



Herausforderung

Die Bestimmung der Metalle Cadmium, Chrom, Cobalt, Kupfer, Blei, Mangan, Nickel und Zink im Königswasserextrakt nach Norm DIN ISO 11047

Lösung

Quantifizierung von Metallen mittels HR-CS-AAS contrAA 800 im Flammenmodus

Zielpublikum

Staatliche und kommerzielle Umweltlabore

Quantifizierung von Cadmium, Chrom, Cobalt, Kupfer, Blei, Mangan, Nickel und Zink in Boden und Klärschlamm nach DIN ISO 11047 mittels HR-CS AAS

Einleitung

Die Bodenbeschaffenheit und die Schwermetallanalyse sind zwei eng miteinander verbundene Aspekte der Umweltwissenschaften, die in den letzten Jahrzehnten zunehmend an Bedeutung gewonnen haben. Der Boden ist eine lebenswichtige Ressource, die die Grundlage für die Nahrungsmittelproduktion und die Erhaltung der Ökosysteme bildet. Seine Qualität wird jedoch immer stärker von menschlichen Aktivitäten beeinflusst, insbesondere durch die Freisetzung von Schwermetallen in die Umwelt. Schwermetalle sind natürliche Elemente, die in geringen Konzentrationen für Organismen notwendig sind, aber in höheren Mengen toxisch werden können. Sie gelangen in den Boden durch verschiedene Quellen wie Industrieemissionen, landwirtschaftliche Düngemittel und Abwässer. Die Akkumulation von Schwermetallen im Boden kann schwerwiegende Auswirkungen auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit haben.

Die Schwermetallanalyse ist daher ein wichtiger Schritt, um die Konzentrationen dieser Elemente im Boden zu bestimmen und somit potenzielle Gefahren zu erkennen. Moderne Analysemethoden wie die Atomabsorptionsspektrometrie ermöglichen es, selbst Spuren von Schwermetallen präzise nachzuweisen. Diese Daten sind entscheidend für Umweltschützer, Landwirte und Regierungen, um geeignete Maßnahmen zur Bodensanierung zu ergreifen und weitere Kontaminationen zu verhindern.

Diese Applikationsschrift beschreibt die Bestimmung der Metalle Cadmium, Chrom, Cobalt, Kupfer, Blei, Mangan, Nickel und Zink im Königswasserextrakt nach DIN ISO 11047 mittels Flammen-Atomabsorptionsspektroskopie (F-AAS) unter Verwendung des contrAA 800 F, einem hochauflösendem Flammen-AAS mit einer kontinuierlicher Strahlungsquelle. Die Königswasserextrakte von Bodenproben sollten gemäß ISO 11466 durchgeführt

werden. Für eine automatisierte Probenzufuhr inklusive automatischer Verdünnungsfunktion kann der Probengeber AS-FD eingesetzt werden.

Das hochauflösende Flammen-Atomabsorptionsspektrometer contrAA 800 F mit Xenon-Kurzbogenlampe (XBO) als Kontinuumsstrahler bietet die Möglichkeit, die Absorption der acht Zielelemente (Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Mn, Ni und Zn) in schneller sequenzieller Reihenfolge in einem Ansaugprozess zu erfassen. Aus 50 ml Proben können 23 Absorptionslinien in einem Schritt mit guter Präzision gemessen werden. Dieses besondere AA-Spektrometer bietet die einzigartige Möglichkeit die spektrale Umgebung der Analytabsorptionslinie zu beobachten sowie spektrale Überlagerungen zu erkennen und gegebenenfalls zu kompensieren. Aufgrund des speziellen Aufbaus dieses einzigartigen Absorptionsspektrometers kann neben der besonderen wellenlängenunabhängigen

Untergrundkorrektur auf das Einbrennen der Lichtquelle verzichtet werden. Ebenso ist eine elementspezifische Einstellung von Spaltgruppen aufgrund von z.B. Nebenlinien nicht notwendig. Somit steht immer der beste Lichtdurchsatz bei gleichzeitig elementunabhängiger und intensiver Anregungsintensität der XBO zur Verfügung. Dadurch können niedrigste Nachweisgrenzen bei gleichzeitig präziser Quantifizierung von Analyten in geringsten Spuren realisiert werden.

Mit Hilfe des Probengebers AS-FD können vollautomatische Verdünnungen vor der eigentlichen Messung sowie bei Überschreitung des höchsten Kalibrierstandards durchgeführt werden. Zudem können mit diesem Probengeber die für die Kalibrierfunktion nötigen Lösungen automatisch aus einem Stockstandard angesetzt werden. Eine weitere Funktion des AS-FD ist das vollautomatische Ansetzen der Lösungen für das Standardadditionsverfahren.

Material und Methoden

Referenzmaterial

- GBW07408 (NCS DC 73326), Boden (Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, Langfang China)
- GBW07306, Flusssediment (Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, Langfang China)
- BCR-143R Klärschlamm mit angereichertem Boden (European Commission, Institute for Reference Materials and Measurements)
- BCR-146R Klärschlamm industrieller Herkunft (European Commission, Institute for Reference Materials and Measurements)
- BAM-U110 kontaminierter Boden (BAM, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, 2006)
- PACS-2 Marines Sediment (National Research Council of Canada)

Reagenzien

- Konzentrierte HNO_3 (65 %, p.a.)
- Konzentrierte HCl (37 %, p.a.)
- Cäsiumchlorid-Lanthanchlorid-Pufferlösung (Cs/La) nach Schinkel (10 g/l CsCl , 100 g/l LaCl_3)
- Zertifizierte Einzelelementstandards für Cadmium, Chrom, Cobalt, Kupfer, Blei, Mangan, Nickel und Zink (Analytkonzentration je 1000 mg/l)

Probenvorbereitung

Die Behandlung der Feststoffproben wurde nach DIN ISO 11466 mit Königswasser durchgeführt. Die Einwaage des Probenmaterials betrug ca. 0,3 g und das Auffüllvolumen 50 ml. Die Probenvorbereitung der Flammenmessung orientiert sich an der Norm DIN ISO 11407. Auch geringere Säureanteile für Standards und Probenverdünnung als in der Norm beschrieben, führen zu stabilen Messlösungen. Die Proben wurden für die Messungen mittels Flammenteknik mit einer Lösung verdünnt, die 21 Vol.-% konzentrierte HCl und 7 Vol.-% konzentrierte HNO_3 enthielt. Für die Elemente Chrom und Mangan wurde zusätzlich 10 Vol.-% der Cs/La-Pufferlösung zugegeben.

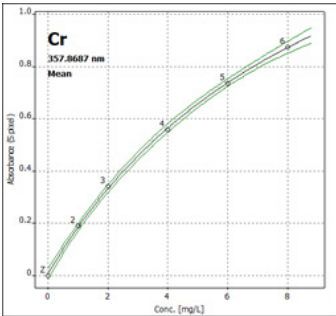
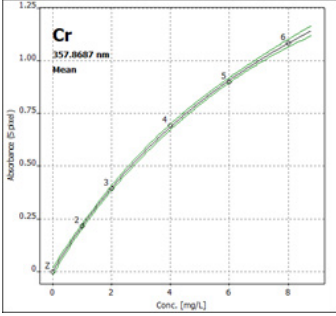
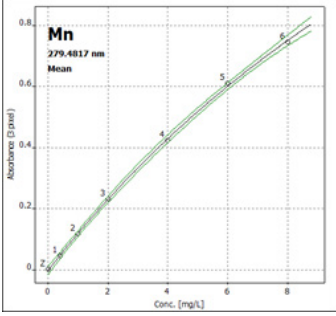
Kalibrierung

Entsprechend der Norm DIN ISO 11047 wurden die Kalibrierstandards in einer Lösung mit 21 Vol.-% HCl und 7 Vol.-% HNO_3 angesetzt. Als Nullwert der Kalibrierung wurde eine Lösung mit 21 Vol.-% HCl und 7 Vol.-% HNO_3 eingesetzt. Auch geringere Säureanteile für Standards als in der Norm beschrieben, führen zu stabilen Messlösungen. Für die Elemente Chrom und Mangan wurde zusätzlich 10 Vol.-% der Cs/La-Pufferlösung zugegeben, sofern diese mittels Luft-Acetylen-Flamme gemessen wurden. Wird zur Bestimmung dieser Elemente auf die Lachgas-Acetylen-Flamme zurückgegriffen, kann auf den Zusatz von Cs/La-Lösung verzichtet werden.

Tabelle 1: Eingesetzte Konzentrationen für die Kalibrierung nach DIN ISO 11047

Standard	Konzentration [mg/l]							
	Cd	Cr	Co	Cu	Pb	Mn	Ni	Zn
Kal. 0	0	0	0	0	0	0	0	0
Std. 1	0,2	1	1	1	1	0,4	1	0,2
Std. 2	0,4	2	2	2	2	1	2	0,4
Std. 3	0,8	4	4	4	4	2	4	0,8
Std. 4	1,2	6	6	6	6	4	6	1,2
Std. 5	1,6	8	8	8	8	6	8	1,6
Std. 6	2,0					8		2,0

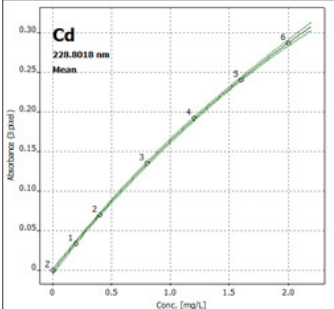
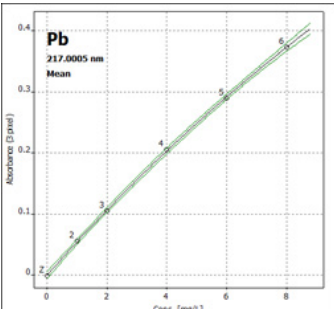
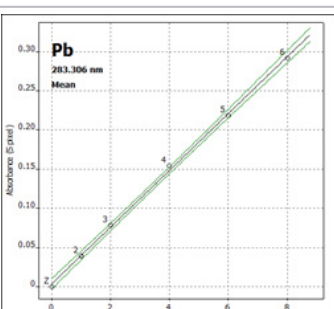
Tabelle 2: Typische Kalibrierfunktionen nach DIN ISO 11047

Element	Flammentyp	Korrelation $R^2_{(adj.)}$	Grafische Auftragung
Cr	Luft-Acetylen	0,9992 nicht-linear	
Cr	Lachgas-Acetylen	0,9997 nicht-linear	
Mn	Luft-Acetylen	0,9993 nicht-linear	

Fortsetzung Tabelle 2: Typische Kalibrierfunktionen nach DIN ISO 11047

Element	Flammentyp	Korrelation $R^2_{(adj.)}$	Grafische Auftragung
Mn	Lachgas-Acetylen	0,99990 nicht-linear	
Co	Luft-Acetylen	0,9993 nicht-linear	
Ni	Luft-Acetylen	0,9997 nicht-linear	
Cu	Luft-Acetylen	0,9996 nicht-linear	
Zn	Luft-Acetylen	0,9994 nicht-linear	

Fortsetzung Tabelle 2: Typische Kalibrierfunktionen nach DIN ISO 11047

Element	Flammentyp	Korrelation $R^2_{(adj.)}$	Grafische Auftragung
Cd	Luft-Acetylen	0,9997 nicht-linear	
Pb	Luft-Acetylen	0,9997 nicht-linear	
Pb	Luft-Acetylen	0,9990 linear	

Geräteparameter

Für die Bestimmung von Bodenextrakten nach DIN ISO 11466 wurde das hochauflösende Flammen-Atomabsorptionsspektrometer mit Kontinuumstrahler als Lichtquelle (contrAA 800 F) eingesetzt. Der 50 mm Brennerkopf wurde mit einem Scraper versehen, um bei Verwendung der Lachgas Acetylen-Flamme, eine automatische Reinigung während der Messung gewährleisten zu können. Alternativ bietet der 100 mm Brennerkopf eine bessere Nachweisstärke der Analyten in der Acetylen-Luftflamme. Optional kann ein Probengeber AS-F oder der Probengeber mit Verdünnungsfunktion AS-FD für eine Automatisierung der Messung eingesetzt werden. Mit dem Probengeber AS-FD können variable Verdünnungen der Proben oder das Ansetzen des Standardadditionsverfahrens automatisch durchgeführt werden.

Die eingesetzten Gerätespezifikationen und Parameter der Messung sind in Tabelle 3 aufgeführt. In Tabelle 4 sind die Messparameter und Geräteeinstellungen der verwendeten Methode aufgelistet. Zur Untergrundkorrektur wurde die iterative Basislinienkorrektur (IBC) eingesetzt. Nach Norm DIN ISO 11047 wird auf die Absorptionswellenlänge für Blei bei 217 nm verwiesen. Für Blei wird neben der Hauptabsorptionswellenlänge bei 217 nm oft die Absorptionsbande bei 283 nm als Messgrundlage ausgewählt. Die Absorptionsbande bei 217 nm zeigt gegenüber der Linie bei 283 nm für Linienstrahler (z.B. Hohlkathodenlampen) ein schlechteres Signal-zu-Rausch-Verhältnis. In der HR-CS-AAS kann die Hauptwellenlänge bei 217 nm jedoch ohne nennenswerte Einschränkungen verwendet werden. In dieser Applikationsschrift wurden beide Linien als Messgrundlage herangezogen.

Tabelle 3: Allgemeine Geräteparameter

Parameter	Spezifikation
Gerätetyp	contrAA 800 F
Brennertyp und -stellung	50 mm, 0°
Flammentyp	Luft/Acetylen
Messzeit	5 s, 3 Wiederholungen
Basislinienkorrektur	IBC
Spüllösung	1 Vol.-% HCl

Tabelle 4: Angewandte Methodenparameter

Element	Wellenlänge [nm]	Anzahl der Auswertepixel	Flammentyp	Gasfluss [l/h]	Brennerhöhe [mm]
Cr	357,8687	3	Luft/C ₂ H ₂ N ₂ O/C ₂ H ₂	95 185	10 4
Mn	279,4817	3	Luft/C ₂ H ₂ N ₂ O/C ₂ H ₂	80 180	6 4
Co	240,7254	3	Luft/C ₂ H ₂	65	6
Ni	232,0030	3	Luft/C ₂ H ₂	45	5
Cu	324,7540	3	Luft/C ₂ H ₂	45	5
Zn	213,8570	3	Luft/C ₂ H ₂	45	4
Cd	228,8018	3	Luft/C ₂ H ₂	45	4
Pb	217,0005 283,3060	3	Luft/C ₂ H ₂	60	6

Ergebnisse und Diskussion

In Tabelle 5 sind die typisch erreichbaren Nachweis- und Bestimmungsgrenzen des Gerätetyps aufgelistet. Die Ermittlung der Grenzen erfolgt durch das Leerwertverfahren, dabei wurde eine 11-fach Blindwertmessung durchgeführt und das 3 σ - bzw. 9 σ - Kriterium der Standardabweichung verwendet. Die Elemente Cadmium, Chrom, Cobalt, Kupfer, Blei, Mangan, Nickel und Zink sind in den Boden- und Sedimentproben nach DIN ISO 11047 bestimmt worden. Die Ergebnisse der Messreihe sind in Tabelle 6 dargestellt und mit dem Erwartungswert der Referenzmaterialien in Bezug gesetzt.

In der Luft-Acetylen-Flamme kann es, auch bei Zugabe von Lanthan im Überschuss, zu Minderbefunden von Chrom und Mangan kommen. Die auftretenden Interferenzen sind in der Lachgas-Acetylen-Flamme kaum bis nicht vorhanden. In der Lachgasflamme sollte hinsichtlich des Ionisationspotentials dieses Flammentyps eine Zugabe von

K oder Cs im Überschuss erfolgen, z.B. in Form von KCl- oder CsCl-Lösungen (Cs/K-Konzentration 0,1-0,2 Gew.-%). Das HR-CS-AA-Spektrometer contrAA 800 bietet die einzigartige Möglichkeit, die spektrale Umgebung der Absorptionslinien zu erfassen. Spektrale Überlagerungen werden erkannt und bei Bedarf kompensiert. In Tabelle 7 sind die entsprechenden Spektren beispielhaft für die Probe BAM U 110 gezeigt. Für einige Analyselinien sind in der spektralen Umgebung Eisenabsorptionsbanden zu erkennen, die keine Überlagerung mit den Analytlinien zeigen. Bei der Analyselinie für Zink (213 nm) ist jedoch Zink direkt durch NO-Banden überlagert, welche ohne Kompensation zu einem Überbefund führen. Durch den Einsatz des LSBC-Verfahrens (least-squares background correction) können diese so weit kompensiert werden, dass eine ungestörte Erfassung der Analyselinie möglich wird. Im Folgenden wird genauer auf das Verfahren eingegangen.

Tabelle 5: Erreichbare Nachweis- (NWG) und Bestimmungsgrenzen (BG) der vorgestellten Methode nach dem 3 σ - oder 9 σ -Kriterium

Element	Wellenlänge [nm]	NWG [mg/l]	BG [mg/l]
Cr	357	0,0015	0,0045
Mn	279	0,001	0,0030
Co	240	0,0016	0,0049
Ni	232	0,0028	0,0083
Cu	324	0,00073	0,0022
Zn	213	0,0015	0,0046
Cd	228	0,00067	0,0020
Pb	217	0,0071	0,021
	283	0,0076	0,023

Tabelle 6: Messergebnisse der Gehaltsbestimmung der Analyten in Boden-, Sediment- und Klärschlammproben

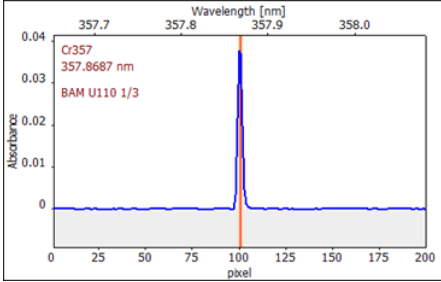
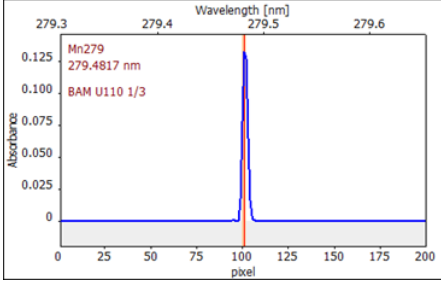
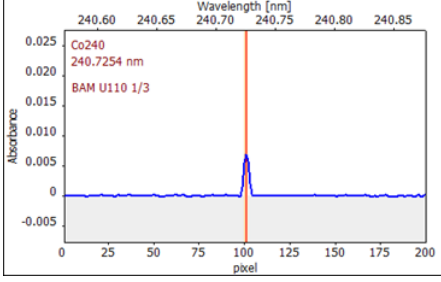
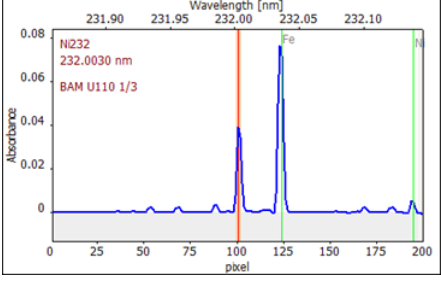
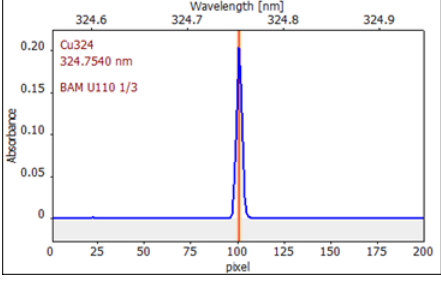
Probe	Element	Vorverdün- nungsfaktor	Wieder- findung [%]	Flammentyp	Messwert [mg/kg]	Zielwert [mg/kg]		
NCSDC 73326	Cr	1	47	C ₂ H ₂ -Luft	32,61	±0,48	68	±6
			92	C ₂ H ₂ -N ₂ O	62,31	±1,02		
	Mn	2	101	C ₂ H ₂ -Luft	659	±15	650	±23
	Co	1	97	C ₂ H ₂ -Luft	12,29	±0,087	12,7	±1,1
	Ni	1	100	C ₂ H ₂ -Luft	31,5	±0,24	31,5	±1,8
	Cu	1	92	C ₂ H ₂ -Luft	22,4	±0,13	24,3	±1,2
	Zn	5	98	C ₂ H ₂ -Luft	66,4	±0,9	68	±4
	Cd	1		C ₂ H ₂ -Luft	<BG		0,13	±0,02
	Pb	1	91	C ₂ H ₂ -Luft	19,15	±0,12	21	±2
BAM- U110	Cr	1	102	C ₂ H ₂ -Luft	193,5	±1,34	190	±9
	Mn	2	101	C ₂ H ₂ -Luft	585,5	±6,6	580	±19
	Co	1	104	C ₂ H ₂ -Luft	15,07	±0,091	14,5	±0,8
	Ni	1	99	C ₂ H ₂ -Luft	94,9	±0,18	95,6	±4
	Cu	1	102	C ₂ H ₂ -Luft	266	±2,4	262	±9
	Zn	10	92	C ₂ H ₂ -Luft	912,6	±5,7	990	±40
	Cd	1	103	C ₂ H ₂ -Luft	7,24	±0,095	7	±0,4
	Pb	1	100	C ₂ H ₂ -Luft	185,2	±0,93	185	±8

BG: Bestimmungsgrenze

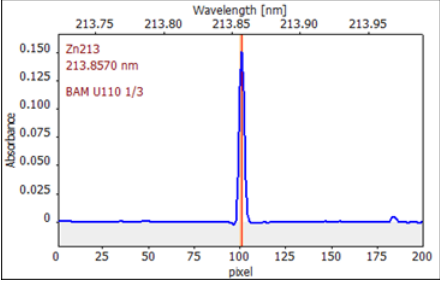
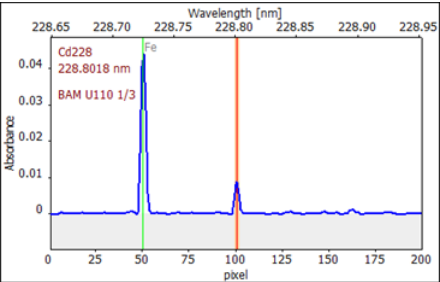
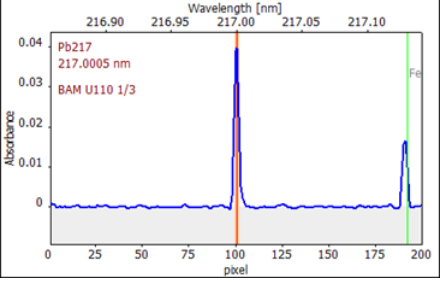
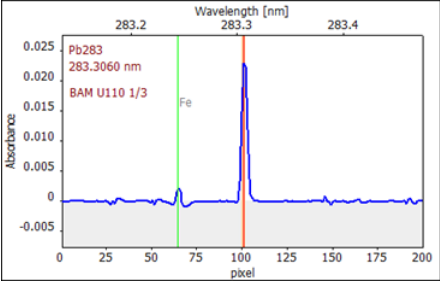
Fortsetzung Tabelle 6: Messergebnisse der Gehaltsbestimmung der Analyten in Boden-, Sediment- und Klärschlammproben

Probe	Element	Vorverdün- nungsfaktor	Wieder- findung [%]	Flammentyp	Messwert [mg/kg]		Zielwert [mg/kg]	
BCR 143R	Cr	1	98	C ₂ H ₂ -Luft	417	±2,0	426	±12
	Mn	2	98	C ₂ H ₂ -Luft	840,3	±3,4	858	±11
	Co	1	107	C ₂ H ₂ -Luft	12,67	±0,076	11,8	±1
	Ni	1	96	C ₂ H ₂ -Luft	285,2	±7,0	296	±4
	Cu	1	100	C ₂ H ₂ -Luft	128,8	±0,92	128	±7
	Zn	10	94	C ₂ H ₂ -Luft	999,5	±2,4	1063	±16
	Cd	2	98	C ₂ H ₂ -Luft	70,86	±0,53	72	±1,8
	Pb	1	100	C ₂ H ₂ -Luft	173,7	±2,3	174	±4
BCR 146R	Cr	1	105	C ₂ H ₂ -Luft	182,7	±3,6	174	±7
	Mn	2	100	C ₂ H ₂ -Luft	298,6	±1,8	298	±9
	Co	1	107	C ₂ H ₂ -Luft	6,96	±0,071	6,5	±0,4
	Ni	1	100	C ₂ H ₂ -Luft	65,4	±0,66	65	±3
	Cu	1	98	C ₂ H ₂ -Luft	815,2	±3,6	831	±16
	Zn	30	95	C ₂ H ₂ -Luft	2892	±50	3040	±60
	Cd	2	100	C ₂ H ₂ -Luft	18,43	±0,17	18,4	±0,4
	Pb	1	101	C ₂ H ₂ -Luft	588	±2,3	583	±17
PACS 2	Cr	1	79	C ₂ H ₂ -Luft	71,74	±0,69	90,7	±4,6
			99	C ₂ H ₂ -N ₂ O	91,94	±0,96		
	Mn	2	70	C ₂ H ₂ -Luft	306	±3,6	440	±19
			94	C ₂ H ₂ -N ₂ O	412	±7,2		
	Co	1	89	C ₂ H ₂ -Luft	10,21	±0,05	11,5	±0,3
	Ni	1	90	C ₂ H ₂ -Luft	35,74	±0,39	39,5	±2,3
	Cu	1	101	C ₂ H ₂ -Luft	310,9	±0,59	310	±12
	Zn	1	96	C ₂ H ₂ -Luft	352,5	±6,5	364	±23
	Cd	1	104	C ₂ H ₂ -Luft	2,2	±0,046	2,11	±0,15
	Pb	1	95	C ₂ H ₂ -Luft	173,1	±0,53	183	±8
GBW0 7306	Cr	1	50	C ₂ H ₂ -Luft	94,3	±1,6	190	±24
			89	C ₂ H ₂ -N ₂ O	168,3	±4,3		
	Mn	2	97	C ₂ H ₂ -Luft	943,8	±5,8	970	±60
	Co	1	93	C ₂ H ₂ -Luft	22,6	±0,11	24,4	±3
	Ni	1	89	C ₂ H ₂ -Luft	69,75	±0,40	78	±7
	Cu	1	100	C ₂ H ₂ -Luft	383,1	±3,4	383	±18
	Zn	2	101	C ₂ H ₂ -Luft	146,3	±2,9	144	±10
	Cd	1		C ₂ H ₂ -Luft	<LOQ		0,43	±0,04
	Pb	1	92	C ₂ H ₂ -Luft	24,95	±0,081	27	±5

Tabelle 7: Spektrale Umgebung der Analyselinien

Element	Spektrale Umgebung	Anmerkungen
Cr (Probe BAM U110)		
Mn (Probe BAM U110)		
Co (Probe BAM U110)		
Ni (Probe BAM U110)		
Cu (Probe BAM U110)		

Fortsetzung Tabelle 7: Spektrale Umgebung der Analyselinien

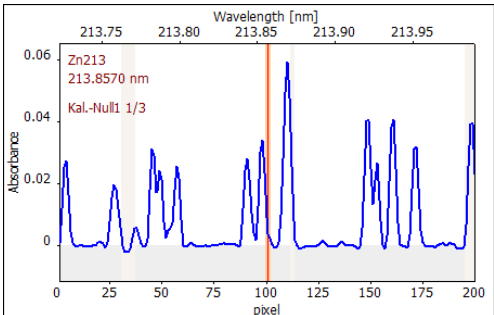
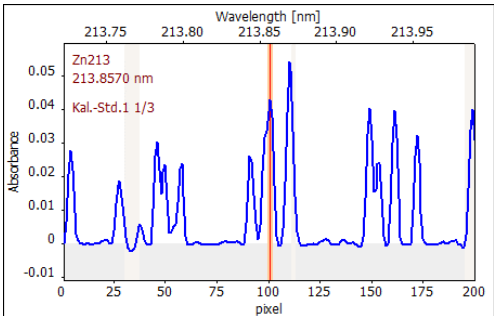
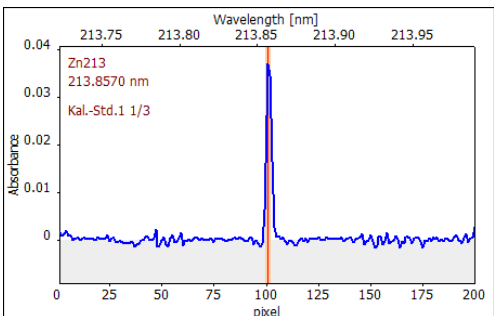
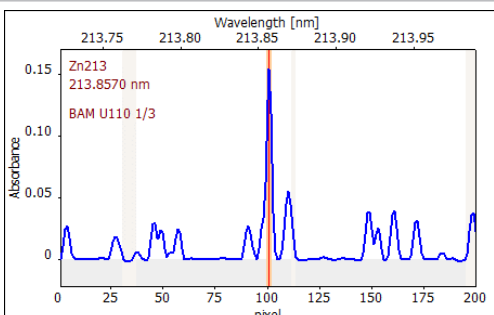
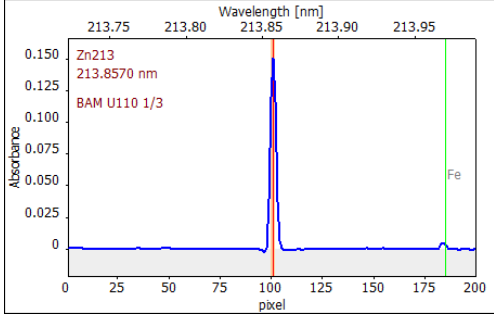
Element	Spektrale Umgebung	Anmerkungen
Zn (Probe BAM U110)		Korrigiert mit LSBC*
Cd (Probe BAM U110)		
Pb (Probe BAM U110)		
Pb (Probe BAM U110)		Korrigiert mit LSBC*

LSBC: Least-squares background correction

Korrekturspektren

Spektrale Überlagerungen der Analytwellenlänge durch Molekül- oder anderer Atomabsorptionsbanden verfälschen das Analyseergebnis. Diese Überlagerungen können durch eine spektrale Korrektur kompensiert werden. In der Software ASpect CS kann ein passendes Korrekturspektrum aufgenommen werden, um auftretende Überlagerungen der Analyselinie mittels des LSBC-Algorithmus zu minimieren bzw. zu eliminieren. In dieser Messreihe wurde das LSBC-Verfahren für die NO-Molekülbanden im Bereich der Zink-Analytlinie angewandt. Zur Erstellung des Korrekturspektrums wurde der Reagenzienblindwert (keine erkennbare Zn-Kontamination vorhanden) genutzt. Die Auswirkungen des LSBC-Verfahrens auf die Analytabsorptionslinie von Zink bei 213,9 nm sind in Tabelle 8 graphisch dargestellt.

Tabelle 8: Spektrale Umgebung der Analyselinien

Probe	Spektrale Umgebung
Blindwert	
Std. 1 ohne Korrekturmodell	
Std. 1 mit Korrekturmodell	
Probe BAM U110 ohne Korrekturmodell	
Probe BAM U110 mit Korrekturmodell	

Zusammenfassung

Eine schnelle und kostengünstige Analyse der Metalle Cadmium, Chrom, Cobalt, Kupfer, Blei, Mangan, Nickel und Zink in Boden- und Klärschlammextrakten nach DIN ISO 11047 ist mit dem contrAA 800 F einfach und anwenderfreundlich möglich. Die vorgestellte Methodik in dieser Applikationsschrift zeigt das nötige Vorgehen von der Probenvorbereitung der Säureextrakte bis zur Analyse mittels Flammen-Atomabsorptionsspektrometer. Durch die schnelle sequenzielle Analyse mit dem contrAA 800 F, welche in einem Ansaugvorgang und ohne Lampenwechsel die Detektion aller nötigen Analyselinien ermöglicht, und mittels automatischer und intelligenter Verdünnung des Probengebers AS-FD ist die Probenanalyse schnell und problemlos möglich. Diese Analyseleistungsfähigkeit eines AA-Spektrometers wird keinem anderem Gerät erreicht und hebt die AA-Analyse in ein neues Level.



Abbildung 1: contrAA 800 mit AS-FD

Empfohlene Gerätekonfiguration

Tabelle 9: Übersicht benötigter Geräte, Zubehöre und Verbrauchsmaterialien

Artikel	Artikelnummer	Beschreibung
contrAA 800 F - HR-CS	815-08000-2	HR-CS AAS für Flammentechnik
AS-FD	810-60501-0	Probengeber für die Flammentechnik mit Verdünnungsfunktion
Brennerkopf 50 mm	810-60057-0	Brennerkopf für die Luft-Acetylen- und N ₂ O-Acetylen-Flamme
Scraper	812-08000-2	Automatischer Brennerkopfreiniger für die N ₂ O-Acetylen-Flamme

Referenzen

- [1] DIN ISO 11047:2003-05, Bodenbeschaffenheit - Bestimmung von Cadmium, Chrom, Cobalt, Kupfer, Blei, Mangan, Nickel und Zink im Königswasserextrakt - Flammen- und elektrothermisches Atomabsorptionsspektrometrisches Verfahren (ISO 11047:1998)
- [2] DIN ISO 11466:1997-06 Bodenbeschaffenheit - Extraktion in Königswasser löslicher Spurenelemente (ISO 11466:1995)

Dieses Dokument ist zum Zeitpunkt der Veröffentlichung wahr und korrekt; die darin enthaltenen Informationen können sich ändern. Dieses Dokument kann durch andere Dokumente ersetzt werden, einschließlich technischer Änderungen und Korrekturen.
Markenrechtlicher Hinweis: Die in der Applikationsschrift genannten Markennamen von Drittprodukten sind in der Regel eingetragene Marken der jeweiligen Unternehmen.