**b_i**	**$w(Sr)_{reg}$**	**a_{korr}**	**b_{korr}**	**$w(Sr)_{korr}$**
Stange 1	100	90,82	-0,09240	100,38	91,14	-0,07331	79,64	72,31
	113	89,86	-0,09240	100,38	89,94	-0,07331	79,64	71,35
	126	89,30	-0,09240	100,38	88,74	-0,07331	79,64	70,40
	139	87,90	-0,09240	100,38	87,54	-0,07331	79,64	69,45
	153	85,72	-0,09240	100,38	86,24	-0,07331	79,64	68,42
Stange 2	200	91,50	-0,11050	113,73	91,63	-0,08767	90,23	72,70
	213	90,34	-0,11050	113,73	90,19	-0,08767	90,23	71,56
	226	88,63	-0,11050	113,73	88,76	-0,08767	90,23	70,42
	239	87,65	-0,11050	113,73	87,32	-0,08767	90,23	69,28
	253	85,56	-0,11050	113,73	85,77	-0,08767	90,23	68,05
Stange 3	300	91,30	-0,09610	120,43	91,60	-0,07624	95,54	72,67
	302		-0,09610	120,43	91,41	-0,07624	95,54	72,52
	307		-0,09610	120,43	90,93	-0,07624	95,54	72,14
	313	90,30	-0,09610	120,43	90,35	-0,07624	95,54	71,68
	326	89,50	-0,09610	120,43	89,10	-0,07624	95,54	70,69
	339	88,23	-0,09610	120,43	87,85	-0,07624	95,54	69,70
	354	85,93	-0,09610	120,43	86,41	-0,07624	95,54	68,56
Stange 4	400	90,98	-0,10000	131,35	91,35	-0,07934	104,21	72,47
	413	90,14	-0,10000	131,35	90,05	-0,07934	104,21	71,44
	426	88,87	-0,10000	131,35	88,75	-0,07934	104,21	70,41
	439	88,16	-0,10000	131,35	87,45	-0,07934	104,21	69,38
	454	85,31	-0,10000	131,35	85,95	-0,07934	104,21	68,19

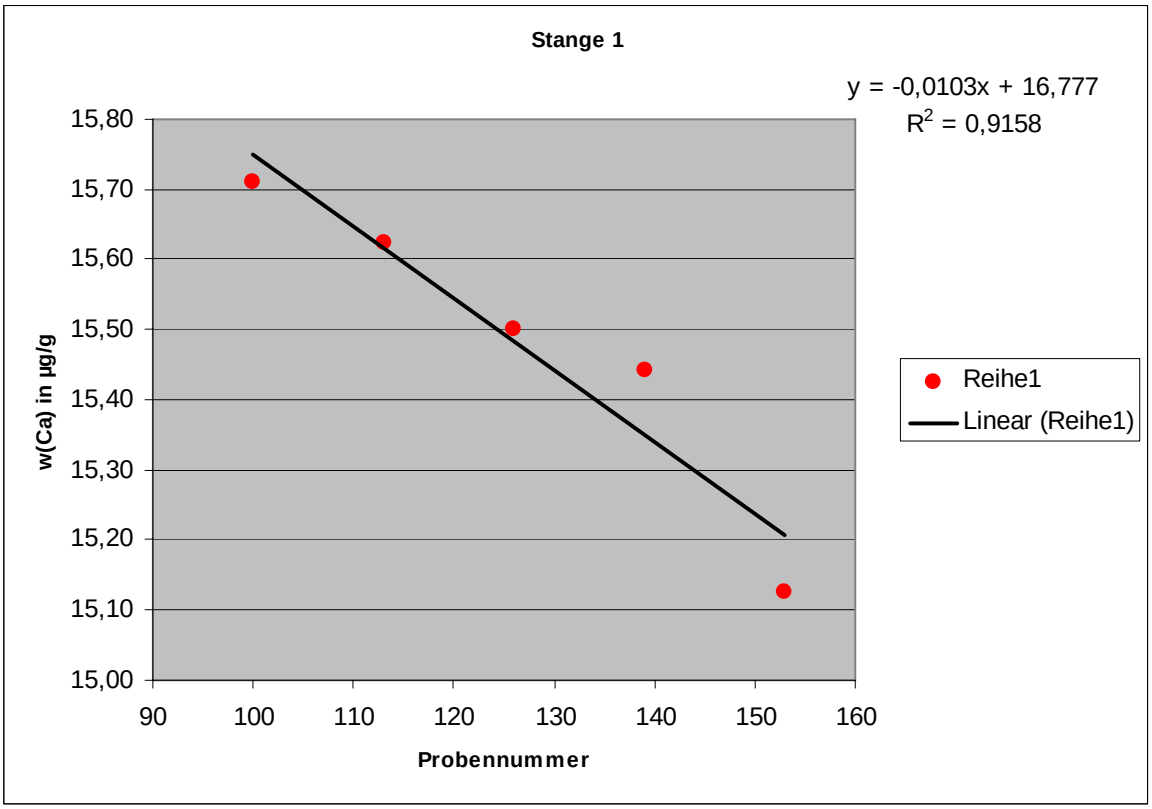
$w(Sr)_{N=304,5}$ = 91,17 µg/g $w(Sr)_{Ringversuch}$ = 72,33 µg/g Korrekturfaktor = 0,7934

Lineare Abhängigkeiten der Elementgehalte von der Probennummer

Tab. 6a: w(Ca) = f(Probenummer)

Stange	Probe	w(Ca) [%]	w(Ca) [µg/g]	Steigung	Achsen-abschnitt	$w(Ca)_{reg}$ [µg/g]	Delta rel %
Stange 1	100	0,00157	15,71	-0,01030	16,77700	15,75	0,23
	113	0,00156	15,62	-0,01030	16,77700	15,61	0,07
	126	0,00155	15,50	-0,01030	16,77700	15,48	0,14
	139	0,00154	15,44	-0,01030	16,77700	15,35	0,63
	153	0,00151	15,13	-0,01030	16,77700	15,20	0,49
Stange 2	200	0,00158	15,76	-0,01140	18,08400	15,80	0,25
	213	0,00157	15,71	-0,01140	18,08400	15,66	0,35
	226	0,00155	15,50	-0,01140	18,08400	15,51	0,03
	239	0,00153	15,32	-0,01140	18,08400	15,36	0,23
	253	0,00152	15,20	-0,01140	18,08400	15,20	0,02
Stange 3	300	0,00158	15,83	-0,01130	19,24100	15,85	0,12
	313	0,00157	15,65	-0,01130	19,24100	15,70	0,33
	326	0,00156	15,64	-0,01130	19,24100	15,56	0,51
	339	0,00155	15,51	-0,01130	19,24100	15,41	0,62
	354	0,00152	15,16	-0,01130	19,24100	15,24	0,56
Stange 4	400	0,00157	15,74	-0,01150	20,39700	15,80	0,37
	413	0,00157	15,69	-0,01150	20,39700	15,65	0,25
	426	0,00155	15,48	-0,01150	20,39700	15,50	0,12
	439	0,00155	15,47	-0,01150	20,39700	15,35	0,78
	454	0,00151	15,08	-0,01150	20,39700	15,18	0,61

.



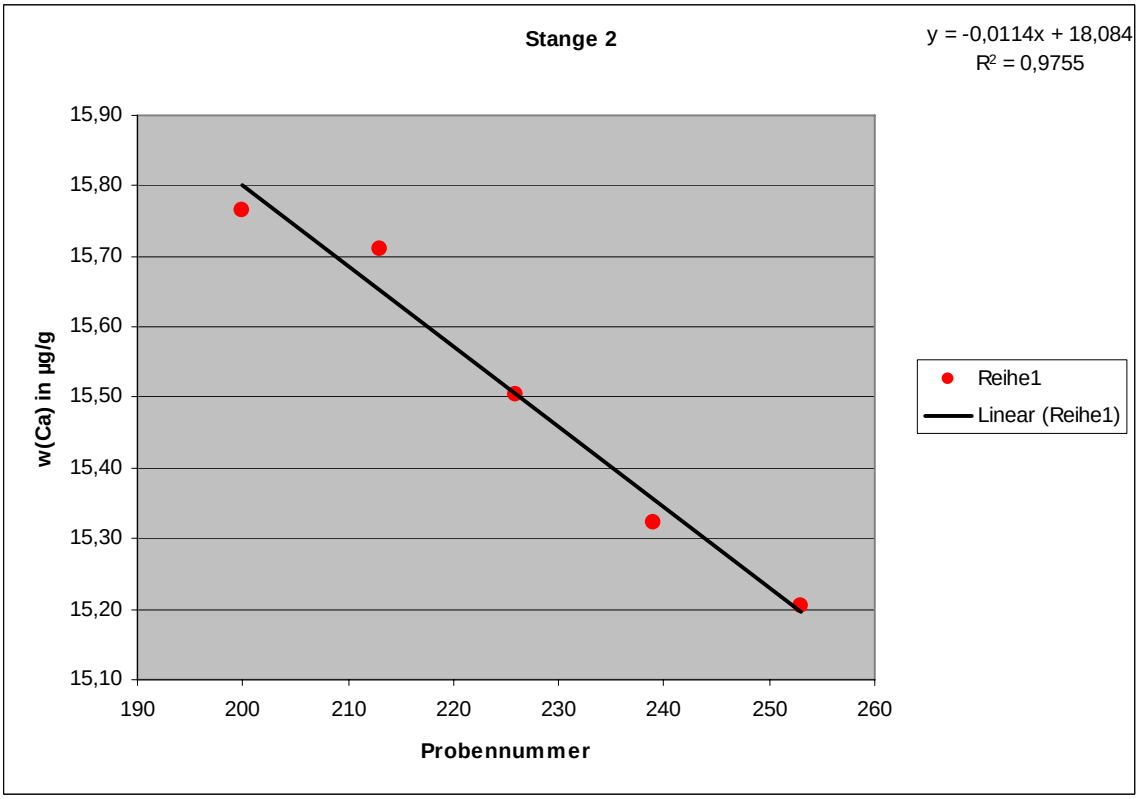
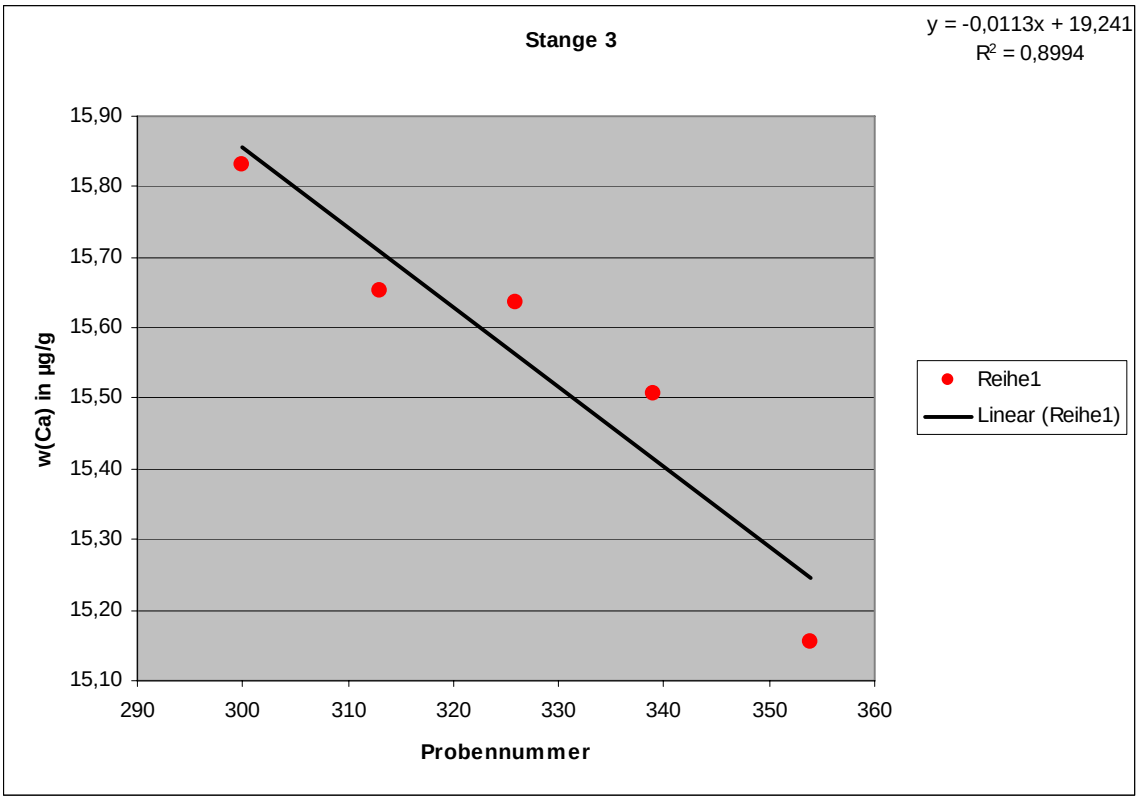


Abb. 24a + b: Abhängigkeit des Ca-Anteils von der Probennummer



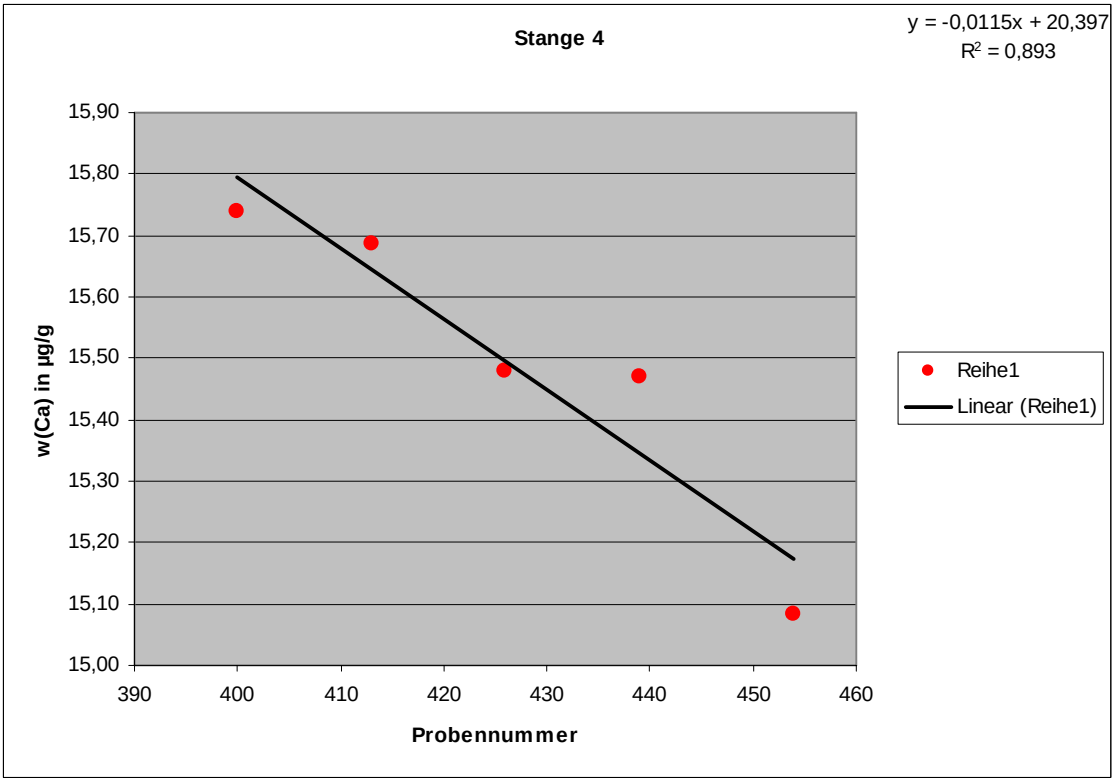
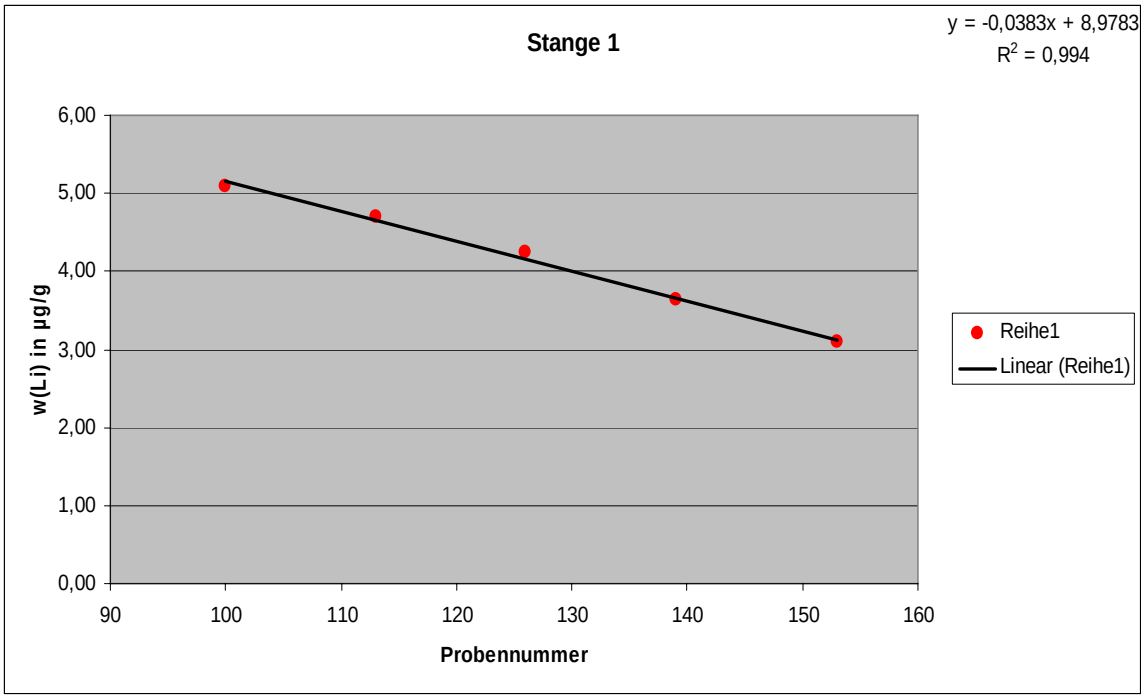


Abb. 24 c + d: Abhängigkeit des Ca-Anteils von der Probennummer



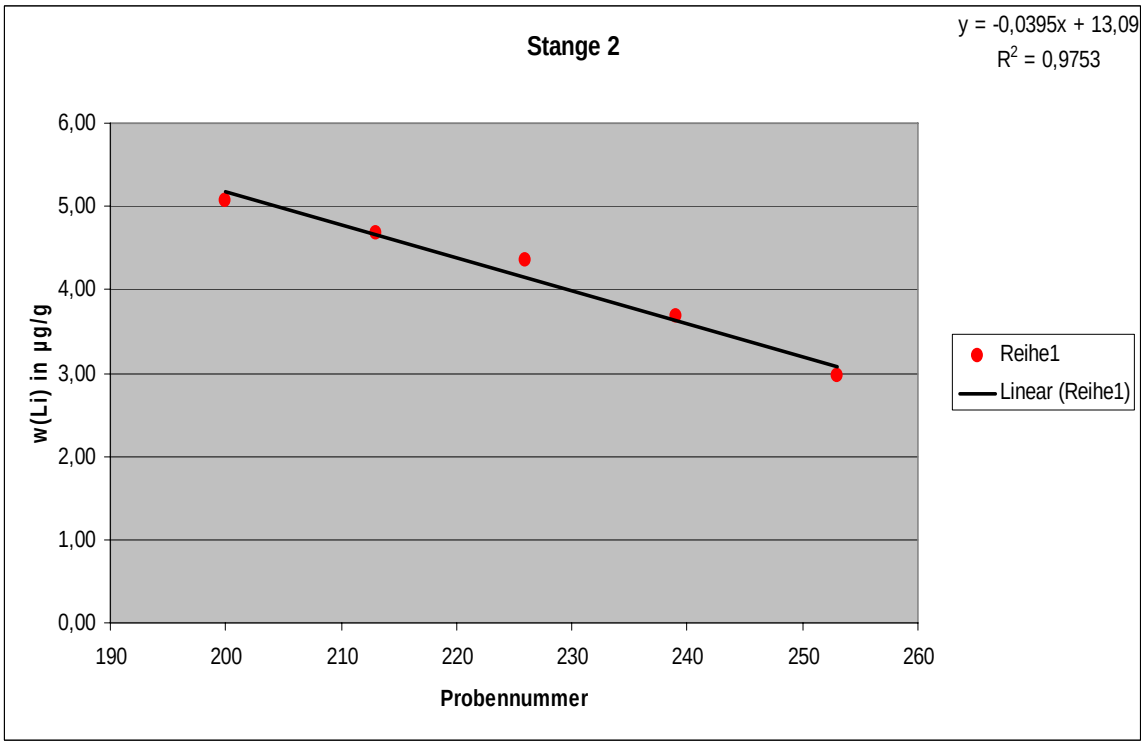
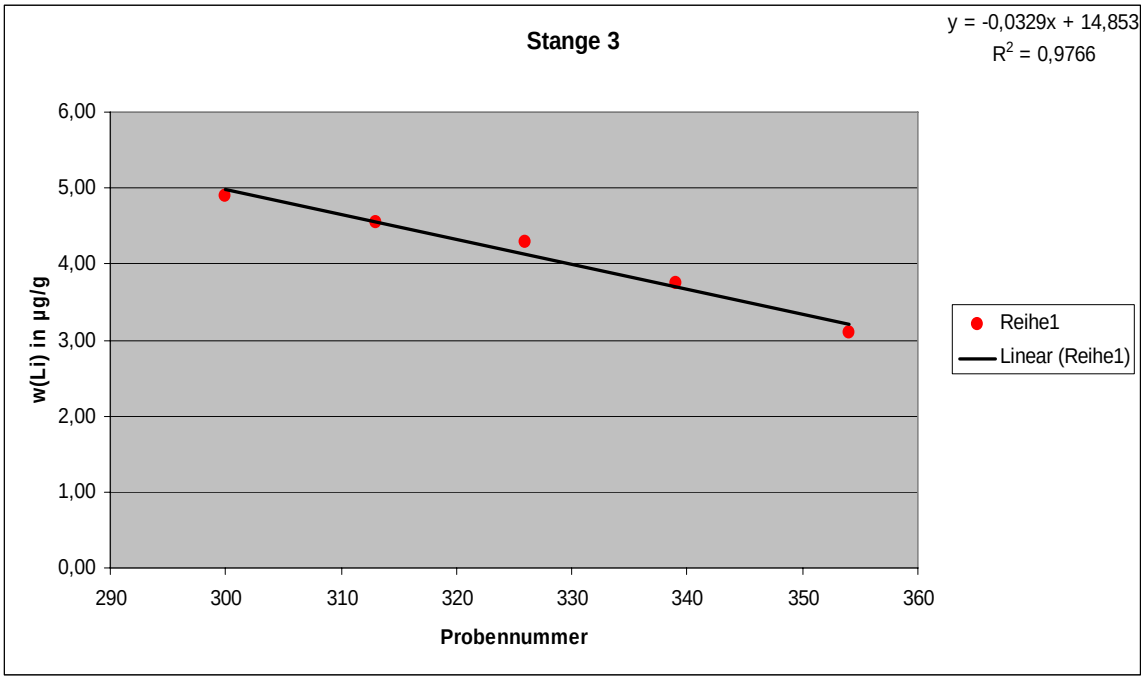


Abb. 25 a + b: Abhängigkeit des Li-Gehalts von der Probennummer



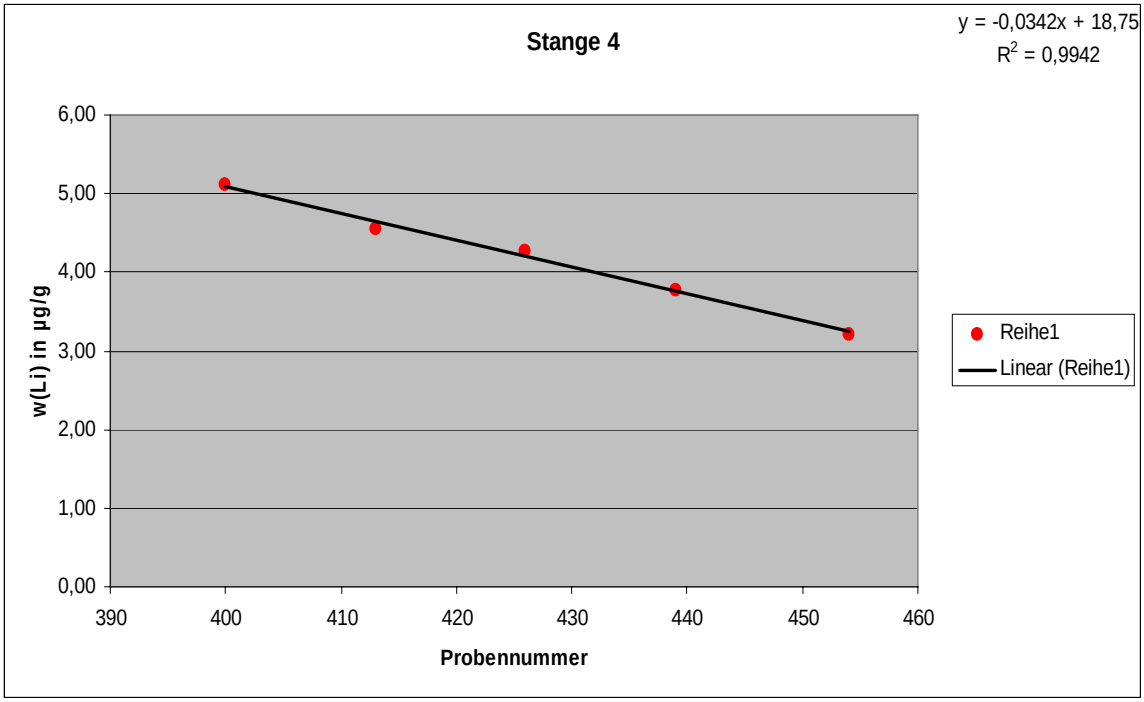
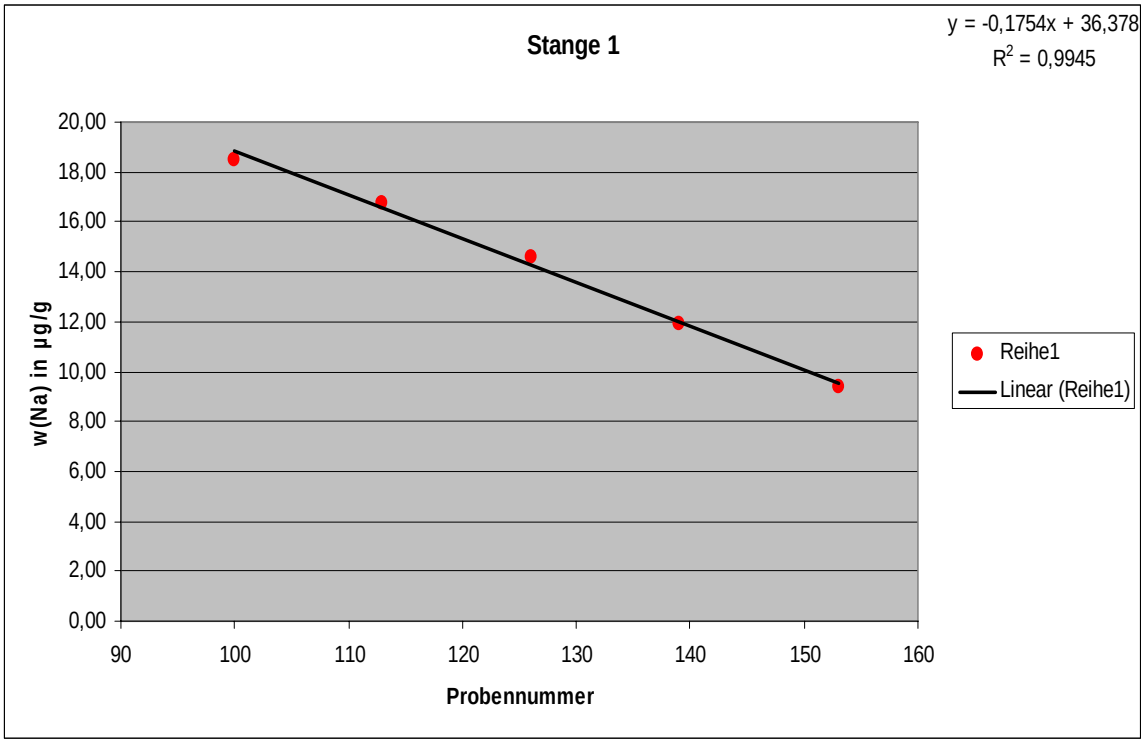


Abb. 25 c + d: Abhängigkeit des Li-Gehalts von der Probennummer



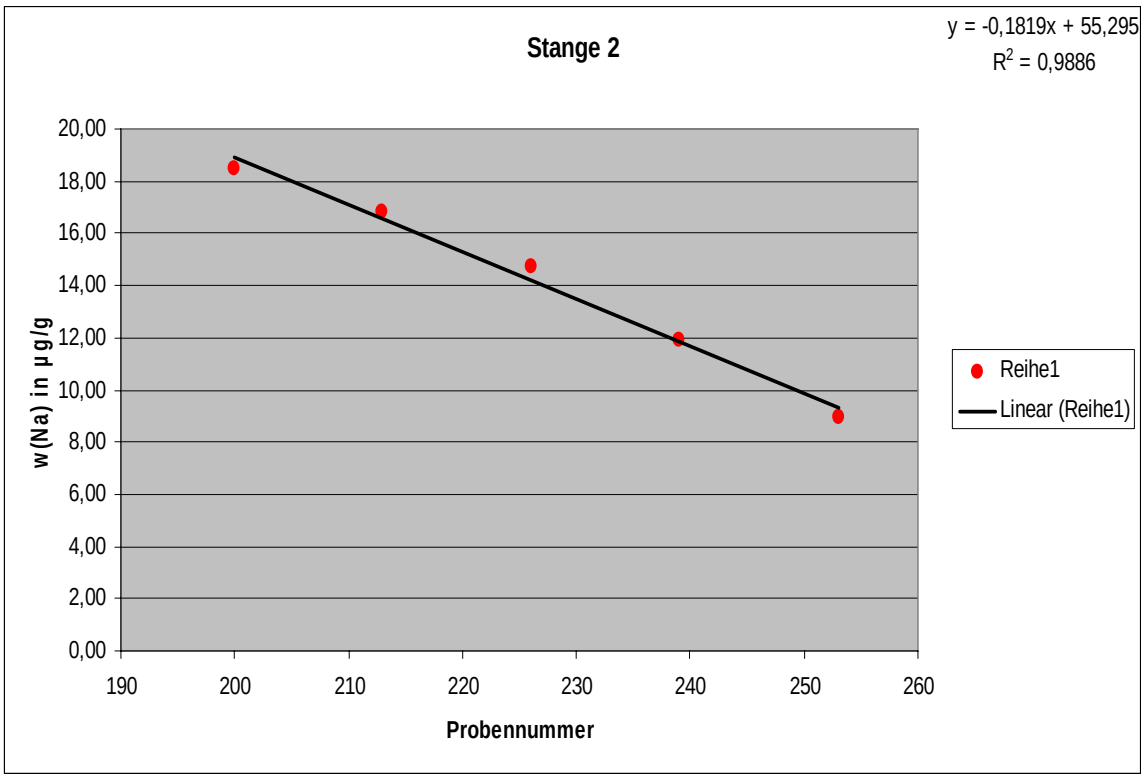
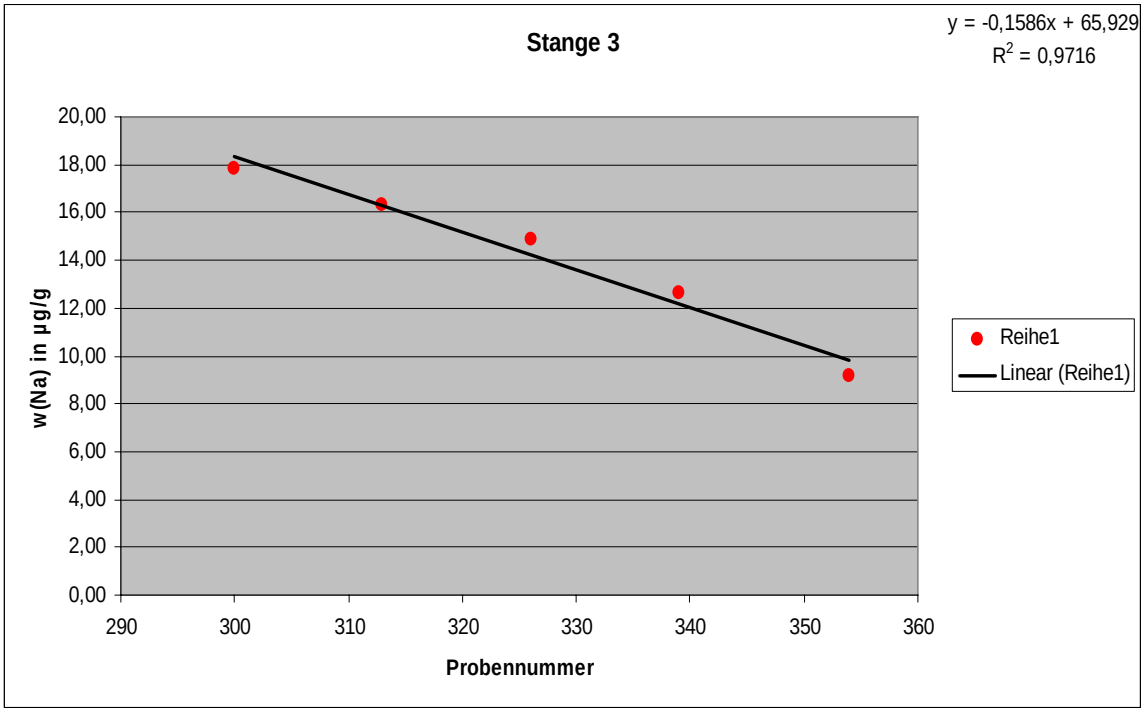


Abb. 26 a + b: Abhängigkeit des Na-Anteils von der Probennummer



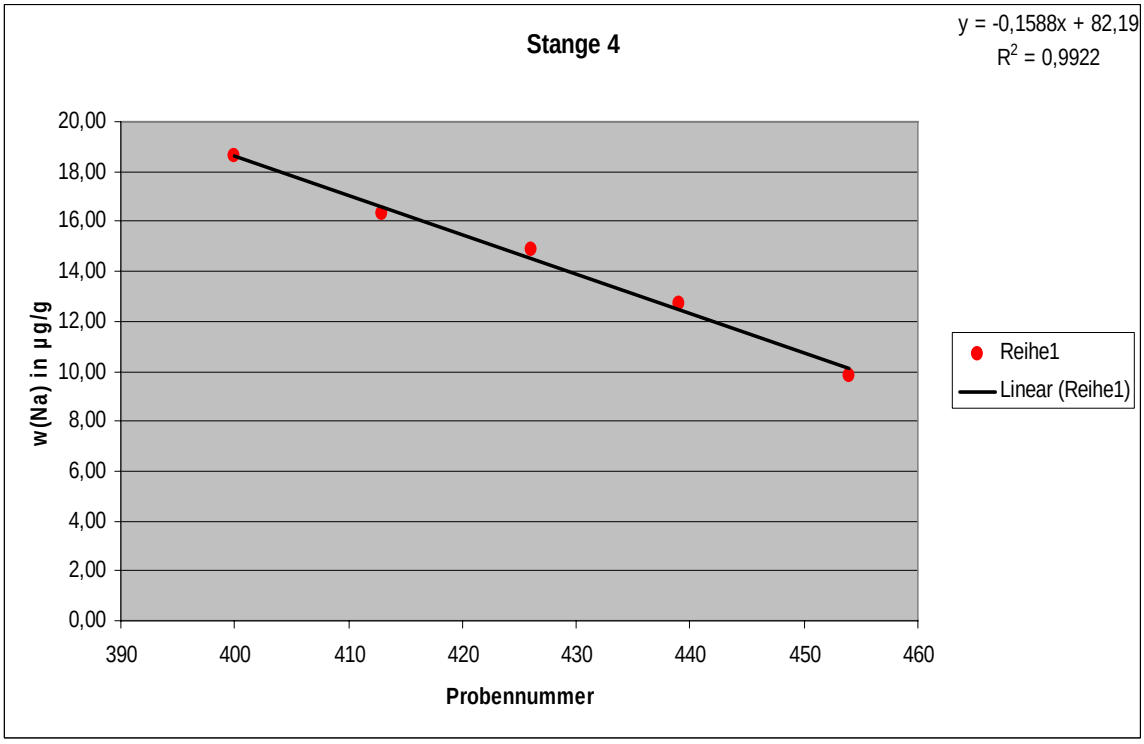
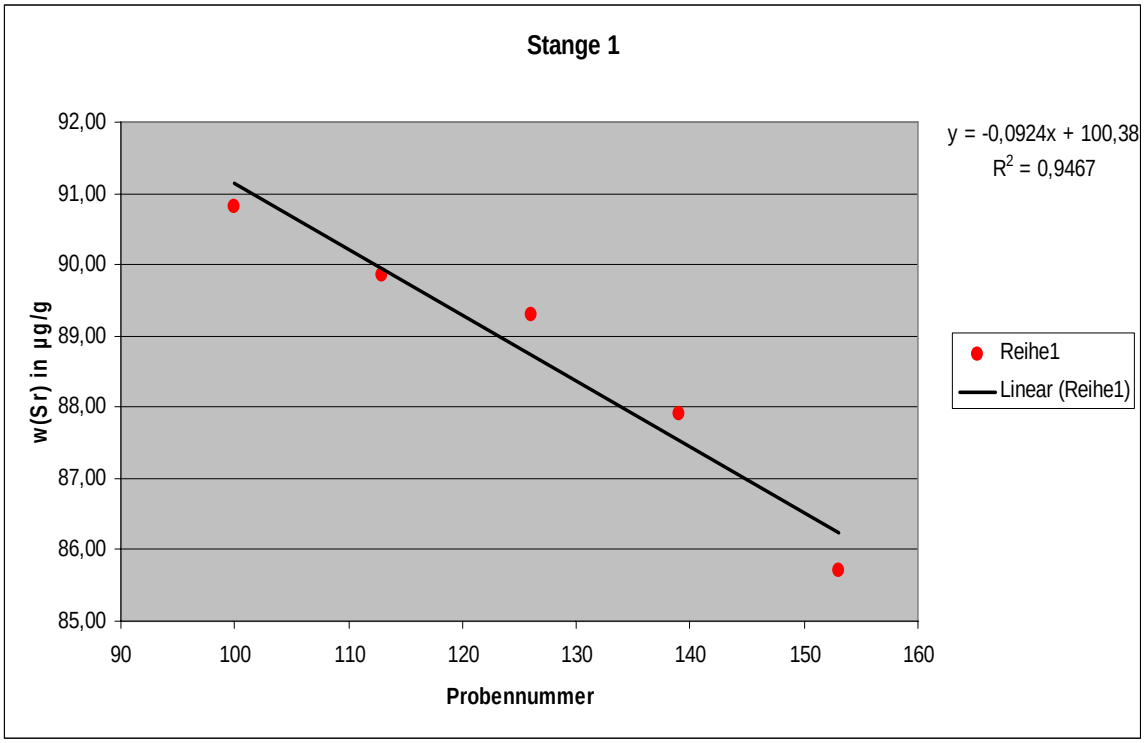


Abb. 26 c + d: Abhängigkeit des Na-Gehalts von der Probennummer



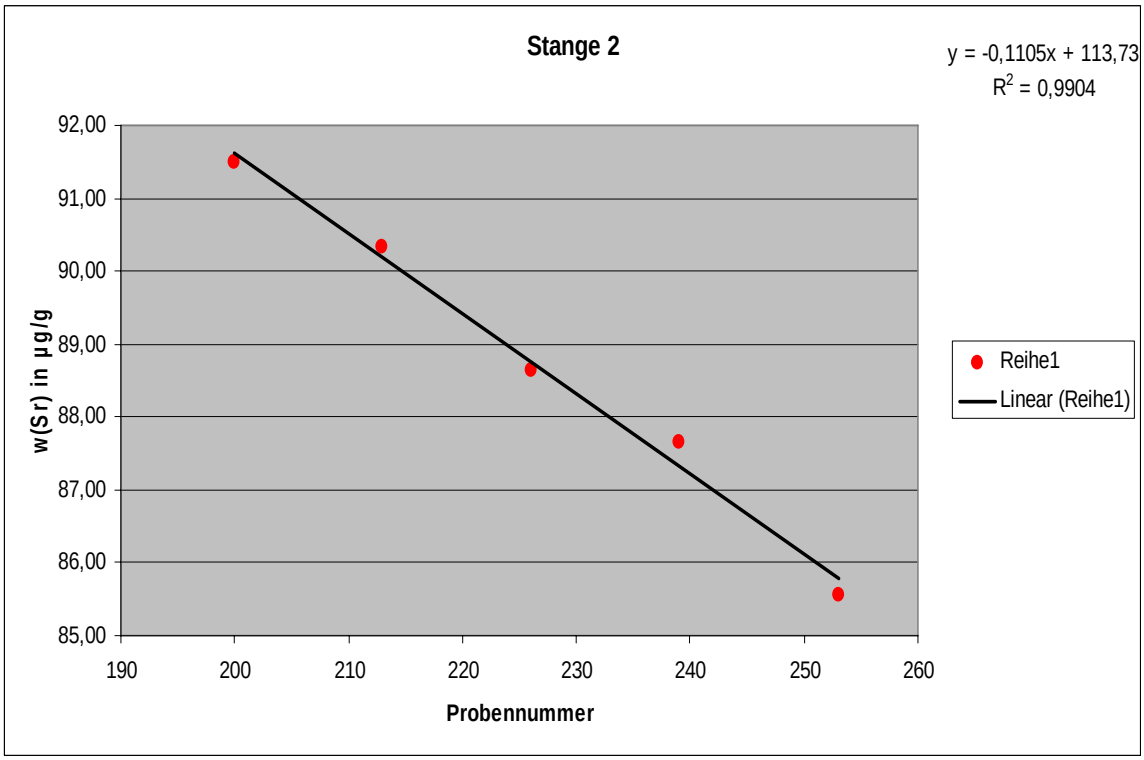
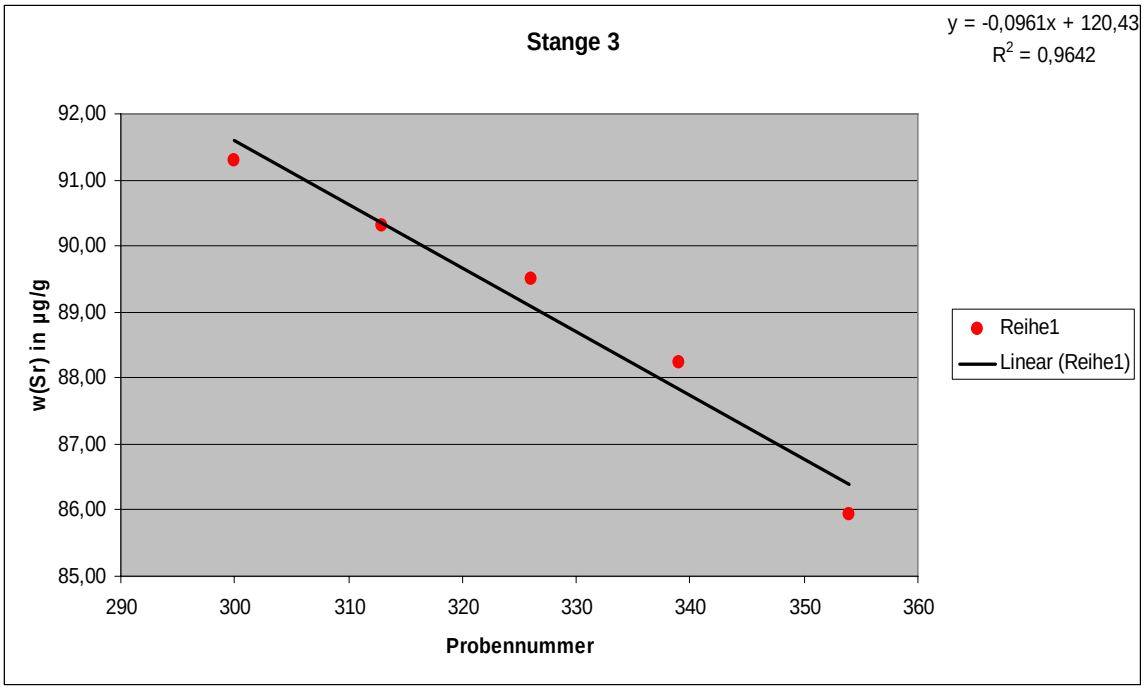


Abb. 27 a + b: Abhängigkeit des Sr-Anteils von der Probennummer



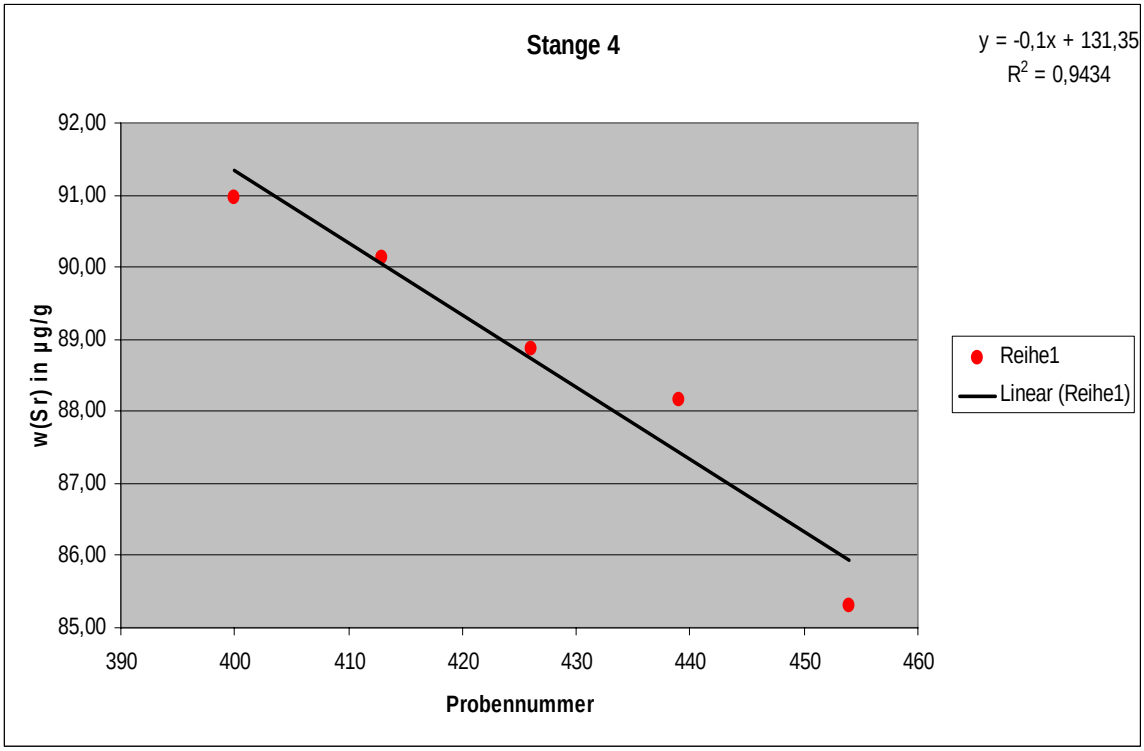


Abb. 27 c + d: Abhängigkeit des Sr-Anteils von der Probennummer

8 Stabilität

Auf Stabilitätsuntersuchungen wurde verzichtet, da davon auszugehen ist, dass bei Lagerung der Proben in nicht aggressiver Umgebung, d.h. in einer Umgebung insbesondere frei von Säuredämpfen und frei von Einflüssen alkalischer Medien keine Änderung der Zusammensetzung zu erwarten ist.

9 Auswertung des Zertifizierungs – Ringversuchs

9.1 Allgemeines

An dem Ringversuch zur Zertifizierung haben folgende Laboratorien teilgenommen:

Tab. 9: Teilnehmer-Laboratorien

Labor	Land
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) Arbeitsgruppe I.11	Deutschland
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) Arbeitsgruppe I.13	Deutschland
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) Arbeitsgruppe I.42	Deutschland
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) Arbeitsgruppe I.43	Deutschland
AMAG	Österreich
Alusuisse	Schweiz
Aluminium Essen	Deutschland
Revierlabor GmbH	Deutschland
Hydro Aluminium	Deutschland
VAW Elbewerk	Deutschland
VAW Gießerei Hannover	Deutschland
Corus Aluminium Voerde GmbH	Deutschland
HAW Hamburger Aluminium Werk GmbH	Deutschland
Otto Fuchs	Deutschland

Die Labor-Mittelwerte der im Ringversuch bestimmten Elemente sind in Tab. 10 zusammengefasst.

In den Tabellen 11 a – 11 h sind die Einzelergebnisse der Laboratorien wiedergegeben. Durch Grubbs-Test ermittelte Ausreißer sind entsprechend kenntlich gemacht:
Ausreißer auf dem 95%-Vertrauensniveau: gelb
Ausreißer auf dem 99%-Vertrauensniveau: rot

9.2 Ergebnisse der Ringversuchs - Teilnehmer

Tab. 9: Laboratoriumsmittelwerte Massenanteile in % bzw. µg / g

Mittelwert der Einzelergebnisse der Laboratorien in % bzw. mg/kg																		
Analyt	**Einheit**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**M_m**	**s_m**	**n**	**RSD**	**VB/2**
B	**µg/g**	0,2367	1,7500	3,1667										1,718	1,4653	**3**	85,300	3,640
Be	**µg/g**	4,700	4,717	5,332	5,450	5,612	5,615	5,639	5,817					5,360	0,4265	**8**	7,957	0,357
Bi	**µg/g**	34,640	35,933	36,170	36,913	42,167	49,775	51,167	67,500					44,283	11,3634	**8**	25,661	9,500
Ca	**µg/g**	13,482	14,167	15,177	16,333	16,833								15,198	1,4118	**5**	9,289	1,753
Cd	**µg/g**	10,417	10,570	10,648	10,740	10,747	10,833	10,863	10,961	11,350				10,792	0,2651	**9**	2,456	0,204
Co	**µg/g**	0,8167	0,9253	0,9631	<1	1,5567	2,5000							<3				
Cr	**%**	0,0305	0,0306	0,0307	0,0308	0,0310	0,0310	0,0311	0,0312	0,0313	0,0313	0,0314	0,0315	0,031	0,0003	**12**	1,036	0,000
Cu	**%**	2,4812	2,4905	2,4917	2,4962	2,4975	2,5004	2,5128	2,5301	2,5385	2,5638			2,510	0,0260	**10**	1,038	0,019
Fe	**%**	0,584	0,585	0,589	0,589	0,590	0,591	0,594	0,597	0,598	0,598	0,598		0,592	0,0053	**11**	0,891	0,004
Ga	**µg/g**	97,13	98,37	99,18	99,69	100,00	102,07	104,20	104,50					100,643	2,6873	**8**	2,670	2,247
Hg	**µg/g**	32,167	33,160	33,700	34,667									33,423	1,0442	**4**	3,124	1,662
Li	**µg/g**	3,450	3,600	3,685	3,890	3,942	4,065	4,067						3,814	0,2394	**7**	6,277	0,221
Mg	**%**	0,413	0,420	0,421	0,421	0,422	0,422	0,423	0,428	0,435				0,422	0,0061	**9**	1,437	0,005
Mn	**%**	0,306	0,310	0,312	0,312	0,312	0,314	0,314	0,315	0,316	0,317	0,318	0,321	0,314	0,0039	**12**	1,239	0,002
Na	**µg/g**	12,363	14,642	15,913	17,088	21,667								16,335	3,4574	**6**		3,628
Ni	**%**	0,091	0,094	0,095	0,095	0,095	0,096	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097	0,098	0,096	0,0019	**12**	2,016	0,001
P	**µg/g**	11,133	11,687	15,000										12,607	2,0912	**3**	16,588	5,195
Pb	**µg/g**	727,04	768,32	771,66	777,18	780,32	780,67	792,67	793,00	795,99	809,00	828,80	866,43	790,923	34,1994	**12**	4,324	21,729
Sb	**µg/g**	30,833	31,065	31,920	31,933	32,181								31,587	0,5968	**5**	1,889	0,741
Si	**%**	9,012	9,080	9,124	9,150	9,185	9,217	9,300	9,384					9,181	0,1193	**8**	1,299	0,100
Sn	**µg/g**	761,66	761,68	763,83	766,17	767,90	769,67	770,65	771,50	772,09	775,23	783,94	784,50	770,735	7,5589	**12**	0,981	4,803
Sr	**µg/g**	67,360	67,709	70,847	71,186	72,167	72,257	73,500	77,167	78,783				72,331	3,8079	**9**	5,265	2,927
Ti	**%**	0,1333	0,1361	0,1387	0,1404	0,1427	0,1434	0,1437	0,1441	0,1441	0,1458	0,1492	0,1511	0,143	0,0051	**12**	3,542	0,003
V	**µg/g**	51,193	51,306	52,037	52,470	52,799	53,652	53,713	54,000	54,955	57,167	57,833		53,739	2,1877	**11**	4,071	1,470
Zn	**%**	0,750	0,758	0,759	0,763	0,763	0,763	0,765	0,770	0,781	0,783	0,785		0,767	0,0112	**11**	1,458	0,008
Zr	**µg/g**	28,377	28,667	29,083	29,256	29,388	29,505	29,610	29,833	29,833	31,500			29,505	0,8457	**10**	2,866	0,605

M_m : Mittelwert der Laboratoriumsmittelwerte **S_M : Standardabweichung der Laboratoriumsmittelwerte**
RSD: Relative Standardabweichung der Laboratoriumsmittelwerte in % **VB/2: Halbe Breite des 95%-Vertrauensintervalls**

Tab. 8a: Einzelergebnisse der Ringversuchsteilnehmer: Bor, Beryllium, Bismut, Calcium

Info				Einzelergebnisse									Kenndaten				Ausreißertest			
Code	Analyt	Einheit	Methode / Probenart	1	2	3	4	5	6	7	8	9	M	STD	RSD%	n	5% J/N	Wert	1% J/N	Wert
2	B	µg/g	ICP-OES alkalisch	3,000	4,000	5,000	4,000	1,000	2,000				3,1667	1,4720	46,48	6	N		N	
6	B	µg/g	ICP-MS, sauer	0,200	0,170	0,230	0,230	0,270	0,210	0,200	0,290	0,330	0,2367	0,0507	21,44	9	N		N	
11	B	µg/g	ICP-OES alkalisch	1,800	1,600	1,900	1,800	1,600	1,800				1,7500	0,1225	7,00	6	N		N	
1	Be	µg/g	ICP-OES sauer (HF), StAdd	5,553	5,671	5,513	5,507	5,548	5,900				5,6153	0,1514	2,70	6	J	max	N	
2	Be	µg/g	ICP-OES alkalisch	5,600	5,500	5,400	5,400	5,400	5,400				5,4500	0,0837	1,54	6	N		N	
3	Be	µg/g	ICP OES/MS	5,623	5,630	5,610	5,630	5,590	5,590				5,6122	0,0187	0,33	6	N		N	
5	Be	µg/g	ICP-OES	4,700	4,800	4,700	4,600	4,700	4,800				4,7167	0,0753	1,60	6	N		N	
6	Be	µg/g	ICP-MS, sauer	5,470	5,550	5,600	5,660	5,560	5,790	5,570	5,690	5,860	5,6389	0,1243	2,21	9	N		N	
8	Be	µg/g		5,200	4,700	4,600	5,200	4,500	4,000				4,7000	0,4561	9,70	6	N		N	
10	Be	µg/g	ICP-OES sauer (HF)	5,320	5,330	5,330	5,340	5,320	5,350				5,3317	0,0117	0,22	6	N		N	
11	Be	µg/g	ICP-OES alkalisch	5,800	5,900	5,900	5,700	5,800	5,800				5,8167	0,0753	1,29	6	N		N	
2	Bi	µg/g	ICP-OES Hydrid	35,900	35,200	36,300	36,100	35,900	36,200				35,9333	0,3933	1,09	6	J	min	N	
3	Bi	µg/g	ICP OES/MS	49,020	50,460	49,270	50,860	48,820	50,220				49,7750	0,8464	1,70	6	N		N	
5	Bi	µg/g	ICP-OES	47,000	53,000	48,000	48,000	55,000	56,000				51,1667	3,9707	7,76	6	N		N	
6	Bi	µg/g	ICP-MS, KW+HF	35,850	36,370	36,290							36,1700	0,2800	0,77	3	N		N	
6	Bi	µg/g	ICP-MS, sauer	37,110	36,260	37,370							36,9133	0,5805	1,57	3	N		N	
8	Bi	µg/g		63,000	82,000	60,000	67,000	58,000	75,000				67,5000	9,3113	13,79	6	N		N	
10	Bi	µg/g	ICP-OES sauer (HF)	33,950	34,320	34,960	34,940	34,550	35,120				34,6400	0,4493	1,30	6	N		N	
11	Bi	µg/g	ICP-OES alkalisch	37,000	47,000	40,000	45,000	44,000	40,000				42,1667	3,7639	8,93	6	N		N	
2	Ca	µg/g	ICP-OES alkalisch	16,000	16,000	17,000	16,000	16,000	17,000				16,3333	0,5164	3,16	6	N		N	
3	Ca	µg/g	ICP OES/MS	12,540	14,340	12,780	14,240	12,720	14,270				13,4817	0,8823	6,54	6	N		N	
6	Ca	µg/g	ICP-MS, sauer	14,900	14,400	13,200							14,1667	0,8737	6,17	3	N		N	
6	Ca	µg/g	ICP OES, sauer	17,060	14,150	14,320							15,1767	1,6332	10,76	3	J	max	N	
11	Ca	µg/g	ICP-OES alkalisch	18,000	15,000	17,000	17,000	18,000	16,000				16,8333	1,1690	6,94	6	N		N	

Tab. 8b Einzelergebnisse der Ringversuchsteilnehmer; Cadmium, Cobalt, Chrom

1	Cd	µg/g	ICP-OES sauer (HF), StAdd	11,366	9,988	10,770	10,645	12,046	10,950				10,9608	0,6966	6,36	6	N		N	
2	Cd	µg/g	ICP-OES alkalisch	11,000	11,000	11,000	11,000	10,000	11,000				10,8333	0,4082	3,77	6	J	min	J	min
3	Cd	µg/g	ICP OES/MS	10,600	10,730	10,700	10,660	10,610	10,590				10,6483	0,0578	0,54	6	N		N	
5	Cd	µg/g	ICP-OES	10,800	10,800	10,800	12,200	13,000	10,500				11,3500	1,0075	8,88	6	N		N	
6	Cd	µg/g	ICP-MS, sauer	10,460	10,590	10,910	10,560	10,520	10,700	10,510	10,420	10,460	10,5700	0,1524	1,44	9	J	max	N	
6	Cd	µg/g	ICP OES, sauer	10,720	10,730	10,770							10,7400	0,0265	0,25	3	N		N	
10	Cd	µg/g	ICP-OES sauer (HF)	10,760	10,830	10,680	10,780	10,660	10,770				10,7467	0,0644	0,60	6	N		N	
11	Cd	µg/g	ICP-OES alkalisch	10,500	10,400	10,300	10,300	10,500	10,500				10,4167	0,0983	0,94	6	N		N	
13	Cd	µg/g	IDMS	10,880	10,891	10,845	10,846	10,873	10,846				10,8632	0,0204	0,19	6	N		N	
2	Co	µg/g	ICP-OES alkalisch	3,000	2,000	2,000	3,000	2,000	3,000				2,5000	0,5477	21,91	6	N		N	
3	Co	µg/g	ICP OES/MS	0,936	0,922	0,922	0,922	0,932	0,918				0,9253	0,0070	0,76	6	N		N	
6	Co	µg/g	ICP-MS, sauer	0,940	0,940	0,940	0,930	0,940	0,930	0,570	0,600	0,560	0,8167	0,1803	22,08	9	N		N	
6	Co	µg/g	ICP OES, sauer	<1	<1	<1							<1			0				
10	Co	µg/g	ICP-OES sauer (HF)	1,590	1,500	1,630	1,480	1,590	1,550				1,5567	0,0579	3,72	6	N		N	
14	Co	µg/g	INAA	0,978	0,966	0,963	0,978	0,946	0,947				0,9631	0,0142	1,48	6	N		N	
2	Cr	%	ICP-OES alkalisch	0,0307	0,0303	0,0304	0,0306	0,0307	0,0303				0,0305	0,0002	0,62	6	N		N	
3	Cr	%	ICP OES/MS	0,0313	0,0314	0,0314	0,0313	0,0314	0,0313				0,0313	0,0001	0,20	6	N		N	
5	Cr	%	AAS	0,0320	0,0302	0,0302	0,0308	0,0303	0,0303				0,0306	0,0007	2,31	6	J	max	N	
6	Cr	%	ICP OES, alkalisch	0,0313	0,0314	0,0313	0,0311	0,0312	0,0311				0,0312	0,0001	0,39	6	N		N	
6	Cr	%	ICP OES, sauer	0,0315	0,0315	0,0315							0,0315	0,0000	0,09	3	N		N	
6	Cr	%	ICP-MS, sauer	0,0312	0,0317	0,0313							0,0314	0,0003	0,82	3	N		N	
8	Cr	%		0,0314	0,0315	0,0310	0,0308	0,0314	0,0316				0,0313	0,0003	1,00	6	N		N	
9	Cr	%	AAS (Vergleichsstandards?)	0,0310	0,0310	0,0300	0,0310	0,0310	0,0310				0,0308	0,0004	1,32	6	J	min	J	min
10	Cr	%	ICP-OES sauer (HF)	0,0310	0,0310	0,0310	0,0311	0,0310	0,0311				0,0310	0,0000	0,16	6	N		N	
11	Cr	%	ICP-OES alkalisch	0,0310	0,0310	0,0310	0,0310	0,0311	0,0310				0,0310	0,0000	0,13	6	J	max	J	max
14	Cr	%	PAA	0,0305	0,0315	0,0311	0,0316	0,0313	0,0307				0,0311	0,0004	1,41	6	N		N	
14	Cr	%	INAA	0,0304	0,0307	0,0308	0,0307	0,0308	0,0309				0,0307	0,0002	0,57	6	N		N	

Tab. 8c Einzelergebnisse der Ringversuchsteilnehmer: Kupfer, Eisen, Gallium

1	Cu	%	ICP-OES alkalisch	2,583	2,562	2,573	2,558	2,543	2,564				2,5638	0,0137	0,54	6	N		N	
2	Cu	%	ICP-OES alkalisch	2,509	2,532	2,502	2,502	2,483	2,475				2,5004	0,0200	0,80	6	N		N	
3	Cu	%	ICP OES/MS	2,503	2,499	2,504	2,503	2,476	2,500				2,4975	0,0107	0,43	6	J	min	J	min
5	Cu	%	AAS	2,520	2,508	2,514	2,513	2,491	2,531				2,5128	0,0133	0,53	6	N		N	
6	Cu	%	ICP OES, alkalisch	2,525	2,530	2,527	2,531	2,537	2,531				2,5301	0,0043	0,17	6	N		N	
8	Cu	%		2,495	2,498	2,493	2,490	2,503	2,498				2,4962	0,0045	0,18	6	N		N	
9	Cu	%	AAS (Vergleichsstandards?)	2,498	2,502	2,486	2,489	2,492	2,483				2,4917	0,0072	0,29	6	N		N	
10	Cu	%	ICP-OES sauer (HF)	2,474	2,478	2,475	2,492	2,479	2,489				2,4812	0,0076	0,31	6	N		N	
11	Cu	%	ICP-OES alkalisch	2,543	2,543	2,549	2,540	2,532	2,524				2,5385	0,0090	0,35	6	N		N	
12	Cu	%	F-AAS	2,498	2,482	2,497	2,479	2,497	2,490				2,4905	0,0083	0,33	6	N		N	
1	Fe	%	ICP-OES alkalisch	0,600	0,598	0,599	0,599	0,594	0,595				0,5976	0,0025	0,43	6	N		N	
2	Fe	%	ICP-OES alkalisch	0,595	0,595	0,595	0,592	0,592	0,598				0,5943	0,0022	0,36	6	N		N	
3	Fe	%	ICP OES/MS	0,597	0,596	0,595	0,602	0,599	0,600				0,5982	0,0024	0,41	6	N		N	
5	Fe	%	ICP-OES	0,593	0,594	0,597	0,593	0,584	0,572				0,5888	0,0093	1,58	6	N		N	
6	Fe	%	ICP OES, alkalisch	0,593	0,594	0,592	0,589	0,592	0,589				0,5913	0,0019	0,31	6	N		N	
6	Fe	%	ICP-MS, sauer	0,587	0,593	0,589							0,5899	0,0028	0,48	3	N		N	
8	Fe	%		0,590	0,589	0,587	0,586	0,587	0,592				0,5885	0,0023	0,38	6	N		N	
9	Fe	%	AAS (Vergleichsstandards?)	0,582	0,585	0,582	0,587	0,583	0,582				0,5835	0,0021	0,36	6	N		N	
10	Fe	%	ICP-OES sauer (HF)	0,597	0,598	0,597	0,597	0,598	0,599				0,5977	0,0007	0,12	6	N		N	
11	Fe	%	ICP-OES alkalisch	0,598	0,598	0,595	0,593	0,599	0,596				0,5965	0,0023	0,38	6	N		N	
12	Fe	%	Photometrie	0,587	0,588	0,589	0,580	0,582	0,583				0,5848	0,0037	0,63	6	N		N	
1	Ga	µg/g	ICP-OES sauer (HF), StAdd	97,016	100,815	99,199	100,334	98,573	104,089				100,0043	2,4116	2,41	6	N		N	
2	Ga	µg/g	ICP-OES alkalisch	114,000	113,000	116,000	111,000	115,000	118,000				114,5000	2,4290	2,12	6	N		N	
3	Ga	µg/g	ICP OES/MS	98,680	99,270	100,180	99,940	100,510	99,560				99,6900	0,6616	0,66	6	N		N	
6	Ga	µg/g	ICP-MS, sauer	99,585	99,467	99,420	98,700	98,540	99,780	97,950	100,100	99,050	99,1769	0,6782	0,68	9	N		N	
6	Ga	µg/g	ICP OES, sauer	98,540	97,850	98,720							98,3700	0,4592	0,47	3	N		N	
10	Ga	µg/g	ICP-OES sauer (HF)	97,330	96,780	97,790	96,320	97,050	97,510				97,1300	0,5301	0,55	6	N		N	
11	Ga	µg/g	ICP-OES alkalisch	105,000	105,000	104,000	105,000	103,000	105,000				104,5000	0,8367	0,80	6	N		N	
14	Ga	µg/g	INAA	105,651	106,223	101,526	99,533	100,304	99,205				102,0738	3,1029	3,04	6	N		N	
14	Ga	µg/g	SY-RFA	103,200	103,900	104,700	103,500	105,400	104,500				104,2000	0,8198	0,79	6	N		N	

Tab. 8d: Einzelergebnisse der Ringversuchsteilnehmer: Quecksilber, Lithium, Magnesium, Mangan

2	Hg	µg/g	ICP-OES Hydrid	33,300	33,400	33,200	34,200	34,300	33,800				33,7000	0,4733	1,40	6	N		N	
5	Hg	µg/g	ICP-OES	33,000	33,000	32,000	32,000	31,000	32,000				32,1667	0,7528	2,34	6	N		N	
6	Hg	µg/g	ICP-MS, KW+HF	35,050	34,160	34,790							34,6667	0,4576	1,32	3	N		N	
6	Hg	µg/g	ICP-MS, sauer	33,150	33,130	33,200							33,1600	0,0361	0,11	3	N		N	
1	Li	µg/g	ICP-OES alkalisch	3,433	3,651	3,540	3,861	3,499	3,615				3,5998	0,1502	4,17	6	N		N	
1	Li	µg/g	ICP-OES sauer (HF), StAdd	3,485	3,499	3,156	3,350	3,503	3,708				3,4502	0,1840	5,33	6	N		N	
2	Li	µg/g	ICP-OES alkalisch	4,100	4,000	4,000	4,200	4,100	4,000				4,0667	0,0816	2,01	6	N		N	
3	Li	µg/g	ICP OES/MS	3,660	3,740	3,760	3,630	3,690	3,630				3,6850	0,0554	1,50	6	N		N	
6	Li	µg/g	ICP-MS, sauer	4,000	3,890	3,970	3,880	3,800	4,020	3,920	4,020	3,980	3,9422	0,0750	1,90	9	N		N	
6	Li	µg/g	ICP OES, sauer	3,990	3,990	3,970	3,960	4,180	4,300				4,0650	0,1412	3,47	6	N		N	
10	Li	µg/g	ICP-OES sauer (HF)	3,900	3,880	3,890	3,880	3,880	3,910				3,8900	0,0126	0,33	6	N		N	
2	Mg	%	ICP-OES alkalisch	0,425	0,420	0,420	0,422	0,425	0,425				0,4228	0,0025	0,58	6	N		N	
3	Mg	%	ICP OES/MS	0,421	0,419	0,421	0,421	0,424	0,421				0,4210	0,0015	0,35	6	N		N	
5	Mg	%	AAS	0,412	0,414	0,414	0,413	0,404	0,418				0,4125	0,0046	1,12	6	J	min	N	
6	Mg	%	ICP OES, alkalisch	0,424	0,425	0,425	0,427	0,439	0,427				0,4279	0,0058	1,35	6	J	max	J	max
6	Mg	%	ICP-MS, sauer	0,419	0,421	0,422							0,4210	0,0014	0,33	3	N		N	
8	Mg	%		0,426	0,421	0,420	0,420	0,419	0,422				0,4216	0,0026	0,61	6	J	max	N	
9	Mg	%	AAS (Vergleichsstandards?)	0,421			0,423	0,423	0,419				0,4215	0,0019	0,45	4	N		N	
10	Mg	%	ICP-OES sauer (HF)	0,434	0,434	0,435	0,434	0,436	0,435				0,4348	0,0007	0,15	6	N		N	
11	Mg	%	ICP-OES alkalisch	0,419	0,421	0,420	0,418	0,419	0,420				0,4195	0,0010	0,25	6	N		N	
1	Mn	%	ICP-OES alkalisch	0,316	0,316	0,315	0,316	0,313	0,315				0,3153	0,0010	0,33	6	N		N	
2	Mn	%	ICP-OES alkalisch	0,315	0,312	0,315	0,318	0,314	0,313				0,3145	0,0020	0,62	6	N		N	
3	Mn	%	ICP OES/MS	0,312	0,311	0,312	0,313	0,313	0,313				0,3123	0,0008	0,26	6	N		N	
5	Mn	%	ICP-OES	0,320	0,318	0,318	0,316	0,310	0,304				0,3143	0,0061	1,95	6	N		N	
6	Mn	%	ICP OES, alkalisch	0,317	0,317	0,316	0,315	0,316	0,315				0,3159	0,0011	0,36	6	N		N	
8	Mn	%		0,313	0,312	0,311	0,311	0,312	0,314				0,3122	0,0012	0,39	6	N		N	
9	Mn	%	AAS (Vergleichsstandards?)	0,312	0,308	0,311	0,303	0,300	0,301				0,3058	0,0052	1,70	6	N		N	
10	Mn	%	ICP-OES sauer (HF)	0,311	0,312	0,311	0,312	0,313	0,312				0,3118	0,0007	0,22	6	N		N	
11	Mn	%	ICP-OES alkalisch	0,319	0,320	0,322	0,321	0,322	0,320				0,3207	0,0012	0,38	6	N		N	
12	Mn	%	Photometrie	0,320	0,317	0,317	0,313	0,313	0,320				0,3167	0,0031	0,99	6	N		N	
14	Mn	%	PAA	0,305	0,310	0,305	0,313	0,321	0,308				0,3105	0,0061	1,96	6	N		N	
14	Mn	%	INAA	0,325	0,323	0,321	0,299	0,311	0,330				0,3183	0,0112	3,50	6	N		N	

Tab. 8e Einzelergebnisse der Ringversuchsteilnehmer: Natrium, Nickel, Phosphor, Blei

3	Na	µg/g	ICP OES/MS	17,170	17,080	17,170	16,750	17,360	17,000				17,0883	0,2047	1,20	6	N		N	
6	Na	µg/g	ICP-MS, sauer	13,680	15,860	13,860	12,490	15,230	16,730				14,6417	1,5721	10,74	6	N		N	
6	Na	µg/g	ICP OES, sauer	16,070	15,890	15,780							15,9133	0,1464	0,92	3	N		N	
10	Na	µg/g	ICP-OES sauer (HF)	12,780	11,340	12,190	13,550	12,750	11,570				12,3633	0,8292	6,71	6	N		N	
11	Na	µg/g	ICP-OES alkalisch	17,000	24,000	25,000	22,000	19,000	23,000				21,6667	3,0768	14,20	6	N		N	
1	Ni	%	ICP-OES alkalisch	0,097	0,096	0,097	0,097	0,096	0,097				0,0968	0,0004	0,44	6	N		N	
2	Ni	%	ICP-OES alkalisch	0,096	0,095	0,095	0,095	0,096	0,095				0,0952	0,0004	0,45	6	N		N	
3	Ni	%	ICP OES/MS	0,098	0,097	0,098	0,097	0,098	0,097				0,0973	0,0003	0,33	6	N		N	
5	Ni	%	AAS	0,093	0,095	0,096	0,094	0,095	0,096				0,0950	0,0011	1,16	6	N		N	
6	Ni	%	ICP OES, alkalisch	0,097	0,097	0,097	0,097	0,098	0,097				0,0972	0,0004	0,44	6	N		N	
6	Ni	%	ICP-MS, sauer	0,095	0,097	0,097							0,0962	0,0012	1,22	3	N		N	
8	Ni	%	ICP OES alkalisch	0,095	0,100	0,097	0,096	0,098					0,0972	0,0019	1,99	5	N		N	
9	Ni	%	AAS (Vergleichsstandards?)	0,094	0,093	0,094	0,095	0,095	0,094				0,0942	0,0008	0,80	6	N		N	
10	Ni	%	ICP-OES sauer (HF)	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097				0,0967	0,0002	0,22	6	N		N	
11	Ni	%	ICP-OES alkalisch	0,094	0,095	0,096	0,095	0,095	0,095				0,0950	0,0006	0,67	6	N		N	
12	Ni	%	Photometrie	0,098	0,098	0,098	0,099	0,098	0,098				0,0982	0,0004	0,42	6	J	max	J	max
14	Ni	%	PAA	0,091	0,093	0,089	0,093	0,088	0,092				0,0910	0,0020	2,17	6	N		N	
5	P	µg/g	ICP-OES	13,000	15,000	10,000	19,000	15,000	18,000				15,0000	3,2863	21,91	6	N		N	
6	P	µg/g	ICP-MS, KW+HF	11,939	11,061	10,398							11,1329	0,7731	6,94	3	N		N	
6	P	µg/g	ICP-MS, sauer	11,590	11,200	12,270							11,6867	0,5415	4,63	3	N		N	
1	Pb	µg/g	ICP-OES sauer (HF), StAdd	806,572	733,987	658,440	689,705	739,577	733,959				727,0401	50,3556	6,93	6	N		N	
2	Pb	µg/g	ICP-OES alkalisch	787,000	778,000	788,000	773,000	777,000	781,000				780,6667	5,8878	0,75	6	N		N	
3	Pb	µg/g	ICP OES/MS	795,000	793,780	798,980	801,690	802,020	784,480				795,9917	6,5747	0,83	6	N		N	
5	Pb	µg/g	ICP-OES	795,000	804,000	796,000	794,000	782,000	785,000				792,6667	7,9917	1,01	6	N		N	
6	Pb	µg/g	ICP OES, alkalisch	758,140	756,930	757,300	774,300	782,950	780,300				768,3200	12,2321	1,59	6	N		N	
6	Pb	µg/g	ICP-MS, sauer	805,050	789,420	786,260	774,500	766,240	773,160	785,730	772,280	770,200	780,3156	12,2952	1,58	9	N		N	
8	Pb	µg/g	ICP OES alkalisch	812,000	823,000	842,000	851,000	816,000					828,8000	16,9322	2,04	5	N		N	
10	Pb	µg/g	ICP-OES sauer (HF)	770,820	776,530	768,910	772,390	768,530	772,800				771,6633	2,9534	0,38	6	N		N	
11	Pb	µg/g	ICP-OES alkalisch	793,000	789,000	794,000	796,000	792,000	794,000				793,0000	2,3664	0,30	6	N		N	
12	Pb	µg/g	F-AAS	868,170	868,840	868,830	859,940	864,290	868,520				866,4317	3,6239	0,42	6	N		N	
13	Pb	µg/g	IDMS	788,100	772,700	775,700	772,200						777,1750	7,4455	0,96	4	J	max	N	
14	Pb	µg/g	PAA	805,000	800,000	734,000	874,000	797,000	844,000				809,0000	47,5731	5,88	6	N		N	

Tab. 8f Einzelergebnisse der Ringversuchsteilnehmer: Antimon, Silicium, Zinn

2	Sb	µg/g	ICP-OES Hydrid	31,100	30,900	31,700	30,800	30,200	30,300				30,8333	0,5502	1,78	6	N		N	
6	Sb	µg/g	ICP-MS, sauer	33,540	32,830	31,720	31,520	31,080	30,830				31,9200	1,0532	3,30	6	N		N	
10	Sb	µg/g	ICP-OES sauer (HF)	30,920	30,900	31,200	30,920	31,460	30,990				31,0650	0,2232	0,72	6	N		N	
14	Sb	µg/g	PAA	31,600	31,800	32,400	32,700	31,300	31,800				31,9333	0,5203	1,63	6	N		N	
14	Sb	µg/g	INAA	31,951	31,890	32,341	32,323	32,319	32,264				32,1814	0,2045	0,64	6	N		N	
1	Si	%	ICP-OES alkalisch	9,105	9,088	9,085	9,069	9,057	9,076				9,0800	0,0166	0,18	6	N		N	
2	Si	%	ICP-OES alkalisch	9,166	9,145	9,160	9,099	9,093	9,081				9,1241	0,0371	0,41	6	N		N	
3	Si	%	ICP OES/MS	9,020	8,997	8,973	9,007	9,042	9,035				9,0123	0,0254	0,28	6	N		N	
5	Si	%	G	9,254	9,327	9,324	9,303	9,269	9,320				9,2995	0,0309	0,33	6	N		N	
6	Si	%	ICP OES, alkalisch	9,180	9,185	9,187	9,181	9,202	9,173				9,1845	0,0098	0,11	6	N		N	
8	Si	%		9,175	9,150	9,125	9,140	9,115	9,195				9,1500	0,0303	0,33	6	N		N	
10	Si	%	ICP-OES sauer (HF)	9,566	9,288	9,339	9,459	9,315	9,340				9,3845	0,1064	1,13	6	N		N	
11	Si	%	ICP-OES alkalisch	9,200	9,180	9,240	9,210	9,230	9,240				9,2167	0,0242	0,26	6	N		N	
1	Sn	µg/g	ICP-OES sauer (HF), StAdd	766,163	762,385	755,557	746,231	763,550	776,082				761,6613	10,0763	1,32	6	N		N	
2	Sn	µg/g	ICP-OES alkalisch	772,000	774,000	771,000	765,000	781,000	766,000				771,5000	5,8224	0,75	6	N		N	
3	Sn	µg/g	ICP OES/MS	762,900	762,200	766,700	754,600	764,000	759,700				761,6833	4,1566	0,55	6	N		N	
5	Sn	µg/g	ICP-OES	772,000	776,000	772,000	771,000	759,000	747,000				766,1667	11,0167	1,44	6	N		N	
6	Sn	µg/g	ICP OES, alkalisch	770,100	768,530	763,650	786,010	792,990	770,100				775,2300	11,5173	1,49	6	N		N	
6	Sn	µg/g	ICP-MS, sauer	769,630	771,390	769,190	773,620	773,000	773,370	772,930	773,220	759,470	770,6467	4,5036	0,58	9	J	min	J	min
6	Sn	µg/g	ICP OES, sauer	780,370	784,950	786,510							783,9433	3,1914	0,41	3	N		N	
8	Sn	µg/g		754,000	784,000	753,000	759,000	741,000	792,000				763,8333	19,7931	2,59	6	N		N	
10	Sn	µg/g	ICP-OES sauer (HF)	768,760	769,520	769,590	767,060	766,070	766,410				767,9017	1,5808	0,21	6	N		N	
11	Sn	µg/g	ICP-OES alkalisch	760,000	832,000	805,000	770,000	790,000	750,000				784,5000	30,6839	3,91	6	N		N	
14	Sn	µg/g	PAA	774,000	747,000	789,000	777,000	793,000	738,000				769,6667	22,3935	2,91	6	N		N	
14	Sn	µg/g	SY-RFA	770,960	766,080	763,280	780,420	779,970	771,840				772,0917	7,0222	0,91	6	N		N	

Tab. 8g: Einzelergebnisse der Ringversuchsteilnehmer: Strontium, Titan, Vanadium

1	Sr	µg/g	ICP-OES alkalisch	71,379	71,167	71,129	71,139	71,141	71,164				71,1865	0,0956	0,13	6	J	max	J	max
2	Sr	µg/g	ICP-OES alkalisch	75,000	72,000	73,000	74,000	73,000	74,000				73,5000	1,0488	1,43	6	N		N	
3	Sr	µg/g	ICP OES/MS	78,700	78,900	78,600	78,300	79,100	79,100				78,7833	0,3125	0,40	6	N		N	
5	Sr	µg/g	ICP-OES	74,000	74,000	73,000	72,000	71,000	69,000				72,1667	1,9408	2,69	6	N		N	
6	Sr	µg/g	ICP-MS, sauer	67,440	67,230	66,930	65,920	66,340	67,280	68,670	68,870	70,700	67,7089	1,4741	2,18	9	N		N	
6	Sr	µg/g	ICP OES, sauer	66,990	67,130	67,960							67,3600	0,5243	0,78	3	N		N	
6	Sr	µg/g	ICP OES, alkalisch	70,900	70,910	70,730							70,8467	0,1012	0,14	3	J	min	N	
10	Sr	µg/g	ICP-OES sauer (HF)	72,120	72,230	72,190	72,390	72,320	72,290				72,2567	0,0967	0,13	6	N		N	
11	Sr	µg/g	ICP-OES alkalisch	77,000	78,000	78,000	77,000	76,000	77,000				77,1667	0,7528	0,98	6	N		N	
1	Ti	%	ICP-OES alkalisch	0,144	0,143	0,144	0,143	0,143	0,143				0,1434	0,0004	0,30	6	N		N	
2	Ti	%	ICP-OES alkalisch	0,144	0,142	0,142	0,144	0,145	0,144				0,1437	0,0012	0,81	6	N		N	
3	Ti	%	ICP OES/MS	0,146	0,146	0,146	0,146	0,146	0,146				0,1458	0,0003	0,20	6	N		N	
5	Ti	%	ICP-OES	0,141	0,141	0,140	0,138	0,137	0,135				0,1387	0,0024	1,75	6	N		N	
6	Ti	%	ICP OES, alkalisch	0,145	0,145	0,144	0,143	0,144	0,144				0,1441	0,0006	0,42	6	N		N	
6	Ti	%	ICP-MS, sauer	0,143	0,143	0,144	0,144	0,145	0,145				0,1441	0,0009	0,63	6	N		N	
8	Ti	%		0,143	0,142	0,142	0,143	0,142	0,143				0,1427	0,0006	0,45	6	N		N	
10	Ti	%	ICP-OES sauer (HF)	0,136	0,136	0,136	0,136	0,136	0,137				0,1361	0,0004	0,30	6	J	max	N	
11	Ti	%	ICP-OES alkalisch	0,149	0,150	0,148	0,149	0,149	0,150				0,1492	0,0008	0,50	6	N		N	
12	Ti	%	Photometrie	0,133	0,133	0,134	0,133	0,134	0,133				0,1333	0,0005	0,39	6	N		N	
14	Ti	%	PAA	0,148	0,157	0,150	0,152	0,148	0,151				0,1511	0,0035	2,33	6	N		N	
14	Ti	%	SY-RFA	0,144	0,140	0,141	0,137	0,141	0,140				0,1404	0,0021	1,47	6	N		N	
1	V	µg/g	ICP-OES alkalisch	52,527	52,674	53,014	52,578	53,364	52,636				52,7989	0,3256	0,62	6	N		N	
1	V	µg/g	ICP-OES sauer (HF), StAdd	51,266	51,467	50,814	51,391	51,658	51,239				51,3059	0,2844	0,55	6	N		N	
2	V	µg/g	ICP-OES alkalisch	54,000	53,000	54,000	55,000	54,000	54,000				54,0000	0,6325	1,17	6	N		N	
3	V	µg/g	ICP OES/MS	53,630	53,480	53,600	53,890	53,750	53,930				53,7133	0,1753	0,33	6	N		N	
6	V	µg/g	ICP-MS, sauer	54,230	53,820	53,220	53,590	53,470	53,610	53,280	53,890	53,760	53,6522	0,3151	0,59	9	N		N	
6	V	µg/g	ICP OES, sauer	52,210	51,990	51,910							52,0367	0,1553	0,30	3	N		N	
6	V	µg/g	ICP OES, alkalisch	51,200	51,320	51,060							51,1933	0,1301	0,25	3	N		N	
8	V	µg/g		60,000	56,000	57,000	57,000	58,000	59,000				57,8333	1,4720	2,55	6	N		N	
10	V	µg/g	ICP-OES sauer (HF)	52,500	52,380	52,510	52,450	52,450	52,530				52,4700	0,0548	0,10	6	N		N	
11	V	µg/g	ICP-OES alkalisch	57,000	58,000	58,000	57,000	56,000	57,000				57,1667	0,7528	1,32	6	N		N	
14	V	µg/g	SY-RFA	58,990	52,550	55,500	63,740	48,880	50,070				54,9550	5,6623	10,30	6	N		N	

Tab. 8h: Einzelergebnisse der Ringversuchsteilnehmer: Zink, Zirconium

1	Zn	%	ICP-OES alkalisch	0,774	0,772	0,777	0,770	0,765	0,763				0,7703	0,0053	0,69	6	N		N
2	Zn	%	ICP-OES alkalisch	0,782	0,788	0,793	0,797	0,777	0,772				0,7847	0,0095	1,21	6	N		N
3	Zn	%	ICP OES/MS	0,763	0,768	0,764	0,764	0,765	0,764				0,7646	0,0018	0,24	6	J	max	N
5	Zn	%	AAS	0,782	0,780	0,777	0,785	0,775	0,786				0,7808	0,0044	0,56	6	N		N
6	Zn	%	ICP OES, alkalisch	0,767	0,767	0,766	0,759	0,763	0,759				0,7635	0,0035	0,46	6	N		N
8	Zn	%	ICP OES alkalisch	0,767	0,768	0,761	0,758	0,760					0,7628	0,0044	0,58	5	N		N
9	Zn	%	AAS (Vergleichsstandards?)	0,766	0,768	0,764	0,764	0,756	0,760				0,7630	0,0043	0,57	6	N		N
10	Zn	%	ICP-OES sauer (HF)	0,749	0,751	0,749	0,750	0,747	0,755				0,7504	0,0025	0,34	6	N		N
11	Zn	%	ICP-OES alkalisch	0,757	0,759	0,763	0,761	0,757	0,753				0,7583	0,0035	0,46	6	N		N
12	Zn	%	F-AAS	0,763	0,754	0,759	0,756	0,760	0,759				0,7585	0,0031	0,41	6	N		N
14	Zn	%	PAA	0,772	0,775	0,773	0,785	0,799	0,795				0,7832	0,0115	1,47	6	N		N
1	Zr	µg/g	ICP-OES alkalisch	29,960	29,250	29,250	29,292	28,682	29,891				29,3876	0,4746	1,62	6	N		N
2	Zr	µg/g	ICP-OES alkalisch	32,000	31,000	31,000	32,000	31,000	32,000				31,5000	0,5477	1,74	6	N		N
5	Zr	µg/g	ICP-OES	30,000	31,000	30,000	29,000	29,000	30,000				29,8333	0,7528	2,52	6	N		N
6	Zr	µg/g	ICP-MS, sauer	29,350	29,220	29,380	29,030	29,190	29,660	29,470	29,090	28,910	29,2556	0,2338	0,80	9	N		N
6	Zr	µg/g	ICP OES, sauer	29,590	29,640	29,600							29,6100	0,0265	0,09	3	N		N
8	Zr	µg/g		28,000	27,000	30,000	29,000	28,000	30,000				28,6667	1,2111	4,22	6	N		N
10	Zr	µg/g	ICP-OES sauer (HF)	28,360	28,410	28,300	28,400	28,320	28,470				28,3767	0,0628	0,22	6	N		N
11	Zr	µg/g	ICP-OES alkalisch	32,000	29,000	28,000	30,000	31,000	29,000				29,8333	1,4720	4,93	6	N		N
14	Zr	µg/g	PAA	29,200	29,000	29,100	28,900	28,600	29,700				29,0833	0,3656	1,26	6	N		N
14	Zr	µg/g	SY-RFA	30,220	28,900	29,050	29,990	29,500	29,370				29,5050	0,5173	1,75	6	N		N

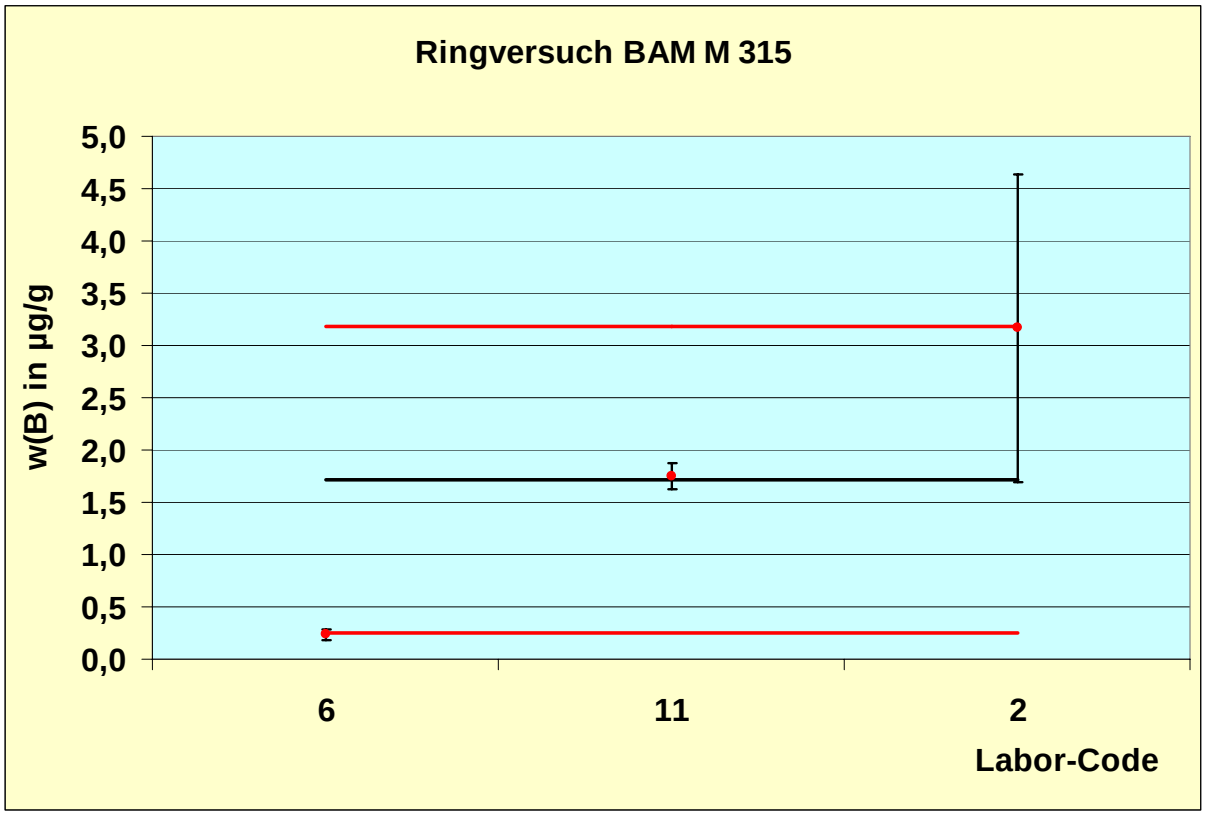


Abb. 28a: Laborergebnisse „Bor“

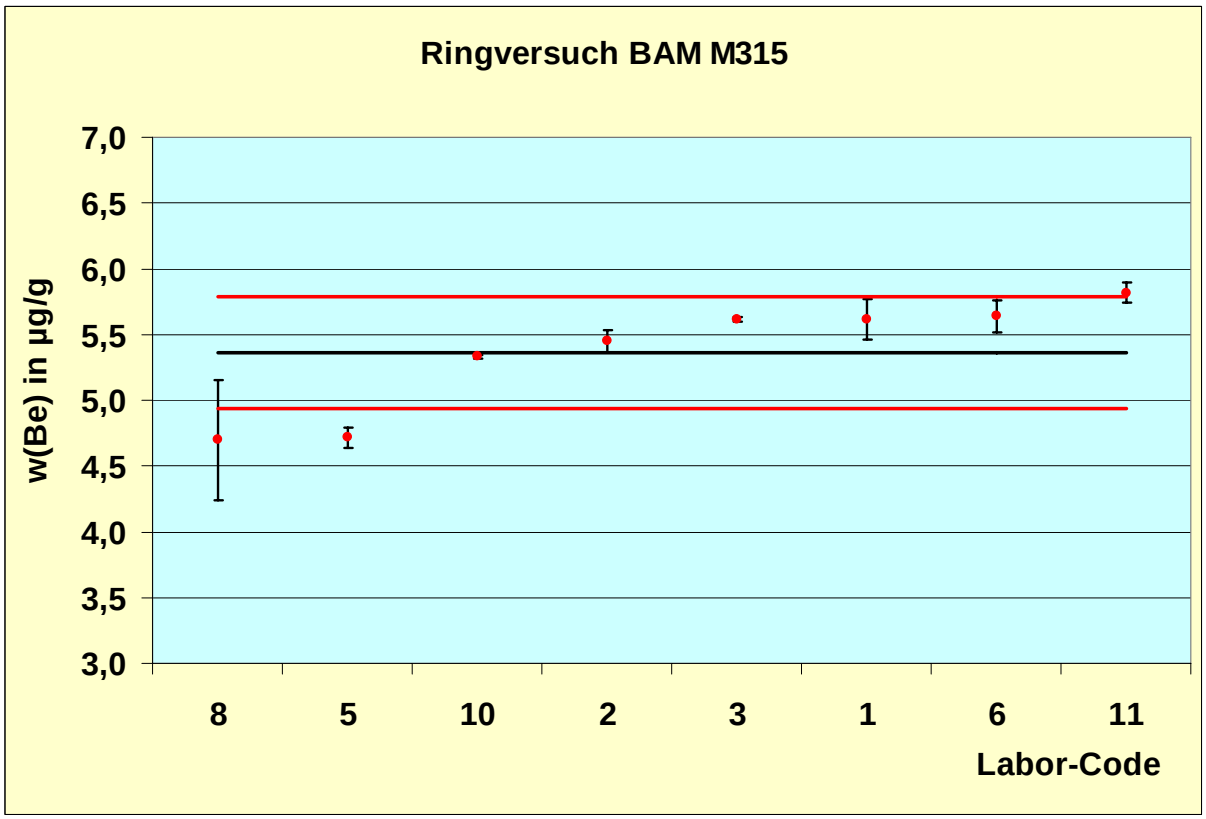


Abb. 28b: Laborergebnisse „Beryllium“

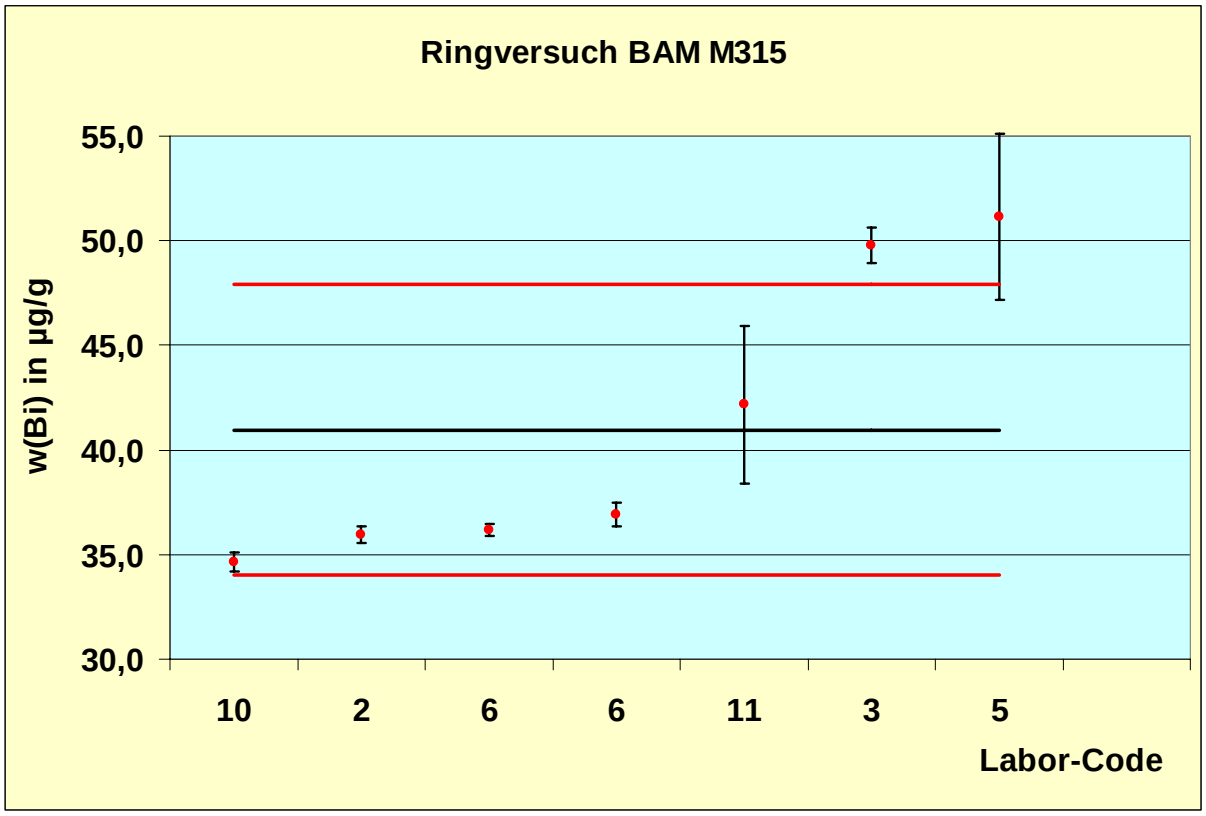


Abb. 28c: Laborergebnisse „Bismut“

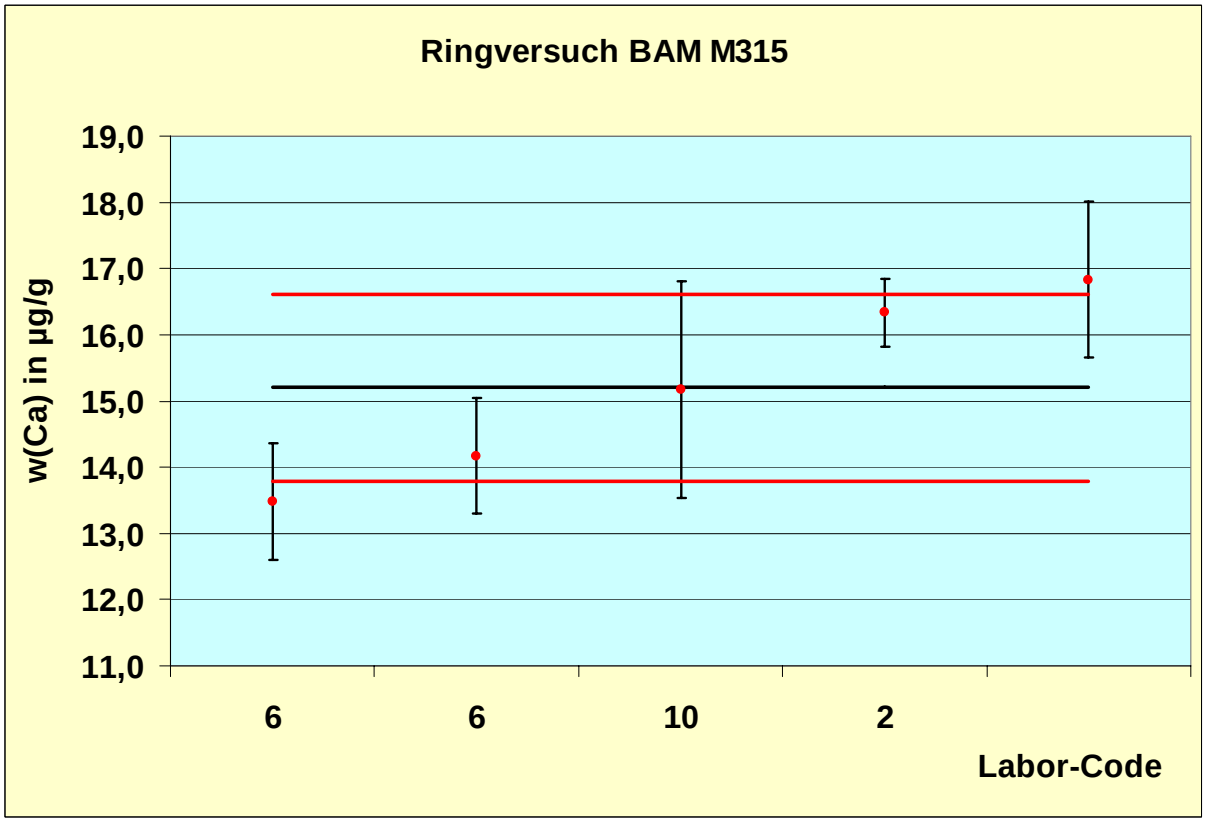


Abb. 28d: Laborergebnisse „Calcium“

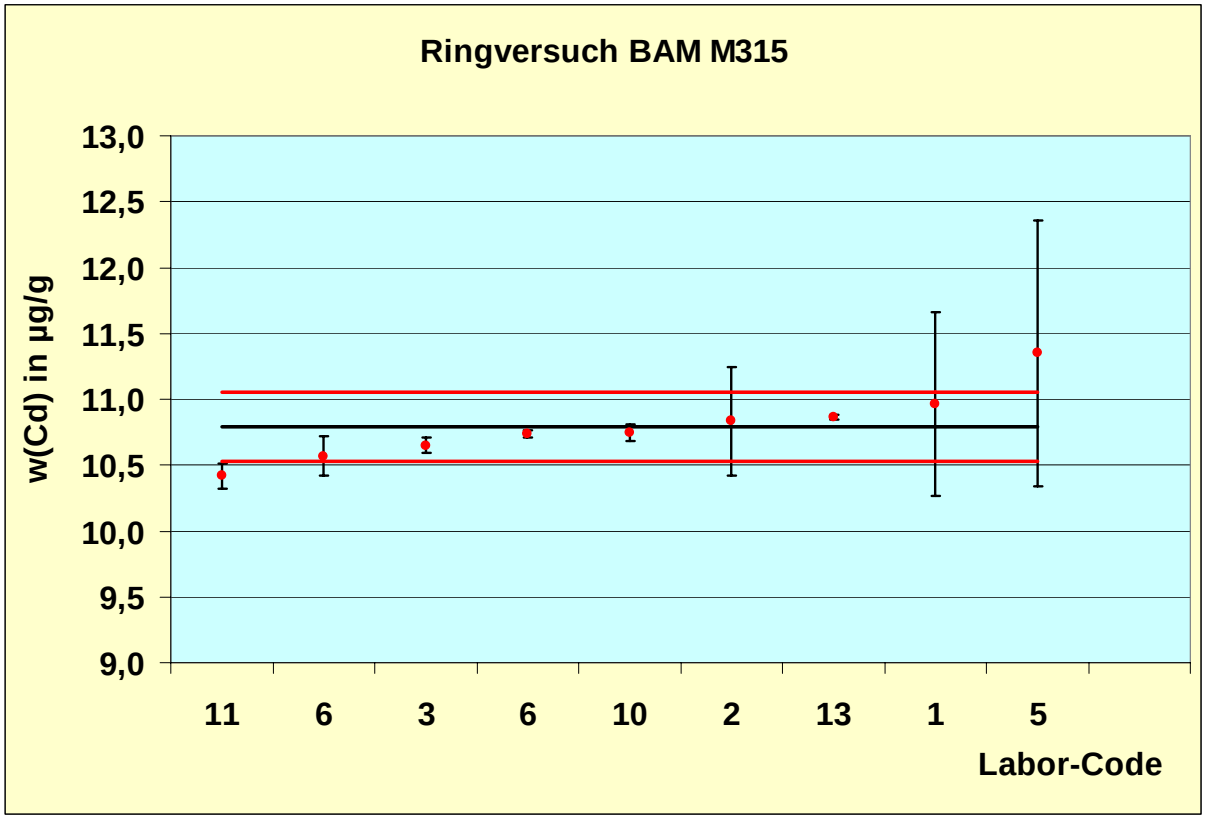


Abb. 28e: Laborergebnisse „Cadmium“

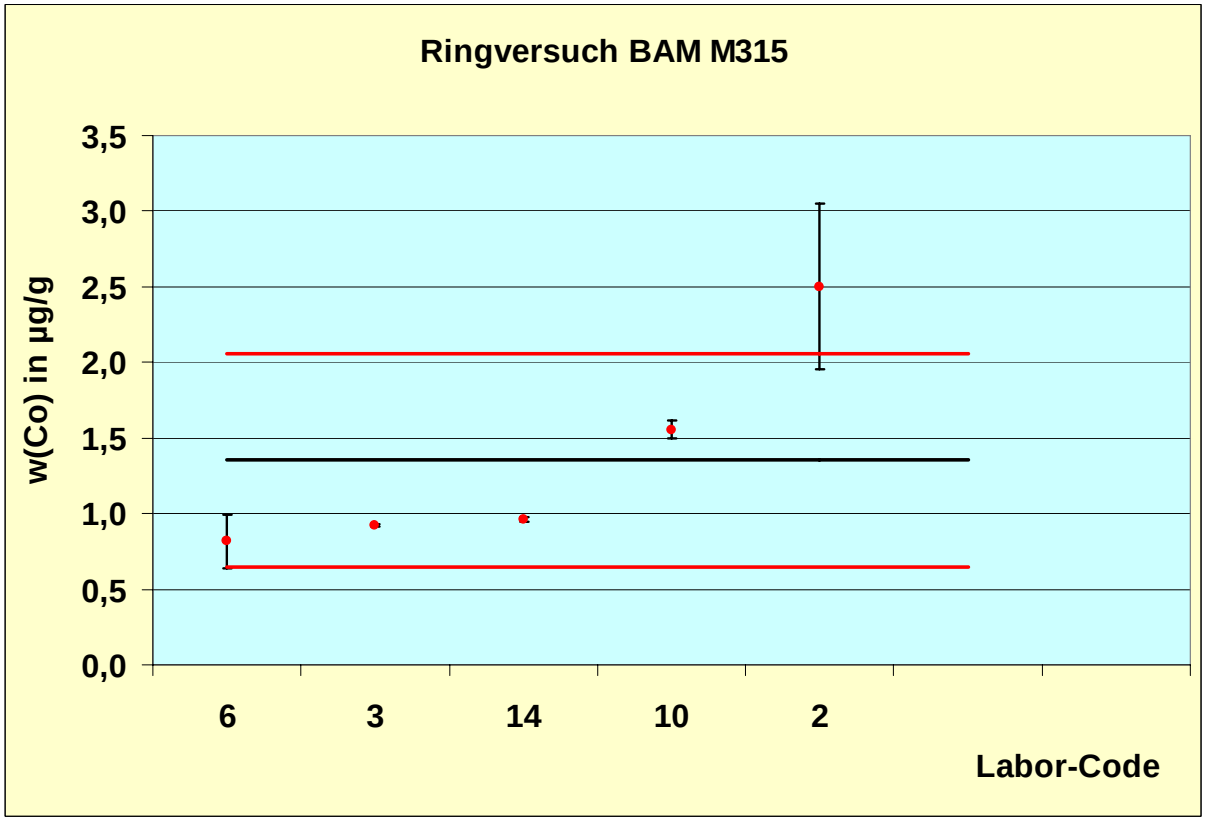


Abb. 28f: Laborergebnisse „Cobalt“

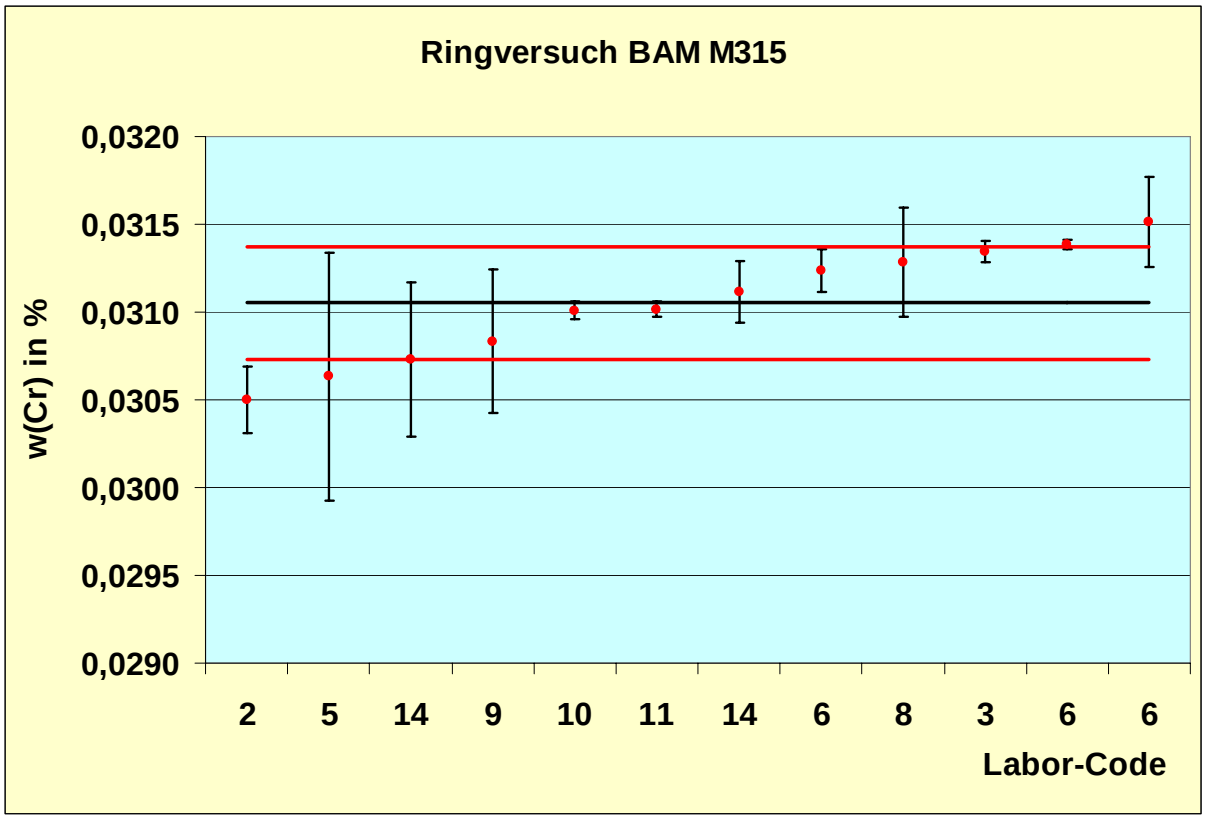


Abb. 28g: Laborergebnisse „Chrom“

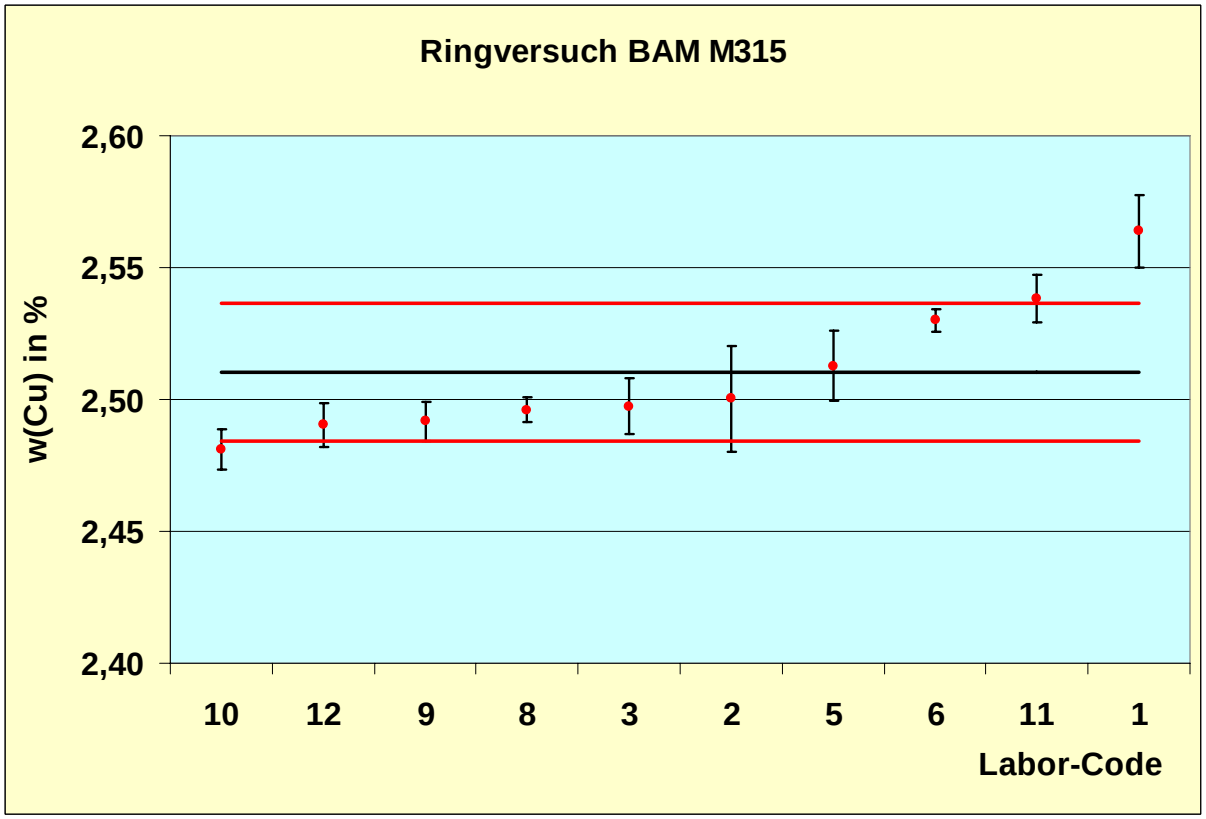


Abb. 28h: Laborergebnisse „Kupfer“

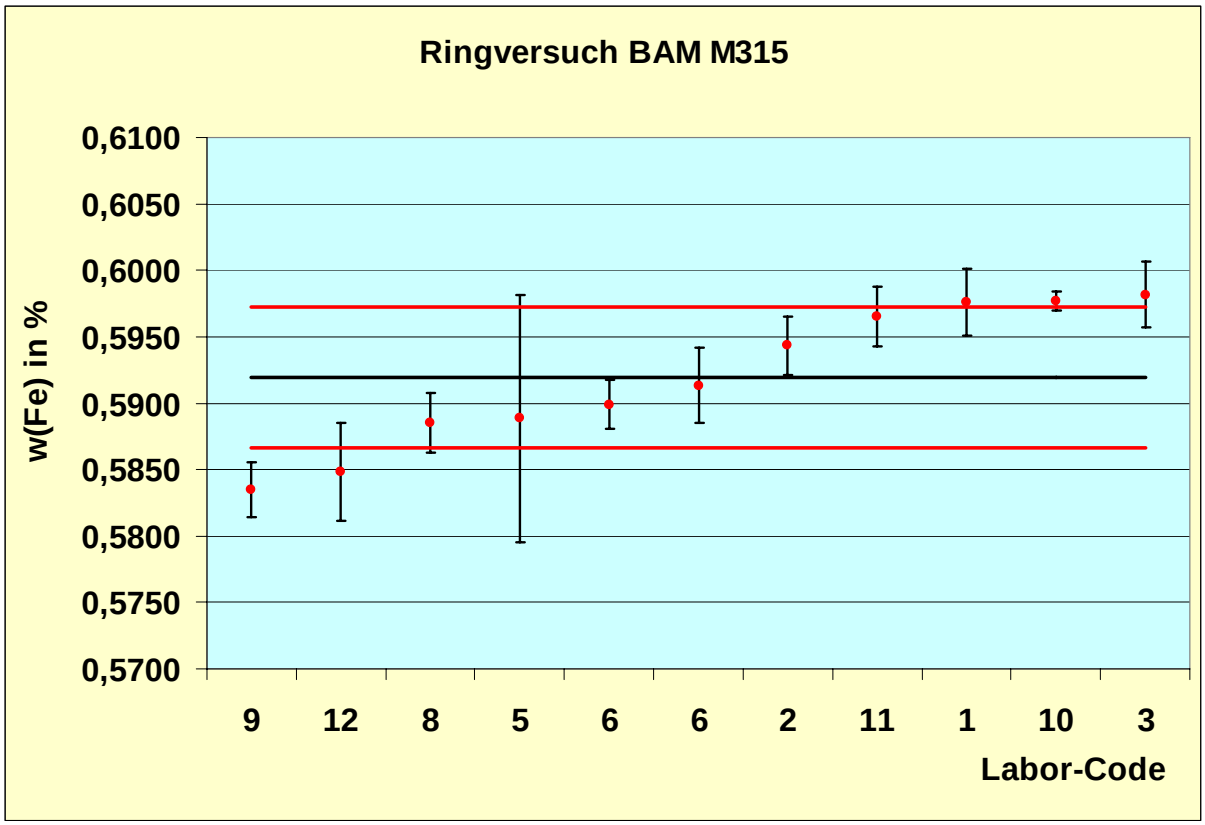


Abb. 28i: Laborergebnisse „Eisen“

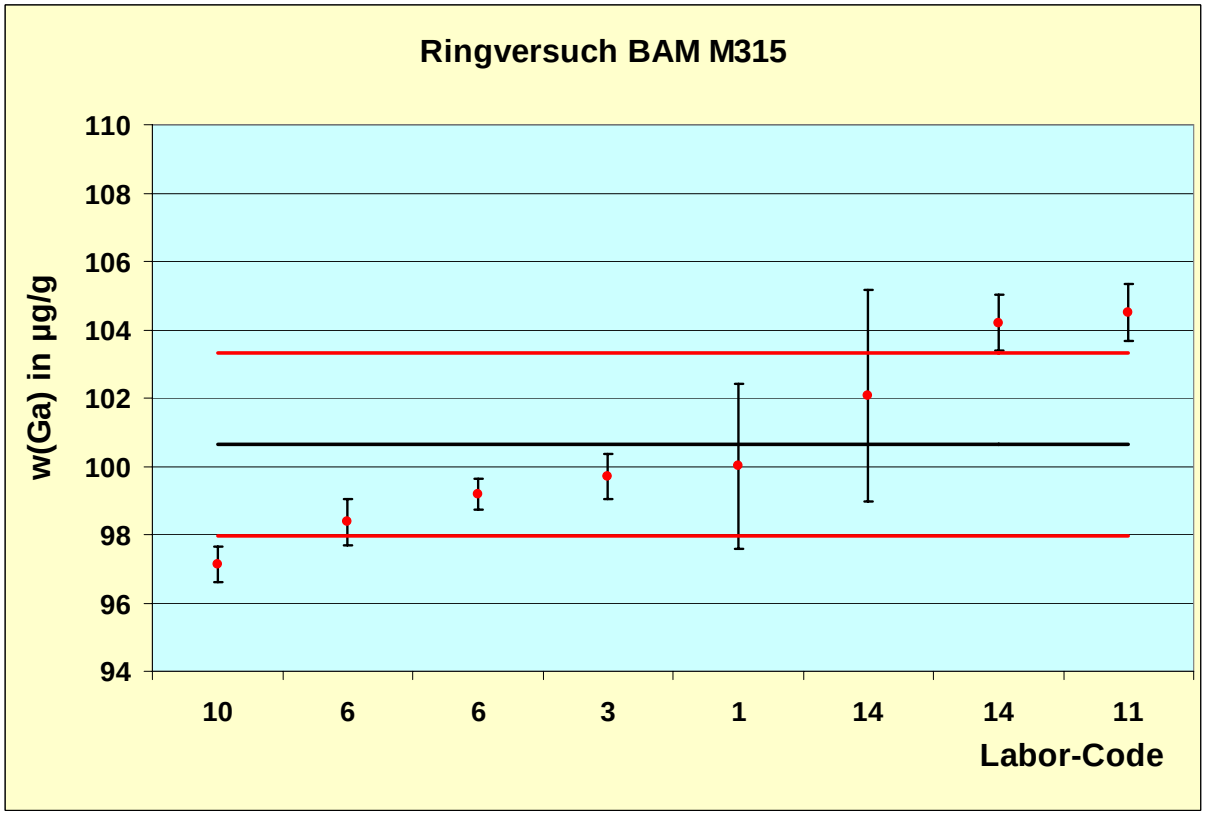


Abb. 28j: Laborergebnisse „Gallium“

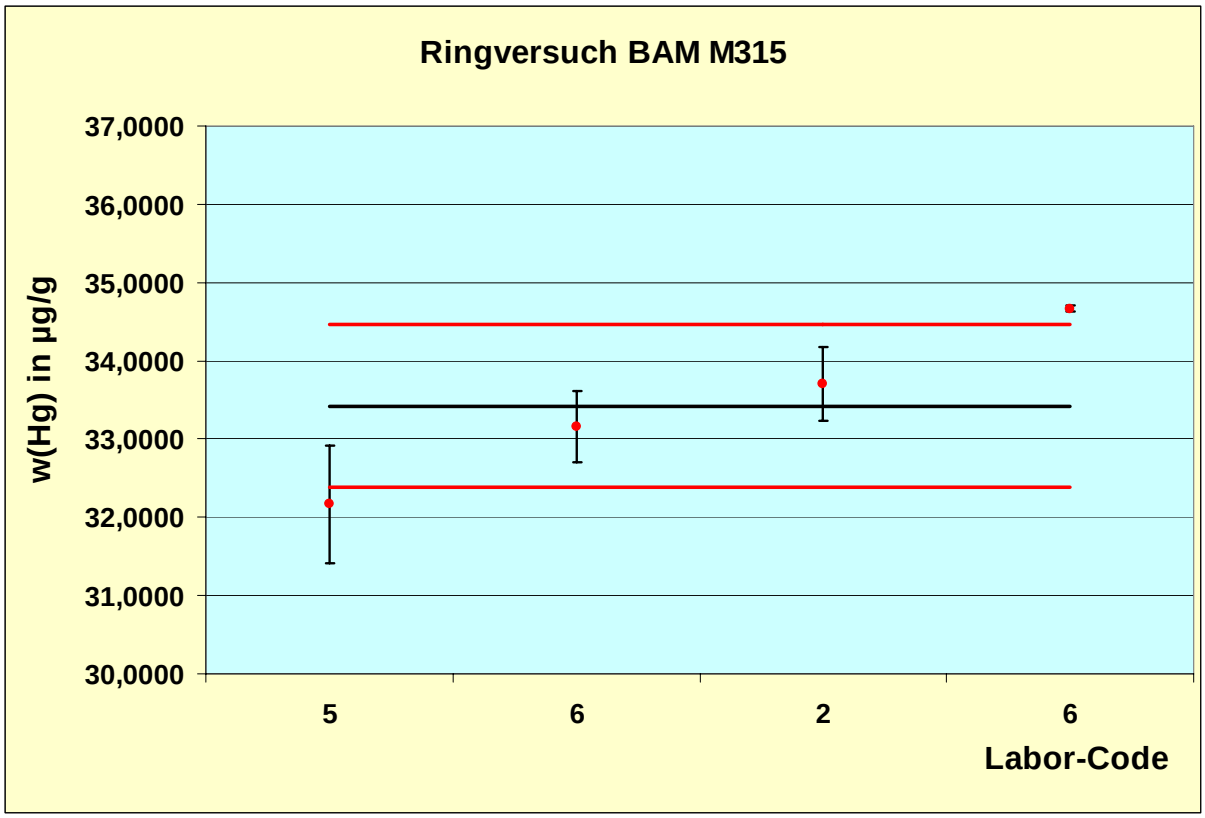


Abb.28k: Laborergebnisse „Quecksilber“

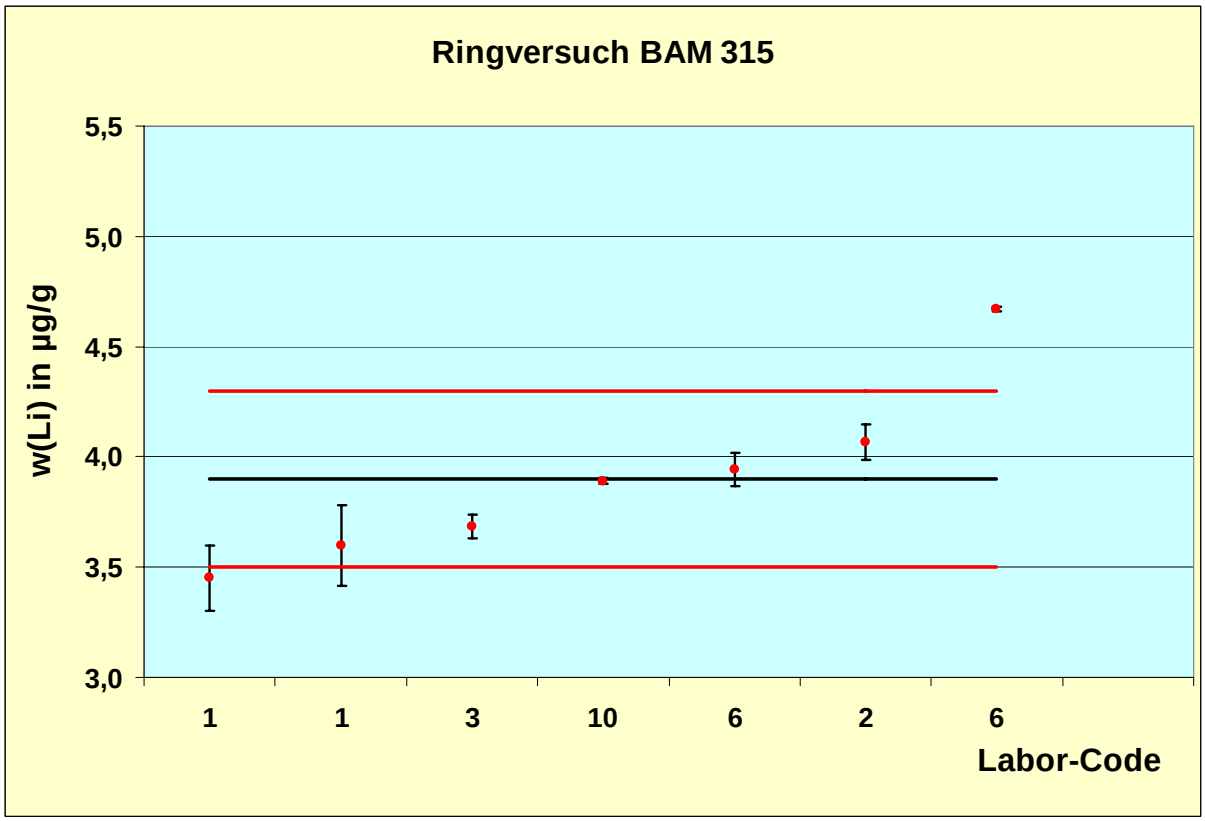


Abb.28l: Laborergebnisse „Lithium“

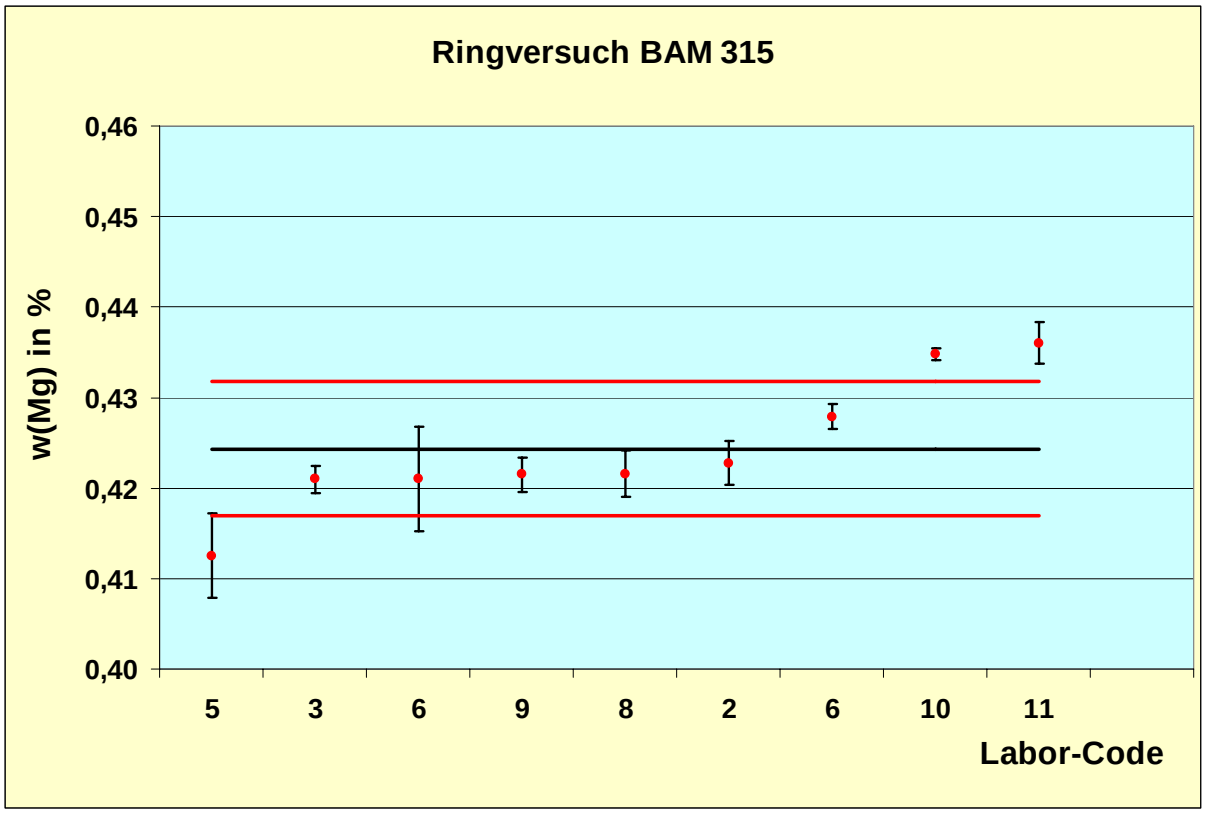


Abb.28m: Laborergebnisse „Magnesium“

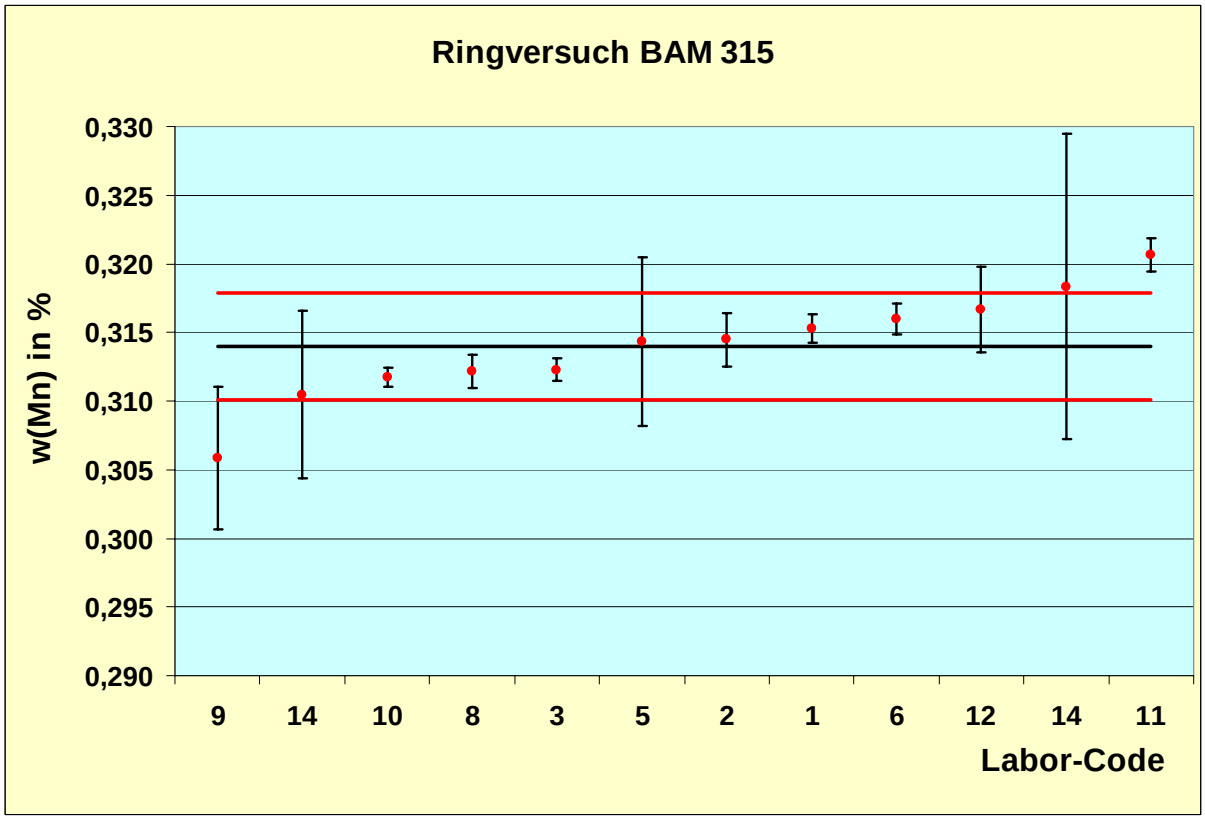


Abb.28n: Laborergebnisse „Mangan“

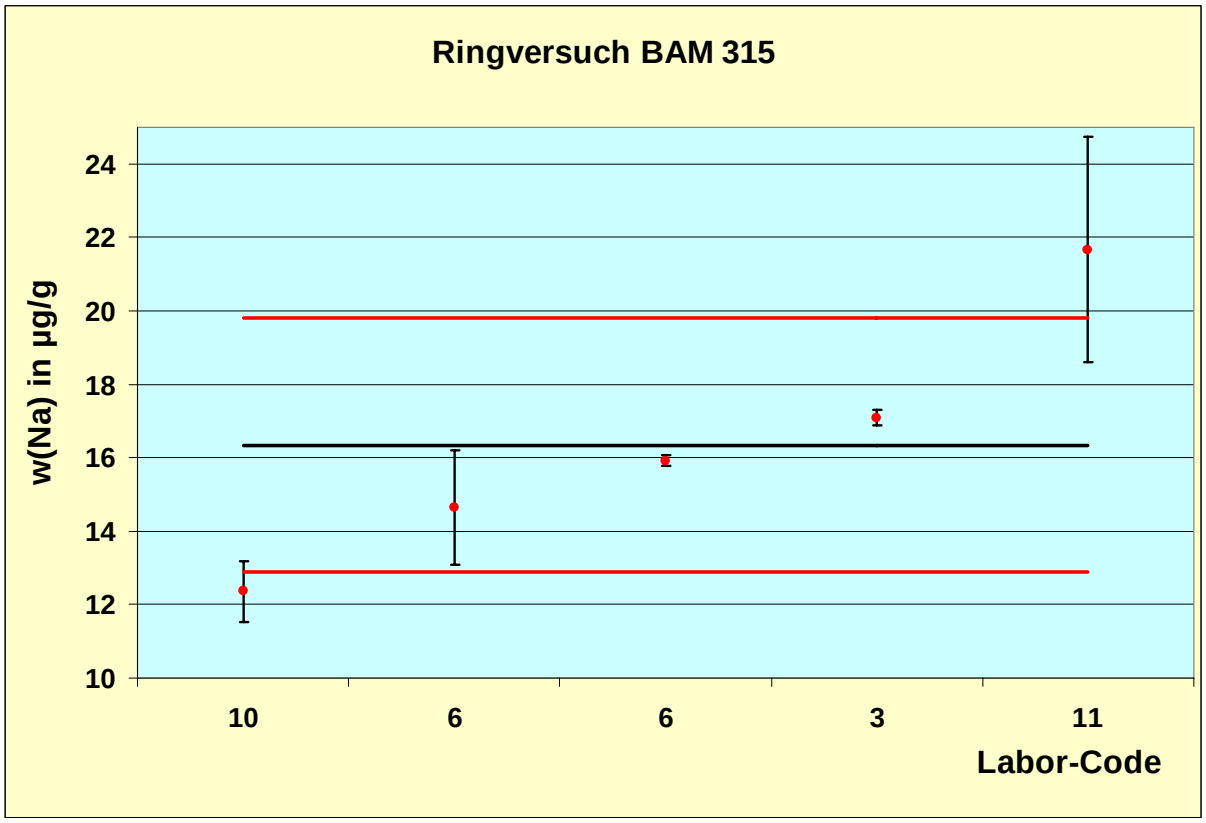


Abb.28o: Laborergebnisse „Natrium“

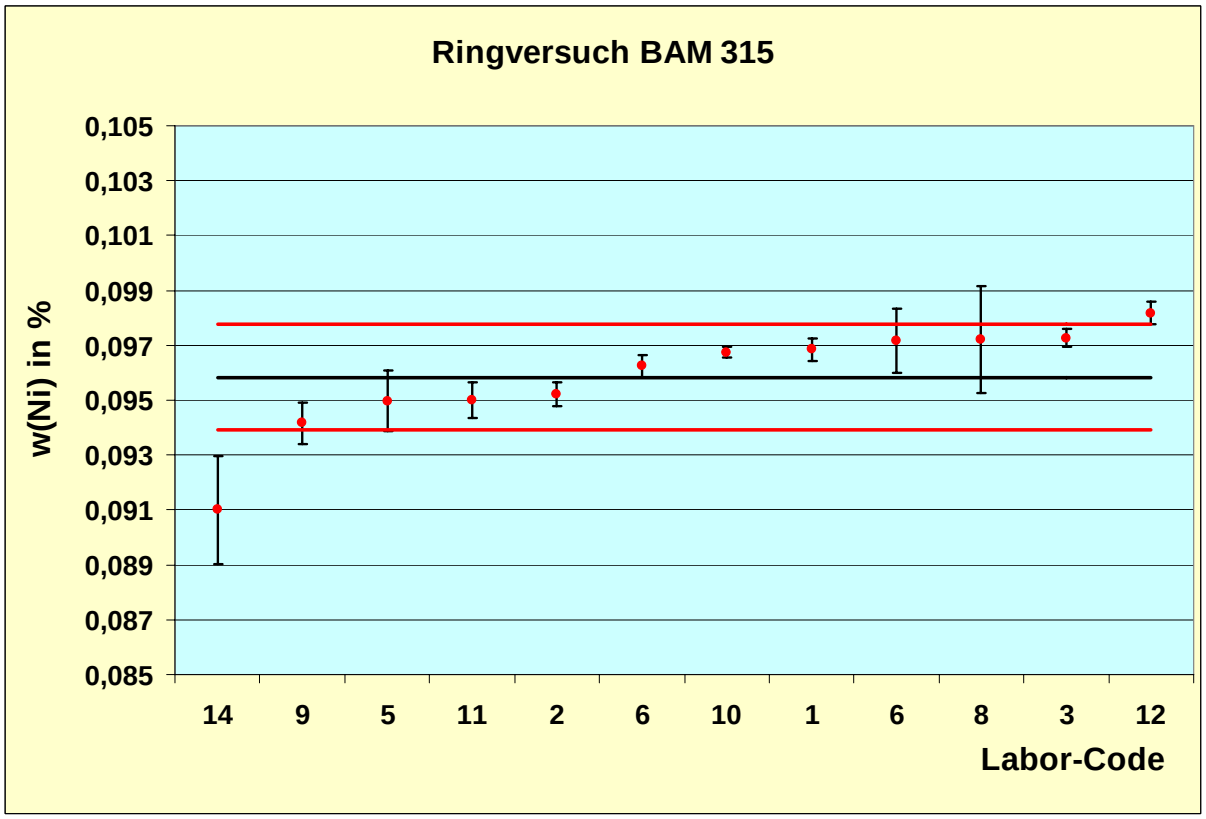


Abb.28p: Laborergebnisse „Nickel“

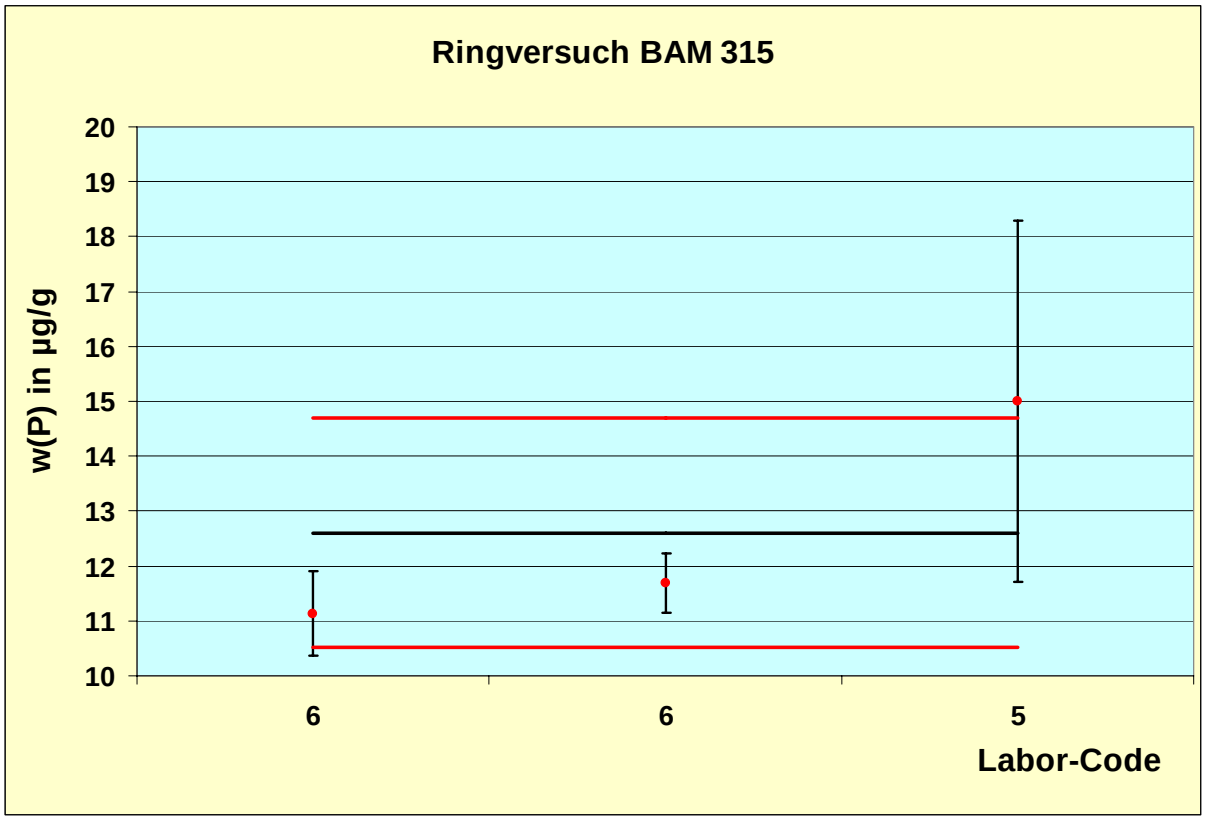


Abb.28q: Laborergebnisse „Phosphor “

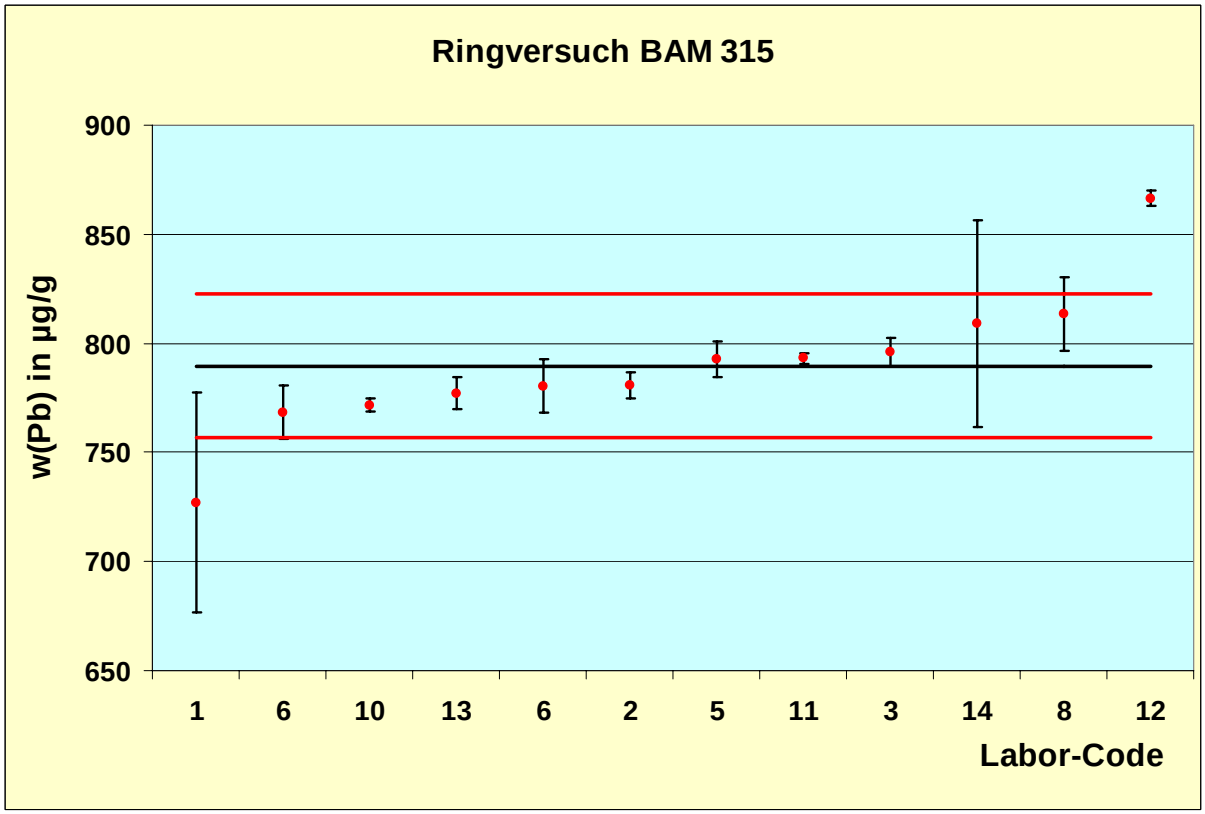


Abb.28r: Laborergebnisse „Blei “

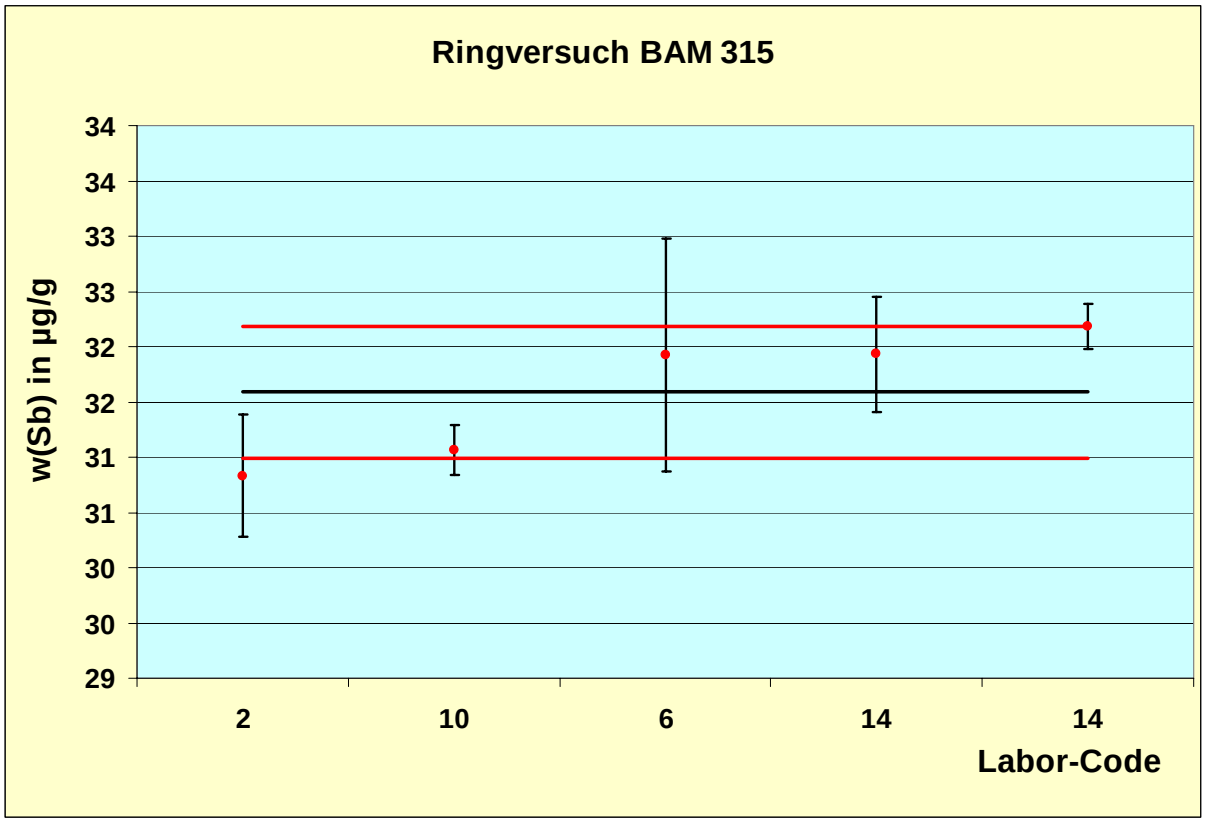


Abb.28s: Laborergebnisse „Antimon “

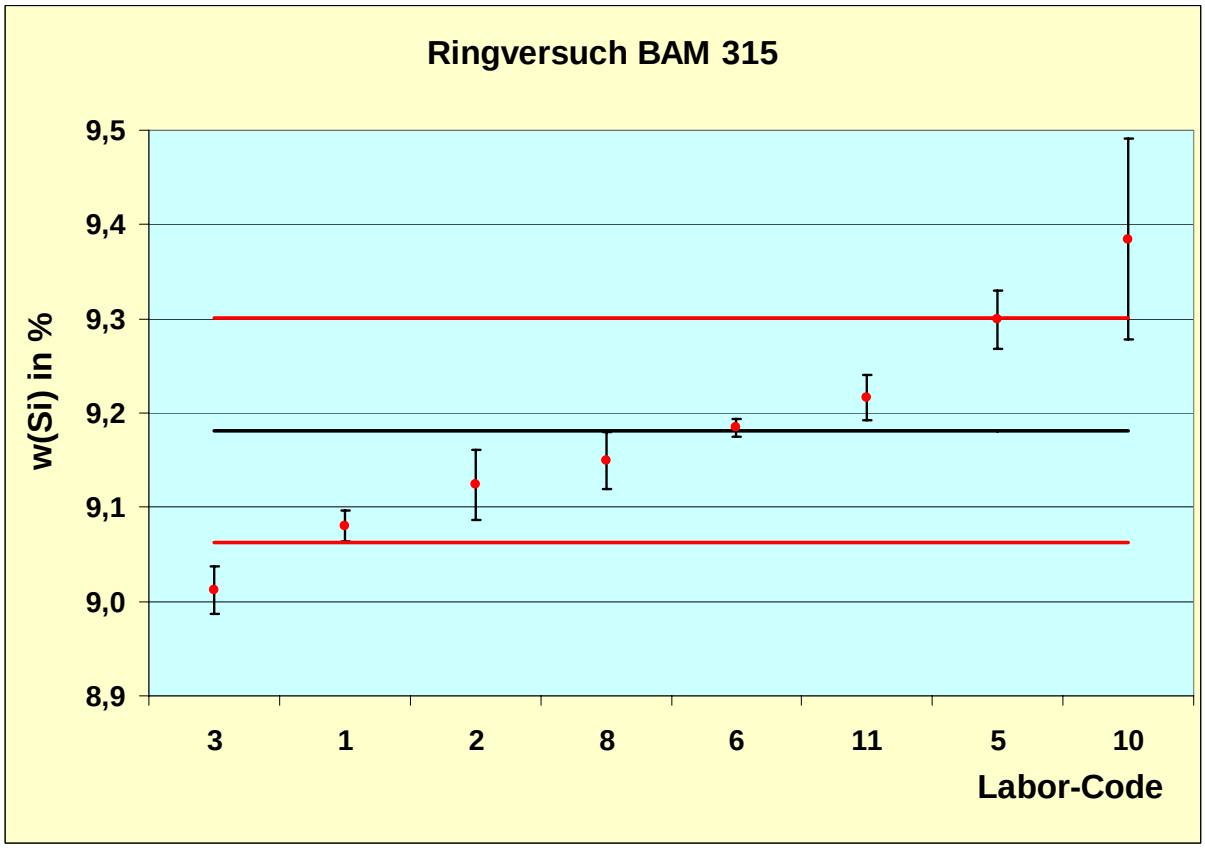


Abb.28t: Laborergebnisse „Silicium“

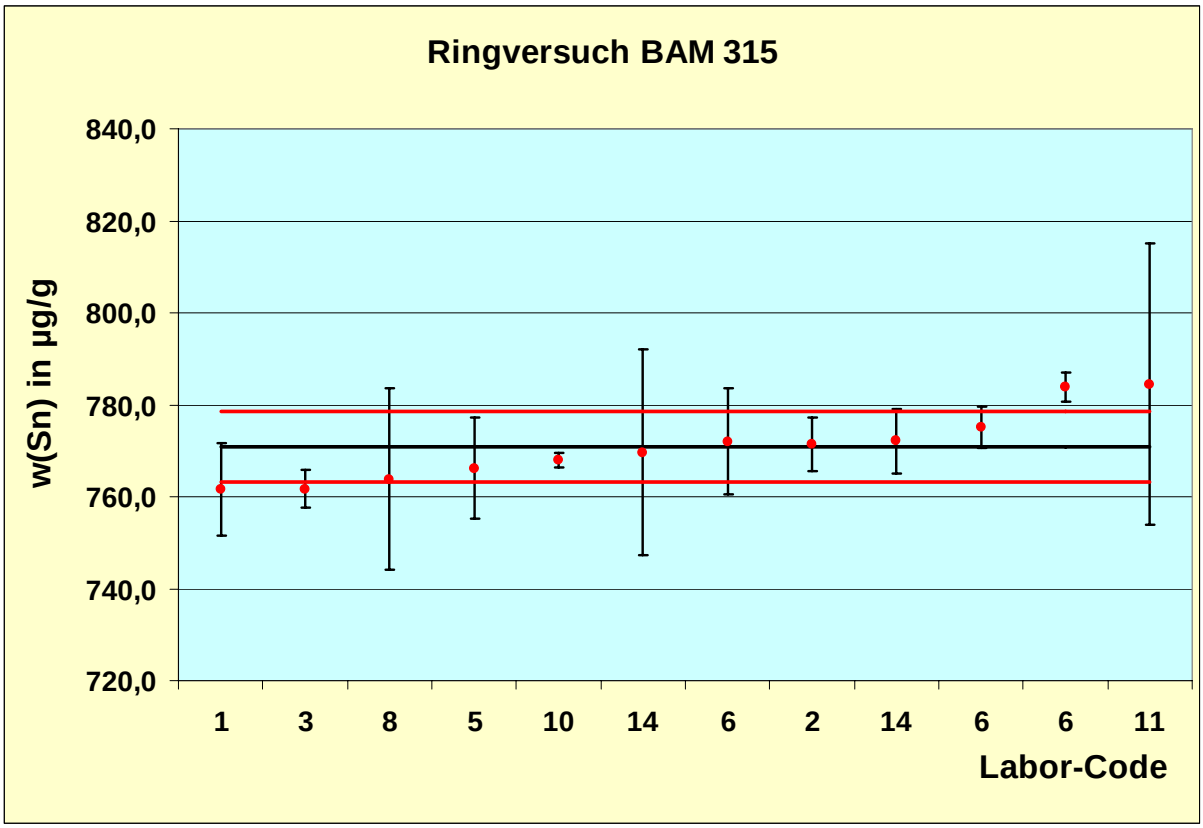


Abb.28u: Laborergebnisse „Zinn“

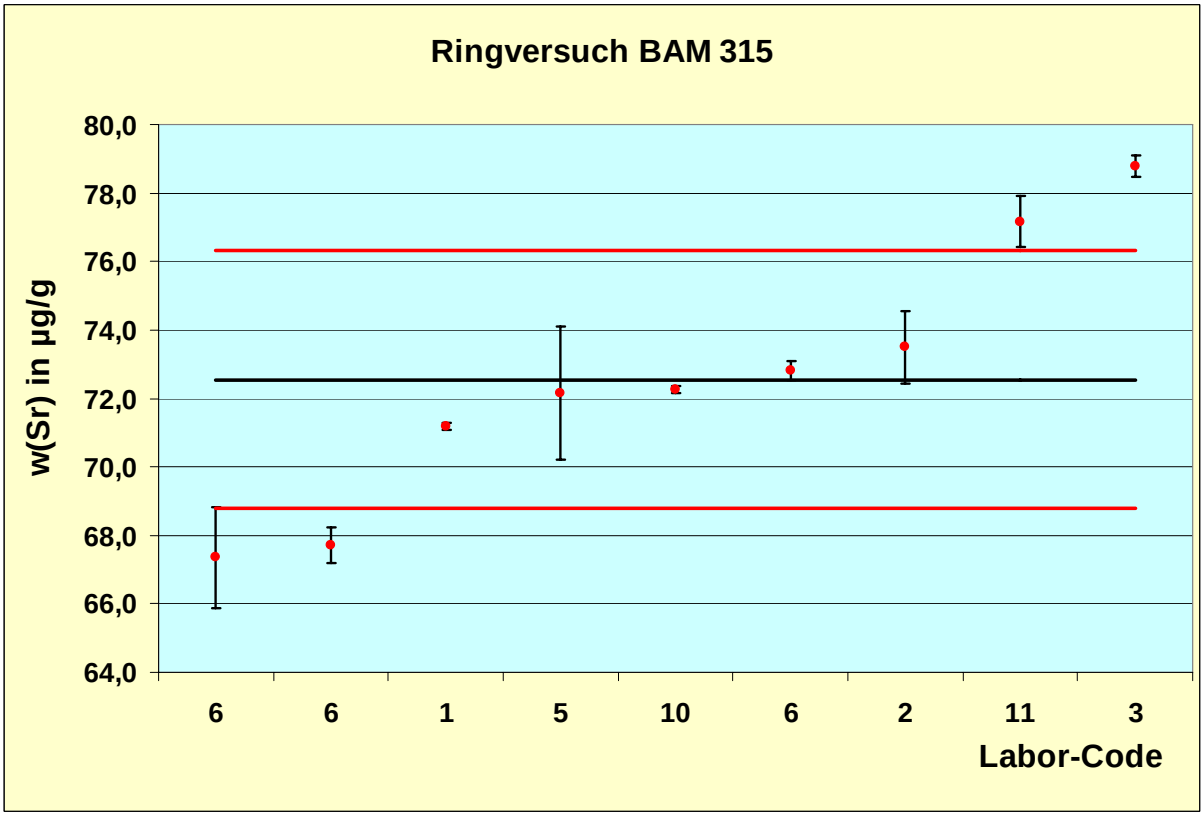


Abb.28v: Laborergebnisse „Strontium“

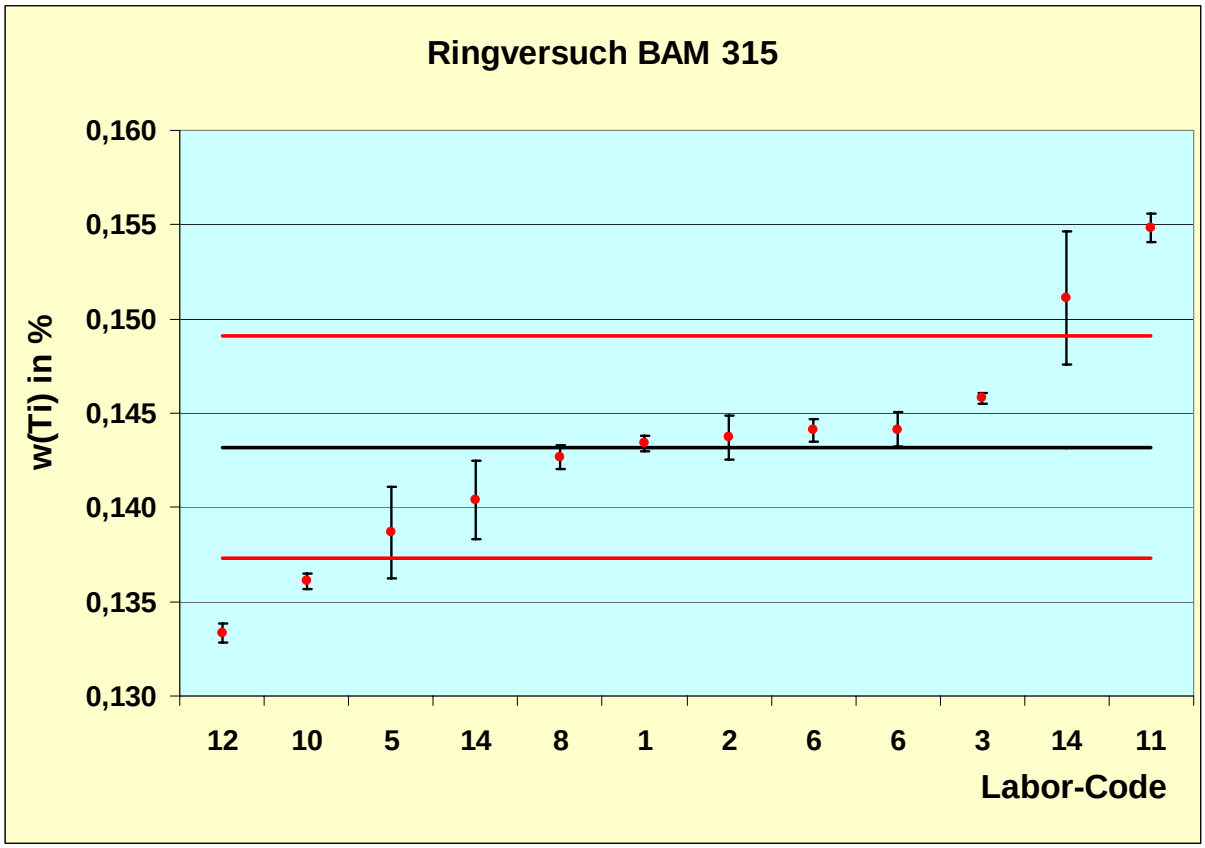


Abb.28w: Laborergebnisse „Titan“

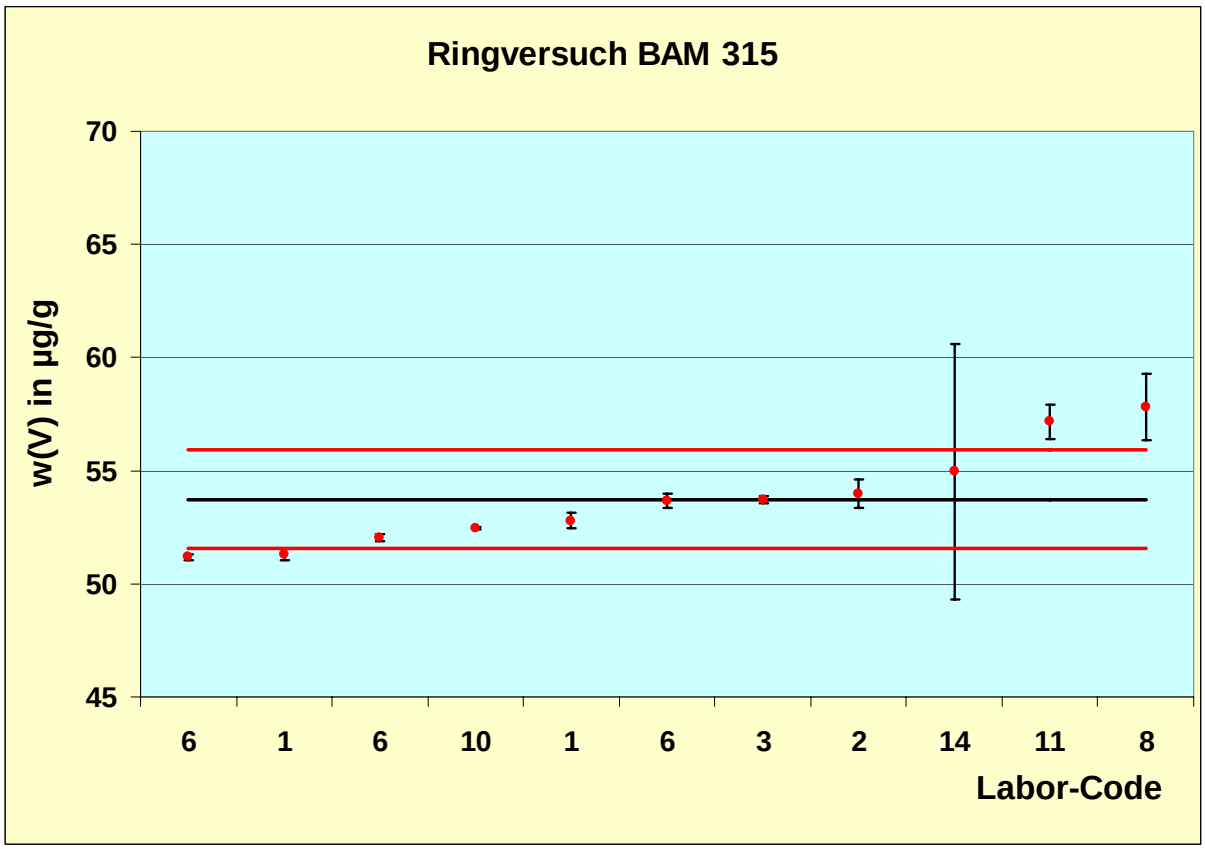


Abb.28x: Laborergebnisse „Vanadium“

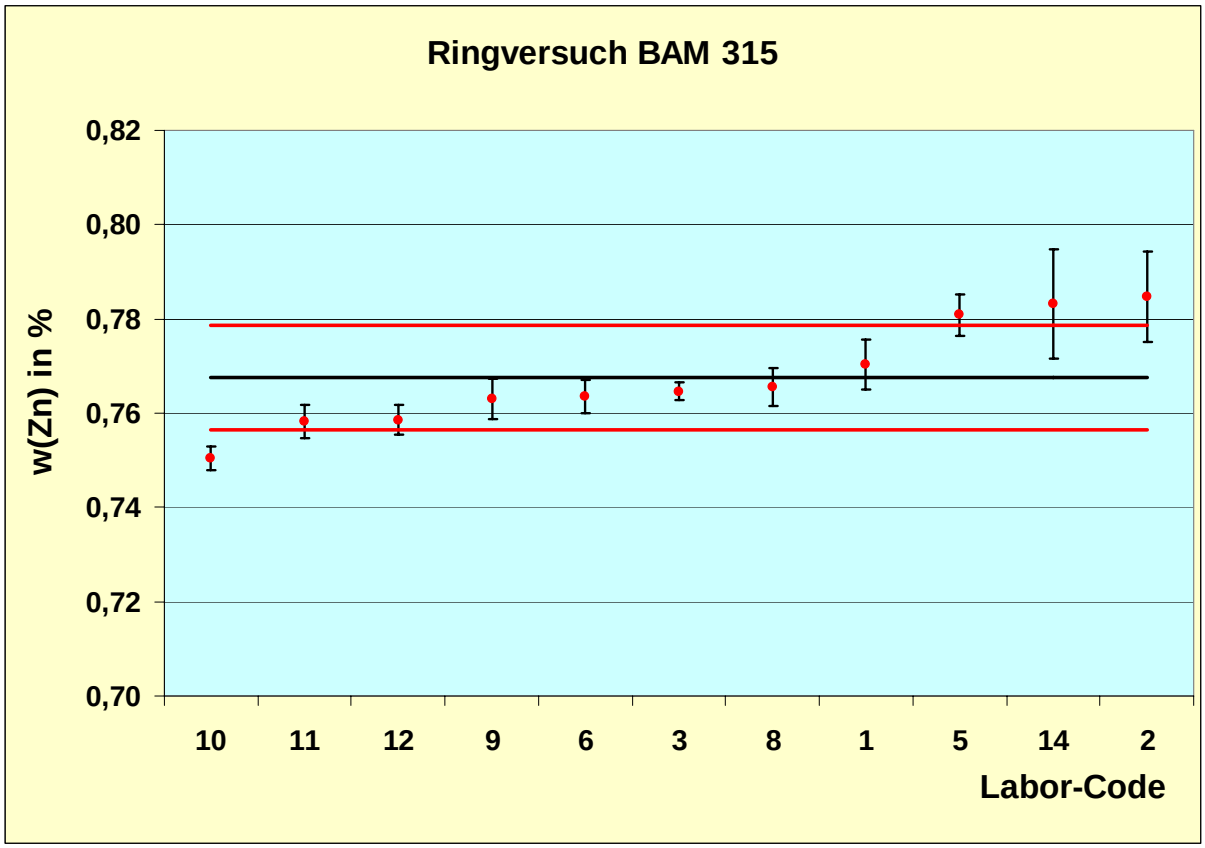


Abb.28y: Laborergebnisse „Zink“

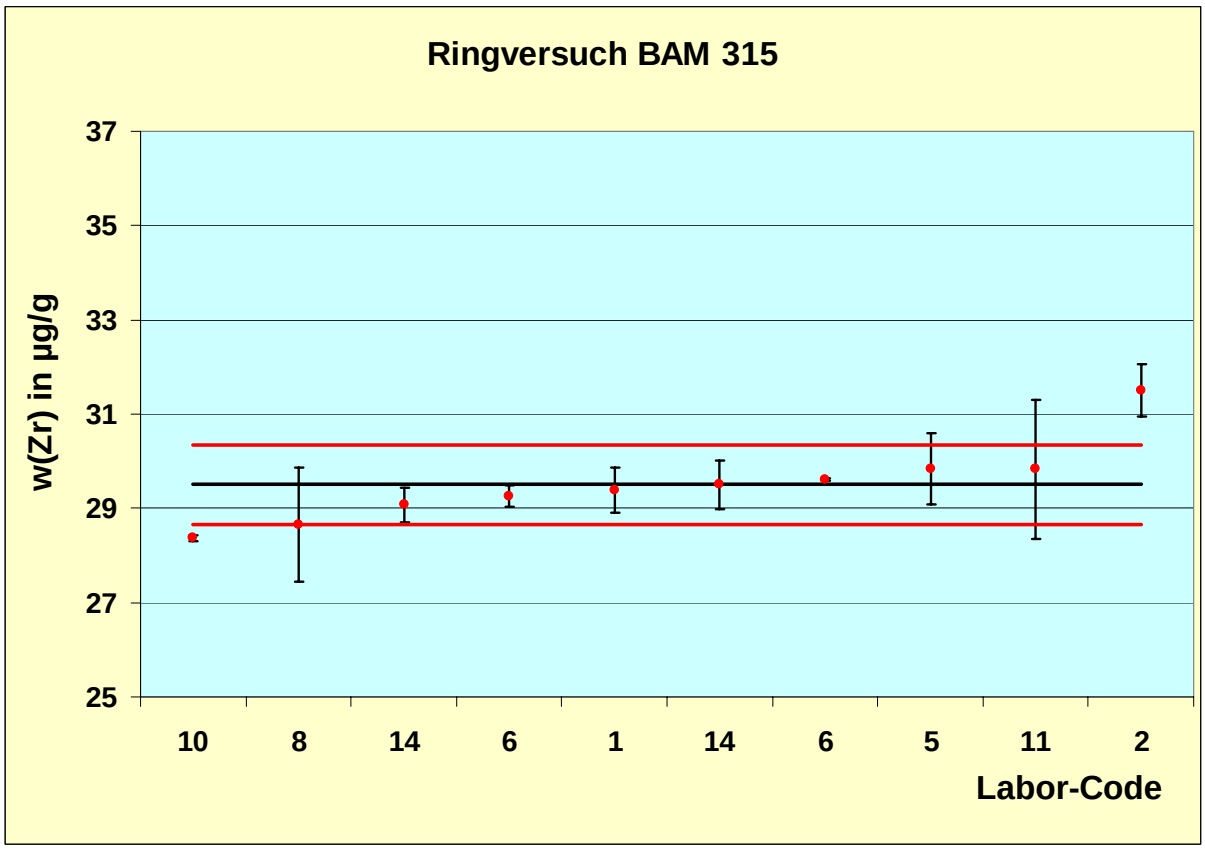


Abb.28z: Laborergebnisse „Zirconium“

9.3 Analysenverfahren Tab. 9 Angewandte Methoden bzw. Analysenverfahren

Element	Labor - Nr.	Analysenmethode	Analysenverfahren
B	1	ICP-Massenspektrometrie	ICP-MS, sauer
	2, 3	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES alkalisch
Be	5	ICP-Massenspektrometrie	ICP OES/MS
	7	ICP-Massenspektrometrie	ICP-MS, sauer
	2	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES
	4, 8	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES alkalisch
	3	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES sauer (HF)
	6	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES sauer (HF), StAdd
Bi	6	ICP-Massenspektrometrie	ICP OES/MS
	3	ICP-Massenspektrometrie	ICP-MS, KW+HF
	4	ICP-Massenspektrometrie	ICP-MS, sauer
	7	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES
	5	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES alkalisch
	2	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES Hydrid
	1	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES sauer (HF)
Ca	3	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP OES, sauer
	1	ICP-Massenspektrometrie	ICP OES/MS
	2	ICP-Massenspektrometrie	ICP-MS, sauer
	4, 5	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES alkalisch
Cd	4	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP OES, sauer
	3	ICP-Massenspektrometrie	ICP OES/MS
	2	ICP-Massenspektrometrie	ICP-MS, sauer
	9	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES
	1, 6	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES alkalisch
	5	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES sauer (HF)
	8	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES sauer (HF), StAdd
	7	Isotopenverdünnungsanalyse	IDMS
Co	4	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP OES, sauer
	2	ICP-Massenspektrometrie	ICP OES/MS
	1	ICP-Massenspektrometrie	ICP-MS, sauer
	6	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES alkalisch
	5	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES sauer (HF)
	3	Neutronenaktivierungsanalyse	INAA
Cr	2	Atomabsorptionsspektrometrie	AAS
	4	Atomabsorptionsspektrometrie	AAS
	8	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP OES, alkalisch
	12	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP OES, sauer
	10	ICP-Massenspektrometrie	ICP OES/MS
	11	ICP-Massenspektrometrie	ICP-MS, sauer
	1, 6	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES alkalisch
	5	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES sauer (HF)
	3	Neutronenaktivierungsanalyse	INAA
	7	Photonenaktivierungsanalyse	PAA
Cu	7	Atomabsorptionsspektrometrie	AAS
	3	Atomabsorptionsspektrometrie	AAS
	2	Atomabsorptionsspektrometrie	F-AAS
	8	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP OES, alkalisch
	5	ICP-Massenspektrometrie	ICP OES/MS
	6, 9, 10	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES alkalisch
	1	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES sauer (HF)

Element	Labor - Nr.	Analysenmethode	Analysenverfahren
Fe	1	Atomabsorptionsspektrometrie	AAS
	6	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP OES, alkalisch
	11	ICP-Massenspektrometrie	ICP OES/MS
	5	ICP-Massenspektrometrie	ICP-MS, sauer
	4	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES
	7, 8, 9	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES alkalisch
	10	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES sauer (HF)
	2	Photometrie	Photometrie
Ga	2	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP OES, sauer
	4	ICP-Massenspektrometrie	ICP OES/MS
	3	ICP-Massenspektrometrie	ICP-MS, sauer
	8	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES alkalisch
	1	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES sauer (HF)
	5	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES sauer (HF), StAdd
	6	Neutronenaktivierungsanalyse	INAA
	7	Röntgenfluoreszenzanalyse	SY-RFA
Hg	4	ICP-Massenspektrometrie	ICP-MS, KW+HF
	2	ICP-Massenspektrometrie	ICP-MS, sauer
	1	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES
	3	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES Hydrid
Li	6	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP OES, sauer
	3	ICP-Massenspektrometrie	ICP OES/MS
	5	ICP-Massenspektrometrie	ICP-MS, sauer
	2, 7	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES alkalisch
	4	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES sauer (HF)
	1	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES sauer (HF), StAdd
Mg	1	Atomabsorptionsspektrometrie	AAS
	5	Atomabsorptionsspektrometrie	AAS
	8	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP OES, alkalisch
	3	ICP-Massenspektrometrie	ICP OES/MS
	4	ICP-Massenspektrometrie	ICP-MS, sauer
	2, 7	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES alkalisch
	9	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES sauer (HF)
Mn	1	Atomabsorptionsspektrometrie	AAS
	9	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP OES, alkalisch
	5	ICP-Massenspektrometrie	ICP OES/MS
	6	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES
	7, 8, 12	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES alkalisch
	3	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES sauer (HF)
	11	Neutronenaktivierungsanalyse	INAA
	2	Photonenaktivierungsanalyse	PAA
	10	Photometrie	Photometrie
Na	3	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP OES, sauer
	4	ICP-Massenspektrometrie	ICP OES/MS
	2	ICP-Massenspektrometrie	ICP-MS, sauer
	5	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES alkalisch
	1	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES sauer (HF)

Element	Labor - Nr.	Analysenmethode	Analysenverfahren
Ni	3	Atomabsorptionsspektrometrie	AAS
	2	Atomabsorptionsspektrometrie	AAS
	10	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP OES alkalisch
	9	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP OES, alkalisch
	11	ICP-Massenspektrometrie	ICP OES/MS
	6	ICP-Massenspektrometrie	ICP-MS, sauer
	4, 5, 8	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES alkalisch
	7	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES sauer (HF)
	1	Photonenaktivierungsanalyse	PAA
	12	Photometrie	Photometrie
P	1	ICP-Massenspektrometrie	ICP-MS, KW+HF
	2	ICP-Massenspektrometrie	ICP-MS, sauer
	3	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES
Pb	12	Atomabsorptionsspektrometrie	F-AAS
	11	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP OES alkalisch
	2	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP OES, alkalisch
	9	ICP-Massenspektrometrie	ICP OES/MS
	5	ICP-Massenspektrometrie	ICP-MS, sauer
	7	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES
	6, 8	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES alkalisch
	3	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES sauer (HF)
	1	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES sauer (HF), StAdd
	4	Isotopenverdünnungsanalyse	IDMS
Sb	3	ICP-Massenspektrometrie	ICP-MS, sauer
	1	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES Hydrid
	2	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES sauer (HF)
	5	Neutronenaktivierungsanalyse	INAA
	4	Photonenaktivierungsanalyse	PAA
Si	7	Gravimetrie	G
	5	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP OES, alkalisch
	1	ICP-Massenspektrometrie	ICP OES/MS
	2, 3, 6	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES alkalisch
	8	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES sauer (HF)
Sn	10	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP OES, alkalisch
	11	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP OES, sauer
	2	ICP-Massenspektrometrie	ICP OES/MS
	7	ICP-Massenspektrometrie	ICP-MS, sauer
	4	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES
	8, 12	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES alkalisch
	5	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES sauer (HF)
	1	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES sauer (HF), StAdd
	6	Photonenaktivierungsanalyse	PAA
	9	Röntgenfluoreszenzanalyse	SY-RFA
Sr	3	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP OES, alkalisch
	1	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP OES, sauer
	9	ICP-Massenspektrometrie	ICP OES/MS
	2	ICP-Massenspektrometrie	ICP-MS, sauer
	5	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES
	4, 7, 8	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES alkalisch
	6	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES sauer (HF)

Element	Labor - Nr.	Analysenmethode	Analysenverfahren
Ti	9	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP OES, alkalisch
	10	ICP-Massenspektrometrie	ICP OES/MS
	8	ICP-Massenspektrometrie	ICP-MS, sauer
	3	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES
	6, 7, 11	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES alkalisch
	2	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES sauer (HF)
	12	Photonenaktivierungsanalyse	PAA
	1	Photometrie	Photometrie
	4	Röntgenfluoreszenzanalyse	SY-RFA
V	1	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP OES, alkalisch
	3	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP OES, sauer
	7	ICP-Massenspektrometrie	ICP OES/MS
	6	ICP-Massenspektrometrie	ICP-MS, sauer
	5, 8, 10	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES alkalisch
	4	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES sauer (HF)
	2	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES sauer (HF), StAdd
	9	Röntgenfluoreszenzanalyse	SY-RFA
Zn	9	Atomabsorptionsspektrometrie	AAS
	5	Atomabsorptionsspektrometrie	AAS
	3	Atomabsorptionsspektrometrie	F-AAS
	4	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP OES alkalisch
	6	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP OES, alkalisch
	7	ICP-Massenspektrometrie	ICP OES/MS
	2, 8, 11	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES alkalisch
	1	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES sauer (HF)
	10	Photonenaktivierungsanalyse	PAA
		Photonenaktivierungsanalyse	
Zr	7	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP OES, sauer
	4	ICP-Massenspektrometrie	ICP-MS, sauer
	8	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES
	5, 9, 10	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES alkalisch
	1	ICP-Emissionsspektrometrie	ICP-OES sauer (HF)
	3	Photonenaktivierungsanalyse	PAA
	6	Röntgenfluoreszenzanalyse	SY-RFA

9.4. Gesamtunsicherheit der zertifizierten Elementanteile

Die Unsicherheiten der zertifizierten Elementanteile sind entsprechend dem in 7.5 angegebenen Schema ermittelt worden.

Tab. 10 zeigt eine Übersicht der Unsicherheitsbeiträge.

Tab. 10: Unsicherheitsbeiträge durch Inhomogenitäten und Ringversuch - Gesamtunsicherheit

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	14	15	16	17	18	19
															Unsicherheit	
ZRM "BAM 315" AlSi9Cu3			Unsicherheitsbeiträge durch Inhomogenitäten									Ringversuch			Gesamt	
			$s_{Verfahren}$	s_{axial}		s_{radial}										
Element x	w(x)	Einheit	s_v	s_{ax} gemessen	s_{ax} effektiv	s_{rad} gemessen	s_{rad} effektiv	$s_{ax}+s_{rad}$	$100*(s_{ax}+s_{rad})/w$	u_{bb}	u_{bb} rel.%	s_{Ring}	$100*(s_{Ring}/M)$	n	u_{Gesamt}	u_{Gesamt} rel. %
Cr	0,0311	%	0,0002	0,00024	0,00014	0,00034	0,00027	**0,0003**	0,99	**0,00004**	0,12	0,0003	**1,0**	12	0,0006	**4,1**
Cu	2,5103	%	0,0232	0,03100	0,02056	0,02875	0,01699	**0,0267**	1,06	**0,00443**	0,18	0,0260	**1,0**	10	0,0558	**4,4**
Fe	0,5919	%	0,0057	0,00523		0,01970	0,01885	**0,0188**	3,18	**0,00095**	0,16	0,0053	**0,9**	11	0,0378	**12,8**
Mg	0,4225	%	0,0040	0,00390		0,01483	0,01426	**0,0143**	3,38	**0,00064**	0,15	0,0061	**1,4**	9	0,0288	**13,6**
Mn	0,3140	%	0,0020	0,00249	0,00146	0,00427	0,00377	**0,0040**	1,29	**0,00078**	0,25	0,0039	**1,2**	12	0,0084	**5,3**
Ni	0,0963	%	0,0006	0,00095	0,00072	0,00190	0,00180	**0,0019**	2,02	**0,00011**	0,11	0,0012	**1,3**	11	0,0040	**8,2**
Si	9,1814	%	0,0403	0,06597	0,05223	0,10793	0,10012	**0,1129**	1,23	**0,00704**	0,08	0,1193	**1,3**	8	0,2411	**5,3**
Ti	0,1427	%	0,0064	0,00108		0,00172		**-0,0008**		**0,00014**	0,10	0,0051	**3,5**	12	0,0029	**4,1**
Zn	0,7673	%	0,0045	0,00568	0,00347	0,02844	0,02808	**0,0283**	3,69	**0,00142**	0,19	0,0112	**1,5**	11	0,0570	**14,9**
B	1,7	µg/g	0,2	0,6	0,57466	0,3	0,19426	**0,6**	35,68	**0,04421**	2,60	1,47	**86,2**	3	2,1	**244,9**
Be	5,4	µg/g	0,1	0,4	0,44076	0,2	0,17599	**0,5**	8,79	**0,01021**	0,19	0,43	**7,9**	8	1,0	**36,9**
Bi	44,3	µg/g										11,36	**25,6**	8	8,1	
Ca	15,2	µg/g	0,2	1,4	1,34686	0,5	0,52222	**1,4**	9,50	**0,02556**	0,17	1,41	**9,3**	5	3,2	**41,5**
Cd	10,8	µg/g	1,1	1,3	0,63470	3,3	3,13682	**3,2**	29,63	**0,20431**	1,89	0,27	**2,5**	9	6,4	**118,6**
Co	<3	µg/g													#DIV/0!	
Ga	100,6	µg/g	1,8	1,3		7,0	6,72133	**6,7**	6,68	**0,28746**	0,29	2,69	**2,7**	8	13,6	**27,0**
Hg	33,4	µg/g										1,04	**3,1**	4	1,0	
Li	3,8	µg/g	0,1	1,8	1,76788	0,1	0,07010	**1,8**	46,56	**0,01092**	0,29	0,24	**6,3**	7	3,5	**186,5**
Na	16,3	µg/g	0,5	8,1	8,05334	0,6	0,43899	**8,1**	49,48	**0,08566**	0,53	3,46	**21,2**	5	16,4	**201,5**
P	12,6	µg/g	1,7	1,6		2,2	1,43234	**1,4**	11,37	**0,30758**	2,44	2,09	**16,6**	3	3,7	**59,5**
Pb	790,9	µg/g	5,8	7,9	5,38090	20,7	19,81834	**20,5**	2,60	**0,94228**	0,12	34,20	**4,3**	12	45,6	**11,5**
Sb	31,6	µg/g	5,6	8,8	6,74039	7,0	4,27372	**8,0**	25,26	**1,70428**	5,39	0,60	**1,9**	5	16,0	**101,1**
Sn	770,7	µg/g	10,0	7,6		65,2	64,47123	**64,5**	8,37	**1,05111**	0,14	7,56	**1,0**	12	129,0	**33,5**
Sr	72,3	µg/g	2,2	4,9	4,33923	4,7	4,11365	**6,0**	8,27	**0,18158**	0,25	3,81	**5,3**	9	12,2	**33,8**
V	53,7	µg/g	0,8	0,7		2,1	1,93158	**1,9**	3,60	**0,15420**	0,29	2,19	**4,1**	11	4,1	**15,2**
Zr	29,3	µg/g	1,4	2,5	2,13019	2,9	2,55219	**3,3**	11,35	**0,23510**	0,80	0,50	**1,7**	9	6,7	**45,4**

10 Beteiligte Laboratorien

BAM I.13	
AMAG	
Alusuisse	
Aluminium Essen	
Revierlabor GmbH	
Hydro Aluminium Deutschland GmbH, F&E Bonn	
Hydro Aluminium Deutschland GmbH, Stade (Elbe-werk)	
Hydro Aluminium Gießerei Hannover GmbH	
Corus Aluminium Voerde GmbH	
HAW Hamburger Aluminium Werk GmbH	
Otto Fuchs	
BAM I.11	
BAM I.42	
BAM I.43	

11 Information und Probenvertrieb

Information und Probenvertrieb durch die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Richard-Willstätter-Straße 11, 12489 Berlin
Tel: (030) 8104 - 2061, Fax: (030) 8104-1117