ausverkauft / out of stock

BERICHT

zur
Zertifizierung der Elementspurengehalte in zwei Reinstkupferproben

Zertifizierte Referenzmaterialien

BAM-M385 und BAM-M386

August 2003

Koordinator: Dr. Klaus Meier, Dr. Sebastian Recknagel, Dr. Britta Lange
Autor: Dr. Britta Lange
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
Richard-Willstätter-Straße 11
D - 12489 Berlin
Tel.: 030/8104 1111
030/8104 5526
Fax.: 030/8104 1117

Laboratorium I.11 „Metallanalytik“

Zusammenfassung

Der Bericht beschreibt die Herstellung und Zertifizierung (Homogenitätsuntersuchung und Zertifizierungsringversuch) zweier Reinstkupferproben mit der Bezeichnung BAM-M385 und BAM-M386.
Die zertifizierten Referenzmaterialien sind Bestandteil eines sechs Proben umfassenden Sets und sind vorgesehen als Analysenkontroll-, Kalibrier- bzw. Rekalibrierprobe für die Röntgenfluoreszenz- und Emissionsspektralanalyse mit Funkenanregung. Sie sind einzeln in Form von ca. 3 cm hohen Zylindern mit einem Durchmesser von etwa 4 cm erhältlich.

Folgende Massenanteile und Unsicherheiten sind zertifiziert:

BAM-M385

Element	Massenanteil in µg/g	Unsicherheit* in µg/g
Ag	28,6	± 0,8
Al	28,6	± 2,5
As	11,4	± 0,8
Bi	5,81	± 0,17
Cd	5,8	± 0,3
Co	6,93	± 0,15
Cr	9,81	± 0,20
Fe	45,4	± 1,4
Mg	29,1	± 1,3
Mn	10,1	± 0,2
Ni	11,9	± 0,8
P	12,9	± 1,0
Pb	11,3	± 0,5
S	31,2	± 1,5
Sb	19,9	± 0,8
Se	7,2	± 0,5
Sn	18,0	± 0,9
Te	10,0	± 0,4
Ti	3,83	± 0,17
Zn	57,9	± 4,0

Folgende Massenanteile werden als nicht zertifizierte Werte angegeben:

Element	Massenanteil in µg/g	Unsicherheit* in µg/g
Si	7,2	± 1,5
Zr	< 7	

BAM-M386

Element	Massenanteil in µg/g	Unsicherheit* in µg/g
Ag	47,4	± 1,2
Al	36,5	± 2,5
As	24,2	± 1,0
Bi	9,6	± 0,5
Cd	7,8	± 0,4
Co	5,20	± 0,14
Cr	12,4	± 0,7
Fe	64,7	± 1,8
Mg	36,1	± 1,2
Mn	13,3	± 0,2
Ni	25,0	± 1,0
P	7,2	± 0,7
Pb	23,4	± 1,2
S	21,9	± 2,1
Sb	31,2	± 1,1
Se	11,6	± 0,3
Sn	28,3	± 0,8
Te	38,3	± 0,9
Ti	33,1	± 1,3
Zn	49,5	± 1,6

Folgende Massenanteile werden als nicht zertifizierte Massenanteile angegeben:

Element	Massenanteil in µg/g	Unsicherheit* in µg/g
Si	14,3	± 4,3
Zr	8,9	± 1,7

*halbe Breite des Vertrauensbereiches bei einem Vertrauensgrad von 95%, ermittelt aus den Standard-abweichungen der Messreihenmittelwerte.

Details zur Herstellung des Referenzmaterials sowie zur Prüfung der Homogenität und zu den analytischen Methoden sind im nachfolgenden Bericht beschrieben.
Am Zertifizierungs-Ringversuch beteiligten sich 13 Laboratorien.

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1.	Einleitung	7
1.1	Anwendungsbereich	7
1.2	Herstellung von Referenzmaterialien	7
2.	Beteiligte Laboratorien	8
3.	Probenpräparation	8
3.1	Zielvorgaben	8
3.2	Ausgangsmaterial	9
3.3	Referenzmaterial	9
4.	Homogenitätsuntersuchungen	10
4.1	Homogenitätsuntersuchung innerhalb der Probe	10
4.2	Homogenitätsuntersuchung zwischen verschiedenen Proben	11
5.	Zertifizierung	11
5.1	Verwendete Abkürzungen	12
5.2	Kurzbeschreibung der Analysenverfahren	12
5.3	Kalibrierung	12
5.4	Analysenergebnisse und statistische Betrachtung	24
6.	Hinweise für den Benutzer	70
7.	Literatur	70
8.	Information und Probenvertrieb	70

1. Einleitung

1.1 Anwendungsbereich

In der metallverarbeitenden Industrie werden bei der Eingangskontrolle von Rohmaterial, der Produktionsüberwachung und bei der abschließenden Qualitätskontrolle der Produkte wegen des geringen Arbeits- und Zeitaufwandes als Bestimmungsmethoden für die chemische Zusammensetzung der Proben bevorzugt die Röntgenfluoreszenz- und Emissionsspektralanalyse mit Funkenanregung eingesetzt. Um mögliche Störeinflüsse durch unterschiedliches Materialgefüge und spektrale Interelementeffekte auszuschließen, sind für eine akkurate Quantifizierung Kalibrierproben notwendig, die in ihrer Zusammensetzung den zu untersuchenden Proben möglichst ähnlich sind.
Für oben genannte Analysen wurde ein 6 Proben umfassendes Reinstkupfer-Kalibrierset mit abgestuften Gehalten an Elementspuren hergestellt. Die hier beschriebenen zertifizierten Referenzmaterialien BAM-M385 und BAM-M386 sind Bestandteil dieses Sets.
Das Haupteinsatzgebiet liegt in den Laboratorien der metallverarbeitenden Industrie bei der Herstellung von Kupfer-Qualitäten.

1.2 Herstellung von Referenzmaterialien

Die Produktion zertifizierter Referenzmaterialien erfolgt entsprechend dem Bedarf der Industrie. Für neue Materialien werden nach einer Marktanalyse die gewünschten Massengehalte der einzelnen Elemente in der geplanten Probe in den beteiligten Gremien (European Committee for Standardisation (CEN), Gesellschaft für Bergbau, Metallurgie, Rohstoff- und Umwelttechnik (GDMB) etc.) diskutiert und festgelegt. Die Herstellung der Referenzmaterialien auf Kupfer-Basis erfolgt in Zusammenarbeit mit dem Arbeitsausschuss „Kupfer“ des Chemikerausschusses der GDMB.

Das Material wird in einem geeigneten Industriebetrieb entsprechend den Vorgaben hergestellt oder bei Eignung aus der laufenden Produktion entnommen. Nach einem Homogenitätstest werden die Massenanteile der interessierenden Elemente in einem Zertifizierungsringversuch ermittelt. Für den Ringversuch werden Laboratorien ausgewählt, die ihre Befähigung durch die Mitarbeit an vorangegangenen Verfahrensentwicklungen und Ringversuchen für die zu bestimmenden Elemente gezeigt haben. Ein Qualifizierungsringversuch wird deshalb vor dem eigentlichen Zertifizierungsringversuch nicht vorgenommen.

Grundlage für die Zertifizierung sind die relevanten ISO-Guides [1-3] und die „Guidelines for the production and certification of BAM reference materials“ [4].
Nachfolgend beschrieben ist die Herstellung und Zertifizierung der zertifizierten Referenzmaterialien BAM-M385 und BAM-M386.

2. Beteiligte Laboratorien

Herstellung des Materials:

- Wieland-Werke AG, Ulm (Herstellung der entsprechenden Zusammensetzung und Weiterverarbeitung durch Strangpressen)

Homogenitätstest:

- Wieland-Werke AG, Ulm (Längenhomogenität)
- Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin (Flächenhomogenität, Auswertung)

Chemische Analysen zur Zertifizierung:

- Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin
  - Labor I.11 (Metallanalytik)
  - Labor I.43 (Aktivierungsanalyse, Gasanalytik)
- Diehl Metall Stiftung & Co. KG, Röthenbach a. d. Pegnitz
- Institut für Kernchemie, Universität Mainz
- Institut für NE-Metallurgie und Reinststoffe, TU Bergakademie Freiberg
- KM Europa Metal AG, Osnabrück
- MKM Mansfelder Kupfer und Messing GmbH, Hettstedt
- Montanwerke Brixlegg AG, Brixlegg (Österreich)
- Norddeutsche Affinerie AG, Hamburg
- Ridsdale & Co. Ltd., Middlesbrough (Großbritannien)
- Swedish Institute for Metals Research, Stockholm (Schweden)
- Tréfimétaux SA, Sérifontaine (Frankreich)
- Umicore, Olen (Belgien)
- Wieland-Werke AG, Ulm

Statistische Auswertung:

- Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin

3. Probenpräparation

3.1 Zielvorgaben

Ziel dieser Zertifizierung war die Bereitstellung eines zertifizierten Kalibriersatzes (6 Proben) auf Reinstkupferbasis, der abgestufte Gehalte verschiedener Elemente enthält. Die Vorschläge aus der metallverarbeitenden Industrie wurden in folgenden Sollwerten (Tabelle 1) zusammengefasst und durch Zulegierung entsprechender Elemente für die Proben 382 bis 386 in den Wieland-Werken näherungsweise umgesetzt. Phosphor und Schwefel wurden auf Wunsch nur zu einer Probe (BAM-M385) dotiert.

Tabelle 1 Geplante Gehalte (BAM-M382 – 386) für den Kalibriersatz Reinstkupfer in µg/g

	381*	382	383	384	385	386
Ag	< 0,2	2	5	10	25	50
Al	0,02	2	5	10	25	50
As	0,1	0,5	2	5	10	25
Bi	0,002	0,5	1	3	5	10
Cd	0,01	0,5	1	3	5	10
Co	0,05	0,5	1	3	5	10
Cr	<,0,005	0,5	1	3	5	10
Fe	1,8	5	10	15	25	50
Mg	< 0,005	0,5	1	5	10	20
Mn	< 0,005	0,5	1	3	5	10
Ni	0,1	1	3	5	10	25
P	< 0,005	-	-	-	10	-
Pb	0,1	0,5	1	5	10	25
S	3,6	-	-	-	25	-
Sb	0,06	0,5	1	5	10	25
Se	0,1	0,5	1	3	5	10
Si	0,2	0,5	1	3	5	10
Sn	0,01	0,5	1	5	10	25
Te	< 0,05	0,5	1	3	5	10
Ti	< 0,005	1	3	5	10	25
Zn	0,2	1	3	5	10	25
Zr	< 0,001	1	3	5	10	25

* Nullprobe – Analyse des Ausgangsmaterials durch Union Miniere (Umicore), 15.04.99 - GDMS

3.2 Ausgangsmaterial

Als Rohmaterial dienten 3 Tonnen Reinstkupfer der Firma Union Minière (Umicore), welches bei der Firma Wieland-Werke AG, Ulm, gezielt mit den geplanten Elementen dotiert wurde.
Dazu wurden 3 Tonnen Kupfer im Vakuumofen aufgeschmolzen und von der induktiv beheizten Schmelze zuerst 0,5 Tonnen für die Probe 381 unter Schutzgas abgegossen. Jeweils nach dem Zulegieren der gewünschten Menge der Reinmetallen (Tabelle 1) zur restlichen Schmelze wurden die anderen 5 Proben abgegossen. Anschließend wurden Bolzen gezogen, die dann durch Strangpressen zu Stangen von 42 mm Durchmesser umgeformt wurden. Die Stangen wurden in Abschnitte von 2 Meter Länge zersägt und an die BAM geschickt. Pro Probe erhielt man 10 Abschnitte.

3.3 Referenzmaterial

Bei der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung wurden jeweils 5 der Abschnitte in Zylinder von ca. 3 cm Höhe zersägt, der äußere Mantel (ca. 0,2 mm) der Zylinder entfernt, deren Schnittflächen plan abgedreht und diese gestempelt (BAM-M385, BAM-M386). Auf diese Weise wurden pro Material 293 Proben erhalten, die fortlaufend nummeriert sind. Die Versandschachteln werden mit fortlaufenden Probennummern gekennzeichnet. Die Referenzmaterialien sind in Form von ca. 3 cm hohen Zylindern mit einem Durchmesser von 4 cm erhältlich.

4. Homogenitätsuntersuchungen

Die Homogenitätsuntersuchungen für das zu zertifizierende Material wurden sowohl zwischen den Proben (über die Länge der Stangen) als auch innerhalb der Probe (über die Fläche der Zylinder) durchgeführt. Die Messungen zur Homogenität über die Stangenlänge erfolgten bei den Wieland-Werken AG mit Hilfe der Emissionsspektralanalyse (OES) mit Funkenanregung. Die Proben wurden bei der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung ebenfalls mittels Emissionsspektralanalyse mit Funkenanregung (Funkenspektrometer OBLF QSL 1500) auf Flächenhomogenität geprüft.

4.1 Homogenitätsuntersuchung innerhalb der Probe

Die Verteilung der Gehalte der für eine inhomogene Verteilung anfälligen Elemente As, Bi, Fe, Sb, Se, Sn, Te und Zn wurde über die Querschnittsfläche an vier zylindrischen Proben des Materials BAM-M386 geprüft (Abb. 1). Hierzu wurden die Massenanteile im Zentrum (Abfunkfleck „3“), in einem mittleren ringförmigen Bereich (Abfunkflecke „2“, „4“, „6“ und „8“) sowie in einem äußeren ringförmigen Bereich (Abfunkflecke „1“, „5“, „7“ und „9“) bestimmt und aus den Ergebnissen die Mittelwerte $M_{\text{Mittlerer Ring}}$ und $M_{\text{Außenring}}$ sowie die relativen Standardabweichungen der im „mittleren“ und „äußeren“ Ring erhaltenen Massenanteile ermittelt.

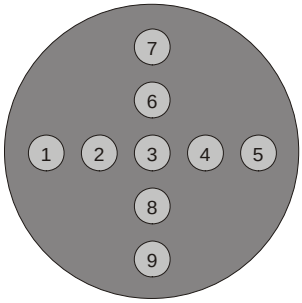


Abbildung 1: Abfunkstellen für die Ermittlung einer Flächeninhomogenität

Die Elementgehalte in den Proben BAM-M385 und BAM-M386 liegen in der Nähe der Bestimmungsgrenzen des verwendeten Funkenspektrometers und sind deshalb naturgemäß mit einer hohen Streuung behaftet. Ein Vergleich der relativen Standardabweichungen mit der im Zertfizierungsringversuch erhaltenen Streuung zwischen den Labormittelwerten erscheint daher zur Prüfung auf eventuelle Inhomogenitäten nicht sinnvoll.

Zur Prüfung, ob ein zu berücksichtigender Inhomogenitätsbeitrag zur Gesamtunsicherheit des zertifizierten Wertes vorliegt, wurde vielmehr ein Vergleich der Unterschiede zwischen den mittleren Gehalten M_{Zentrum}, $M_{\text{Mittlerer Ring}}$ und $M_{\text{Außenring}}$ und den relativen Standardabweichungen $s_{\text{Mittlerer Ring}}$ und $s_{\text{Außenring}}$ der Ergebnisse im mittleren und äußeren ringförmigen Bereich herangezogen. Im Falle eines nicht zu vernachlässigenden Inhomogenitätsbeitrags ist dieser in die erweiterte Unsicherheit des zertifizierten Gehalts einzubeziehen:

$$u_{gesamt} = 2 \cdot \sqrt{\frac{s_{zert}^2}{n} + s_{Inhomogenität}^2}$$

Ein Inhomogenitätsbeitrag liegt vor, wenn die Unterschiede der Gehalte im Zentrum, im mittleren und äußeren Ring signifikant größer sind als die relativen Standardabweichungen $s_{Mittlerer\ Ring}$ und $s_{Außenring}$.

Es konnte keine signifikante Differenz zwischen den Gehaltsunterschieden im Zentrum, im „mittleren“ sowie im „äußeren“ Ring und den relativen Standardabweichungen $s_{Mittlerer\ Ring}$ und $s_{Außenring}$ festgestellt werden. Eine Flächeninhomogenität des Materials war somit nicht nachweisbar, was aufgrund des Herstellungsverfahrens der Proben auch nicht zu erwarten ist.

4.2 Homogenitätsuntersuchung zwischen verschiedenen Proben

Für den Homogenitätstest zwischen verschiedenen Proben wurden für ausgewählte Probenzylinder bei der Wieland-Werke AG die Massengehalte der Elementspuren bestimmt. Es wurden aus der Gesamtzahl der Proben so viele Probenzylinder in regelmäßigen Abständen entnommen, dass entsprechend der Norm ASTM Designation E 826-90 [5] 8% der Gesamtprobenzahl untersucht wurde. Es handelte sich um 25 Zylinder.

Alle ausgewählten Proben wurden funkenemissionsspektrometrisch untersucht. Die Messungen erfolgten in sechs Durchgängen mit jeweils zwei Abfunkungen pro Probe, wobei die Reihenfolge der Proben bei der Messung innerhalb eines Durchgangs zufällig gewählt wurde, um einen eventuellen Gehaltsgradienten zwischen den Proben nicht durch eine mögliche Gerätedrift zu überdecken.

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem in der BAM entwickelten Programm zur Durchführung und Auswertung von Homogenitätsuntersuchungen „HOMEX“ [6].
Hierbei wird die mittlere Streuung innerhalb eines Durchgangs, die näherungsweise gleich der Verfahrensstreuung ist, mit der Streuung zwischen den mittleren Gehalten der Proben verglichen. Ist die Streuung zwischen den mittleren Gehalten signifikant größer als die Verfahrensstreuung, d.h. sind die Unterschiede nicht nur zufälliger Natur, dann gilt damit eine Inhomogenität zwischen den mittleren Probengehalten als nachgewiesen.

Die Untersuchungen ergaben jedoch, dass eine ausreichende Homogenität vorliegt.

5. Zertifizierung

An der chemischen Analyse der Proben innerhalb eines Zertifizierungsringversuches beteiligten sich 13 Laboratorien (siehe Abschnitt 2.). Es handelte sich dabei in der Regel um Laboratorien der metallverarbeitenden Industrie sowie verschiedene Laboratorien der BAM, die alle über große Erfahrung auf dem Gebiet der Analytik von Kupfer verfügen. Es wurden Laboratorien ausgewählt, die ihre Befähigung durch die Mitarbeit an vorangegangenen Verfahrensentwicklungen und Ringversuchen für die zu bestimmenden Elemente gezeigt haben. Auf einen Qualifizierungsringversuch vor dem eigentlichen Zertifizierungsringversuch wurde deshalb verzichtet.

In den Proben wurden die Massenanteile der Elemente Ag, Al, As, Bi, Cd, Co, Cr, Fe, Mg, Mn, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sn, Te, Ti, Zn und Zr bestimmt, wobei pro Element jeweils 6 Einzelwerte (in Ausnahmefällen nur 4 oder 5) aus getrennten Einwaagen ermittelt wurden.

5.1 Verwendete Abkürzungen der Analysenmethoden

A	Atomabsorptionsspektrometrie mit Flammenatomisierung (F AAS)
CS	Verbrennung mit IR-Detektion
E	Atomabsorptionsspektrometrie mit thermischer Atomisierung (ET AAS)
I	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I(LF)	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Lanthan-Fällung
I(KE)	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Kupferabtrennung
IMS	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
NAA	Neutronenaktivierungsanalyse (NAA)
P	Photometrie
PAA	Photonenaktivierungsanalyse (PAA)
T	Titrimetrie

5.2 Kurzbeschreibung der Analysenverfahren

Die Analysenverfahren, die die Laboratorien für die Bestimmung eingesetzt haben, sind für die einzelnen Elemente in den Tabellen 2 bis 23 aufgelistet.
Die Tabellen zeigen für jedes Element die Methoden-Abkürzung und die Nummern der Laboratorien, die nach diesem Verfahren analysiert haben, sowie die eingesetzte Probenmenge, die Probenvorbereitung und die Bestimmungsmethode.

5.3 Kalibrierung

Bei allen Analysenverfahren, für die eine Kalibrierung notwendig ist, wird mit Bezugslösungen kalibriert. Für die Herstellung der Bezugslösungen waren nur reine Metalle und Verbindungen mit exakt bekannter Stöchiometrie und Reinheit zulässig. In Ausnahmefällen wurden auch kommerziell erhältliche Standardlösungen, die zuvor mit gravimetrisch erstellten Kalibrierlösungen überprüft wurden, als Arbeitsstandard akzeptiert. In der Regel erfolgte eine Matrixangleichung mit Reinstkupfer. Verzichtet wurde darauf, wenn eine Matrix- oder Analytabtrennung in den Probenlösungen erfolgte.

Tabelle 2: Analysenverfahren für die Bestimmung von Silber

Methode	Labor-Nr.	Einwaage	Probenvorbereitung	Bestimmungsmethode
A	1 12	5 g 1 g	Lösen in HNO_3	Atomabsorptionsspektrometrie mit Flammenatomisierung (F AAS)
A	5	1 g	Lösen in HNO_3/HBF_4	Atomabsorptionsspektrometrie mit Flammenatomisierung (F AAS)
E	1	0,1 g	Lösen in HNO_3	Atomabsorptionsspektrometrie mit elektrothermischer Atomisierung (ET AAS)
I	7, 8, 10 6	1 g 2 g	Lösen in HNO_3	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	4	1 g	Lösen in HNO_3/HF	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	15	2 g	Lösen in HNO_3/HCl	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	15	1 g	Lösen in HNO_3/H_2O_2	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
IMS	13	0,1 g	Lösen in HNO_3	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
NAA	16	0,1 g	Lösen in HNO3	Neutronenaktivierungsanalyse (NAA)
NAA	1	30-40 mg	zerspante Probe in Quarzampulle einwägen, Ampulle abschmelzen	Neutronenaktivierungsanalyse (NAA)
PAA	1	1 g	Ronden d=13 mm, < 1 mm dick	Photonenaktivierungsanalyse (PAA)

Tabelle 3: Analysenverfahren für die Bestimmung von Aluminium

Methode	Labor-Nr.	Einwaage	Probenvorbereitung	Bestimmungsmethode
E	1	0,1 g	Lösen in HNO_3	Atomabsorptionsspektrometrie mit elektrothermischer Atomisierung (ET AAS)
I	7, 10 6	1 g 2 g	Lösen in HNO_3	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	4, 9	1 g	Lösen in HNO_3/HF	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	4	10 g	Lösen in HNO_3/HF / Elektrolytische Kupferabtrennung	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	8	5 g	Lösen in HCl/ H_2O_2 / Lanthanfällung	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	15	2 g	Lösen in HNO_3/HCl	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	15	2 g	Lösen in HNO_3/HCl / Mikrowellenaufschluß	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
IMS	13	0,1 g	Lösen in HNO_3	Massenspektrometrie mit Plasmaanregung (ICP-MS)

Tabelle 4: Analysenverfahren für die Bestimmung von Arsen

Methode	Labor-Nr.	Einwaage	Probenvorbereitung	Bestimmungsmethode
A	12	1 g	Lösen in HNO_3	Atomabsorptionsspektrometrie mit Flammenatomisierung (F AAS)
E	5 1	0,2 g 0,1 g	Lösen in HNO_3	Atomabsorptionsspektrometrie mit elektrothermischer Atomisierung (ET AAS)
I	4, 9	1 g	Lösen in HNO_3/HF	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	4	10 g	Lösen in HNO_3/HF / Analytabtrennung mittels Lanthan-Fällung	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	15	2 g	Lösen in HNO_3/HCl	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	6 7, 10	2 g 1 g	Lösen in HNO_3	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	8	5 g	Lösen in HCl/H_2O_2 / Analytabtrennung mittels Lanthan-Fällung	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
IMS	13	0,1 g	Lösen in HNO_3	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
NAA	16	0,1 g	Lösen in HNO_3	Neutronenaktivierungsanalyse (NAA)
P	1	2 g	Lösen in HCl/H_2O_2, Extraktion mit Toluol, Rückextraktion mit H_2O	Photometrie, Bestimmung als Molybdänblau
PAA	1	1 g	Ronden d=13 mm, < 1 mm dick	Photonenaktivierungsanalyse (PAA)

Tabelle 5: Analysenverfahren für die Bestimmung von Bismut

Methode	Labor-Nr.	Einwaage	Probenvorbereitung	Bestimmungsmethode
A	12	1 g	Lösen in HNO_3	Atomabsorptionsspektrometrie mit Flammenatomisierung (F AAS)
E	1 5 7	0,1 g 0,5 g 1,0 g	Lösen in HNO_3	Atomabsorptionsspektrometrie mit elektrothermischer Atomisierung (ET AAS)
I	8	5 g	Lösen in HCl/H_2O_2, Analytabtrennung mittels Lanthan-Fällung	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	4, 9	1 g	Lösen in HNO_3/HF	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	4	10 g	Lösen in HNO_3/HF / Analytabtrennung mittels Lanthan-Fällung	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	15	2 g	Lösen in HNO_3/HCl	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
IMS	13	0,1 g	Lösen in HNO_3	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)

Tabelle 6: Analysenverfahren für die Bestimmung von Cadmium

Methode	Labor-Nr.	Einwaage	Probenvorbereitung	Bestimmungsmethode
A	5	1 g	Lösen in HCl/H_2O_2	Atomabsorptionsspektrometrie mit Flammenatomisierung (F AAS)
E	1 12	0,1 g 1 g	Lösen in HNO_3	Atomabsorptionsspektrometrie mit elektrothermischer Atomisierung (ET AAS)
I	4, 9	1 g	Lösen in HNO_3/HF	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	4	10 g	Lösen in HNO_3/HF / Kupferabtrennung mittels Elektrolyse	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	15	2 g	Lösen in HNO_3/HCl	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	6 7, 10, 8	2 g 1 g	Lösen in HNO_3	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
IMS	13	0,1 g	Lösen in HNO_3	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)

Tabelle 7: Analysenverfahren für die Bestimmung von Cobalt

Methode	Labor-Nr.	Einwaage	Probenvorbereitung	Bestimmungsmethode
E	5 1 8	0,5 g 0,1 g 1,0 g	Lösen in HNO_3	Atomabsorptionsspektrometrie mit elektrothermischer Atomisierung (ET AAS)
I	4	1 g	Lösen in HNO_3/HF	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	4	10 g	Lösen in HNO_3/HF / Kupferabtrennung mittels Elektrolyse	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	15	2 g	Lösen in HNO_3/HCl	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	6 7	2 g 1 g	Lösen in HNO_3	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
IMS	13	0,1 g	Lösen in HNO_3	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
NAA	16	0,1 g	Lösen in HNO_3	Neutronenaktivierungsanalyse (NAA)
NAA	1	30 – 40 mg	zerspante Probe in Quarzampulle einwägen, Ampulle abschmelzen	Neutronenaktivierungsanalyse (NAA)

Tabelle 8: Analysenverfahren für die Bestimmung von Chrom

Methode	Labor-Nr.	Einwaage	Probenvorbereitung	Bestimmungsmethode
E	1	0,2 g	Lösen in HNO_3	Atomabsorptionsspektrometrie mit elektrothermischer Atomisierung (ET AAS)
I	7, 10 6	1 g 2 g	Lösen in HNO_3	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	4	10 g	Lösen in HNO_3/HF / Elektrolytische Kupferabtrennung	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	4, 9	1 g	Lösen in HNO_3/HF	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	15	2 g	Lösen in HNO_3/HCl	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	8	5 g	Lösen in HCl/H_2O_2, Analytabtrennung mittels Lanthan-Fällung	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	5	1 g	Lösen in HNO_3/H_2SO_4	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
IMS	13	0,1 g	Lösen in HNO_3	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
NAA	1	30-40 mg	zerspante Probe in Quarzampulle einwägen, Ampulle abschmelzen	Neutronenaktivierungsanalyse (NAA)
PAA	1	1 g	Ronden d=13 mm, < 1 mm dick	Photonenaktivierungsanalyse (PAA)

Tabelle 9: Analysenverfahren für die Bestimmung von Eisen

Methode	Labor-Nr.	Einwaage	Probenvorbereitung	Bestimmungsmethode
A	5	0,5 g	Lösen in HCl/H_2O_2	Atomabsorptionsspektrometrie mit Flammenatomisierung (F AAS)
A	12	1 g	Lösen in HNO_3	Atomabsorptionsspektrometrie mit Flammenatomisierung (F AAS)
I	4, 9	1 g	Lösen in HNO_3/HF	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	4	10 g	Analytabtrennung mittels Lanthan-Fällung	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	4	10 g	Lösen in HNO_3/HF, Elektrolytische Kupferabtrennung	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	6 7, 8, 10	2 g 1 g	Lösen in HNO_3	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	15	2 g	Lösen in HNO_3/HCl	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
IMS	13	0,1 g	Lösen in HNO_3	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
P	1	3 g	Lösen in HCl/H_2O_2, Extraktion mit MIBK	Photometrie als Eisen(II)-1,10-Phenanthrolin-Komplex

Tabelle 10: Analysenverfahren für die Bestimmung von Magnesium

Methode	Labor-Nr.	Einwaage	Probenvorbereitung	Bestimmungsmethode
A	12	1 g	Lösen in HNO_3	Atomabsorptionsspektrometrie mit Flammenatomisierung (F AAS)
I	4, 9	1 g	Lösen in HNO_3/HF	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	4	10 g	Lösen in HNO_3/HF, Elektrolytische Kupferabtrennung	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	5 15	1 g 2 g	Lösen in HNO_3/HCl	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	6 7, 8, 10	2 g 1 g	Lösen in HNO_3	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
IMS	13	0,1 g	Lösen in HNO_3	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)

Tabelle 11: Analysenverfahren für die Bestimmung von Mangan

Methode	Labor-Nr.	Einwaage	Probenvorbereitung	Bestimmungsmethode
E	1	0,1 g	Lösen in HNO_3	Atomabsorptionsspektrometrie mit elektrothermischer Atomisierung (ET AAS)
I	4, 9	1 g	Lösen in HNO_3/HF	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	4	10 g	Lösen in HNO_3/HF, Elektrolytische Kupferabtrennung	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	5 15	1 g 2 g	Lösen in HNO_3/HCl	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	6 7, 8, 10	2 g 1 g	Lösen in HNO_3	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
IMS	13	0,1 g	Lösen in HNO_3	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
PAA	1	1 g	Ronden d=13 mm, < 1 mm dick	Photonenaktivierungsanalyse (PAA)

Tabelle 12: Analysenverfahren für die Bestimmung von Nickel

Methode	Labor-Nr.	Einwaage	Probenvorbereitung	Bestimmungsmethode
E	8	1 g	Lösen in HNO_3	Atomabsorptionsspektrometrie mit elektrothermischer Atomisierung (ET AAS)
I	4, 9	1 g	Lösen in HNO_3/HF	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	15	2 g	Lösen in HNO_3/HCl	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	4	10 g	Lösen in HNO_3/HF, Elektrolytische Kupferabtrennung	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	6 7, 10	2 g 1 g	Lösen in HNO_3	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
IMS	13	0,1 g	Lösen in HNO_3	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
P	1	1 g	Lösen in HNO_3, Ni-Extraktion mit $ChCl_3$	Photometrie als Nickel(IV)-Diacetyldioxim-Komplex
PAA	1	1 g	Ronden d=13 mm, < 1 mm dick	Photonenaktivierungsanalyse (PAA)

Tabelle 13: Analysenverfahren für die Bestimmung von Phosphor

Methode	Labor-Nr.	Einwaage	Probenvorbereitung	Bestimmungsmethode
I	15	2 g	Lösen in HNO_3/HCl	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	9	1 g	Lösen in HNO_3/HF	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	6 7, 10	2 g 1 g	Lösen in HNO_3	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
P	1	1,5 g	Lösen in HNO_3, Extraktion mit MIBK	Photometrie als Vanadomolybdatophosphorsäure
P	8	2 g	Lösen in HNO_3, ohne Extraktion	Photometrie als Vanadomolybdatophosphorsäure

Tabelle 14: Analysenverfahren für die Bestimmung von Blei

Methode	Labor-Nr.	Einwaage	Probenvorbereitung	Bestimmungsmethode
E	1 5 7, 12	0,1 g 0,2 g 1 g	Lösen in HNO_3	Atomabsorptionsspektrometrie mit elektrothermischer Atomisierung (ET AAS)
I	4	1 g	Lösen in HNO_3/HF	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	4	10 g	Lösen in HNO_3/HF, Elektrolytische Kupferabtrennung	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	4	10 g	Lösen in HNO_3/HF, Analytabtrennung mittels Lanthan-Fällung	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	8	5 g	Lösen in HCl/H_2O_2, Analytabtrennung mittels Lanthan-Fällung	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	15	2 g	Lösen in HNO_3/HCl	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	6 10	2 g 1 g	Lösen in HNO_3	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
IMS	13	0,1 g	Lösen in HNO_3	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
PAA	1	1 g	Ronden d=13 mm, < 1 mm dick	Photonenaktivierungsanalyse (PAA)

Tabelle 15: Analysenverfahren für die Bestimmung von Schwefel

Methode	Labor-Nr.	Einwaage	Probenvorbereitung	Bestimmungsmethode
CS	5 13 7	1 g 0,8 g 3 g	Verbrennung	Infrarot-Spektroskopie
I	15	2 g	Lösen in HNO_3/HCl	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	10	1 g	Lösen in HNO_3	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
P	1 17	1 g	Lösen in Säuremischung, Destillation	Photometrie (Methylenblau)
T	4 8	 2 g	Verbrennung	Titration

Tabelle 16: Analysenverfahren für die Bestimmung von Antimon

Methode	Labor-Nr.	Einwaage	Probenvorbereitung	Bestimmungsmethode
E	1	0,1 g	Lösen in HNO_3	Atomabsorptionsspektrometrie mit elektrothermischer Atomisierung (ET AAS)
I	4	1 g	Lösen in HNO_3/HF	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	4	10 g	Lösen in HNO_3/HF, Analytabtrennung mittels Lanthan-Fällung	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	8	5 g	Lösen in HCl/H_2O_2, Analytabtrennung mittels Lanthan-Fällung	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	15	2 g	Lösen in HNO_3/HCl	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	6 7, 10	2 g 1 g	Lösen in HNO_3	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
IMS	13	0,1 g	Lösen in HNO_3	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
NAA	16	0,1 g	Lösen in HNO_3	Neutronenaktivierungsanalyse (NAA)
P	1	1 g	Lösen in HCl/H_2O_2, Extraktion mit Isopropyläther	Photometrie als Rhodamin-B-Komplex
PAA	1	1 g	Ronden d=13 mm, < 1 mm dick	Photonenaktivierungsanalyse (PAA)
NAA	1	30-40 mg	zerspante Probe in Quarzampulle einwägen, Ampulle abschmelzen	Neutronenaktivierungsanalyse (NAA)

Tabelle 17: Analysenverfahren für die Bestimmung von Selen

Methode	Labor-Nr.	Einwaage	Probenvorbereitung	Bestimmungsmethode
E	1 5 7	0,1 g 0,5 g 1 g	Lösen in HNO_3	Atomabsorptionsspektrometrie mit elektrothermischer Atomisierung (ET AAS)
I	8	5 g	Lösen in HCl/H_2O_2, Analytabtrennung mittels Lanthan-Fällung	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	4	1 g	Lösen in HNO_3/HF	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	15	2 g	Lösen in HNO_3/HCl	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	6	2 g	Lösen in HNO_3	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
NAA	1	30-40 mg	zerspante Probe in Quarzampulle einwägen, Ampulle abschmelzen	Neutronenaktivierungsanalyse (NAA)

Tabelle 18: Analysenverfahren für die Bestimmung von Silicium

Methode	Labor-Nr.	Einwaage	Probenvorbereitung	Bestimmungsmethode
E	1	0,15 g	Lösen in HNO_3	Atomabsorptionsspektrometrie mit elektrothermischer Atomisierung (ET AAS)
I	15	2 g	Lösen in HNO_3/HCl	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	15	1 g	Lösen in HNO_3/HCl, Mikrowellenaufschluss	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	9	1 g	Lösen in HNO_3/HF	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	6 10	2 g 1 g	Lösen in HNO_3	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)

Tabelle 19: Analysenverfahren für die Bestimmung von Zinn

Methode	Labor-Nr.	Einwaage	Probenvorbereitung	Bestimmungsmethode
E	1	0,15 g	Lösen in HCl/H_2O_2	Atomabsorptionsspektrometrie mit elektrothermischer Atomisierung (ET AAS)
I	4, 9	1 g	Lösen in HNO_3/HF	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	4	10 g	Lösen in HNO_3/HF, Analytabtrennung mittels Lanthan-Fällung	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	8	5 g	Lösen in HCl/H_2O_2, Analytabtrennung mittels Lanthan-Fällung	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	6 7, 15, 5	2 g 1 g	Lösen in HCl/H_2O_2	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
IMS	13	0,1 g	Lösen in HCl, HNO_3, H_2O_2	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
PAA	1	1 g	Ronden d=13 mm, < 1 mm dick	Photonenaktivierungsanalyse (PAA)

Tabelle 20: Analysenverfahren für die Bestimmung von Tellur

Methode	Labor-Nr.	Einwaage	Probenvorbereitung	Bestimmungsmethode
E	1 5 7	0,1 g 0,5 g 1 g	Lösen in HNO_3	Atomabsorptionsspektrometrie mit elektrothermischer Atomisierung (ET AAS)
I	4	1 g	Lösen in HNO_3/HF	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	4	10 g	Lösen in HNO_3/HF, Analytabtrennung mittels Lanthan-Fällung	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	6	2 g	Lösen in HNO_3	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	15	2 g	Lösen in HNO_3/HCl	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	8	5 g	Lösen in HCl/H_2O_2, Analytabtrennung mittels Lanthan-Fällung	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
IMS	13	0,1 g	Lösen in HNO_3	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
PAA	1	1 g	Ronden d=13 mm, < 1 mm dick	Photonenaktivierungsanalyse (PAA)

Tabelle 21: Analysenverfahren für die Bestimmung von Titan

Methode	Labor-Nr.	Einwaage	Probenvorbereitung	Bestimmungsmethode
E	1	0,1 g	Lösen in HNO_3	Atomabsorptionsspektrometrie mit elektrothermischer Atomisierung (ET AAS)
I	4, 9	1 g	Lösen in HNO_3/HF	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	4	10 g	Lösen in HNO_3/HF, Elektrolytische Kupferabtrennung	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	5	1 g	Lösen in HNO_3/H_2SO_4	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	6 7	2 g 1 g	Lösen in HNO_3	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	15	2 g	Lösen in HNO_3/HCl	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)

Tabelle 22: Analysenverfahren für die Bestimmung von Zink

Methode	Labor-Nr.	Einwaage	Probenvorbereitung	Bestimmungsmethode
A	5	0,5 g	Lösen in HCl/H_2O_2	Atomabsorptionsspektrometrie mit Flammenatomisierung (F AAS)
A	12	1 g	Lösen in HNO_3	Atomabsorptionsspektrometrie mit Flammenatomisierung (F AAS)
I	4, 9	1 g	Lösen in HNO_3/HF	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	4	10 g	Lösen in HNO_3/HF, Elektrolytische Kupferabtrennung	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	6 7, 8, 10	2 g 1 g	Lösen in HNO_3	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	15	2 g	Lösen in HNO_3/HCl	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
IMS	13	0,1 g	Lösen in HNO_3	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
NAA	16	0,1 g	Lösen in HNO_3	Neutronenaktivierungsanalyse (NAA)
NAA	1	30-40 mg	zerspante Probe in Quarzampulle einwägen, Ampulle abschmelzen	Neutronenaktivierungsanalyse (NAA)
PAA	1	1 g	Ronden d=13 mm, < 1 mm dick	Photonenaktivierungsanalyse (PAA)

Tabelle 23: Analysenverfahren für die Bestimmung von Zirconium

Methode	Labor-Nr.	Einwaage	Probenvorbereitung	Bestimmungsmethode
I	4, 9	1 g	Lösen in HNO_3/HF	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	4	10 g	Lösen in HNO_3/HF, Elektrolytische Kupferabtrennung	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	5	1 g	Lösen in HNO_3/H_2SO_4	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	6 7	2 g 1 g	Lösen in HNO_3	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	15	2 g	Lösen in HNO_3/HCl	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I	15	2 g	Lösen in HNO_3/HCl, Mikrowellenaufschluß	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
IMS	13	0,1 g	Lösen in HNO_3	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
PAA	1	1 g	Ronden d=13 mm, < 1 mm dick	Photonenaktivierungsanalyse (PAA)

5.4 Analysenergebnisse und statistische Betrachtung

Die Ergebnisse des Zertifizierungs-Ringversuches sind in den Tabellen 28 bis 47 (BAM-M385) bzw. 50 bis 69 (BAM-M386) aufgelistet. Diese Tabellen zeigen die Einzelwerte der Laboratorien mit den dazugehörigen Standardabweichungen und den Labormittelwert sowie den Mittelwert der Labormittelwerte für die zertifizierten Elemente Silber, Aluminium, Arsen, Bismut, Cadmium, Cobalt, Chrom, Eisen, Magnesium, Mangan, Nickel, Phosphor, Blei, Schwefel, Antimon, Selen, Zinn, Tellur, Titan und Zink.
In den Abbildungen 2 bis 21 (BAM-M385) bzw. 22 bis 41 (BAM-M386) sind in entsprechenden Diagrammen die Labormittelwerte mit ihren Standardabweichungen graphisch dargestellt.
In den Tabellen 48 und 49 (BAM-M385) bzw. 70 und 71 (BAM-M386) sind die entsprechenden Daten für die Elemente angegeben, die aufgrund eines zu geringen Datenmaterials oder einer zu großen Standardabweichung der Messreihenmittelwerte nur als nicht zertifizierte Elementgehalte angegeben werden (Silicium, Zirconium).

Die Mittelwerte der Messreihen aller Laboratorien wurden einem Ausreißertest nach Grubbs unterworfen (α = 5 %). Als Ausreißer erkannte Werte wurden den entsprechenden Laboratorien mitgeteilt, diese wurden um eine Nachanalyse bzw. Stellungnahme gebeten. Bei erfolgter Nachanalyse wurden die Ausreißer durch die neuen Analysendaten ersetzt. Wurden die Analysendaten aufgrund von Verfahrensfehlern zurückgezogen, so wurden sie bei der Erstellung der Tabellen nicht berücksichtigt. Anschließend wurden alle Analysendaten erneut dem Grubbs-Test unterworfen (α = 1 %). Werte, die in diesem Fall als Ausreißer erkannt wurden, sind in der Tabelle als solche gekennzeichnet, wurden aber bei der Berechnung des zertifizierten Wertes nicht berücksichtigt.

Mit Hilfe des Cochran-Testes (α = 1 %) wurden die Standardabweichungen der Einzelwerte zwischen den Laboratorien auf Homogenität geprüft. Labordaten, die hierbei als Ausreißer festgestellt wurden, wurden bei der Berechnung der zertifizierten Werte trotzdem berücksichtigt, da die Standardabweichung der Einzelwerte trotz Feststellung als Varianzausreißer kleiner als die Standardabweichung der Mittelwerte war und durchaus im normalen Rahmen für diese kleinen Elementgehalte lag, die sich für manche Verfahren und Geräte teilweise an der Bestimmungsgrenze bewegten. Außerdem wird bei der Zertifizierung der Einsatz möglichst unterschiedlicher Verfahren angestrebt und damit geringfügig höhere Standardabweichungen in Kauf genommen, um systematische Fehler eines bestimmten Verfahrens besser ausschließen zu können.
Die Ergebnisse des Cochran-Tests wurden bei dieser Zertifizierung also nicht berücksichtigt.
Ein Labor wurde aufgrund sehr hoher Streuungen seiner Ergebnisse zur Nachanalyse aufgefordert und hat die Bestimmungen mit einem neuen Messgerät (ICP OES) wiederholt. Die mit dem alten Messgerät erhaltenen Daten wurden deshalb nicht aufgeführt.

Von den zertifizierten Elementgehalten fallen Al, P, S und Zn durch eine relativ hohe Unsicherheit auf. Das ist ebenfalls auf die sehr unterschiedlichen, teilweise nasschemischen Bestimmungsverfahren sowie die niedrigen Elementgehalte zurückzuführen. Einflüsse durch evtl. unvollständige Auflösung bzw. Einflüsse der gewählten Wellenlänge bei der ICP OES wurden ausgeschlossen.

Bei den Zinn-Gehalten wurde nach der ersten Bestimmungsrunde ein Einfluss des Lösemittels festgestellt. Die nur in HNO_3 gelösten Proben wiesen geringfügig kleinere

Werte auf. Die Analysen wurden mit der Auflage wiederholt, nur unter Zusatz von HF oder H_2O_2 zu lösen. Nur diese Analysendaten wurden zur Zertifizierung genutzt.

Die für Eisen angegebenen Mittelwerte der Laboratorien wurden nachträglich an der BAM korrigiert, da festgestellt wurde, dass die mitgelieferte Blindprobe Eisen in einem nicht zu vernachlässigenden Umfang enthielt. Der Eisengehalt der Blindprobe wurde in zwei Laboratorien der BAM bestimmt und mit 1,97 µg/g angegeben. Mit diesem Wert wurden die Mittelwerte der Laboratorien, die die Blindprobe genutzt hatten, korrigiert.

Die erhaltenen Analysendaten sowie die verwendeten Analysenverfahren mit möglichen Fehlerquellen sowie die erreichbare Präzision wurden auf Arbeitssitzungen des Arbeitsausschusses „Kupfer“ des Chemikerausschusses der GDMB mehrfach diskutiert und für die Zertifizierung akzeptiert.
Die zertifizierten und nicht zertifizierten Daten sind in den Tabellen 24 - 27 dargestellt. Es handelt sich dabei um die Mittelwerte der Labormittelwerte mit entsprechender Unsicherheit.

Tabelle 24: Zertifizierte Gehalte der Probe BAM-M385

Element	**Massenanteil** in µg/g	**Unsicherheit*** in µg/g
Ag	28,6	± 0,8
Al	28,6	± 2,5
As	11,4	± 0,8
Bi	5,81	± 0,17
Cd	5,8	± 0,3
Co	6,93	± 0,15
Cr	9,81	± 0,20
Fe	45,4	± 1,4
Mg	29,1	± 1,3
Mn	10,1	± 0,2
Ni	11,9	± 0,8
P	12,9	± 1,0
Pb	11,3	± 0,5
S	31,2	± 1,5
Sb	19,9	± 0,8
Se	7,2	± 0,5
Sn	18,0	± 0,9
Te	10,0	± 0,4
Ti	3,83	± 0,17
Zn	57,9	± 4,0

Tabelle 25: Nicht zertifizierte Gehalte der Probe BAM-M385

Element	Massenanteil in µg/g	Unsicherheit* in µg/g
Si	7,2	± 1,5
Zr	< 7	

Tabelle 26: Zertifizierte Gehalte der Probe BAM-M386

Element	Massenanteil in µg/g	Unsicherheit* in µg/g
Ag	47,4	± 1,2
Al	36,5	± 2,5
As	24,2	± 1,0
Bi	9,6	± 0,5
Cd	7,8	± 0,4
Co	5,20	± 0,14
Cr	12,4	± 0,7
Fe	64,7	± 1,8
Mg	36,1	± 1,2
Mn	13,3	± 0,2
Ni	25,0	± 1,0
P	7,2	± 0,7
Pb	23,4	± 1,2
S	21,9	± 2,1
Sb	31,2	± 1,1
Se	11,6	± 0,3
Sn	28,3	± 0,8
Te	38,3	± 0,9
Ti	33,1	± 1,3
Zn	49,5	± 1,6

Tabelle 27: Nicht zertifizierte Gehalte der Probe BAM-M386

Element	Massenanteil	Unsicherheit*
	in µg/g	in µg/g
Si	14,3	± 4,3
Zr	9,0	± 1,7

*halbe Breite des Vertrauensbereiches bei einem Vertrauensgrad von 95%, ermittelt aus den Standardabweichungen der Messreihenmittelwerte.

Für die nachfolgenden Tabellen und Abbildungen werden folgende Abkürzungen verwendet:

EW: Einzelwert
MW: Mittelwert der Messreihe
s: Standardabweichung der Einzelwerte
$\bar{s}$ arithmetisches Mittel der Messreihenstandardabweichungen unter Wiederholbedingungen
s_{rel}: relative Standardabweichung

Der Mittelwert der Labormittelwerte ist in den Abbildungen als durchgezogene Linie, die einfache Standardabweichung gestrichelt dargestellt.

Silbergehalt in BAM-M385

Lab./Meth.	15/I	10/I	4/I	6/I	7/I	5/A	1/A	15/I2	12/A	1/E	16/NAA	1/NAA	1/PAA	13/IMS	8/I	Ges.
EW [µg/g]	26,9	26,52	28,3	27,9	28,3	28,5	28,59	28,4	28,4	28,92	29,60	29,41	29,5	30,5	31,3	n =
	26,6	26,10	28,1	27,9	28,1	28,7	28,66	28,6	28,4	29,01	27,36	29,14	30,9	29,8	31,4	15
	26,4	26,06	27,1	28,0	28,5	28,3	28,44	28,7	28,8	28,51	28,49	29,43	30,1	30,2	31,3	
	26,2	26,81	27,7	27,8	28,6	28,2	28,70	28,7	28,8	28,68	26,84	28,92	28,1	30,3	31,4	
	26,1	26,83	27,6	27,9	28,2	28,5	28,26		29,0	27,95	28,28	29,35	29,5	29,8	31,3	
	25,7	26,85	27,9	27,5	28,0	28,4	28,75		28,6	28,97	32,04	28,93	31,2	30,3	31,4	
MW [µg/g]	**26,30**	**26,53**	**27,7**	**27,83**	**28,28**	**28,4**	**28,57**	**28,60**	**28,67**	**28,67**	**28,77**	**29,20**	**29,88**	**30,15**	**31,33**	**28,60**
s [µg/g]	0,42	0,37	0,4	0,18	0,24	0,2	0,19	0,13	0,25	0,40	1,87	0,23	1,12	0,28	0,06	1,279
$\bar{s}$ [µg/g]																0,420
s_{rel} in %	1,6	1,4	1,5	0,6	0,8	0,5	0,6	0,4	0,9	1,4	6,5	0,8	3,8	0,9	0,2	4,5

A	Atomabsorptionsspektrometrie mit Flammenatomisierung (F AAS)
E	Atomabsorptionsspektrometrie mit thermischer Atomisierung (ET AAS)
I	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
IMS	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma
NAA	Neutronenaktivierungsanalyse
PAA	Photonenaktivierungsanalyse

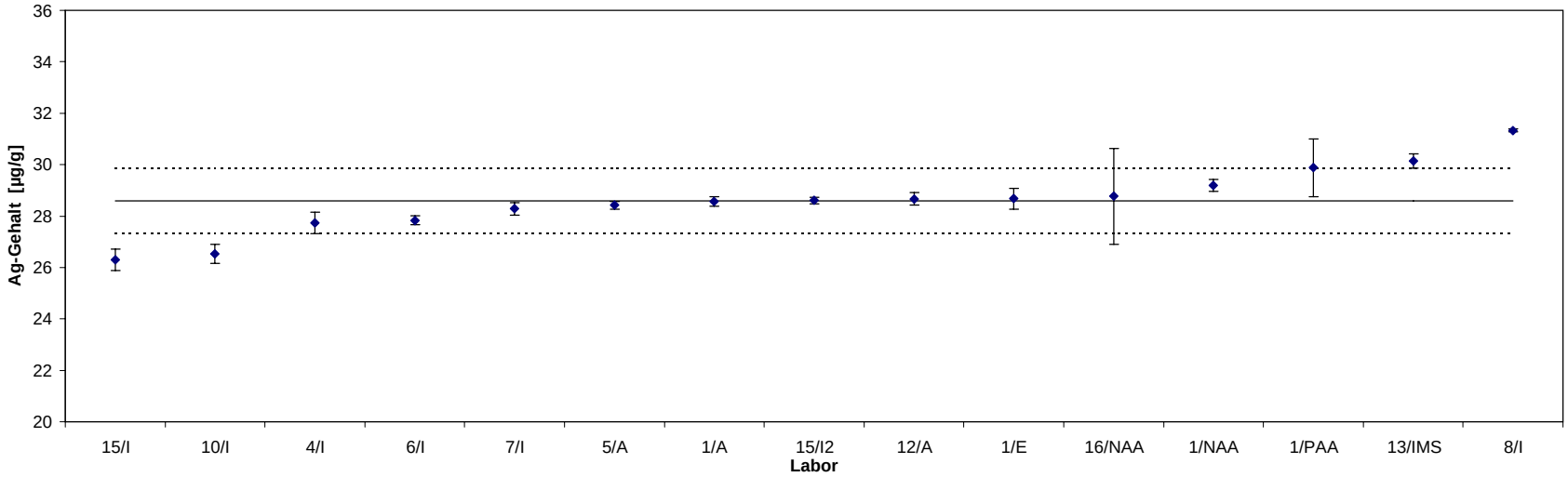


Tabelle 28, Abbildung 2: Silbergehalt in BAM-M385

Aluminiumgehalt in BAM-M385

Lab./Meth.	8/I (LF)	15/I	10/I	9/I	4/I (KE)	1/E	15/I2	6/I	7/I	13/IMS	4/I	Ges.
EW [µg/g]	21,3	24,9	27,2	27,5	27,34	27,40	30,90	29,70	29,3	34,6	34,37	n =
	21,2	24,5	28,5	28,4	30,68	27,90	29,30	29,40	29,1	30,5	35,38	11
	21,0	24,2	27,4	28,6	28,92	27,87	28,60	29,40	31,1	31,4	33,70	
	21,0	23,6	27,1	27,9	27,26	30,18	28,30	29,40	30,7	32,9	35,50	
	21,1	23,8	28,6	27,8	27,43	29,74		29,30	29,4	32,1	36,39	
	21,0	22,9	28,6	28,0	30,20	30,89		29,80	29,6	31,2	36,80	
MW [µg/g]	**21,11**	**23,97**	**27,90**	**28,0**	**28,64**	**29,00**	**29,28**	**29,50**	**29,88**	**32,13**	**35,36**	**28,62**
s [µg/g]	0,14	0,70	0,76	0,4	1,53	1,45	1,16	0,20	0,82	1,48	1,17	3,734
s [µg/g]												0,893
s_{rel} in %	0,6	2,9	2,7	1,4	5,3	5,0	4,0	0,7	2,7	4,6	3,3	13,0

E Atomabsorptionsspektrometrie mit thermischer Atomisierung (ET AAS
I Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I(LF) Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Lanthan-Fällung
I(KE) Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Kupferabtrennung
IMS Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma

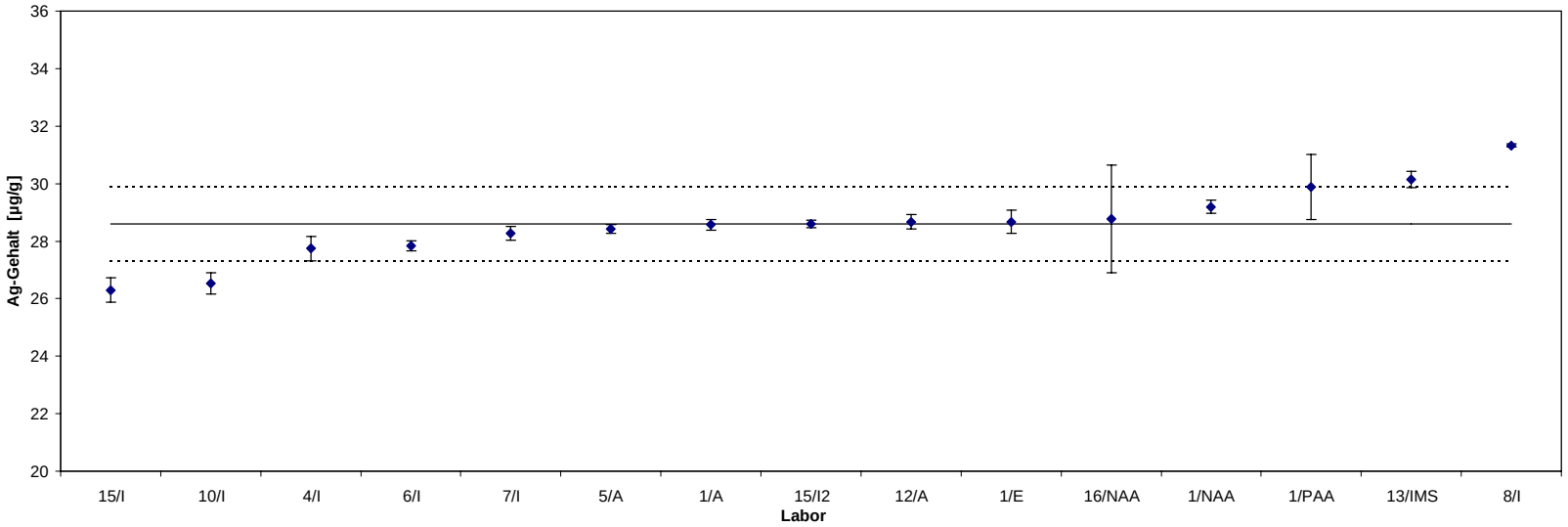


Tabelle 29, Abbildung 3: Aluminiumgehalt in BAM-M385

Arsengehalt in BAM-M385

Lab./Meth.	13/IMS	4/I	8/I (LF)	1/E	4/I (LF)	1/PAA	16/NAA	7/I	15/I	1/P	6/I	5/E	10/I	9/I	Ges.
EW [µg/g]	6,1	11,13	10,6	10,32	10,5	10,90	11,9	11,2	11,5	11,48	11,9	11,6	11,77	13,99	n =
	5,5	8,31	10,7	10,85	10,8	10,80	10,2	11,2	11,4	11,35	11,4	11,3	11,63	17,96	13
	6,3	8,23	10,8	10,82	11,1	11,10	10,8	11,2	11,3	11,18	11,3	11,6	11,57	16,10	
	6,0	8,53	10,6	10,49	10,8	10,70	10,7	11,1	11,3	11,52	11,5	12,0	11,53	17,34	
	4,94	13,34	10,8	11,05	10,7	10,90	11,3	11,4	11,3	11,39	11,8	11,4	12,30	13,03	
	5,3	12,38	10,5	10,79	10,9	10,90	11,1	11,0	11,4	11,49	10,9	11,5	12,40	12,38	
MW [µg/g]	**5,69**	**10,32**	**10,65**	**10,72**	**10,79**	**10,88**	**11,00**	**11,19**	**11,37**	**11,40**	**11,5**	**11,58**	**11,87**	**15,13**	**11,412**
s[µg/g]	0,52	2,26	0,12	0,27	0,20	0,13	0,58	0,15	0,08	0,12	0,4	0,26	0,38	2,33	1,199
s [µg/g]															0,558
s_{rel} in %	9,1	21,9	1,1	2,5	1,8	1,2	5,3	1,4	0,7	1,1	3,2	2,2	3,2	15,4	10,5

99 % Grubbs-Ausreisser

E	Atomabsorptionsspektrometrie mit thermischer Atomisierung (ET AAS
I	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I(LF)	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Lanthan-Fällun
IMS	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma
P	Photometrie
PAA	Photonenaktivierungsanalys

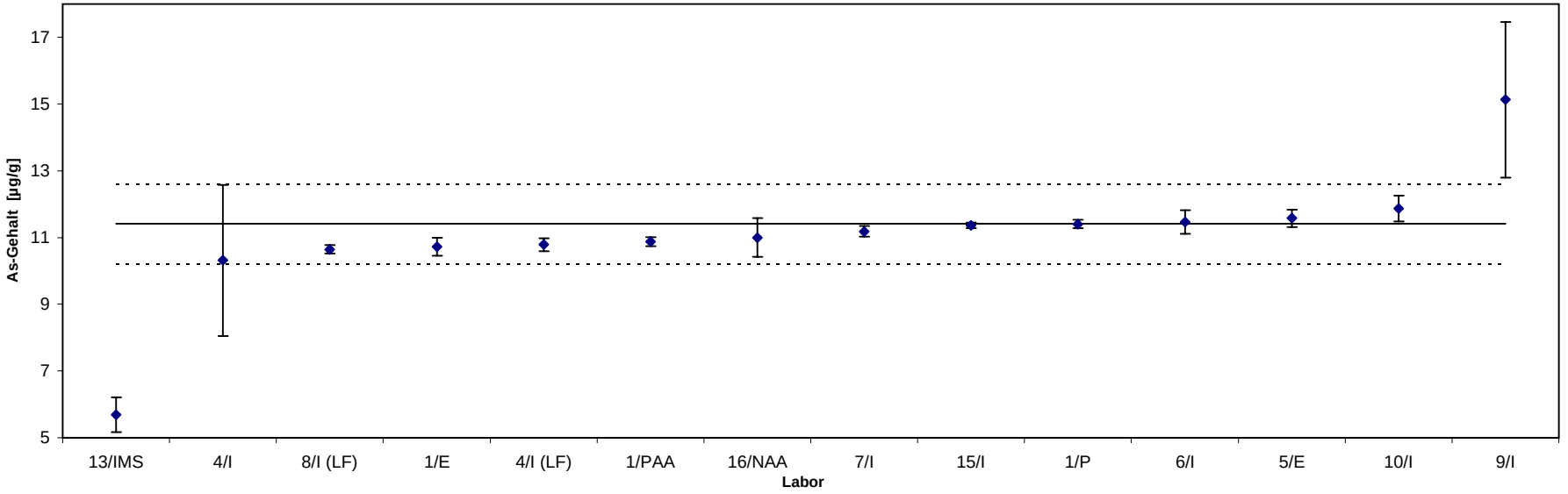


Tabelle 30, Abbildung 4: Arsengehalt in BAM-M385

Bismutgehalt in BAM-M385

Lab./Meth.	8/I (LF)	1/E	4/I	5/E	7/E	15/I	4/I (LF)	13/IMS	Ges.
EW [µg/g]	4,7	4,81	6,28	5,89	5,77	5,9	6,54	6,2	n =
	4,6	4,47	7,23	5,59	5,89	6,2	5,94	6,1	7
	4,4	5,95	6,65	5,88	5,85	5,7	5,89	6,2	
	4,5	6,09	5,03	5,99	5,68	5,8	5,58	6,1	
	4,6	5,74	3,30	5,59	5,82	5,8	5,74	6,2	
	4,5	5,94	5,87	5,69	5,71	5,7	5,56	6,1	
MW [µg/g]	**4,54**	**5,50**	**5,73**	**5,77**	**5,79**	**5,84**	**5,88**	**6,14**	**5,81**
s [µg/g]	0,1	0,68	1,40	0,17	0,08	0,17	0,36	0,02	0,190
$\bar{s}$ [µg/g]									0,411
s_{rel} in %	1,9	12,4	24,5	3,0	1,4	2,8	6,1	0,3	3,3

99 % Grubbs-Ausreisser

E	Atomabsorptionsspektrometrie mit thermischer Atomisierung (ET AAS
I	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I(LF)	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Lanthan-Fällung
IMS	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma

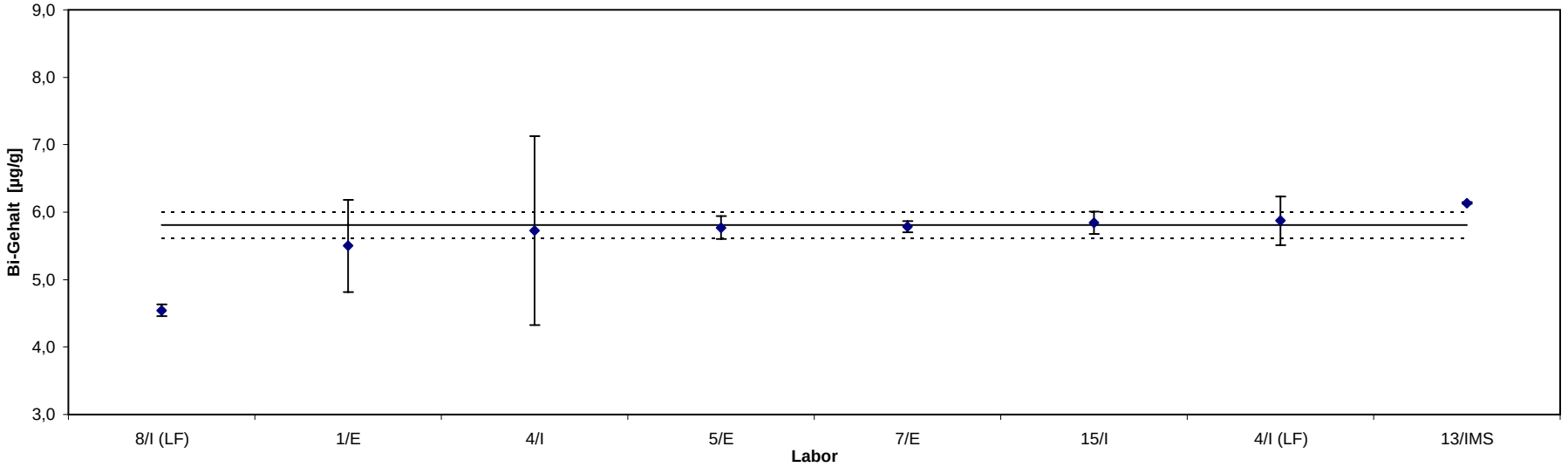


Tabelle 31, Abbildung 5: Bismutgehalt in BAM-M385

Cadmiumgehalt in BAM-M385

Lab./Meth.	8/I	7/I	5/A	6/I	1/E	10/I	4/I (KE)	15/I	4/I	13/IMS	Ges.
EW [µg/g]	5,1	5,4	5,85	5,9	5,75	5,7	5,64	5,9	5,99	6,6	n =
	5,2	5,3	5,66	5,9	5,83	5,8	6,11	5,9	5,90	6,6	10
	5,2	5,4	5,54	5,9	5,98	5,8	5,82	5,8	5,85	6,7	
	5,2	5,4	5,79	5,6	5,74	5,8	5,63	5,8	6,01	6,7	
	5,1	5,3	5,32	5,5	5,61	5,9	5,57	5,8	5,94	6,6	
	5,2	5,3	5,27	5,8	5,79	5,7	6,09	5,8	5,95	6,6	
MW [µg/g]	**5,2**	**5,33**	**5,57**	**5,75**	**5,78**	**5,79**	**5,81**	**5,83**	**5,94**	**6,63**	**5,76**
s [µg/g]	0,05	0,08	0,24	0,20	0,12	0,07	0,24	0,06	0,06	0,05	0,391
$\bar{s}$ [µg/g]											0,123
s_{rel} in %	1,0	1,5	4,3	3,5	2,1	1,1	4,1	1,0	1,0	0,8	6,8

A	Atomabsorptionsspektrometrie mit Flammenatomisierung (F AAS
E	Atomabsorptionsspektrometrie mit thermischer Atomisierung (ET AAS
I	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I(KE)	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Kupferabtrennun
IMS	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma

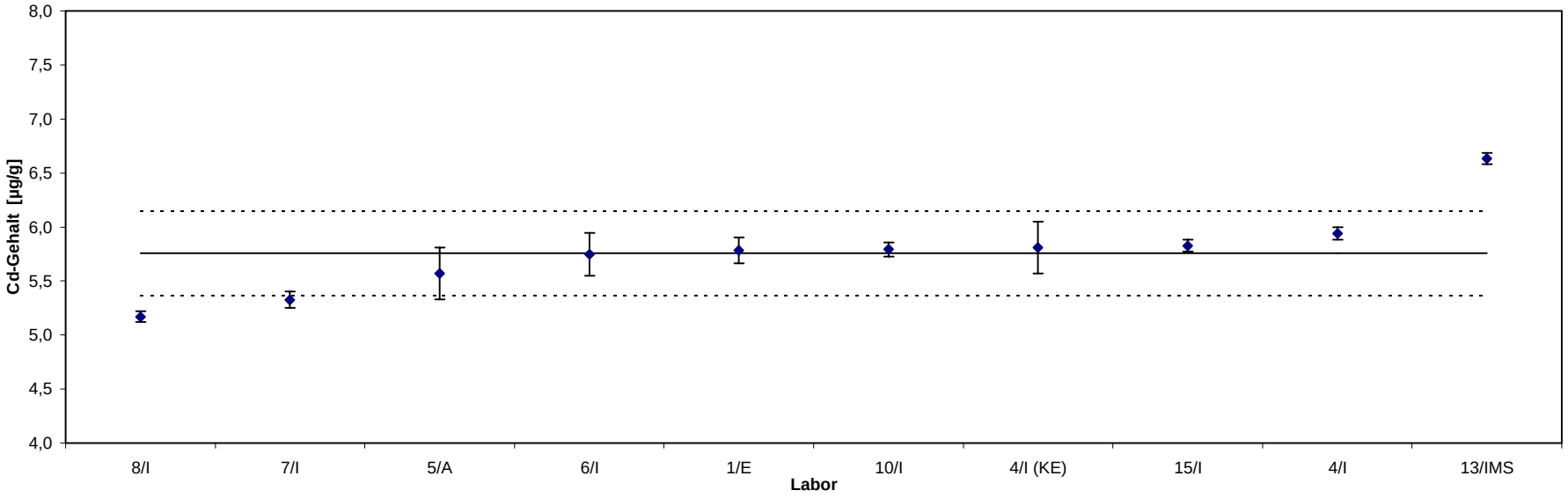


Tabelle 32, Abbildung 6: Cadmiumgehalt in BAM-M385

Cobaltgehalt in BAM-M385

Lab./Meth.	15/I	4/I (KE)	16/NAA	7/I	1/E	6/I	4/I	13/IMS	1/NAA	5/E	Ges.
EW [µg/g]	6,71	6,58	6,8	6,8	7,10	7,0	7,3	7,1	7,23	7,2	n =
	6,70	6,98	6,6	6,7	7,05	7,1	7,0	7,1	7,08	7,3	10
	6,68	6,65	6,8	6,8	7,39	7,1	6,9	7,0	7,27	7,0	
	6,70	6,52	6,4	6,8	6,83	7,2	6,7	7,2	7,01	7,1	
	6,58	6,47	7,0	6,8	6,94	7,1	6,7	7,1	7,18	7,0	
	6,58	6,83	6,6	6,8	6,88	7,0	7,9	7,1	6,99	7,3	
MW [µg/g]	**6,66**	**6,67**	**6,70**	**6,78**	**7,03**	**7,06**	**7,07**	**7,10**	**7,13**	**7,14**	**6,93**
s[µg/g]	0,06	0,20	0,21	0,1	0,20	0,09	0,4	0,06	0,12	0,14	0,203
$\bar{s}$ [µg/g]											0,157
s_{rel} in %	0,9	2,9	3,1	0,8	2,9	1,3	6,1	0,8	1,6	1,9	2,9

E	Atomabsorptionsspektrometrie mit thermischer Atomisierung (ET AAS
I	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES
I(KE)	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Kupferabtrennun
IMS	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma
NAA	Neutronenaktivierungsanalys

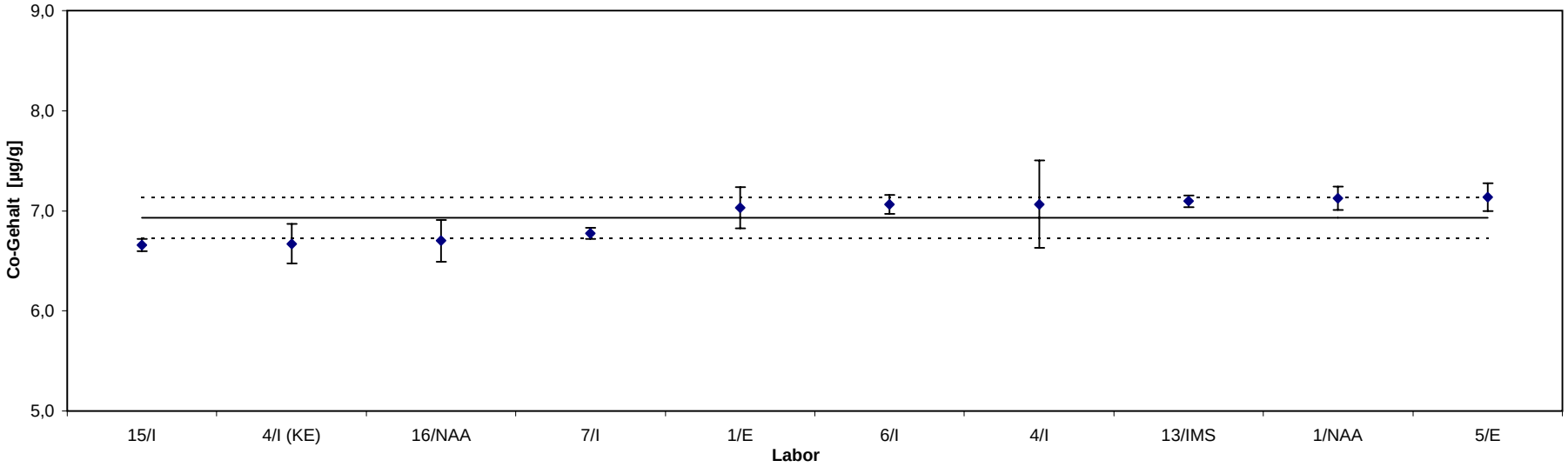


Tabelle 33, Abbildung 7: Cobaltgehalt in BAM-M385

Chromgehalt in BAM-M385

Lab./Meth.	15/I	5/I	6/I	1/PAA	7/I	4/I (KE)	9/I	8/I (LF)	1/NAA	13/IMS	4/I	1/E	10/I	Ges.
EW [µg/g]	9,7	9,5	9,5	9,60	9,7	9,4	9,9	9,9	9,87	9,7	10,3	10,51	10,51	n =
	9,3	9,6	9,4	9,20	9,5	10,2	9,9	9,6	9,81	10,7	10,3	9,93	10,47	13
	9,5	9,5	9,5	10,00	9,7	9,7	10,0	9,8	10,18	10,1	10,1	10,63	10,53	
	9,4	9,8	9,6	9,70	9,5	9,3	9,2	9,6	9,95	10,3	10,2	10,11	10,41	
	9,5	9,5	9,7	9,30	9,5	9,3	9,3	9,7	9,83	10,0	10,2	9,90	10,68	
	9,1	9,3	9,4	9,50	9,5	10,1	9,9	9,9	9,59	9,5	10,1	10,02	10,36	
MW [µg/g]	**9,44**	**9,52**	**9,5**	**9,55**	**9,57**	**9,65**	**9,71**	**9,74**	**9,87**	**10,04**	**10,19**	**10,19**	**10,49**	**9,81**
s[µg/g]	0,20	0,17	0,1	0,29	0,08	0,39	0,36	0,12	0,19	0,41	0,09	0,31	0,11	0,326
$\bar{s}$ [µg/g]														0,218
s_{rel} in %	2,1	1,8	1,1	3,0	0,9	4,1	3,7	1,3	2,0	4,1	0,9	3,1	1,1	3,3

E	Atomabsorptionsspektrometrie mit thermischer Atomisierung (ET AAS
I	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I(LF)	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Lanthan-Fällung
I(KE)	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Kupferabtrennung
IMS	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma
NAA	Neutronenaktivierungsanalyse
PAA	Photonenaktivierungsanalyse

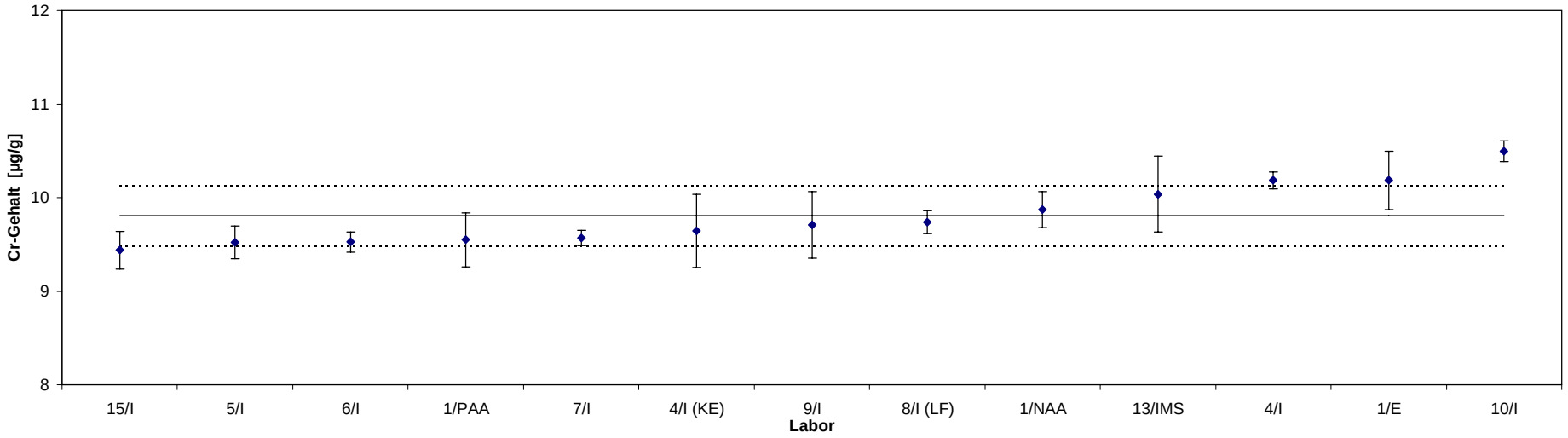


Tabelle 34, Abbildung 8: Chromgehalt in BAM-M385

Eisengehalt in BAM-M385

Lab./Meth.	5/A	9/I	15/I	7/I	13/IMS	6/I	4/I	12/A	4/I (LF)	1/P	8/I	10/I	Ges.
EW [µg/g]	43,2	42,4	43,9	43,9	47,8	44,8	45,25	45,39	45,28	47,79	47,5	50,0	n =
	43,3	43,4	43,1	43,8	44,3	44,9	45,17	45,73	45,88	47,34	47,6	49,7	12
	42,1	43,8	43,7	45,0	44,2	44,9	46,37	45,83	45,70	47,57	47,7	50,4	
	42,2	43,2	42,8	44,2	43,4	45,2	44,88	45,26	45,61	47,42	47,5	50,2	
	42,9	42,7	43,1	44,1	42,0	44,7	46,42	46,03	46,72	47,71	47,6	50,3	
	40,5	42,3	42,8	44,6	43,7	44,8	45,61	46,04	45,36	47,20	47,7	50,1	
MW [µg/g]	**42,37**	**42,98**	**43,26**	**44,2**	**44,23**	**44,88**	**45,62**	**45,71**	**45,76**	**47,50**	**47,61**	**50,14**	**45,36**
s [µg/g]	1,05	0,58	0,48	0,5	1,93	0,17	0,65	0,33	0,52	0,23	0,09	0,24	2,23
$\bar{s}$ [µg/g]													0,56
s_{rel} in %	2,5	1,4	1,1	1,0	4,4	0,4	1,4	0,7	1,1	0,5	0,2	0,5	4,9

A	Atomabsorptionsspektrometrie mit Flammenatomisierung (F AAS)
I	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I(LF)	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Lanthan-Fällung
IMS	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma
P	Photometrie

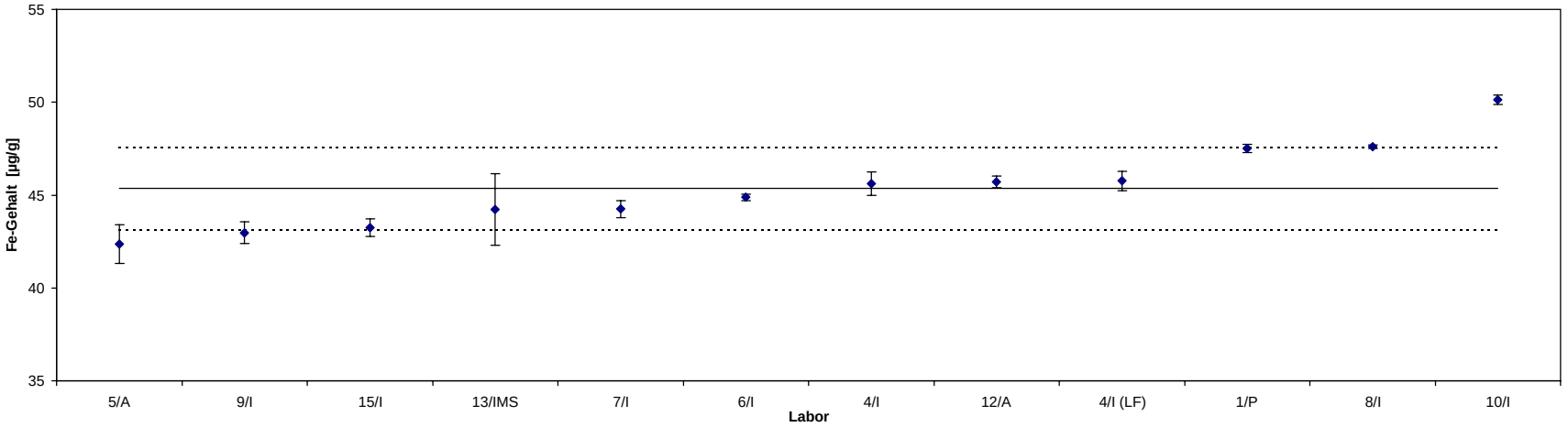


Tabelle 35, Abbildung 9: Eisengehalt in BAM-M385

Magnesiumgehalt in BAM-M385

Lab./Meth.	8/I	15/I	12/A	4/I (KE)	9/I	6/I	7/I	10/I	5/I	4/I	13/IMS	Ges.
EW [µg/g]	24,7	27,4	28,0	28,43	28,9	29,7	29,5	30,1	30,60	30,8	31,14	n =
	24,9	27,5	28,1	30,40	29,0	30,0	29,4	30,2	30,82	30,7	30,33	11
	24,9	27,2	28,1	29,55	29,8	29,9	30,3	29,8	30,68	30,5	30,85	
	24,8	27,2	28,1	27,34	30,0	29,8	30,1	30,5	30,43	30,1	30,42	
	24,8	26,9	28,2	27,05	30,8	29,6	29,6	29,8	29,78	30,6	31,07	
	24,8	26,9	28,4	29,02	29,2	29,5	30,0	29,8	30,08	30,1	30,53	
MW [µg/g]	**24,8**	**27,20**	**28,15**	**28,63**	**29,61**	**29,75**	**29,81**	**30,04**	**30,40**	**30,47**	**30,72**	**29,05**
s [µg/g]	0,1	0,25	0,12	1,29	0,72	0,19	0,37	0,28	0,40	0,30	0,34	1,771
$\bar{s}$ [µg/g]												0,395
s_{rel} in %	0,3	0,9	0,4	4,5	2,4	0,6	1,3	0,9	1,3	1,0	1,1	6,1

A Atomabsorptionsspektrometrie mit Flammenatomisierung (F AAS)
I Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I(KE) Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Kupferabtrennung
IMS Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma

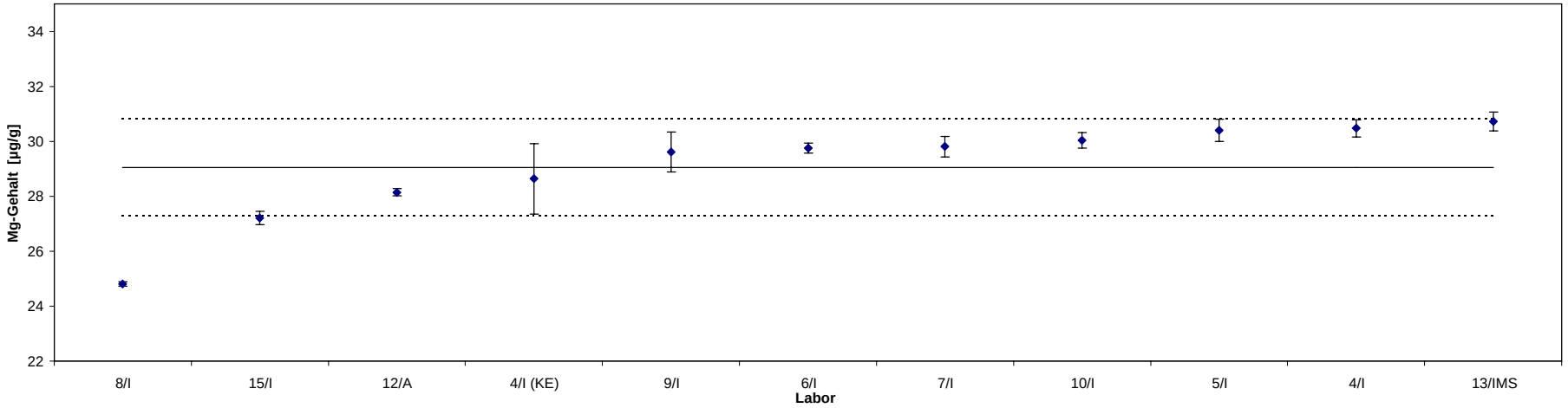


Tabelle 36, Abbildung 10: Magnesiumgehalt in BAM-M385

Mangangehalt in BAM-M385

Lab./Meth.	8/I	5/I	1/E	6/I	7/I	15/I	9/I	4/I (KE)	4/I	10/I	13/IMS	1/PAA	Ges.
EW [µg/g]	9,6	9,6	10,18	10,0	10,0	10,2	10,0	9,9	10,44	10,26	10,3	11,20	n =
	9,8	9,9	10,03	10,1	9,9	10,1	10,2	10,4	10,42	10,22	11,0	11,30	12
	9,6	9,7	9,70	10,1	10,1	10,1	10,3	10,1	10,25	10,27	9,9	11,00	
	9,7	9,9	9,75	9,9	10,1	10,0	10,1	9,8	10,09	10,37	10,2	10,80	
	9,7	9,8	9,84	9,8	10,0	10,0	9,9	10,1	10,14	10,41	10,7	10,90	
	9,6	9,3	9,95	9,9	10,0	9,9	10,0	10,3	10,23	10,23	10,8	11,10	
MW [µg/g]	**9,66**	**9,71**	**9,91**	**9,9**	**9,99**	**10,05**	**10,08**	**10,09**	**10,26**	**10,29**	**10,47**	**11,05**	**10,13**
s[µg/g]	0,06	0,22	0,18	0,1	0,06	0,10	0,14	0,27	0,14	0,08	0,43	0,19	0,372
$\bar{s}$ [µg/g]													0,165
s_{rel} in %	0,6	2,3	1,8	1,1	0,6	1,0	1,4	2,7	1,4	0,8	4,1	1,7	3,7

E	Atomabsorptionsspektrometrie mit thermischer Atomisierung (ET AAS
I	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I(KE)	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Kupferabtrennun
IMS	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma
PAA	Photonenaktivierungsanalys

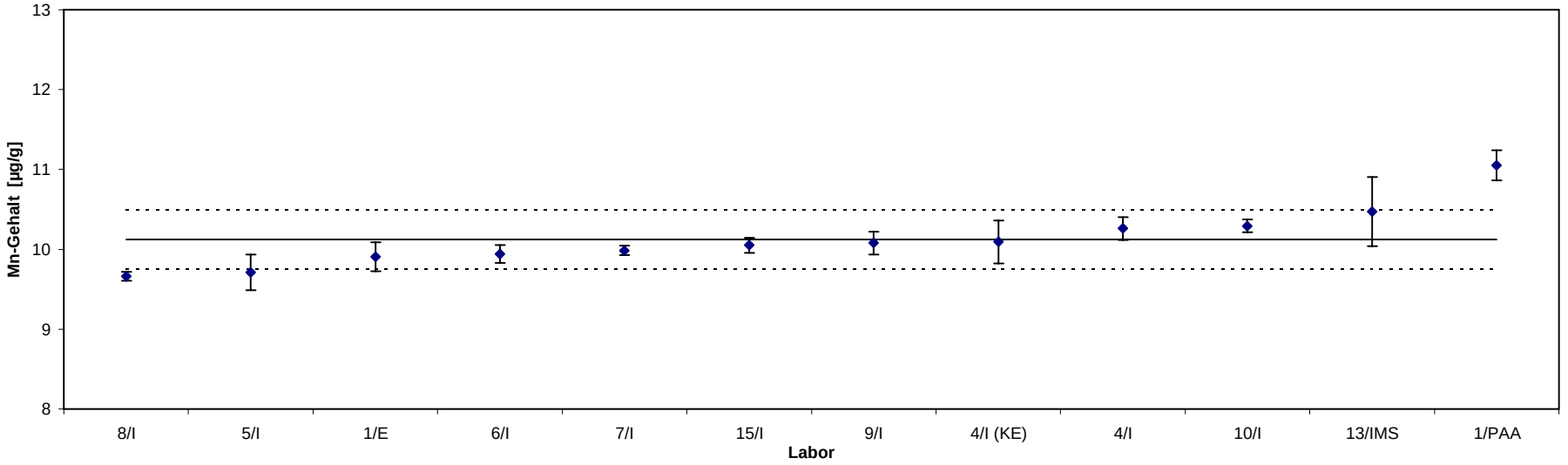


Tabelle 37, Abbildung 11: Mangangehlt in BAM-M385

Nickelgehalt in BAM-M385

Lab./Meth.	10/I	1/PAA	7/I	15/I	13/IMS	8/E	6/I	4/I (KE)	4/I	1/P	9/I	Ges.
EW [µg/g]	10,4	10,6	11,3	11,59	11,4	11,7	11,7	12,16	12,3	12,93	15,6	n =
	10,3	10,7	11,3	11,50	11,7	11,7	11,9	12,57	12,8	12,13	14,9	11
	10,2	11	11,5	11,43	11,5	11,7	11,8	11,96	11,9	13,77	12,6	
	10,6	10,8	11,4	11,42	11,5	11,7	12,1	11,59	12,7	12,81	14,0	
	10,2	11	11,4	11,37	11,2	11,7	12,2	11,58	14,4	12,75	13,4	
	10,4	10,9	11,4	11,35	11,5	11,7	12,3	12,27	12,1	13,07	14,9	
MW [µg/g]	**10,33**	**10,83**	**11,36**	**11,44**	**11,47**	**11,7**	**11,99**	**12,02**	**12,70**	**12,91**	**14,23**	**11,91**
s[µg/g]	0,15	0,16	0,07	0,09	0,16	0,0	0,22	0,39	0,90	0,53	1,11	1,070
$\bar{s}$ [µg/g]												0,347
s_{rel} in %	1,4	1,5	0,6	0,8	1,4	0,3	1,9	3,3	7,1	4,1	7,8	9,0

E	Atomabsorptionsspektrometrie mit thermischer Atomisierung (ET AAS
I	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I(KE)	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Kupferabtrennung
IMS	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma
P	Photometrie
PAA	Photonenaktivierungsanalyse

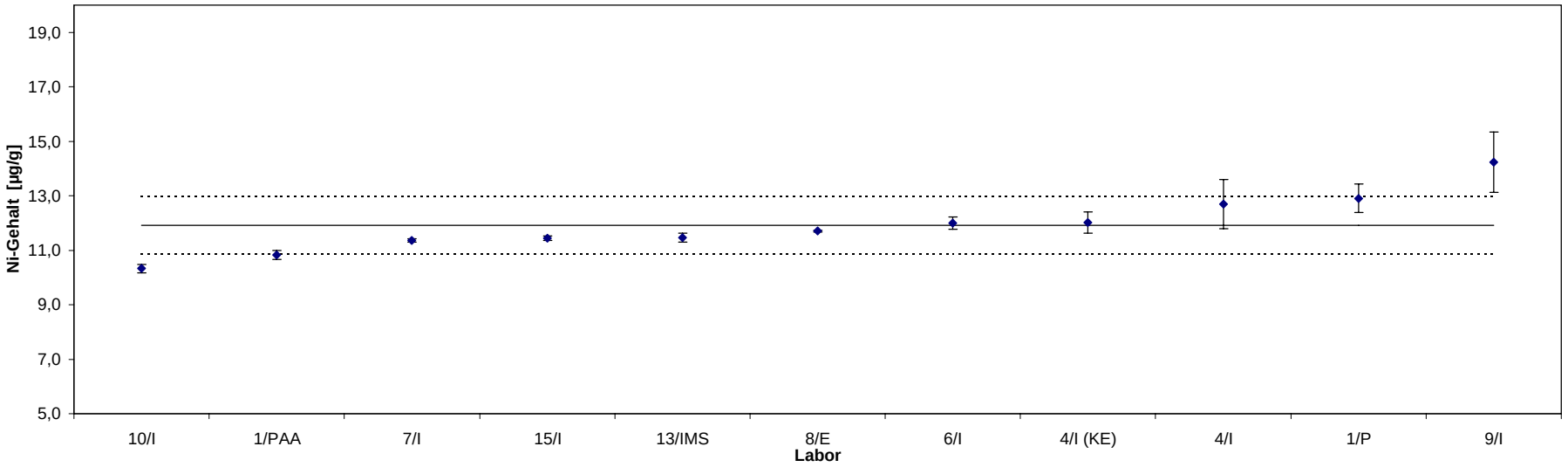


Tabelle 38, Abbildung 12: Nickelgehalt in BAM-M385

Phosphorgehalt in BAM-M385

Lab./Meth.	1/P	15/I	8/P	7/I	9/I	6/I	10/I	Ges.
EW [µg/g]	10,75	12,5	12,46	13,29	13,9	13	15,1	n =
	10,89	12,5	12,56	12,87	12,8	16	14,5	7
	11,04	12,5	12,58	12,92	13,8	11	14,4	
	11,40	12,5	12,49	12,66	13,5	13	15,1	
	11,41	12,4	12,55	13,01	13,3	14	14,1	
	11,47	12,4	12,47	13,39	12,4		15,2	
MW [µg/g]	**11,16**	**12,5**	**12,52**	**13,0**	**13,26**	**13,40**	**14,72**	**12,93**
s [µg/g]	0,31	0,1	0,05	0,3	0,58	1,82	0,46	1,086
$\bar{s}$ [µg/g]								0,510
s_{rel} in %	2,8	0,7	0,4	2,1	4,4	13,6	3,1	8,4

I Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
P Photometrie

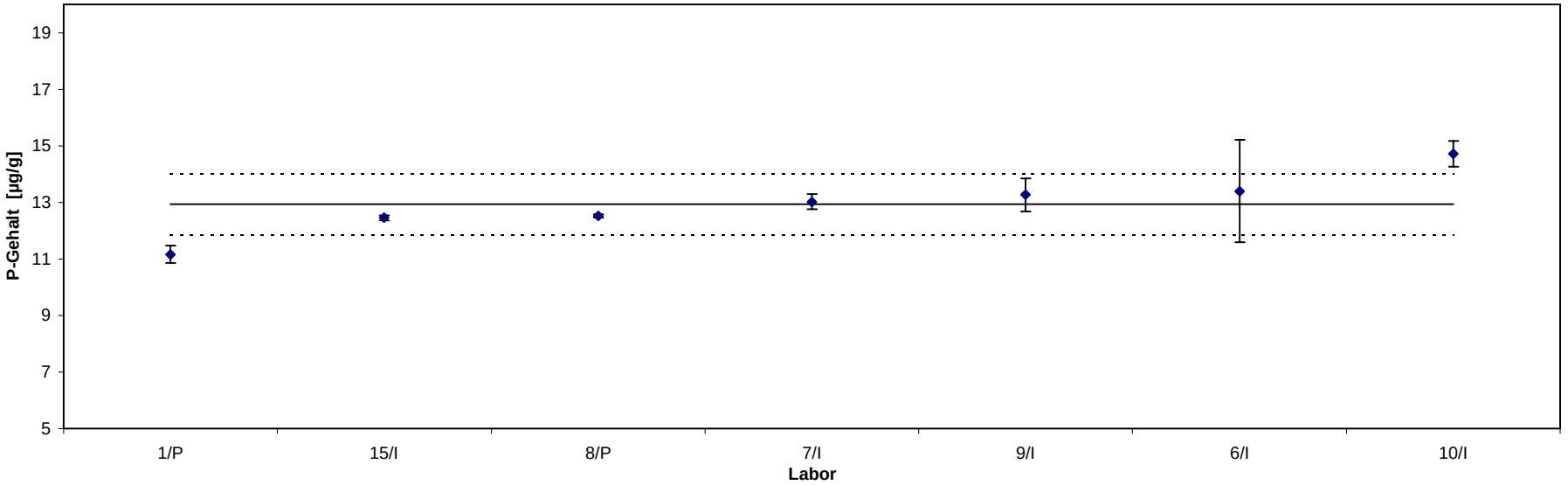


Tabelle 39, Abbildung 13: Phosphorgehalt in BAM-M385

Bleigehalt in BAM-M385

Lab./Meth.	7/E	10/I	8/I (LF)	5/E	4/I (KE)	6/I	15/I	1/E	13/IMS	4/I (LF)	4/I	Ges.
EW [µg/g]	10,6	10,5	10,9	11,4	9,85	11,2	11,8	11,45	11,81	12,3	13,0	n =
	10,3	10,8	10,7	10,1	10,98	11,2	11,6	11,87	11,72	12,2	12,9	11
	10,3	10,5	10,7	11,2	11,76	11,7	11,4	11,55	11,69	12,2	12,0	
	10,3	10,4	10,8	11,3	11,03	11,5	11,4	11,30	11,80	12,0	12,3	
	10,3	10,4	10,8	11,4	11,91	11,7	11,2	11,11	11,80	12,0	12,0	
	10,2	10,6	10,6	11,3	12,36	11,3	11,5	12,45	11,72	11,9	11,4	
MW [µg/g]	**10,33**	**10,52**	**10,74**	**11,11**	**11,32**	**11,4**	**11,49**	**11,62**	**11,76**	**12,10**	**12,3**	**11,33**
s [µg/g]	0,12	0,15	0,11	0,49	0,89	0,2	0,21	0,48	0,05	0,15	0,6	0,620
$\bar{s}$ [µg/g]												0,318
s_{rel} in %	1,2	1,5	1,1	4,4	7,9	2,0	1,8	4,1	0,4	1,2	4,9	5,5

E	Atomabsorptionsspektrometrie mit thermischer Atomisierung (ET AAS)
I	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I(LF)	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Lanthan-Fällung
I(KE)	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Kupferabtrennung
IMS	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma

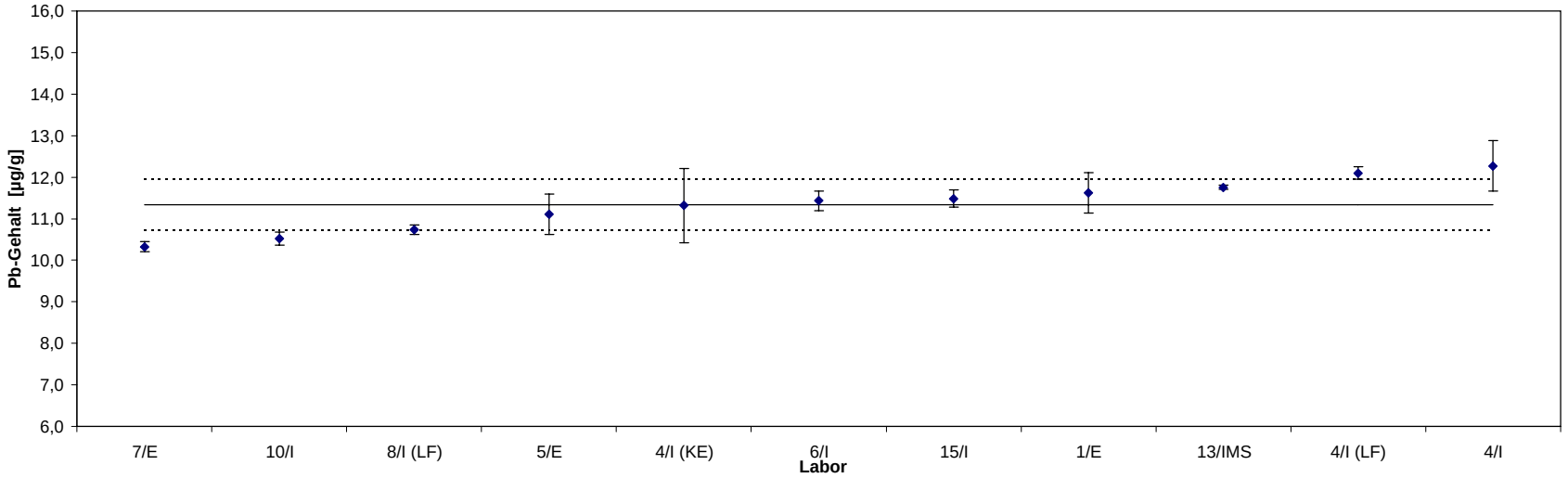


Tabelle 40, Abbildung 14: Bleigehalt in BAM-M385

Schwefelgehalt in BAM-M385

Lab./Meth.	15/I	10/I	1/P	8/T	17/P	13/CS	5/CS	4/T	Ges.
EW [µg/g]	29,1	29,6	27,9	30,9	31,2	30,8	33,90	33	n =
	28,1	30,7	29,2	30,1	31,2	33,6	32,10	32	8
	27,9	29,5	29,1	30,5	32,4	33,7	32,70	33	
	28,0	29,1	33,2	30,5	32,1	34,6	31,90	33	
	28,5	30,3	32,0	30,5	33,4	34,9	33,80	33	
	28,4	29,6	30,2	30,9	33,3	29,7	33,20	34	
MW [µg/g]	**28,30**	**29,79**	**30,26**	**30,53**	**32,26**	**32,9**	**32,93**	**33,00**	**31,24**
s [µg/g]	0,45	0,57	1,98	0,30	0,94	2,1	0,85	0,63	1,770
$\bar{s}$ [µg/g]									0,981
s_{rel} in %	1,6	1,9	6,5	1,0	2,9	6,5	2,6	1,9	5,7

CS	Verbrennung mit IR-Detektion
I	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
P	Photometrie
T	Titrimetrie

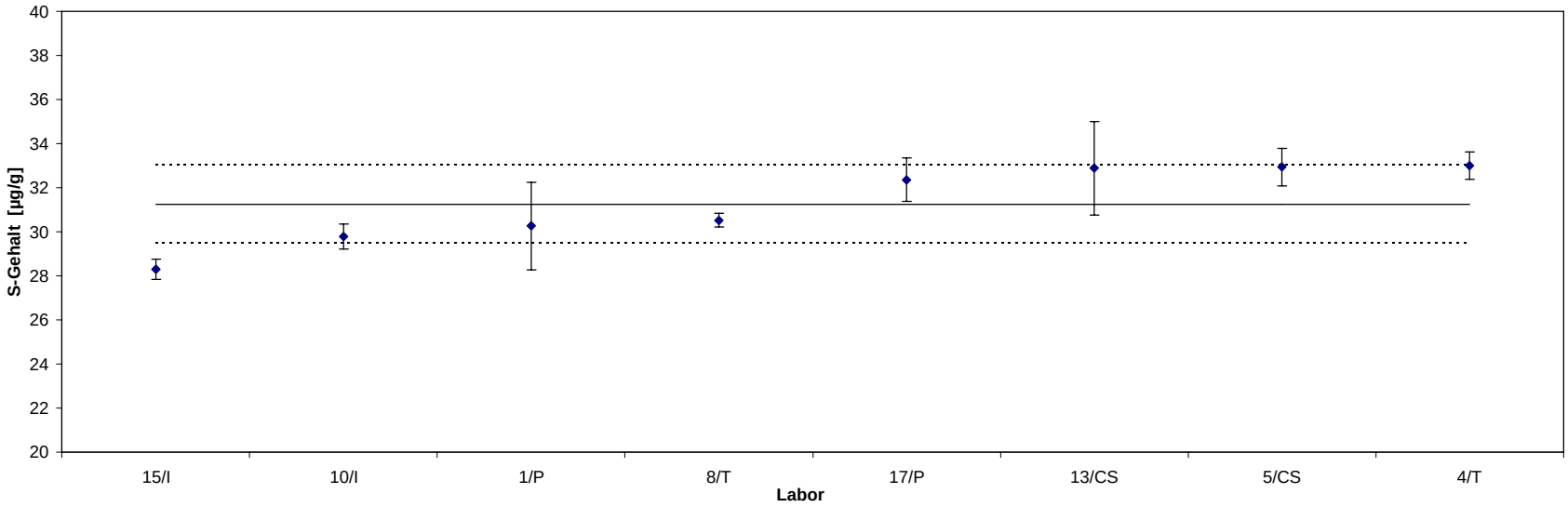


Tabelle 41, Abbildung 15: Schwefelgehalt in BAM-M385

Antimongehalt in BAM-M385

Lab./Meth.	4/I (LF)	13/IMS	7/I	6/I	15/I	1/P	1/NAA	4/I	16/NAA	1/PAA	8/I (LF)	1/E	10/I	Ges.
EW [µg/g]	15,9	17,9	18,7	19,2	20,0	18,8	20,16	19,99	21,82	22,0	21,05	22,03	21,6	n =
	18,2	18,0	19,5	19,8	19,7	19,9	19,91	21,71	18,96	19,5	20,80	20,97	22,4	13
	18,1	17,9	18,9	19,3	19,6	19,9	20,54	20,1	20,15	20,9	20,92	20,85	22,9	
	17,3	18,1	19,0	19,2	19,6	19,5	19,65	19,48	19,38	19,9	21,00	22,66	22,1	
	17,9	17,9	18,9	19,2	19,4	20,3	20,16	20,11	20,13	19,1	21,12	20,84	22,4	
	18,6	18,0	19,4	18,90	19,3	19,7	19,99	19,27	21,21	20,3	19,3	20,25	22,4	
MW [µg/g]	**17,66**	**17,95**	**19,06**	**19,27**	**19,61**	**19,68**	**20,07**	**20,11**	**20,28**	**20,28**	**20,70**	**21,27**	**22,31**	**19,86**
s [µg/g]	0,96	0,07	0,30	0,29	0,27	0,53	0,30	0,86	1,08	1,05	0,70	0,89	0,40	1,249
$\bar{s}$ [µg/g]														0,592
s_{rel} in %	5,4	0,4	1,6	1,5	1,4	2,7	1,5	4,3	5,3	5,2	3,4	4,2	1,8	6,3

E	Atomabsorptionsspektrometrie mit thermischer Atomisierung (ET AAS
I	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I(LF)	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Lanthan-Fällun
IMS	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma
NAA	Neutronenaktivierungsanalys
P	Photometrie
PAA	Photonenaktivierungsanalys

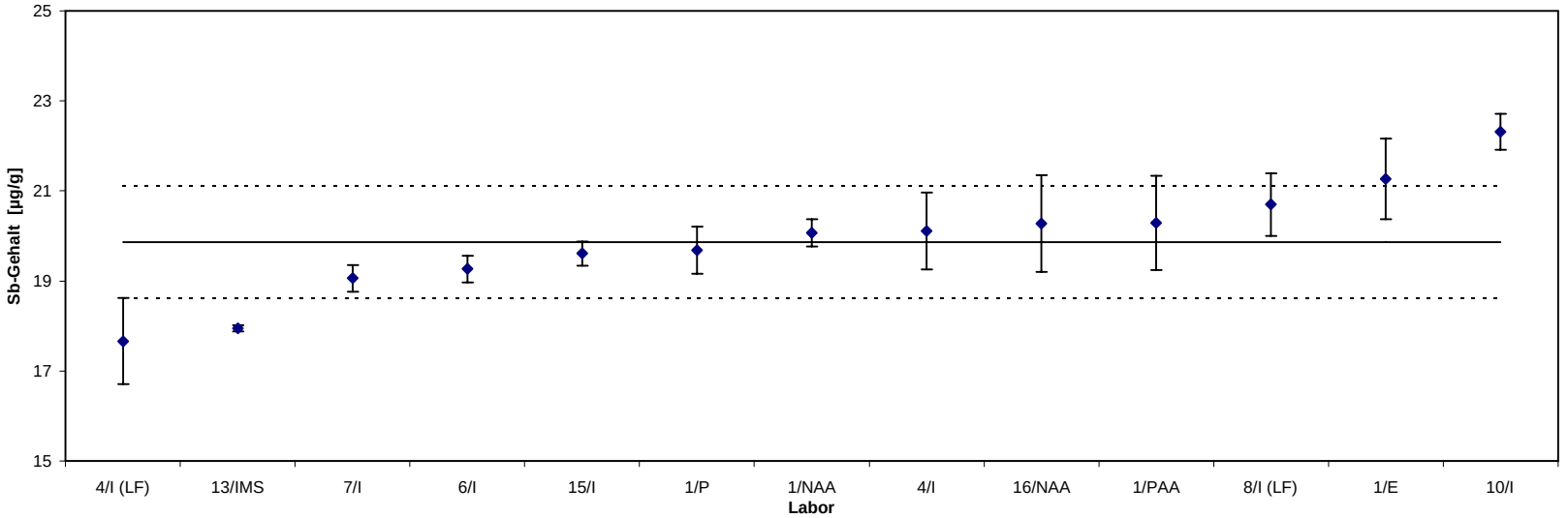


Tabelle 42, Abbildung 16: Antimongehalt in BAM-M385

Selengehalt in BAM-M385

Lab./Meth.	6/I	1/E	5/E	4/I	1/NAA	15/I	8/I (LF)	7/E	Ges.
EW [µg/g]	6,3	6,77	7,10	3,0	7,34	7,4	7,6	7,77	n =
	5,5	6,93	6,89	9,7	7,33	7,4	7,7	8,02	8
	7,7	6,49	7,19	5,3	7,3	7,4	8,0	7,99	
	6,3	7,38	6,69	9,9	7,04	7,4	7,8	7,83	
	5,1	6,80	7,39	7,6	7,54	7,1	7,9	8,02	
	7,1	6,26	6,89	6,9	7,07	7,3	7,8	7,82	
MW [µg/g]	**6,33**	**6,77**	**7,03**	**7,04**	**7,27**	**7,31**	**7,8**	**7,91**	**7,18**
s [µg/g]	0,97	0,38	0,25	2,64	0,19	0,12	0,1	0,11	0,516
$\bar{s}$ [µg/g]									0,599
s_{rel} in %	15,3	5,7	3,6	37,5	2,6	1,6	1,6	1,4	7,2

E	Atomabsorptionsspektrometrie mit thermischer Atomisierung (ET AAS
I	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I(LF)	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Lanthan-Fällung
NAA	Neutronenaktivierungsanalyse

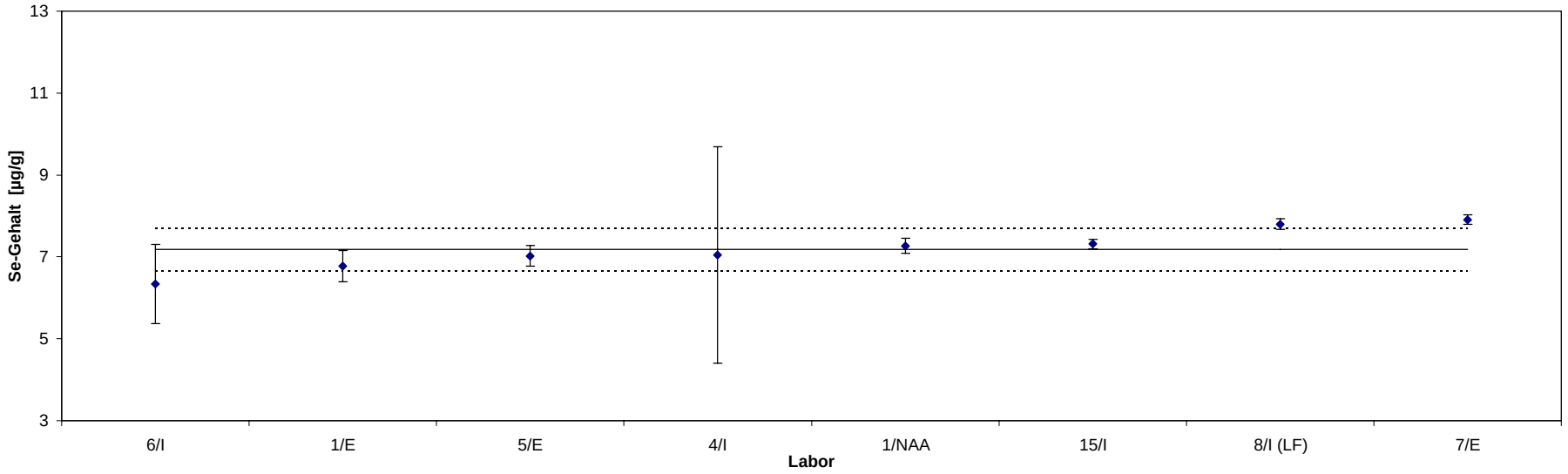


Tabelle 43, Abbildung 17: Selengehalt in BAM-M385

Zinngehalt in BAM-M385

Lab./Meth.	4/I (LF)	15/I	4/I	7/I	5/I	13/IMS	8/I (LF)	1/E	1/PAA	9/I	Ges.
EW [µg/g]	16,7	16,6	18,2	17,3	15,9	17,56	19,2	18,94	19,40	21,5	n =
	16,9	16,8	17,4	17,3	17,7	18,02	19,0	18,88	21,70	19,6	10
	16,7	16,8	18,3	17,1	19,8	17,68	18,9	19,4	18,50	18,1	
	16,8	16,9	15,8	17,3	16,5	17,51	19,0	19,64	19,20	18,4	
	16,7		15,6	17,2	16,2	17,99	19,2	19,55	18,70	18,1	
	16,6		16,7	17,4	18,3	18,19	19,2	19,31	18,80	21,9	
MW [µg/g]	**16,72**	**16,77**	**16,98**	**17,26**	**17,39**	**17,83**	**19,08**	**19,29**	**19,38**	**19,61**	**18,031**
s [µg/g]	0,09	0,12	1,14	0,11	1,51	0,28	0,14	0,31	1,18	1,71	1,176
$\bar{s}$ [µg/g]											0,660
s_{rel} in %	0,6	0,7	6,7	0,7	8,7	1,6	0,8	1,6	6,1	8,7	6,5

E	Atomabsorptionsspektrometrie mit thermischer Atomisierung (ET AAS
I	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I(LF)	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Lanthan-Fällung
IMS	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma
PAA	Photonenaktivierungsanalyse

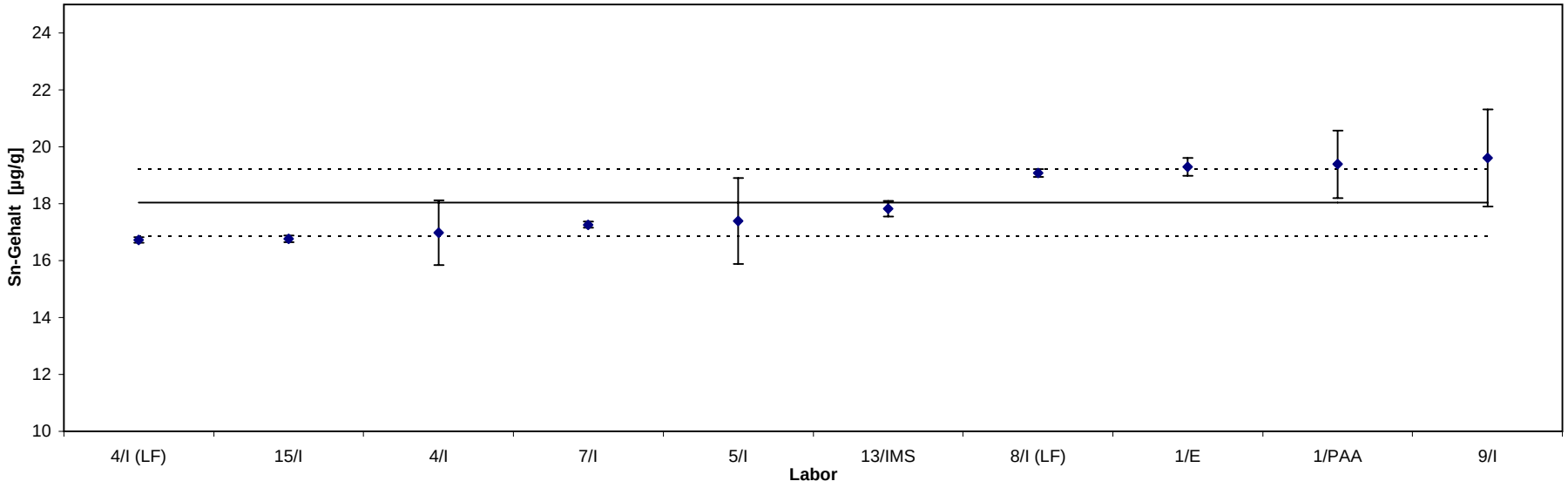


Tabelle 44, Abbildung 17: Zinngehalt in BAM-M385

Tellurgehalt in BAM-M385

Lab./Meth.	5/E	8/I (LF)	4/I (LF)	1/E	15/I	13/IMS	4/I	1/PAA	7/E	Ges.
EW [µg/g]	9,5	9,4	9,61	9,69	10,01	10,1	10,08	10	10,7	n =
	9,0	9,6	9,64	9,85	9,96	9,9	10,83	10,1	11,4	9
	9,5	9,4	9,67	9,92	9,72	10,0	10,43	10,6	10,8	
	9,7	9,5	9,82	10,43	9,94	10,1	10,03	11	10,6	
	9,7	9,4	9,79	10,00	10,34	10,0	7,57	10,2	10,8	
	9,4	9,6	9,88	9,61	9,85	10,1	11,77	10,4	10,5	
MW [µg/g]	**9,44**	**9,48**	**9,74**	**9,92**	**9,97**	**10,02**	**10,12**	**10,38**	**10,8**	**9,98**
s [µg/g]	0,25	0,11	0,11	0,29	0,21	0,06	1,40	0,37	0,3	0,427
$\bar{s}$ [µg/g]										0,346
s_{rel} in %	2,7	1,2	1,1	2,9	2,1	0,6	13,9	3,6	2,9	4,3

E Atomabsorptionsspektrometrie mit thermischer Atomisierung (ET AAS
I Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I(LF) Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Lanthan-Fällung
IMS Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma
PAA Photonenaktivierungsanalyse

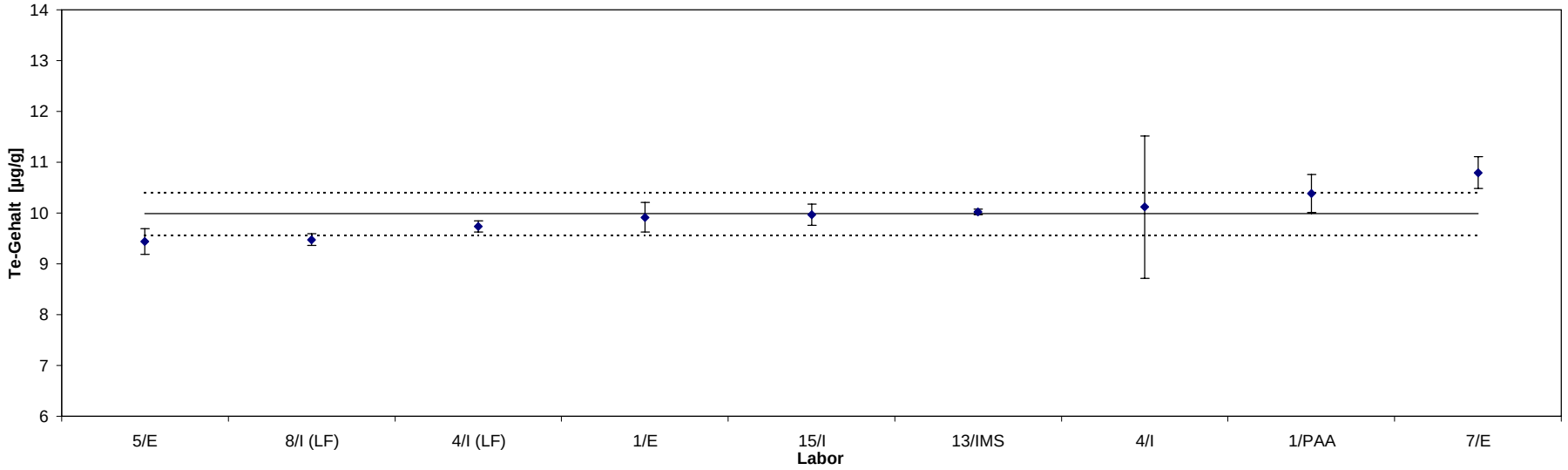


Tabelle 45, Abbildung 18: Tellurgehalt in BAM-M385

Titangehalt in BAM-M385

Lab./Meth.	4/I	15/I	6/I	7/I	1/E	5/I	9/I	Ges.
EW [µg/g]	3,5	3,7	3,8	3,8	4,10	3,61	4,0	n =
	3,4	3,7	3,9	3,8	3,54	3,93	4,1	7
	3,6	3,6	3,9	4,0	3,36	3,99	4,0	
	3,7	3,6	3,9	3,9	4,35	3,63	4,3	
	3,6	3,6	3,8	3,9	4,28	4,22	4,3	
	3,6	3,5	3,8	3,9	3,73	4,11	4,0	
MW [µg/g]	**3,57**	**3,61**	**3,83**	**3,89**	**3,89**	**3,92**	**4,1**	**3,83**
s [µg/g]	0,10	0,05	0,04	0,05	0,41	0,25	0,1	0,187
$\bar{s}$ [µg/g]								0,151
s_{rel} in %	2,9	1,5	1,2	1,4	10,5	6,4	3,5	4,9

E Atomabsorptionsspektrometrie mit thermischer Atomisierung (ET AAS)
I Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)

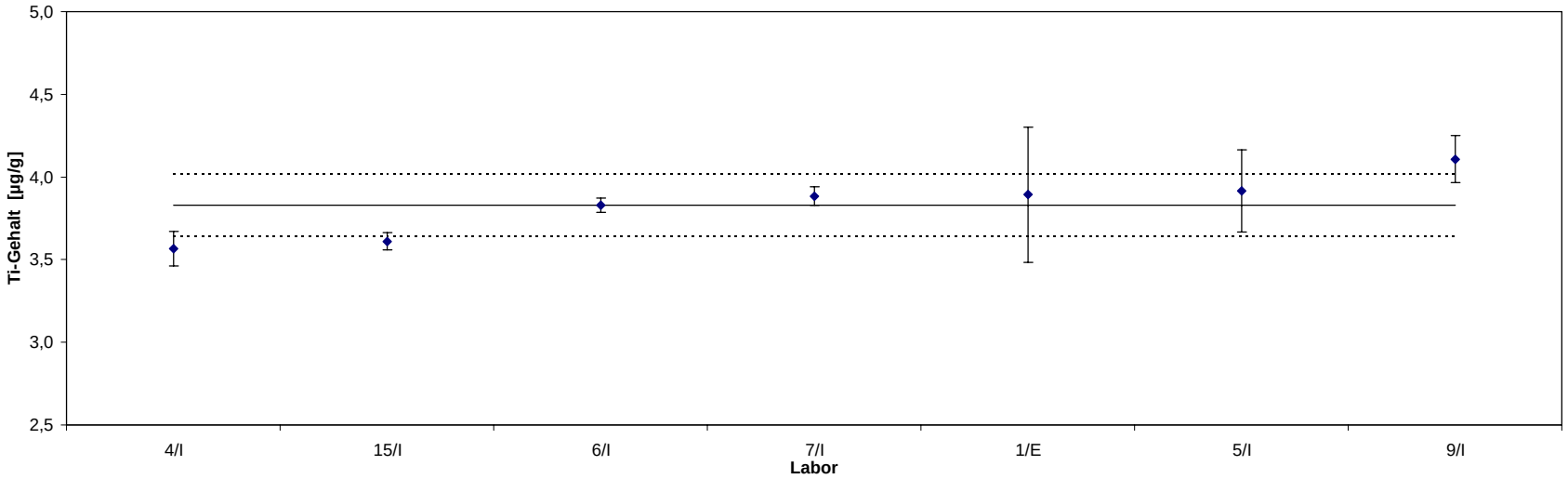


Tabelle 46, Abbildung 19: Titangehalt in BAM-M385

Zinkgehalt in BAM-M385

Lab./Meth.	10/I	16/NAA	1/PAA	1/NAA	5/A	8/I	7/I	15/I	4/I (KE)	6/I	12/A	9/I	13/IMS	4/I	Ges.
EW [µg/g]	41,86	47,4	55,30	55,71	58,3	56,1	58,9	61,2	59,6	61,0	61,7	62,6	62,3	67,2	n =
	41,89	52,5	54,50	54,72	55,3	55,8	58,6	60,9	63,9	62,1	61,8	62,3	68,7	70,2	14
	41,62	45,1	54,10	55,75	56,0	56,0	59,4	60,5	61,1	62,5	61,8	63,3	67,3	62,6	
	41,77	43,0	56,40	53,54	53,9	55,9	59,6	60,7	59,4	61,4	62,0	65,3	64,4	71,3	
	41,74	47,7	53,90	55,15	53,7	55,9	58,6	60,4	58,0	60,5	62,1	62,6	64,1	[99,35]	
	41,85	48,4	54,60	56,39	57,0	55,8	58,8	60,3	63,7	60,3	62,3	63,3	65,8	62,9	
MW [µg/g]	**41,79**	**47,34**	**54,80**	**55,21**	**55,69**	**55,92**	**58,99**	**60,64**	**60,94**	**61,3**	**61,95**	**63,23**	**65,45**	**66,82**	**57,86**
s [µg/g]	0,10	3,22	0,92	1,00	1,76	0,12	0,41	0,33	2,42	0,9	0,23	1,07	2,33	4,02	6,836
$\bar{s}$ [µg/g]															1,344
s_{rel} in %	0,2	6,8	1,7	1,8	3,2	0,2	0,7	0,5	4,0	1,4	0,4	1,7	3,6	6,0	11,8

A	Atomabsorptionsspektrometrie mit Flammenatomisierung (F AAS)
I	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I(KE)	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Kupferabtrennung
IMS	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma
NAA	Neutronenaktivierungsanalyse
PAA	Photonenaktivierungsanalyse

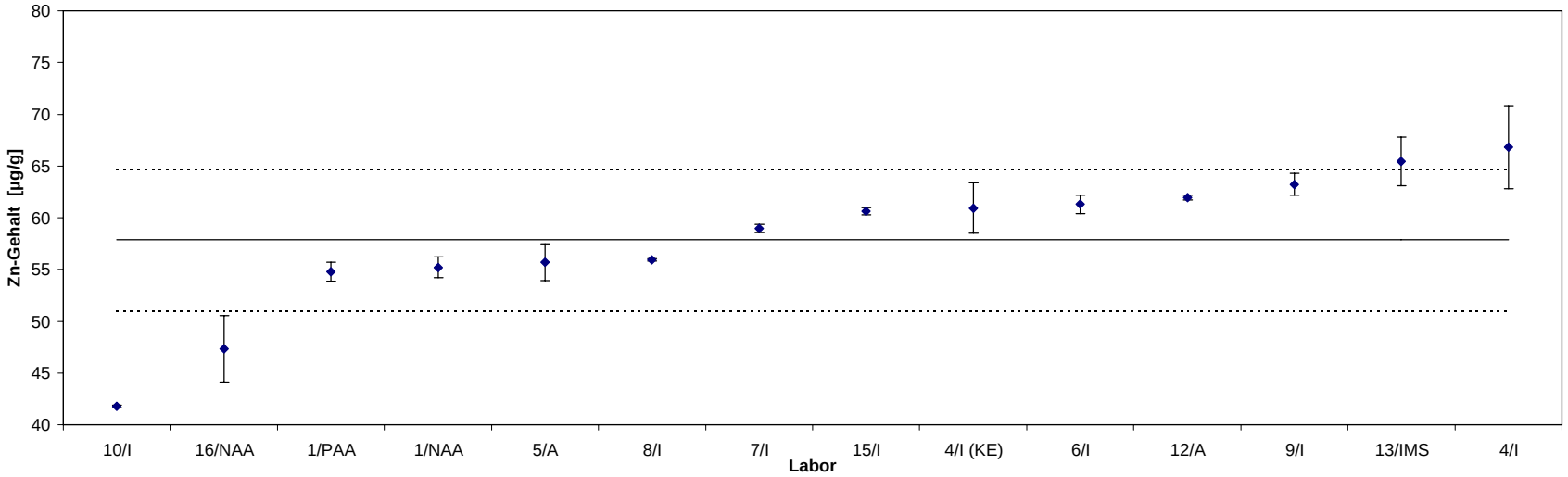


Tabelle 47, Abbildung 20: Zinkgehalt in BAM-M385

Siliciumgehalt in BAM-M385

Lab./Meth.	10/I	15/I2	1/E	15/I	9/I	Ges.
EW [µg/g]	1,3	6,1	6,93	7,4	9,5	n =
	1,3	6,3	5,89	7,1	9,3	4
	1,3	6	7,56	6,2	7,6	
	1,4	5,6	6,21	8,3	7,4	
	1,3		7,38	8,8	8,3	
	1,3		6,79	6,6	8,4	
MW [µg/g]	**1,31**	**6,00**	**6,79**	**7,38**	**8,4**	**7,15**
s [µg/g]	0,05	0,29	0,65	1,02	0,9	1,016
$\bar{s}$ [µg/g]						0,576
s_{rel} in %	4,0	4,9	9,6	13,8	10,3	14,2

99 % Grubbs-Ausreisser

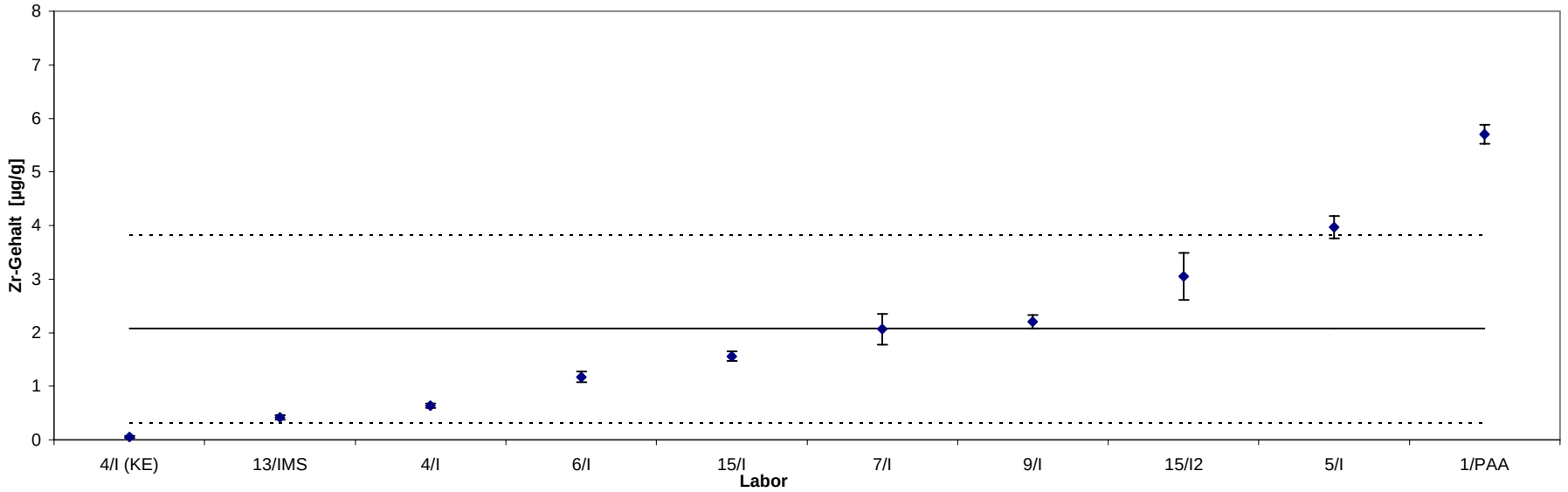
E Atomabsorptionsspektrometrie mit thermischer Atomisierung (ET AAS
I Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)

Tabelle 48: Siliciumgehalt in BAM-M385

Zirconiumgehalt in BAM-M385

Lab./Meth.	4/I (KE)	13/IMS	4/I	6/I	15/I	7/I	9/I	15/I1	5/I	1/PAA	Ges.
EW [µg/g]	0,02		0,65	1,25	1,61	2,16	2,33	2,9	3,96	5,50	N
	0,03	0,45	0,68	1,11	1,70	1,98	2,28	2,5	4,00	5,60	10
	0,08	0,40	0,58	1,22	1,60	2,45	2,04	3,4	4,22	5,80	
	0,07	0,41	0,59	1,31	1,46	2,28	2,14	3,4	4,02	5,70	
	[0,40]	0,47	0,65	1,09	1,51	1,69	2,33			6,00	
	0,06	0,36	0,66	1,06	1,48	1,83	2,10		3,64	5,60	
MW [µg/g]	**0,05**	**0,42**	**0,64**	**1,2**	**1,56**	**2,07**	**2,2**	**3,05**	**3,97**	**5,70**	**2,082**
s [µg/g]	0,02	0,04	0,04	0,1	0,09	0,29	0,1	0,44	0,21	0,18	1,8
$\bar{s}$ [µg/g]											0,15
s_{rel} in %	48,2	10,3	6,4	8,6	5,9	13,8	5,7	14,3	5,3	3,1	84,2

I	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I(KE)	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Kupferabtrennung
IMS	Massenspektrometrie mit Plasmaanregung
PAA	Photonenaktivierungsanalyse



Tabelle, Abbildung 21: Zirconiumgehalt in BAM-M385

Silbergehalt in BAM-M386

Lab./Meth.	15/I	10/I	4/I	1/A	7/I	5/A	6/I	15/I2	1/E	12/A	8/I	1/NAA	1/PAA	16/NAA	13/IMS	Ges.
EW [µg/g]	42,91	44,70	46,46	46,90	47,0	47,2	47,2	47,44	48,99	48,0	48,9	48,93	48,3	46,8	49,8	n =
	42,35	44,98	46,79	47,34	46,9	47,3	47,2	47,98	46,68	48,1	49,0	48,86	50,7	47,6	50,1	15
	42,09	44,51	46,77	46,87	46,7	46,5	47,5	47,91	48,89	48,2	49,0	49,07	48,8	51,3	49,6	
	41,68	44,91	46,56	45,84	46,5	46,5	47,1	47,98	48,70	48,3	48,9	49,36	50,1	49,3	50,5	
	41,51	44,65	45,97	46,10	46,3	46,4	47,0		46,50	48,5	48,9	48,69	49,8	49,3	50,0	
	40,86	44,86		46,15	46,5	46,6			47,36	48,1	49,1	49,10	49,1	52,9	50,2	
MW [µg/g]	**41,90**	**44,77**	**46,51**	**46,53**	**46,65**	**46,7**	**47,20**	**47,83**	**47,85**	**48,19**	**48,97**	**49,00**	**49,47**	**49,53**	**50,02**	**47,41**
s [µg/g]	0,71	0,18	0,33	0,58	0,29	0,4	0,19	0,26	1,14	0,17	0,08	0,23	0,89	2,25	0,33	2,1
$\bar{s}$ [µg/g]																0,53
s_{rel} in %	1,7	0,4	0,7	1,3	0,6	0,8	0,4	0,5	2,4	0,4	0,2	0,5	1,8	4,5	0,7	4,4

A	Atomabsorptionsspektrometrie mit Flammenatomisierung (F AAS
E	Atomabsorptionsspektrometrie mit thermischer Atomisierung (ET AAS
I	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
IMS	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
NAA	Neutronenaktivierungsanalyse
PAA	Photonenaktivierungsanalyse

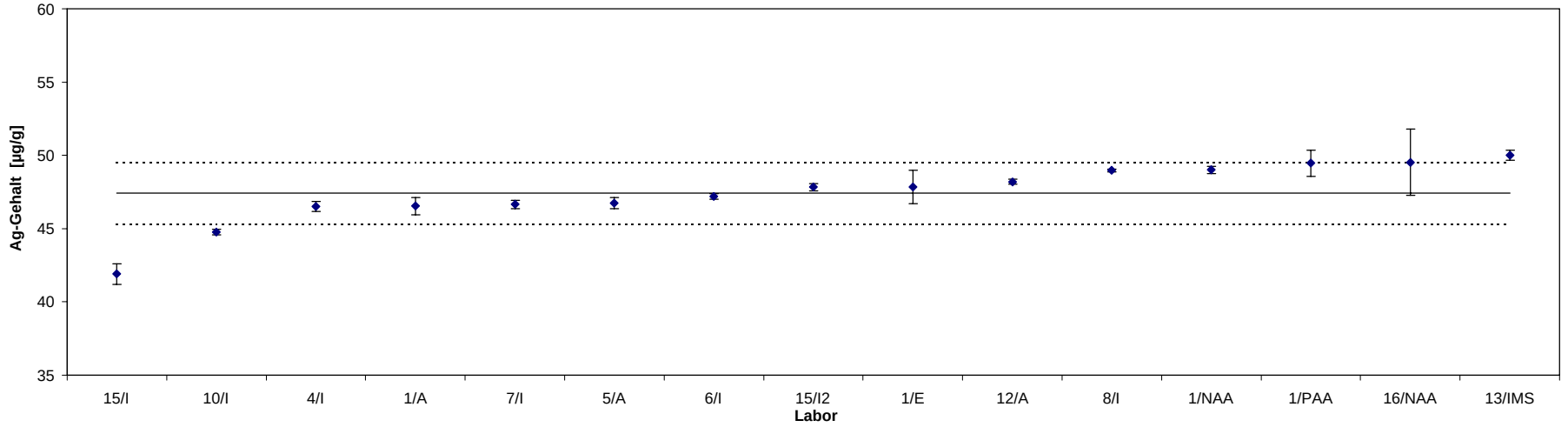


Tabelle 50, Abbildung 22: Silbergehalt in BAM-M386

Aluminiumgehalt in BAM-M386

Lab./Meth.	15/I	8/I (LF)	1/E	15/I2	4/I (KE)	7/I	9/I	6/I	10/I	13/IMS	4/I	Ges.
EW [µg/g]	31,8	31,1	35,08	35,1	36,63	36,6	36,1	37,30	38,3	40,1	45,06	n =
	31,3	31,4	35,63	35,3	35,12	37,1	36,6	36,60	38,2	39,6	42,18	11
	30,7	31,4	33,63	35,5	35,62	36,0	37,4	36,50	37,4	40,2	45,86	
	30,3	31,2	36,13	36,0	34,71	36,2	36,1	37,50	38,9	39,8	43,60	
	29,4	31,1	36,30		36,73	37,3	36,7	37,25	37,5	39,8	44,94	
	29,5	31,3	35,61		37,99	36,7	37,5		37,6	40,5	41,79	
MW [µg/g]	**30,47**	**31,25**	**35,40**	**35,48**	**36,13**	**36,64**	**36,7**	**37,03**	**37,97**	**40,00**	**43,91**	**36,45**
s [µg/g]	0,95	0,13	0,97	0,39	1,21	0,50	0,6	0,45	0,58	0,35	1,66	3,69
$\bar{s}$ [µg/g]												0,71
s_{rel} in %	3,1	0,4	2,7	1,1	3,4	1,4	1,6	1,2	1,5	0,9	3,8	10,1

E	Atomabsorptionsspektrometrie mit thermischer Atomisierung (ET AAS)
I	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I(LF)	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Lanthan-Fällung
I(KE)	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Kupferabtrennung
IMS	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)

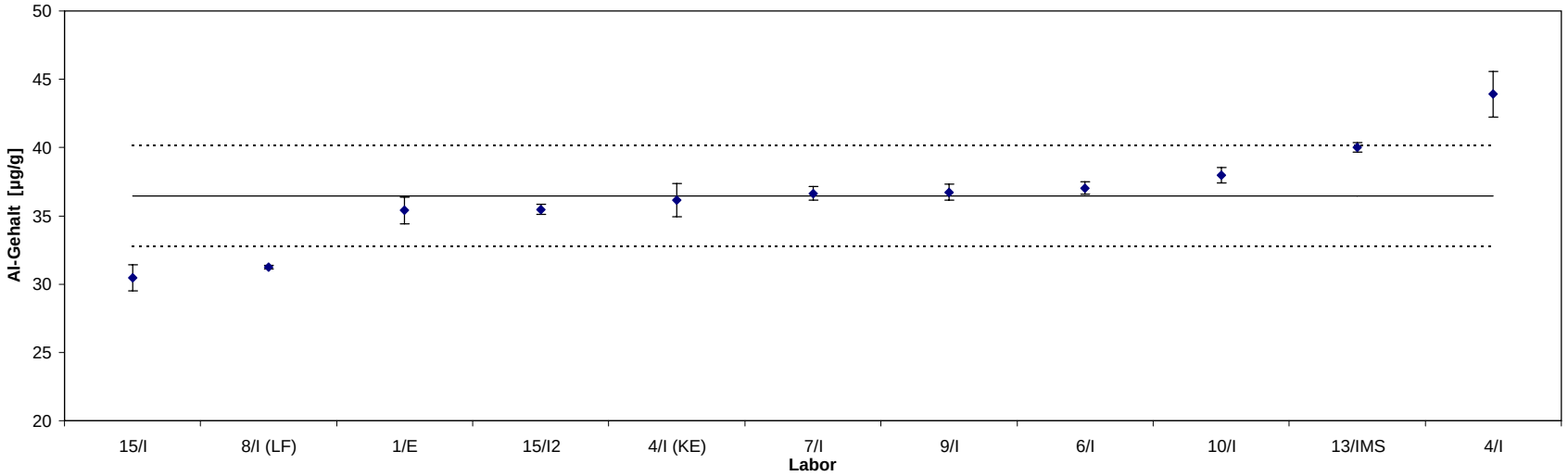


Tabelle 51, Abbildung 23: Aluminiumgehalt in BAM-M386

Arsengehalt in BAM-M386

Lab./Meth.	13/IMS	4/I (LF)	4/I	15/I	1/E	7/I	12/A	16/NAA	1/PAA	6/I	1/P	5/E	10/I	9/I	8/I (LF)	Ges.
EW [µg/g]	18,0	22,2	25,50	23,8	23,35	23,8	23,2	22,82	23,9	24,1	24,01	25,5	24,34	25,2	28,91	n =
	17,0	22,6	24,35	23,7	24,47	23,7	23,3	23,61	24,0	24,3	24,40	24,6	24,19	26,6	29,19	14
	16,1	22,5	20,76	23,2	23,80	23,7	23,6	25,08	23,8	23,9	24,14	25,5	25,11	26,0	29,00	
	17,1	22,5	19,88	23,2	23,02	23,2	23,6	23,68	23,8	23,3	24,02	24,0	24,19	25,5	29,12	
	17,4	22,3	20,63	23,1	23,39	23,4	24,1	24,00	24,0	24,6	24,21	24,6	25,31	26,2	28,95	
	16,1	22,4	24,27	23,1	23,03	23,3	24,3	23,46	23,7		24,23	23,4	24,45		29,07	
MW [µg/g]	**16,95**	**22,41**	**22,57**	**23,37**	**23,51**	**23,52**	**23,65**	**23,78**	**23,87**	**24,0**	**24,17**	**24,58**	**24,60**	**25,87**	**29,04**	**24,21**
s [µg/g]	0,74	0,16	2,40	0,30	0,55	0,25	0,44	0,75	0,12	0,5	0,15	0,83	0,49	0,55	0,11	1,63
$\bar{s}$ [µg/g]																0,57
s_{rel} in %	4,4	0,7	10,7	1,3	2,3	1,1	1,8	3,1	0,5	2,0	0,6	3,4	2,0	2,1	0,4	6,7

99 % Grubbs-Ausreißer

A	Atomabsorptionsspektrometrie mit Flammenatomisierung (F AAS)
E	Atomabsorptionsspektrometrie mit thermischer Atomisierung (ET AAS)
I	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I(LF)	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Lanthan-Fällung
IMS	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
NAA	Neutronenaktivierungsanalyse
P	Photometrie
PAA	Photonenaktivierungsanalyse

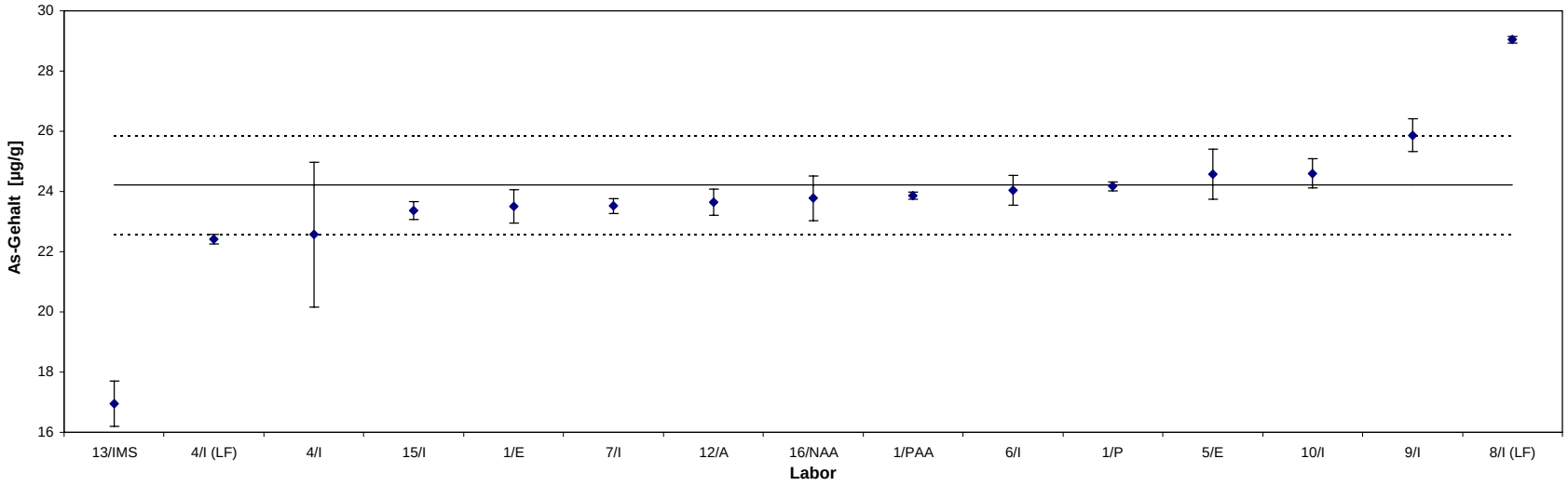


Tabelle 52, Abbildung 24: Arsengehalt in BAM-M386

Bismutgehalt in BAM-M386

Lab./Meth.	7/E	15/I	5/E	4/I (LF)	4/I	12/A	1/E	13/IMS	8/I (LF)	Ges.
EW [µg/g]	8,8	9,4	9,58	9,76	10,3	9,67	9,86	9,9	10,5	n =
	8,8	9,0	9,09	10,00	8,2	9,68	9,67	10,0	10,6	9
	8,7	9,1	9,67	9,84	12,6	9,69	9,45	9,9	10,7	
	8,3	9,1	8,98	9,14	11,1	9,71	10,04	10,0	10,7	
	8,6	9,0	9,49	9,28	9,0	9,74	10,03	9,8	10,5	
	8,8	9,2	9,17	9,27	7,1	9,82	9,74	9,8	10,7	
MW [µg/g]	**8,66**	**9,11**	**9,33**	**9,55**	**9,71**	**9,72**	**9,80**	**9,90**	**10,62**	**9,60**
s [µg/g]	0,20	0,15	0,29	0,36	2,00	0,06	0,23	0,07	0,1	0,55
$\bar{s}$ [µg/g]										0,38
s_{rel} in %	2,3	1,7	3,1	3,8	20,6	0,6	2,3	0,7	0,8	5,7

A	Atomabsorptionsspektrometrie mit Flammenatomisierung (F AAS)
E	Atomabsorptionsspektrometrie mit thermischer Atomisierung (ET AAS)
I	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I(LF)	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Lanthan-Fällung
IMS	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)

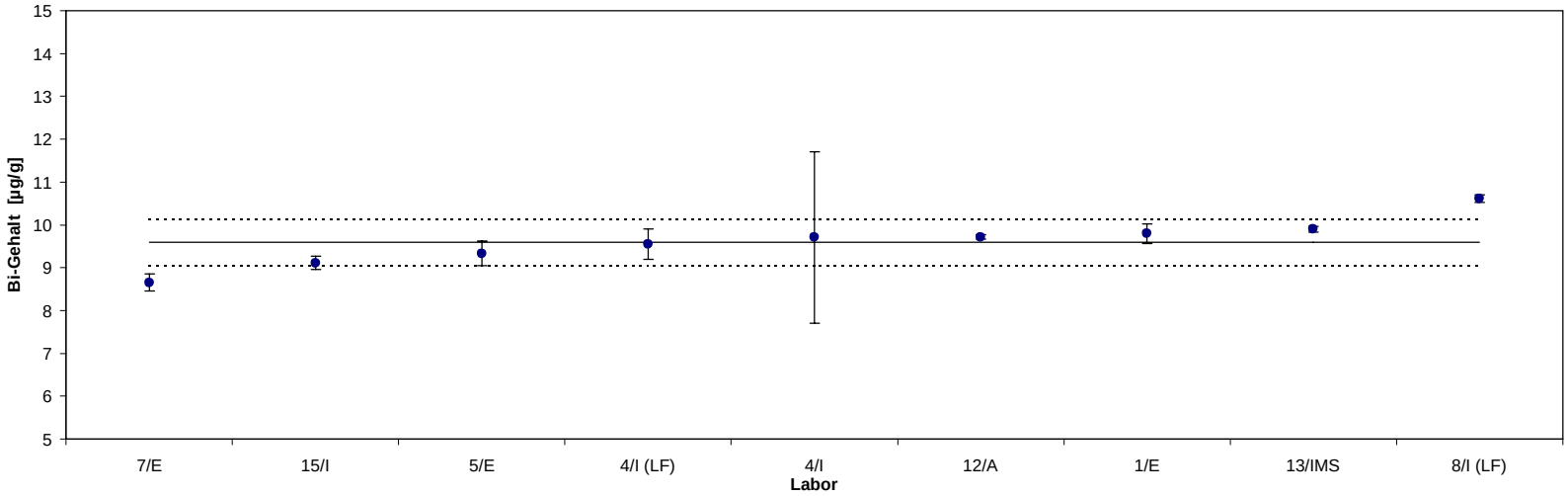


Tabelle 53, Abbildung 25: Bismutgehalt in BAM-M386

Cadmiumgehalt in BAM-M386

Lab./Meth.	7/I	15/I	5/A	1/E	4/I (KE)	6/I	4/I	10/I	12/E	8/I	13/IMS	Ges.
EW [µg/g]	7,0	7,4	7,46	7,78	7,64	7,6	7,74	7,8	7,9	8,8	8,9	n =
	7,0	7,4	7,56	7,64	7,48	7,8	7,78	7,8	7,9	8,6	9,1	11
	6,9	7,3	7,41	7,67	7,67	7,8	7,92	7,8	8,0	8,7	9,0	
	7,0	7,3	7,22	7,23	7,52	7,3	7,79	7,9	8,0	8,6	8,9	
	7,0	7,2	7,13	7,10	7,32	7,6	7,73	7,8	8,1	8,7	8,9	
	6,9	7,2	7,14	7,04	7,89		7,65	7,7	8,1	8,8	9,0	
MW [µg/g]	**6,97**	**7,29**	**7,32**	**7,41**	**7,59**	**7,59**	**7,77**	**7,78**	**8,01**	**8,7**	**8,97**	**7,76**
s [µg/g]	0,04	0,10	0,18	0,32	0,19	0,19	0,09	0,08	0,08	0,08	0,04	0,60
$\bar{s}$ [µg/g]												0,13
s_{rel} in %	0,6	1,3	2,5	4,4	2,6	2,5	1,1	1,1	1,0	0,9	0,5	7,8

A Atomabsorptionsspektrometrie mit Flammenatomisierung (F AAS)
E Atomabsorptionsspektrometrie mit thermischer Atomisierung (ET AAS)
I Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I(KE) Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Kupferabtrennung
IMS Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)

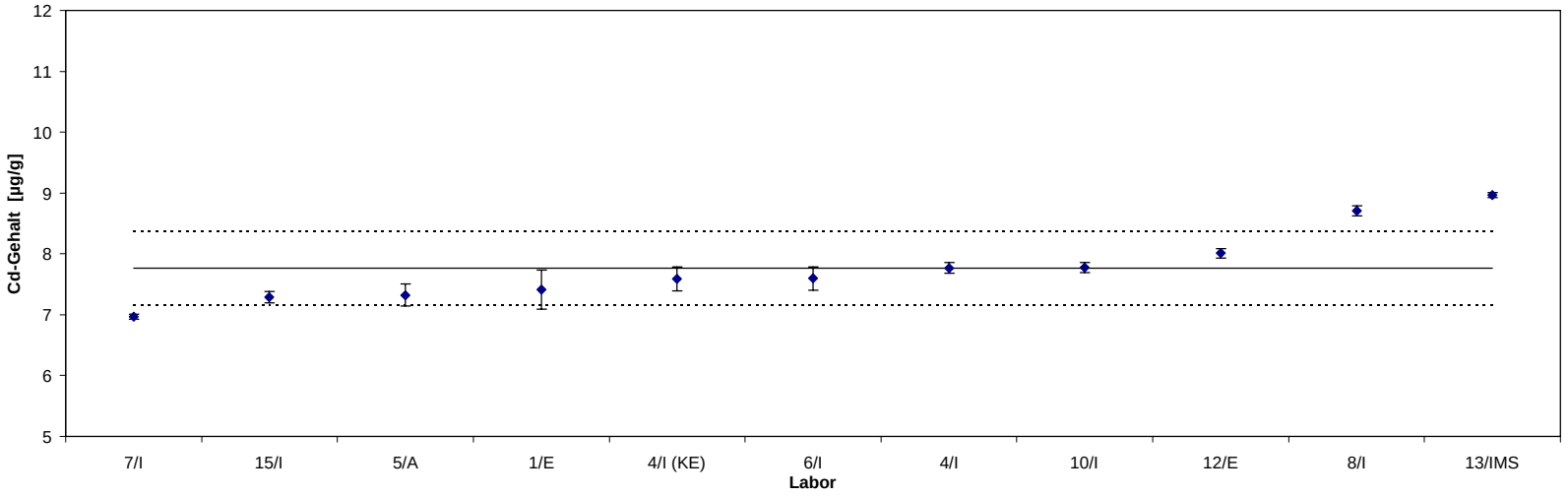


Tabelle 54, Abbildung 26: Cadmiumgehalt in BAM-M386

Cobaltgehalt in BAM-M386

Lab./Meth.	4/I (KE)	15/I	4/I	7/I	13/IMS	16/NAA	6/I	1/NAA	5/E	1/E	8/E	Ges.
EW [µg/g]	4,90	5,10	4,97	5,12	5,24	4,89	5,30	5,32	5,48	5,40	5,50	n =
	4,78	5,03	5,04	5,00	5,17	5,12	5,28	5,24	5,29	5,33	5,55	11
	4,86	5,04	4,93	5,05	5,19	5,65	5,32	5,29	5,57	5,29	5,53	
	4,76	4,99	5,13	5,08	5,24	5,14	5,30	5,32	5,27	5,55	5,51	
	4,66	4,91	5,10	5,04	5,13	5,01	5,15	5,25	5,09	5,44	5,54	
	5,09	4,93	5,15	5,09	5,24	5,57		5,38	5,15	5,51	5,50	
MW [µg/g]	**4,84**	**5,00**	**5,05**	**5,1**	**5,20**	**5,23**	**5,27**	**5,30**	**5,31**	**5,42**	**5,52**	**5,20**
s [µg/g]	0,15	0,07	0,09	0,0	0,05	0,31	0,07	0,05	0,19	0,10	0,02	0,197
$\bar{s}$ [µg/g]												0,103
s_{rel} in %	3,0	1,4	1,8	0,8	0,9	5,9	1,3	1,0	3,5	1,9	0,4	3,8

E	Atomabsorptionsspektrometrie mit thermischer Atomisierung (ET AAS)
I	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I(KE)	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Kupferabtrennung
IMS	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
NAA	Neutronenaktivierungsanalyse

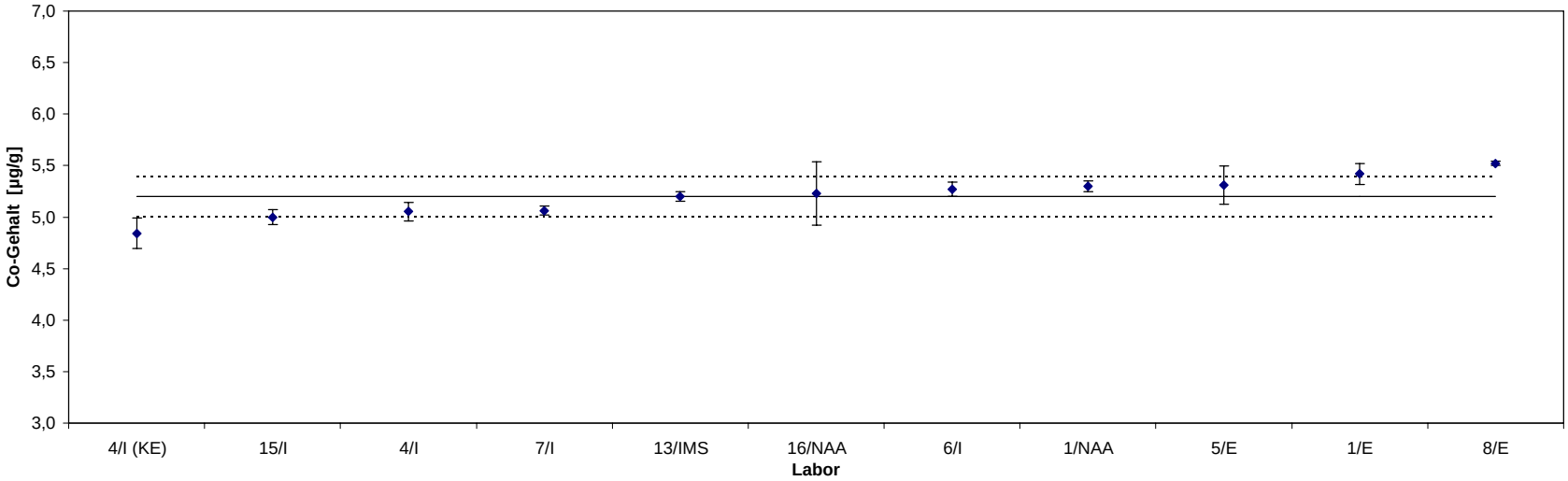


Tabelle 55, Abbildung 27: Cobaltgehalt in BAM-M386

Chromgehalt in BAM-M386

Lab./Meth.	1/PAA	8/I (LF)	13/IMS	15/I	4/I (KE)	9/I	6/I	7/I	1/NAA	5/I	1/E	4/I	10/I	Ges.
EW [µg/g]	10,10	11,02	11,84	12,16	12,69	12,73	12,40	12,73	12,80	13,38	13,78	13,31	13,29	n =
	9,40	11,08	11,80	12,44	12,23	12,66	12,50	12,69	12,82	12,98	13,62	13,40	13,59	13
	10,00	11,26	11,59	12,02	12,26	12,77	12,60	12,73	13,10	12,79	13,29	13,46	13,51	
	9,90	11,20	11,18	11,78	12,30	12,33	12,70	12,60	13,40	13,08	12,77	13,31	13,45	
	9,70	11,14	11,45	11,95	12,34	12,21	12,60	12,56	12,72	14,32	12,85	13,29	13,39	
	10,10	11,21	11,20	11,90	13,16	12,43		12,52	13,27	11,94	12,50	13,18	13,63	
MW [µg/g]	**9,87**	**11,15**	**11,51**	**12,04**	**12,50**	**12,52**	**12,56**	**12,64**	**13,02**	**13,08**	**13,13**	**13,33**	**13,48**	**12,37**
s [µg/g]	0,273	0,090	0,286	0,232	0,365	0,231	0,114	0,091	0,280	0,777	0,508	0,096	0,127	1,02
$\bar{s}$ [µg/g]														0,27
s_{rel} in %	2,8	0,8	2,5	1,9	2,9	1,8	0,9	0,7	2,1	5,9	3,9	0,7	0,9	8,2

E	Atomabsorptionsspektrometrie mit thermischer Atomisierung (ET AAS)
I	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I(LF)	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Lanthan-Fällung
I(KE)	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Kupferabtrennung
IMS	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
NAA	Neutronenaktivierungsanalyse
PAA	Photonenaktivierungsanalyse

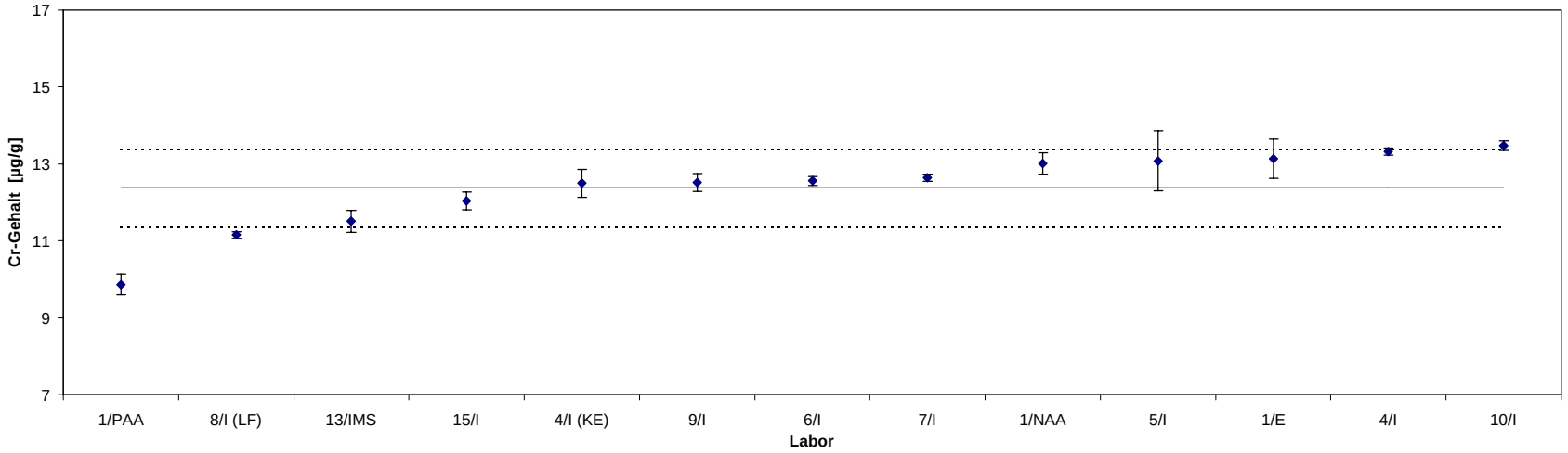


Tabelle 56, Abbildung 28: Chromgehalt in BAM-M386

Eisengehalt in BAM-M386

Lab./Meth.	15/I	9/I	13/IMS	4/I (KE)	8/I	7/I	4/I	6/I	4/I (LF)	12/A	5/A	1/P	10/I	Ges.
EW [µg/g]	61,01	62,06	59,35	64,86	62,78	63,67	65,64	65,60	66,35	65,66	67,19	67,11	70,68	n =
	63,43	61,31	66,12	63,24	62,97	63,73	65,82	65,80	64,72	66,01	66,49	67,16	71,04	13
	60,22	63,05	63,64	60,13	62,90	63,83	65,08	65,20	65,73	[71,09]	67,00	67,31	71,41	
	60,15	59,00	65,59	61,30	62,81	63,48	65,94	66,00	[69,43]	66,15	66,36	67,18	71,16	
	60,58	60,11	58,39	[120,98]	63,01	62,97	64,78	65,90	66,81	66,38	66,39	66,95	70,97	
	60,29	61,60	59,00	64,74	62,74	63,09	64,08		65,24	66,47	67,58	67,21	71,08	
MW [µg/g]	**60,95**	**61,19**	**62,02**	**62,85**	**62,87**	**63,46**	**65,22**	**65,70**	**65,77**	**66,13**	**66,84**	**67,15**	**71,06**	**64,71**
s [µg/g]	1,26	1,44	3,51	2,10	0,11	0,36	0,72	0,32	0,84	0,32	0,50	0,12	0,24	2,849
$\bar{s}$ [µg/g]														0,909
s_{rel} in %	2,1	2,4	5,7	3,3	0,2	0,6	1,1	0,5	1,3	0,5	0,7	0,2	0,3	4,4

A	Atomabsorptionsspektrometrie mit Flammenatomisierung (F AAS)
I	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I(LF)	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Lanthan-Fällung
I(KE)	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Kupferabtrennung
IMS	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
P	Photometrie

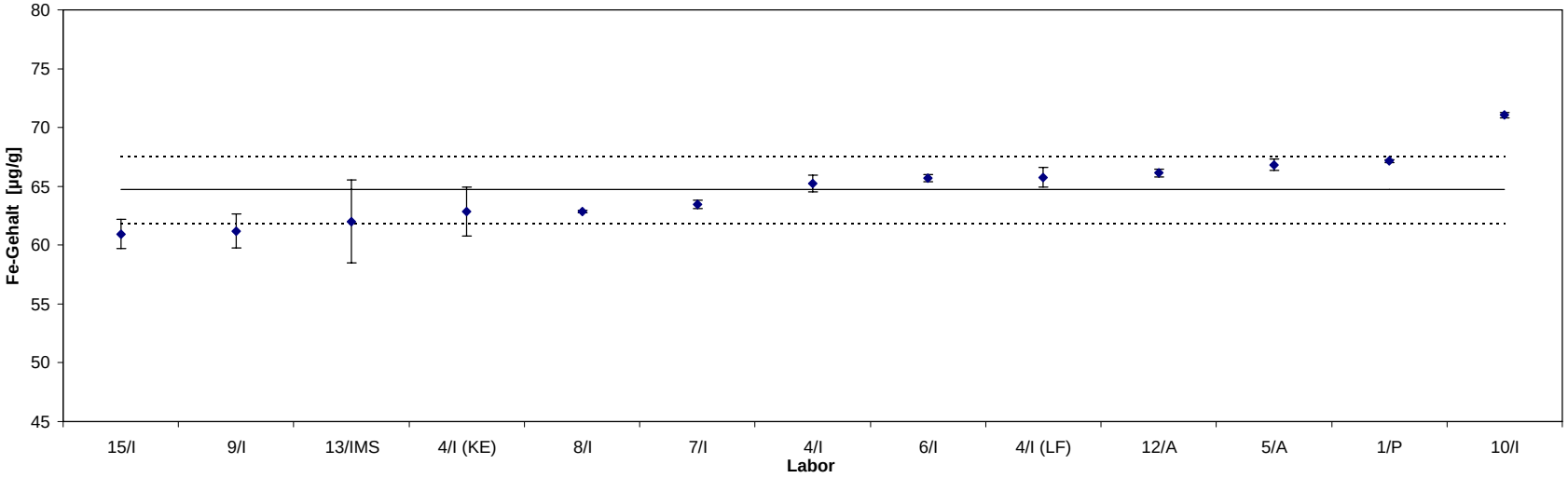


Tabelle 57, Abbildung 29: Eisengehalt in BAM-M386

Magnesiumgehalt in BAM-M386

Lab./Meth.	15/I	12/A	4/I (KE)	7/I	8/I	6/I	13/IMS	9/I	10/I	5/I	4/I	Ges.
EW [µg/g]	33,68	33,21	34,82	36,12	36,05	36,60	36,73	36,40	37,60	38,41	38,63	n =
	33,55	33,32	34,12	36,06	35,81	36,80	37,05	35,95	37,43	38,09	38,62	11
	33,41	33,36	33,78	35,99	35,94	37,00	38,33	38,13	37,38	37,44	37,62	
	33,23	33,38	33,84	35,89	35,86	36,50	36,37	38,89	37,83	37,14	38,15	
	32,65	33,60	33,05	35,72	36,01	36,50	36,92	37,04	37,52	37,47	37,61	
	32,75	33,65	35,66	35,64	35,84		38,32	37,35	37,53	38,34	37,55	
MW [µg/g]	**33,21**	**33,42**	**34,21**	**35,90**	**35,92**	**36,68**	**37,29**	**37,29**	**37,55**	**37,82**	**38,03**	**36,12**
s [µg/g]	0,42	0,17	0,91	0,19	0,10	0,22	0,84	1,09	0,16	0,53	0,51	1,76
$\bar{s}$ [µg/g]												0,47
s_{rel} in %	1,3	0,5	2,7	0,5	0,3	0,6	2,2	2,9	0,4	1,4	1,3	4,9

A	Atomabsorptionsspektrometrie mit Flammenatomisierung (F AAS
I	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I(KE)	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Kupferabtrennun
IMS	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS

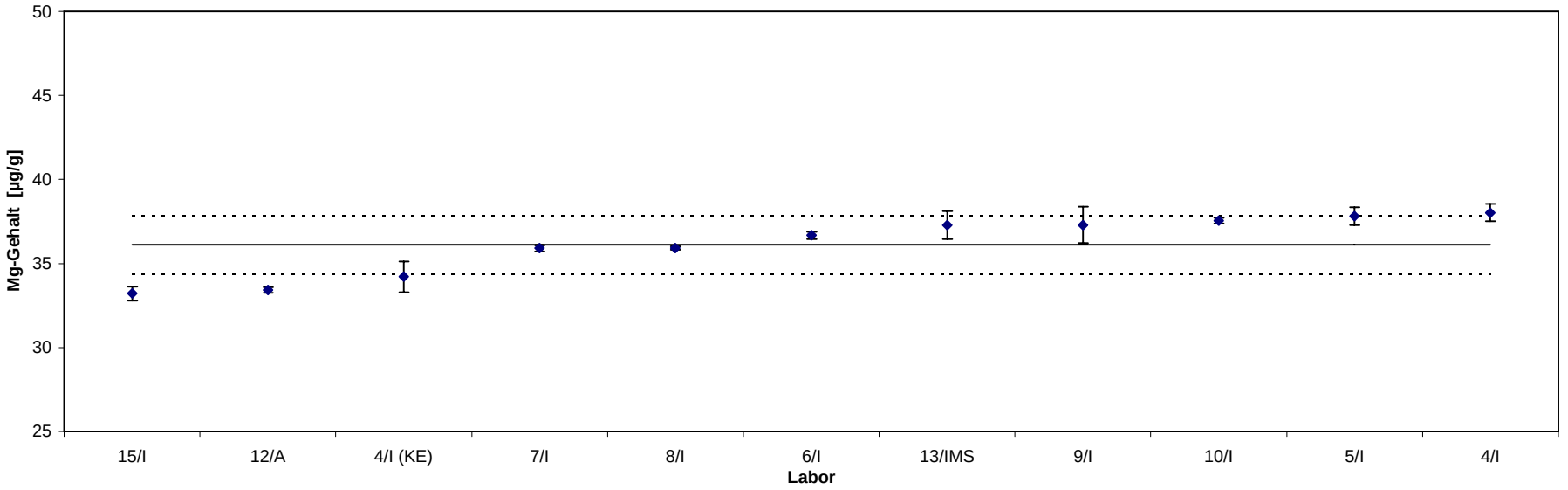


Tabelle 58, Abbildung 30: Magnesiumgehalt in BAM-M386

Mangangehalt in BAM-M386

Lab./Meth.	8/I	1/PAA	13/IMS	15/I	4/I (KE)	1/E	7/I	9/I	6/I	5/I	10/I	4/I	Ges.
EW [µg/g]	10,19	12,0	12,48	13,10	13,28	12,86	13,29	12,97	13,3	13,76	13,58	13,64	n =
	10,26	11,4	12,94	13,02	12,85	13,10	13,27	13,31	13,3	13,57	13,65	13,72	10
	10,21	11,9	13,18	12,92	12,81	12,86	13,24	13,51	13,4	13,40	13,62	13,70	
	10,30	11,5	13,38	12,87	12,92	13,69	13,20	13,42	13,2	13,43	13,60	13,70	
	10,32	11,8	11,63	12,77	12,91	13,20	13,14	13,19	13,3	13,24	13,65	13,55	
	10,28	12,0	13,24	12,71	13,71	13,34	13,10	13,09		13,72	13,63	13,51	
MW [µg/g]	**10,26**	**11,77**	**12,81**	**12,90**	**13,08**	**13,18**	**13,21**	**13,25**	**13,30**	**13,52**	**13,62**	**13,64**	**13,25**
s [µg/g]	0,05	0,26	0,66	0,15	0,35	0,32	0,07	0,20	0,07	0,20	0,03	0,09	0,28
$\bar{s}$ [µg/g]													0,21
s_{rel} in %	0,5	2,2	5,1	1,1	2,7	2,4	0,6	1,5	0,5	1,5	0,2	0,6	2,1

99 % Grubbs-Ausreißer

E	Atomabsorptionsspektrometrie mit thermischer Atomisierung (ET AAS
I	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES
I(KE)	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Kupferabtrennun
IMS	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS
PAA	Photonenaktivierungsanalys

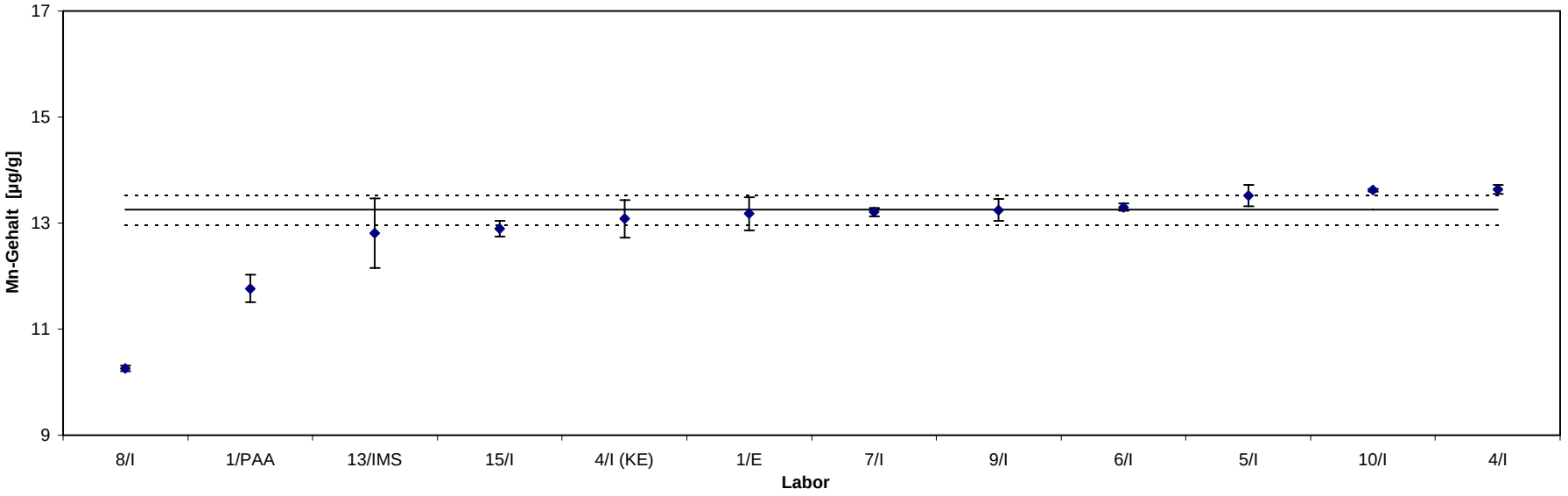


Tabelle 59, Abbildung 31: Mangangehalt in BAM-M386

Nickelgehalt in BAM-M386

Lab./Meth.	13/IMS	7/I	4/I (KE)	15/I	6/I	1/PAA	1/P	8/E	4/I	9/I	10/I	Ges.
EW [µg/g]	23,61	23,83	23,98	24,09	23,90	24,3	25,83	26,18	25,99	30,13	50,20	N
	23,45	23,69	23,23	23,97	24,50	25,4	25,93	25,93	26,66	26,02	50,46	10
	23,79	23,77	23,62	23,90	24,50	24,9	25,93	26,01	26,24	29,74	50,02	
	23,58	23,61	23,73	23,82	24,50	25,2	25,84	25,90	27,28	27,97	50,11	
	23,04	23,55	22,84	23,52	25,20	24,8	26,47	26,14	26,47	23,88	50,22	
	23,72	23,60	25,01	23,47		25,0		26,25	25,79	25,90	50,09	
MW [µg/g]	**23,53**	**23,68**	**23,74**	**23,80**	**24,52**	**24,93**	**26,00**	**26,07**	**26,41**	**27,27**	**50,18**	**24,99**
s [µg/g]	0,27	0,11	0,74	0,25	0,46	0,38	0,27	0,14	0,53	2,44	0,15	1,35
$\bar{s}$ [µg/g]												0,56
s_{rel} in %	1,1	0,5	3,1	1,0	1,9	1,5	1,0	0,5	2,0	8,9	0,3	5,4

99 % Grubbs-Ausreißer

E	Atomabsorptionsspektrometrie mit thermischer Atomisierung (ET AAS)
I	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I(KE)	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Kupferabtrennung
IMS	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
P	Photometrie
PAA	Photonenaktivierungsanalyse

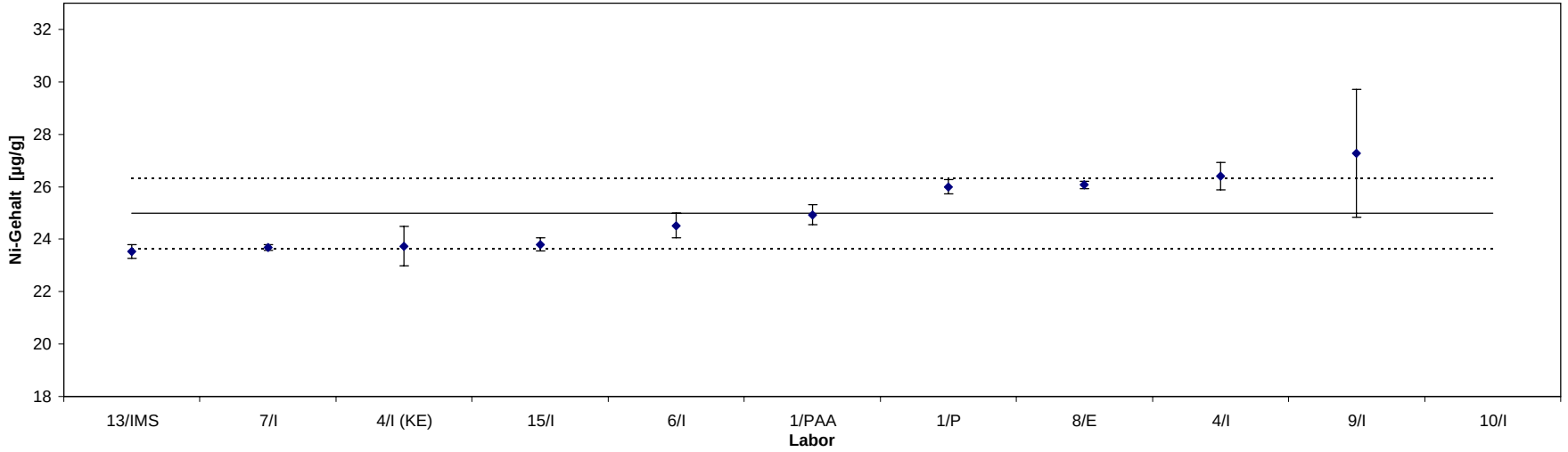


Tabelle 60, Abbildung 32: Nickelgehalt in BAM-M386

Phosphorgehalt in BAM-M386

Lab./Meth.	7/I	15/I	8/P	10/I	9/I	1/P	Ges.
EW [µg/g]	6,63	6,82	6,97	7,56	8,32	9,30	n =
	6,42	6,56	6,97	7,48	7,65	7,94	6
	6,04	6,82	7,12	7,32	7,84	9,16	
	6,00	6,62	7,09	7,40	7,48	7,36	
	6,67	6,46	7,02	7,53	7,18	6,98	
	6,76	6,63	7,10	7,35	7,10	8,11	
MW [µg/g]	**6,42**	**6,65**	**7,05**	**7,44**	**7,60**	**8,14**	**7,22**
s [µg/g]	0,33	0,14	0,07	0,10	0,45	0,94	0,64
$\bar{s}$ [µg/g]							0,34
s_{rel} in %	5,13	2,16	0,95	1,32	5,94	11,50	8,8

I Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
P Photometrie

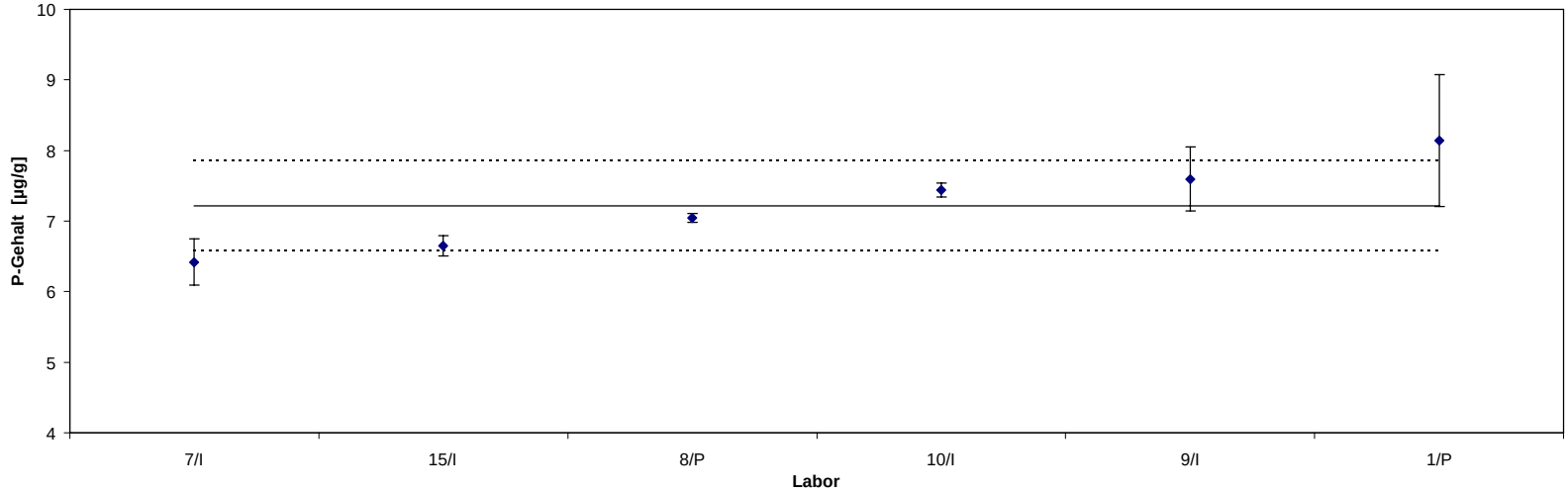


Tabelle 61, Abbildung 33: Phosphorgehalt in BAM-M386

Bleigehalt in BAM-M386

Lab./Meth.	8/I (LF)	1/PAA	7/E	4/I (KE)	12/A	15/I	5/E	6/I	13/IMS	4/I (LF)	1/E	10/I	4/I	Ges.
EW [µg/g]	18,92	20,9	21,71	23,72	23,3	23,96	23,91	23,70	24,03	24,58	24,41	25,20	26,68	n =
	19,09	22,9	21,70	22,51	23,4	23,78	23,58	24,20	24,36	24,74	25,31	25,19	25,32	13
	18,98	22,3	21,57	22,89	23,4	23,76	23,57	24,10	24,08	23,91	24,93	25,44	25,99	
	19,04	19,6	21,92	22,54	23,6	23,53	23,65	24,10	24,30	24,66	24,28	25,34	24,29	
	19,15	22,3	20,73	23,39	23,6	23,46	23,33	24,20	24,28	24,66	24,38	25,34	24,87	
	19,01	20,8	22,03	25,00	23,8	22,82	24,26		23,93	24,37	25,49	25,24	26,17	
MW [µg/g]	**19,03**	**21,47**	**21,61**	**23,34**	**23,52**	**23,55**	**23,72**	**24,06**	**24,16**	**24,49**	**24,80**	**25,29**	**25,55**	**23,43**
s [µg/g]	0,08	1,24	0,46	0,94	0,18	0,40	0,32	0,21	0,17	0,31	0,52	0,10	0,89	1,79
$\bar{s}$ [µg/g]														0,45
s_{rel} in %	0,4	5,8	2,1	4,0	0,8	1,7	1,4	0,9	0,7	1,3	2,1	0,4	3,5	7,6

A	Atomabsorptionsspektrometrie mit Flammenatomisierung (F AAS)
E	Atomabsorptionsspektrometrie mit thermischer Atomisierung (ET AAS)
I	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I(LF)	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Lanthan-Fällung
I(KE)	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Kupferabtrennung
IMS	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
PAA	Photonenaktivierungsanalyse

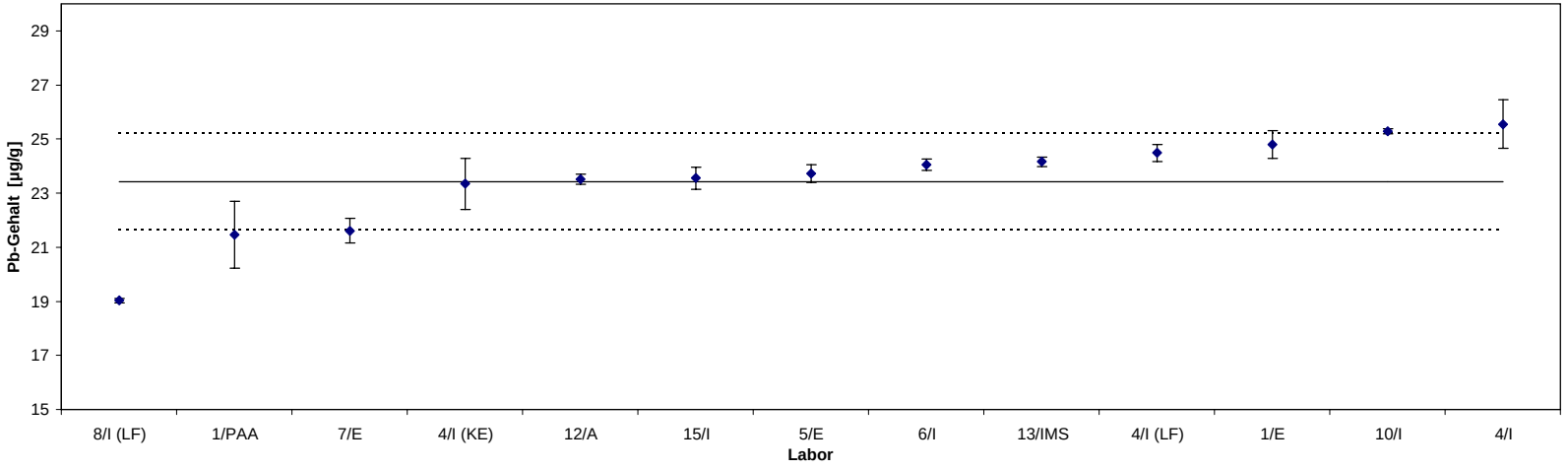


Tabelle 62, Abbildung 34: Bleigehalt in BAM-M386

Schwefelgehalt in BAM-M386

Lab./Meth.	15/I	10/I	8/T	17/P	1/P	4/T	5/CS	13/CS	Ges.
EW [µg/g]	18,60	19,91	21,24	21,66	23,79	24	23,4	26,5	n =
	19,11	19,47	21,24	22,07	19,80	23	24,0	25,9	8
	18,31	19,56	20,84	21,49	21,20	24	22,7	27,3	
	19,03	19,29	21,24	20,49	21,79	23	23,5	27,6	
	18,08	19,74	21,24	21,06	21,31	21	22,5	27,3	
	18,13	19,62	20,84	21,11	20,02	22	24,3	25,3	
MW [µg/g]	**18,54**	**19,60**	**21,11**	**21,31**	**21,32**	**22,83**	**23,40**	**26,65**	**21,85**
s [µg/g]	0,45	0,21	0,21	0,55	1,44	1,17	0,70	0,91	2,49
$\bar{s}$ [µg/g]									0,71
s_{rel} in %	2,4	1,1	1,0	2,6	6,7	5,1	3,0	3,4	11,4

CS	Verbrennung mit IR-Detektion
I	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
P	Photometrie
T	Titrimetrie

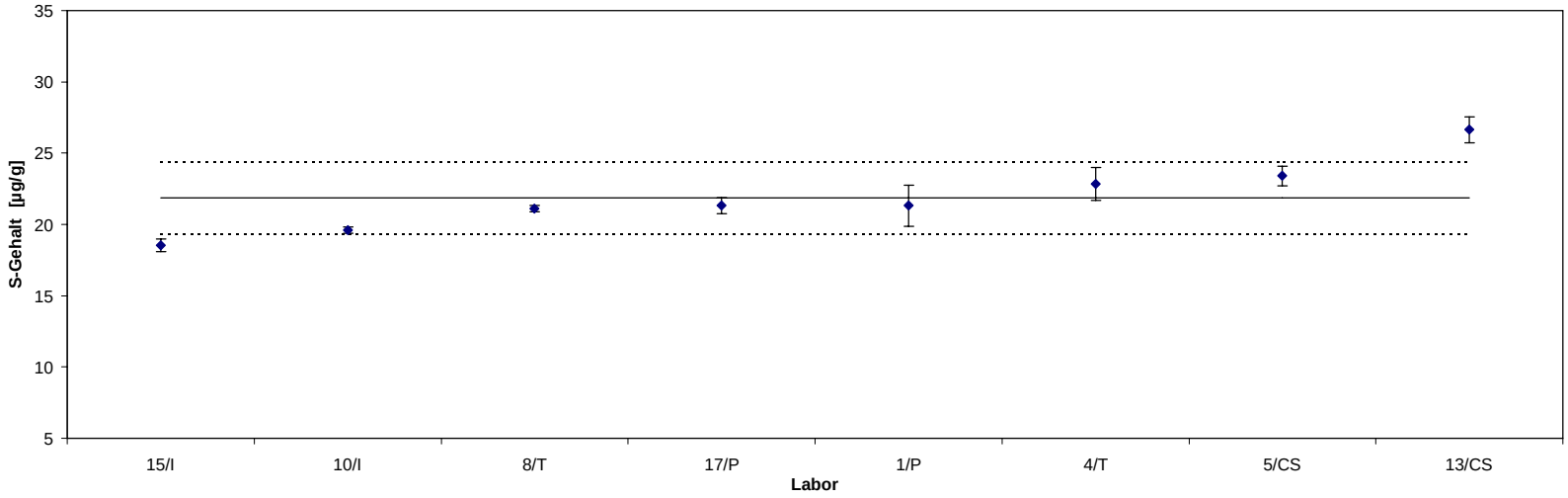


Tabelle 63, Abbildung 35: Schwefelgehalt in BAM-M386

Antimongehalt in BAM-M386

Lab./Meth.	13/IMS	4/I (LF)	15/I	7/I	16/NAA	1/PAA	8/I (LF)	6/I	1/P	1/NAA	4/I	10/I	1/E	Ges.
EW [µg/g]	29,05	28,78	30,23	29,43	30,05	31,50	31,48	31,40	29,91	31,64	32,09	34,32	34,62	N
	28,56	28,89	29,99	29,40	29,95	31,30	31,26	31,45	32,33	31,70	31,44	34,41	35,54	13
	28,78	29,79	29,70	30,80	32,22	31,40	31,40	31,45	31,31	31,88	30,95	34,51	35,42	
	28,47	29,46	29,41	29,46	30,46	31,60	31,34	31,10	31,63	32,32	32,42	33,59	33,85	
	28,95	[31,31]	29,32	30,50	30,54	29,40	31,17	31,50	31,85	31,69	33,95	33,79	34,10	
	28,52	29,11	29,18	30,14	30,55	31,30	31,19		31,81	32,23	33,18	34,08	32,95	
MW [µg/g]	**28,72**	**29,21**	**29,64**	**29,96**	**30,63**	**31,08**	**31,31**	**31,38**	**31,47**	**31,91**	**32,34**	**34,12**	**34,41**	**31,24**
s [µg/g]	0,24	0,42	0,41	0,61	0,82	0,83	0,12	0,16	0,83	0,30	1,11	0,37	0,99	1,71
$\bar{s}$ [µg/g]														0,55
s_{rel} in %	0,8	1,4	1,4	2,0	2,7	2,7	0,4	0,5	2,7	0,9	3,4	1,1	2,9	5,5

E	Atomabsorptionsspektrometrie mit thermischer Atomisierung (ET AAS)
I	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I(LF)	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Lanthan-Fällung
IMS	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
NAA	Neutronenaktivierungsanalyse
P	Photometrie
PAA	Photonenaktivierungsanalyse

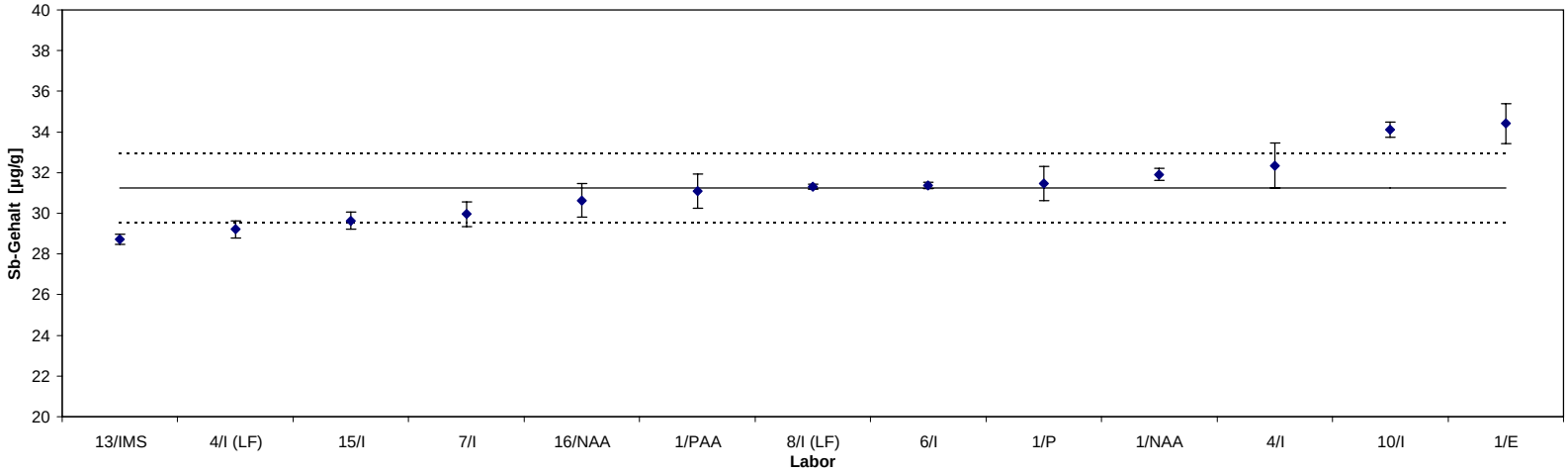


Tabelle 64, Abbildung 36: Antimongehalt in BAM-M386

Selengehalt in BAM-M386

Lab./Meth.	8/I (LF)	6/I	1/NAA	15/I	4/I	5/E	7/E	Ges.
EW [µg/g]	11,1	9,7	11,48	11,7	12,17	12	12,9	n =
	11,4	11,4	11,32	11,7	11,12	11	12,6	7
	11,3	12,8	11,67	11,8	11,58	12	12,2	
	11,2	11,9	11,67	11,6	14,33	12	11,2	
	11,1	11,6	11,39	11,3	9,71	12	11,4	
	11,2		11,72	11,4	11,18	12	11,8	
MW [µg/g]	**11,2**	**11,48**	**11,54**	**11,60**	**11,68**	**12**	**12,0**	**11,63**
s [µg/g]	0,1	1,13	0,17	0,18	1,53	0,39	0,7	0,27
$\bar{s}$ [µg/g]								0,60
s_{rel} in %	0,8	9,8	1,5	1,6	13,1	3,3	5,6	2,3

E Atomabsorptionsspektrometrie mit thermischer Atomisierung (ET AAS)
I Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I(LF) Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Lanthan-Fällung
NAA Neutronenaktivierungsanalyse

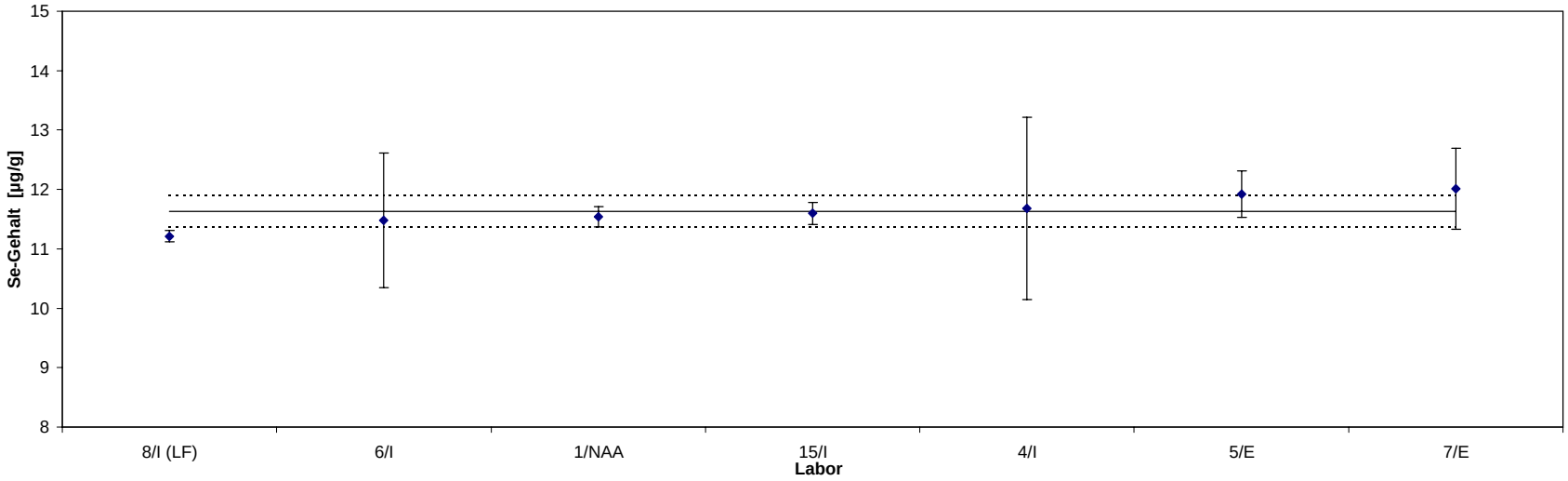


Tabelle 65, Abbildung 37: Selengehalt in BAM-M386

Zinngehalt in BAM-M386

Lab./Meth.	5/I	7/I	4/I	15/I	4/I (LF)	13/IMS	1/PAA	9/I	8/I (LF)	1/E	Ges.
EW [µg/g]	25,37	27,56	28,66	27,74	27,40	27,91	28,5	28,46	29,98	29,60	n =
	27,01	27,33	28,42	27,63	27,86	27,39	28,0	30,34	29,70	29,78	10
	26,47	27,30	26,98	27,26	28,25	28,07	28,3	29,86	29,76	29,40	
	27,12	27,08	27,77	27,44	27,66	27,77	28,5	30,00	29,85	30,42	
	28,07	27,02	25,66		27,76	28,10	27,9	28,84	29,99	30,75	
	28,88	26,70	26,86		27,55	28,64	28,9	28,95	29,71	29,63	
MW [µg/g]	**27,15**	**27,17**	**27,39**	**27,52**	**27,75**	**27,98**	**28,35**	**29,41**	**29,83**	**29,93**	**28,25**
s [µg/g]	1,22	0,30	1,12	0,21	0,29	0,41	0,37	0,76	0,13	0,53	1,09
$\bar{s}$ [µg/g]											0,53
s_{rel} in %	4,5	1,1	4,1	0,8	1,1	1,5	1,3	2,6	0,4	1,8	3,9

E	Atomabsorptionsspektrometrie mit thermischer Atomisierung (ET AAS)
I	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I(LF)	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Lanthan-Fällung
IMS	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
PAA	Photonenaktivierungsanalyse

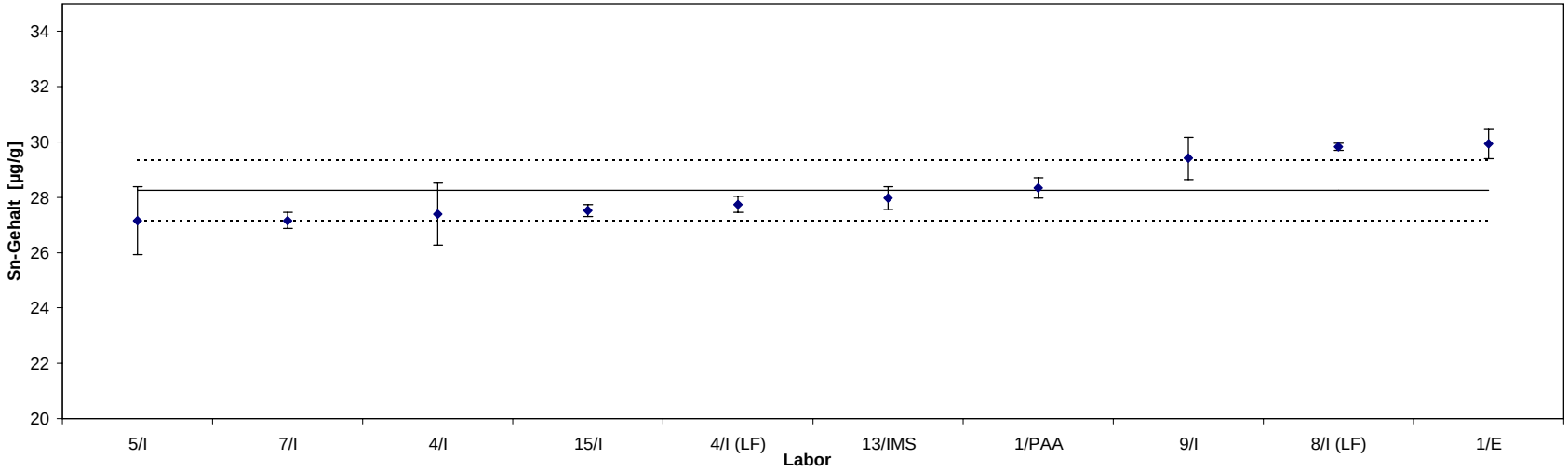


Tabelle 66, Abbildung 38: Zinngehalt in BAM-M386

Tellurgehalt in BAM-M386

Lab./Meth.	15/I	7/E	1/PAA	6/I	4/I (LF)	1/E	4/I	13/IMS	8/I (LF)	Ges.
EW [µg/g]	37,1	39,0	39,2	37,0	37,82	39,37	39,9	39,9	40,4	n =
	36,3	39,2	36,0	37,0	38,02	39,58	39,8	40,3	40,0	9
	37,3	37,7	37,8	38,3	38,42	39,63	41,4	40,2	40,3	
	36,7	35,9	37,2	38,0	38,30	37,00	38,7	40,0	40,1	
	35,9	36,2	39,3	39,5	38,30	36,47	33,6	39,9	40,1	
	35,8	35,6	37,7		37,90	37,15	37,4	40,0	40,2	
MW [µg/g]	**36,51**	**37,25**	**37,87**	**37,96**	**38,13**	**38,20**	**38,47**	**40,04**	**40,2**	**38,29**
s [µg/g]	0,63	1,58	1,25	1,04	0,25	1,47	2,74	0,17	0,1	1,19
$\bar{s}$ [µg/g]										1,03
s_{rel} in %	1,7	4,2	3,3	2,7	0,6	3,8	7,1	0,4	0,4	3,1

E	Atomabsorptionsspektrometrie mit thermischer Atomisierung (ET AAS)
I	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I(LF)	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Lanthan-Fällung
IMS	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
PAA	Photonenaktivierungsanalyse

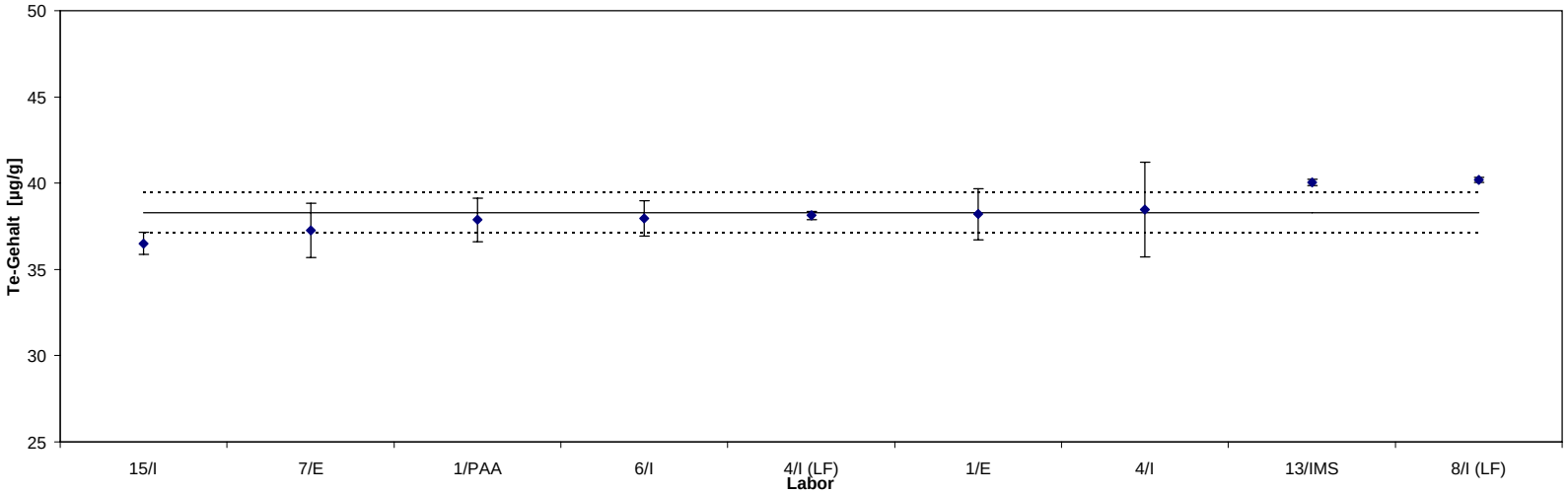


Tabelle 67, Abbildung 39: Tellurgehalt in BAM-M386

Titangehalt in BAM-M386

Lab./Meth.	15/I	4/I (KE)	1/E	6/I	7/I	9/I	5/I	4/I	Ges.
EW [µg/g]	31,3	31,39	35,5	33,4	33,80	34,5	34,98	35,28	n =
	30,9	31,08	34,1	33,5	33,72	34,5	35,07	35,42	8
	30,7	30,67	32,4	33,7	33,63	34,4	34,04	35,34	
	30,4	32,03	31,4	33,3	33,50	33,2	33,40	35,13	
	30,0	29,78	33,5	33,1	33,20	33,9	31,90	34,46	
	29,7	31,56	30,7		33,30	34,0	35,44	34,45	
MW [µg/g]	**30,49**	**31,09**	**32,9**	**33,40**	**33,53**	**34,1**	**34,14**	**35,01**	**33,08**
s [µg/g]	0,59	0,79	1,8	0,22	0,24	0,5	1,33	0,44	1,55
$\bar{s}$ [µg/g]									0,74
s_{rel} in %	1,9	2,5	5,4	0,7	0,7	1,5	3,9	1,3	4,7

E Atomabsorptionsspektrometrie mit thermischer Atomisierung (ET AAS)
I Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)

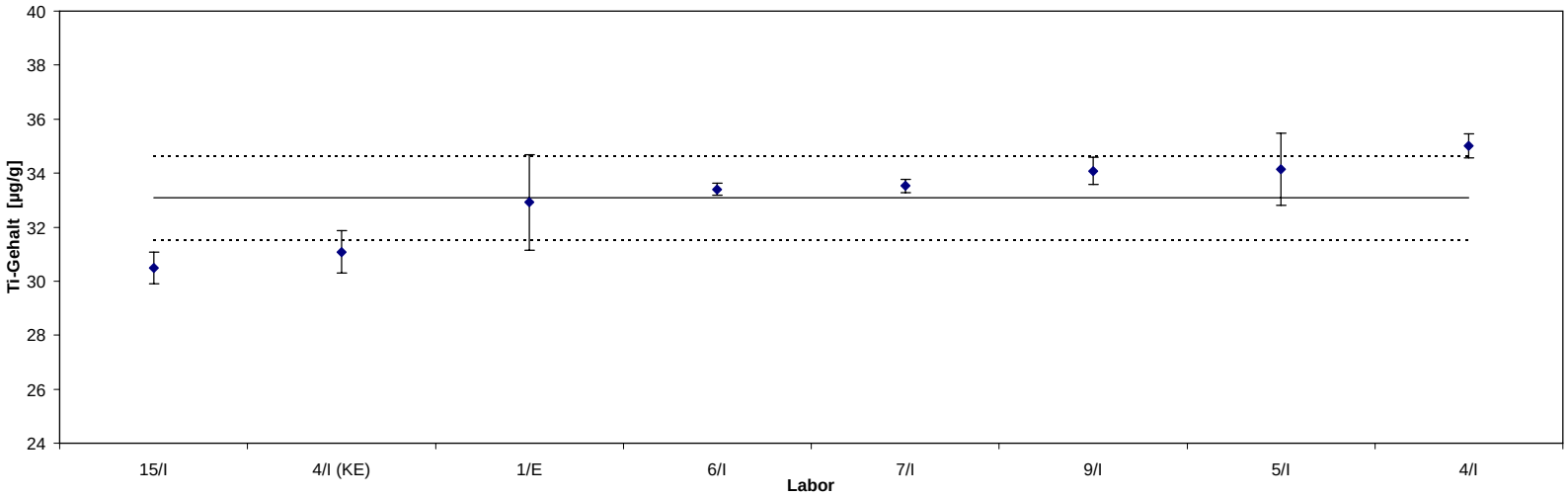


Tabelle 68, Abbildung 40: Titangehalt in BAM-M386

Zinkgehalt in BAM-M386

Lab./Meth.	1/NAA	16/NAA	5/A	1/PAA	13/IMS	7/I	8/I	4/I (KE)	15/I	6/I	12/A	9/I	4/I	10/I	Ges.
EW [µg/g]	43,93	47,1	[50,45]	45,9	49,1	49,1	49,1	50,5	51,0	50,6	52,0	50,9	53,05	76,06	n =
	44,89	43,4	46,9	47,0	49,2	49,0	48,8	49,2	51,0	51,8	52,0	51,6	[62,75]	77,56	13
	46,36	43,3	47,4	48,1	46,3	48,9	49,0	50,2	50,6	52,2	52,1	55,5	55,36	78,33	
	46,58	47,2	47,2	47,7	47,8	48,9	48,9	49,5	50,6	50,9	52,2	51,4	[74,52]	77,24	
	44,78	46,9	47,5	48,9	51,5	48,9	49,0	48,9	50,2	50,1	52,2	51,2	53,64	77,37	
	46,53	45,7	46,0	49,4	47,8	48,7	49,1	52,3	50,2		52,2	57,2	51,78	77,31	
MW [µg/g]	**45,51**	**45,60**	**47,00**	**47,83**	**48,61**	**48,90**	**48,97**	**50,09**	**50,60**	**51,1**	**52,11**	**52,99**	**53,46**	**77,31**	**49,44**
s [µg/g]	1,12	1,81	0,61	1,27	1,76	0,12	0,11	1,24	0,35	0,9	0,11	2,69	1,49	0,73	2,59
$\bar{s}$ [µg/g]															1,04
s_{rel} in %	2,5	4,0	1,3	2,7	3,6	0,3	0,2	2,5	0,7	1,7	0,2	5,1	2,8	0,9	5,2

99 % Grubbs-Ausreißer

A	Atomabsorptionsspektrometrie mit Flammenatomisierung (F AAS)
I	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I(KE)	Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Kupferabtrennung
IMS	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
NAA	Neutronenaktivierungsanalyse
PAA	Photonenaktivierungsanalyse

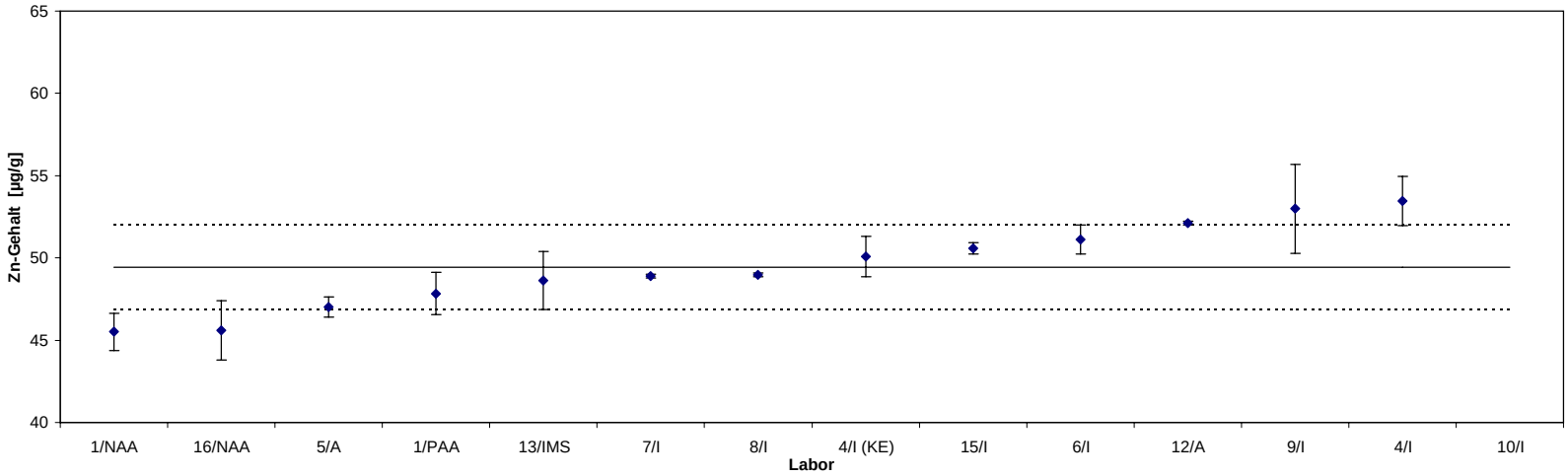


Tabelle 69, Abbildung 41: Zinkgehalt in BAM-M386

Siliciumgehalt in BAM-M386

Lab./Meth.	6/I	10/I	15/I2	15/I	1/E	9/I	Ges.
EW [µg/g]	9	9,3	15,9	17,1	16,2	18,3	n =
	9	9,1	15,9	17,4	15,5	19,9	6
	8	9,6	15,5	19,3	17,9	17,2	
	9	9,6	15,9	16,3	17,6	17,7	
	7	9,2		15,9	16,8	19,0	
	8	9,4		13,7	18,5	18,3	
MW [µg/g]	**8,3**	**9,4**	**15,8**	**16,6**	**17,1**	**18,4**	**14,26**
s [µg/g]	0,8	0,2	0,2	1,8	1,1	1,0	4,29
$\bar{s}$ [µg/g]							0,86
s_{rel} in %	9,8	2,3	1,3	11,1	6,5	5,2	30,1

E Atomabsorptionsspektrometrie mit thermischer Atomisierung (ET AAS
I Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)

Zirconiumgehalt in BAM-M386

Lab./Meth.	4/I (KE)	13/IMS	15/I	4/I	6/I	7/I	9/I	15/I2	1/PAA	5/I	Ges.
EW [µg/g]	4,48	6,83	8,00	7,95	8,65	8,12	9,47	9,90	12,7	13,66	n =
	5,24	7,06	7,75	8,01	8,50	8,35	9,52	10,30	12,0	14,40	10
	5,61	6,74	7,55	8,48	8,20	9,02	9,08	10,10	12,8	12,12	
	6,06	5,97	7,68	7,88	8,08	8,31	9,26	10,70	12,1	11,87	
	6,83	6,73	7,51	7,72	8,13	8,95	9,65		12,2	11,48	
	2,20	6,91	7,58	7,67		8,96	9,57		12,8	13,10	
MW [µg/g]	**5,07**	**6,71**	**7,68**	**7,95**	**8,31**	**8,62**	**9,43**	**10,25**	**12,43**	**12,77**	**8,92**
s [µg/g]	1,61	0,38	0,18	0,3	0,2	0,40	0,2	0,34	0,37	1,14	2,40
$\bar{s}$ [µg/g]											0,52
s_{rel} in %	31,8	5,7	2,4	3,6	3,0	4,7	2,3	3,3	3,0	8,9	26,9

I Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES)
I(KE) Plasmaemissionsspektrometrie (ICP OES) nach Kupferabtrennun
IMS Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS
PAA Photonenaktivierungsanalys

Tabelle 70: Siliciumgehalt in BAM-M386
Tabelle 71: Zirconiumgehalt in BAM-M386

6 Hinweise für den Benutzer

Diese zertifizierten Referenzmaterialien sind für die Überprüfung der Kalibrierung von optischen Emissions- und Röntgenfluoreszenzspektrometern bei der Analyse von Material ähnlicher Zusammensetzung vorgesehen.
Vor der Analyse ist die Oberfläche durch Abdrehen oder durch Abschleifen zu reinigen.
Beim Abfunken sollte in der Mitte der Proben eine Fläche von ca. 0,5 cm Durchmesser sowie der äußerste Rand ausgespart werden.
Die Probe ist stabil, solange sie keiner übermäßigen Erhitzung ausgesetzt ist (z.B. bei der Behandlung der Oberfläche oder beim Zerspanen).

7 Literatur

[1] ISO Guide 31, Contents of certificates of reference materials, 1981

[2] ISO Guide 34, General Requirements for the Competence of Reference Material Producers, Second edition, 2000

[3] ISO Guide 35, Certification of reference materials - General and statistical principles. Second edition, 1989

[4] Guidelines for the production and certification of BAM reference materials, 1997

[5] ASTM Designation E 826-90, Standard Practice for Testing Homogeneity of Materials for the Development of Reference Materials

[6] S. Noack, Anleitung zum Programm HOMEX 1.0 für EXEL 5.0, BAM 1994

8 Information und Probenvertrieb

Information und Probenvertrieb erfolgen durch die

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)
Fachgruppe I.1: Anorganisch-chemische Analytik, Referenzmaterialien

Richard-Willstätter-Straße 11
12489 Berlin

Telefon: 030 - 8104 2061
030 - 8104 1119
Fax: 030 - 8104 1117
Email: sales.crm@bam.de

Jede Probe wird zusammen mit einem Zertifikat verschickt, in dem die zertifizierten Gehalte sowie Richtwerte, deren 95%-Vertrauensbereiche, die Mittelwerte der akzeptierten Datensätze, mittlere sowie Laborstandardabweichungen, die verwendeten analytischen Verfahren und die an den Zertifizierungen beteiligten Laboratorien angegeben sind.

Auskünfte und Beratung zu den zertifizierten Referenzmaterialien können unter (030) 8104 1111 eingeholt werden.