

Zurück zu den Grundlagen der Atomabsorptionsspektroskopie: Tipps und Tricks für die Gerätewartung und Analyse

Die Atomabsorptionsspektroskopie ist eine robuste instrumentelle Technik für die Elementanalytik, die mit einigen wichtigen Wartungs- und Systemverifizierungsprotokollen langfristig konsistente und genaue Ergebnisse liefern kann.

**Autor**

Eric Vanclay,
Agilent Technologies, Inc.

Einleitung

Die verschiedenen Varianten der Atomabsorptionsspektroskopie (AAS) sind seit langem als Arbeitsinstrumente für die Elementanalytik bekannt. Ob auf der Basis von Flammen- oder Graphitrohrtechnikatomisierung, die AAS ist einfach zu bedienen und liefert zeitnah reproduzierbar empfindliche und genaue Ergebnisse. Wie bei allen Arten von Spektroskopiegeräten ist jedoch ein gewisses Maß an Wartung erforderlich, um sicherzustellen, dass AAS-Systeme ihre Analyseleistung beibehalten. Einige grundlegende Aspekte der AAS-Wartung bieten einen hohen Nutzen für den Systembetrieb und die Minimierung von Ausfallzeiten. Dazu gehören insbesondere die Pflege des Probenzerstäubers, die Sauberkeit der Komponenten zur Probenzufuhr, die Vorbereitung genauer Analysestandards, die Optimierung der Lichtquelle und die Verifizierung der analytischen Empfindlichkeit. In Anbetracht der größeren Verbreitung der Flammenatomisierungs- im Vergleich zu Graphitrohrtechniksystemen liegt der Schwerpunkt dieser Zusammenfassung auf der Wartung von Flammen-AAS-Plattformen, wobei die Empfehlungen für alle AAS-Geräte gelten.

Methoden zur Aufrechterhaltung der Zerstäuberleistung

Die ordnungsgemäße Funktion von Probenzerstäubern ist für den Betrieb der AAS von entscheidender Bedeutung – blockierte Zerstäuber können ein häufiges Problem darstellen. Verbleiben Reste der Probenlösung in der Probenkapillare des Zerstäubers, können sie auskristallisieren und dadurch den Zerstäuber verstopfen. Darüber hinaus können Blockaden auch durch ungelöste Partikel in Probenlösungen verursacht werden, unabhängig von deren Ursprung, einschließlich Sediment, Niederschlag, Staub oder sogar Fusseln von im Labor verwendeten Tüchern. Unter dem Gesichtspunkt der Wartungseffizienz ist es am einfachsten, Verstopfungen am Zerstäuber zu vermeiden, anstatt mehr Zeit damit zu verbringen, Blockaden zu beseitigen, wenn sie auftreten. Eine einfache Methode, um Blockaden zu vermeiden, besteht darin, die Probenzuführungsleitungen vor dem Löschen der Flamme mit einer Blindlösung zu spülen. Bei Proben, die Schwebstoffe in der Lösung enthalten, kann es erforderlich sein, die Schwebstoffe vor dem Ansaugen zu filtern, zu zentrifugieren oder absetzen zu lassen. Sollte ein Zerstäuber dennoch einmal verstopft sein, ist es möglich, die Blockaden zu beseitigen. Dies erfordert eine vollständige Zerlegung des Zerstäubers, gefolgt von einer Ultraschallbehandlung der Komponenten in einem Laborspülmittel, einer Spülung mit deionisiertem Wasser und dem erneuten Zusammenbau, bevor die Entfernung der Blockade überprüft wird.

Neben diesen Ansätzen für die Probenbehandlung können bestimmte AAS-System- und Methodenparameter Blockaden minimieren und gleichzeitig die für die jeweilige Anwendung erforderliche Empfindlichkeit und Selektivität ausgleichen. Eine allgemeine Empfehlung für eine optimale Leistung ist der Einbau von Mischpaddeln in die Zerstäuberchamber, die Positionierung der Prallperle für beste Empfindlichkeit und die Verwendung einer Kapillarleitung mit Narrow-Bore zur Probeneinführung. Diese Komponenten der Methode sollten jedoch geändert werden, um die Empfindlichkeit zu erhöhen, wenn Proben mit niedriger Konzentration angesaugt werden, die eine höhere Empfindlichkeit erfordern, oder im Falle von Lösungen mit einem hohen Gehalt an Salzfracht sollte die Prallperle näher am Zerstäuber eingestellt werden, um die Auswirkungen der durch die Kapillarleitung zur Probenzuführung angesaugten Schwebstoffe zu minimieren. Darüber hinaus sollte das System am Ende eines jeden Tages durch Ansaugen einer sauren Spüllösung bei noch brennender Flamme gründlich gespült werden, gefolgt von einer Spülung des Zerstäuberchambersystems mit Wasser.

Reinigen des Probenaufgabesystems

Um Ausfallzeiten weiter zu minimieren und die Langlebigkeit des Geräts zu verbessern, sollte besonderes Augenmerk auf die Sauberkeit des Probenzuführungs- und Atomisierungssystems, einschließlich der Zerstäuberchamber und der Brennerkomponenten, gelegt werden. Zum Reinigen der Zerstäuberchamber wird das System zerlegt und die Komponenten in einem Laborspülmittel gewaschen, dann abgespült und getrocknet. Beim Zusammensetzen der Zerstäuberchamber sollte der physische Zustand der einzelnen Komponenten überprüft werden. Die Funktionsteile der Zerstäuberchamber sind für eine optimale Empfindlichkeit und Funktionsweise von entscheidender Bedeutung. Jedes Anzeichen von Beschädigung oder Abnutzung, wie z. B. Absplinterung auf der Oberfläche der Glas-Prallperle oder Knicke oder andere Schäden an den O-Ringen, deutet darauf hin, dass diese Komponente beschädigt ist und ersetzt werden sollte. Bei dem mit der Flammen-AAS verwendeten Brenner kommt es in erster Linie auf die Sauberkeit des Brennerschlitzes an. Die Verwendung von brenngasreichen Flammen oder die Messung von Proben mit hoher Salzfracht kann zu Ablagerungen auf dem Brenner führen, die die Effizienz der Atomisierung und die Empfindlichkeit beeinträchtigen können. Diese Art von Rückständen kann von der Oberfläche des Brenners entfernt werden, indem die Innen- und Außenseite des Brennerschlitzes mit einer für die Reinigung von Messing empfohlenen Metallpolitur poliert wird. Es gibt spezielle nichtmetallische Brennerreinigungstreifen, mit denen die Politur in den Brennerschlitz eingebracht werden kann. Nach dem Polieren den Brennerschlitz gründlich mit Wasser spülen und vor dem Wiedereinbau in das Gerät trocknen lassen.

Genauere Vorbereitung von Analysestandards

Da jede Korrelation zwischen AAS-Signalen und Analytkonzentration von der Genauigkeit der Kalibrierungsdaten abhängt, können die quantitativen Ergebnisse nur so genau sein wie die Kalibrierungsstandardlösungen, die Sie vorbereitet haben. Fehler bei der Quantifizierung von Analyten können auf vielfältige Weise auftreten, z. B. durch Vorbereitung, Kontamination oder Probleme mit der Probenquelle. Die Verwendung ungeeigneter Referenzstandards kann nicht nur zu ungenauen Ergebnissen führen, sondern auch zu Zeitverlusten bei der Fehlersuche, zu übermäßigen Ausfallzeiten des Geräts und zu der Notwendigkeit, neue Standards herzustellen und die Proben erneut zu analysieren. Darüber hinaus können Fehler bei der Standardvorbereitung sogar zu einer vorzeitigen Verschlechterung der Gerätekomponenten, zum Scheitern von Qualitätskontrollaudits und zum möglichen Verlust der ISO-Akkreditierung beitragen.

Diese Schwierigkeiten können jedoch durch die gezielte Auswahl hochwertiger zertifizierter Referenzmaterialien, wie sie von Agilent hergestellt werden, überwunden werden (siehe Abbildung 1). Die zertifizierten Referenzmaterialien von Agilent werden in einer nach ISO 9001 und ISO Guide 34 zertifizierten Einrichtung unter Verwendung von hochreinen Rohkomponenten in gereinigten Lösungsmitteln mit der höchstmöglichen Reinheit (typischerweise > 99,999 %) hergestellt. Diese bestmöglichen Herstellungsbedingungen werden durch Qualitätssicherungsprüfungen unter Verwendung des vom National Institute of Standards and Technology (NIST) entwickelten Hochleistungsspektroskopie-Protokolls gestützt. Die zertifizierten Referenzmaterialien von Agilent sind nach ISO/IEC 17025 zertifiziert und ihre Analyseurkunden enthalten Konzentrationsangaben für bis zu 68 Spurenverunreinigungen. Dementsprechend sind alle Konzentrations- und Unsicherheitswerte für zertifizierte Referenzmaterialien von Agilent direkt auf NIST SRM 3100

Darüber hinaus können ineffiziente Methoden zur Vorbereitung von Analyten im Zusammenhang mit komplexen Matrices zu Proben führen, bei denen der Analyt nur teilweise in der Lösung vorliegt.

Referenzstandards rückführbar, um höchste Genauigkeit und Rückverfolgbarkeit zu gewährleisten. Darüber hinaus sind alle von Agilent zertifizierten Referenzmaterialien in vorgereinigten Behältern aus Polytetrafluorethylen (PTFE) oder hochdichtem Polyethylen (HDPE) verpackt. Die akribische Sorgfalt, die Agilent bei der Herstellung zertifizierter Referenzmaterialien walten lässt, führt zu einer verlängerten Haltbarkeit, die in den meisten Fällen 18 Monate oder länger beträgt.

Neben der Auswahl optimaler zertifizierter Referenzmaterialien sind geeignete Methoden der Probenhandhabung und Protokolle für die Verwendung von Kalibrierungsstandards von entscheidender Bedeutung für die Aufrechterhaltung der Genauigkeit und Präzision der zertifizierten Materialien bis zur Endanwendung. Alle verwendeten Referenzmaterialien sollten das angegebene Verfallsdatum noch nicht überschritten haben, da nach diesem Datum die Stabilität und Reinheit der Verbindung nicht mehr innerhalb der vom Hersteller angegebenen Grenzen garantiert werden kann. Fehler bei der eigentlichen Probenverarbeitung können durch regelmäßiges Kalibrieren der Pipetten und die Verwendung von Volumenmessgeräten aus Glas der Klasse A minimiert werden, während die Kontamination durch Lösungsmittel durch die Verwendung von deionisiertem 18 MΩ-cm-Wasser oder hochreinen

Höchste ISO-Akkreditierung	Hergestellt in einer nach ISO 9001, ISO Guide 34 zertifizierten Einrichtung und zertifiziert in einem ISO 17025-Prüflabor
Hohe Reinheit	Hergestellt aus hochreinen Ausgangsmaterialien und Lösungsmitteln, die auf Verunreinigungen geprüft werden
NIST-rückverfolgbar	Zertifiziert nach den NIST-Hochleistungstestprotokollen für ICP-OES Direkt rückverfolgbar auf die NIST 3100 Serie von SRMs
Frei von Kontaminationen	Verpackt in vorgereinigten, hochreinen Flaschen aus hochdichtem Polyethylen Versand in mehrfach versiegelten Beuteln
Lange Haltbarkeit	Die meisten bieten eine Haltbarkeit von 18 Monaten Unterstützt durch kurz- und langfristige Stabilitätsstudien
Gründliche Bestätigung	Spurenverunreinigungen, getestet mit Agilent ICP-MS Tatsächliche Konzentration auf CoA für bis zu 68 Spurenverunreinigungen angegeben

Abbildung 1. Wert der zertifizierten Referenzmaterialien von Agilent.

organischen Lösemitteln minimiert werden kann. Während des Verdünnungsprozesses sollten starke Konzentrationsabfälle bei der Herstellung von Kalibriersubstanzen aus konzentriertem Ausgangsmaterial durch Serienverdünnungsschritte ersetzt werden, bis die Zielkonzentration erreicht ist. Einmal verdünnt, müssen Kalibrierstandards mit niedrigerer Konzentration ($\mu\text{g/l}$) regelmäßig neu hergestellt werden, um sicherzustellen, dass die Konzentration bekannt ist, und in PFA- oder FEP-Kunststoffgefäßen mit Säurezusatz zur Stabilisierung des Analyten gelagert werden.

Andere mögliche Wege der Probenkontamination und Ungenauigkeit können sogar außerhalb der Probenmaterialien und -behälter liegen. Farbige Kunststoffkomponenten wie Einwegpipettenspitzen und Zentrifugenröhrchen sollten vermieden werden. Die Farbstoffe im Kunststoff können während der Probenvorbereitung oder -lagerung in die Lösung austreten, wobei dieser Weg ein häufiger Grund für die Einbringung von Cu-, Fe-, Zn- und Cd-Verunreinigungen ist. Ebenso sollten Pipettenspitzen niemals in Stammlösungen, insbesondere nicht in säurehaltige, eingetaucht werden. Eine Verunreinigung durch Fremdpartikel kann auch durch gepuderte Handschuhe und Staub in der Luft entstehen. Bei leicht flüchtigen Verbindungen kann sogar ein Verlust von Analyten beobachtet werden. Darüber hinaus können ineffiziente Methoden zur Vorbereitung von Analyten im Zusammenhang mit komplexen Matrices zu Proben führen, bei denen der Analyt nur teilweise in der Lösung vorliegt. Die Verwendung von Reagenz- und Methoden-Blindwertproben innerhalb von Probenchargen in Kombination mit der Dotierung von Proben (vor und nach dem Aufschluss) und der Durchführung Ihres Probenvorbereitungsprozesses mit einem Standardreferenzmaterial mit ähnlicher Matrix sind allesamt wertvolle Methoden, um Probleme zu erkennen, die durch Ihre Vorbereitungsverfahren, aber auch durch potenzielle Kontaminationen durch die Reagenzien und Gefäße, mit denen Sie arbeiten, verursacht werden.

Betriebsbedingungen und Empfindlichkeit des AAS-Systems

Nach Berücksichtigung der üblichen Störfaktoren sollte der Betrieb eines AAS-Systems als Ganzes überprüft werden, um sicherzustellen, dass es sich im maximalen Betriebszustand befindet. Um ein optimales Funktionieren des Gesamtsystems zu gewährleisten, sollte jedes einzelne Bauteil des Geräts berücksichtigt werden. Besondere Aufmerksamkeit muss jedoch der Position des Brenners, des Zerstäubers und der Prallperle sowie der Flammzusammensetzung gewidmet werden. Der Brenner sollte so ausgerichtet sein, dass die maximale Analytpopulation aus dem Flammenatomisierer dem einfallenden Lichtstrahl ausgesetzt ist. Die den Agilent AAS-Systemen beiliegenden Brennerausrichtungskarten haben einen Zielbereich, der die optimale Positionierung des Brenners erleichtert. Wenn der Brenner in Position ist und ein Standard mit einer angemessenen Rate von ca. 5 ml/min zerstäubt wird, optimieren Sie die Position des Brenners, indem Sie die Höhe, die Drehung und die seitliche Position einstellen, während Sie auf das maximale Ausgangssignal achten. Auf ähnliche Weise kann die Position der Prallperle näher oder weiter weg vom Zerstäuber eingestellt werden, um die Empfindlichkeit zu maximieren, basierend auf dem resultierenden Signal, während eine Standardlösung angesaugt wird. Bei AAS-Systemen, die eine Stickstoffmonoxid-Acetylen-Gasmischung für die Flammenatomisierung verwenden, muss der Acetylenfluss unter Umständen auf bis zu 8 l/min erhöht werden, um eine optimale Signalstärke zu erzielen. Dieser höhere Acetylenanteil ist notwendig, um die „fette“ Flamme (Abbildung 2) zu erhalten, die für die refraktären Elemente, die die Stickstoffmonoxid-Acetylen-Flamme benötigen, wie Al, Mo und Si, wünschenswert ist.



Mager
Reduzierter Acetylenfluss



Stöchiometrisch



Fett
Erhöhter Acetylenfluss

Abbildung 2. Optimierung der Stickstoffmonoxid/Acetylen-Flamme.

Lampenauswahl für optimale Leistung

Abgerundet werden die Möglichkeiten zur Verbesserung der AAS-Leistung durch die geeignete Auswahl und Optimierung der Hohlkathodenlampen. Die von Agilent hergestellten Hohlkathodenlampen umfassen sowohl kodierte als auch nicht kodierte Varianten, wobei die kodierte Varianten über zusätzliche Stifte am Sockel verfügen, die eine automatische Identifizierung des Elements durch Agilent Systeme ermöglichen. Unkodierte Agilent Hohlkathodenlampen bieten zwar keine automatische Elementerkennung, sind aber insgesamt am günstigsten und mit den AAS-Systemen der meisten anderen Hersteller kompatibel (außer PerkinElmer – Agilent bietet auch eine Reihe von Lampen speziell für PerkinElmer-AAS-Geräte an). Lampen mit höherer Intensität, wie z. B. die Agilent UltrAA-Lampenserie, sind für die Spurenanalyse von Vorteil, da sie eine höhere Empfindlichkeit für die Analyten aufweisen und die Nachweisgrenzen aufgrund der höheren Quellenemission und des geringeren Basislinienrauschens senken. Der bemerkenswerte Langlebigekeitsvorteil der Agilent Lampen, die in der Größenordnung von > 5000 mAh für herkömmliche Hohlkathoden und > 8000 mAh für UltrAA-Lampen liegen, ergibt sich aus einem proprietären Verarbeitungsansatz, der die Gasfüllung maximiert und eine hohe Materialreinheit gewährleistet. Dementsprechend profitieren AAS-Systeme mit Agilent Hohlkathodenlampen von stabilen Lichtquellen

und rauscharmen Spektren, die konsistente und genaue Bestimmungen ermöglichen. Die Kurz- und Langzeitstabilität von Agilent Hohlkathodenlampen gibt Vertrauen in das vorhersehbare Verhalten von Agilent Lampen im Vergleich zu Mitbewerberprodukten (Abbildung 3). Auch im Vergleich zu preiswerteren Lampen anderer Hersteller bieten Agilent Hohlkathodenlampen äußerst wettbewerbsfähige dynamische Bereiche und niedrigere Nachweisgrenzen, wie für zwei Beispielelemente, Blei und Cadmium, gezeigt wird (Abbildung 4).

Ein weiterer missverständlicher Aspekt der Hohlkathodenlampe ist die Wahl zwischen Einzel- und Multielementlampen. Einzelementlampen werden oft aufgrund der Vorstellung ausgewählt, dass Multielementlampen eine geringere Lebensdauer und eine schlechtere Analyseleistung aufweisen, aber die tatsächlichen Nutzungsdaten widersprechen diesen Mythen. Die große Bandbreite der von Agilent angebotenen Multielementlampen – wie die Kombinationen Co/Mo/Pb/Zn, Cu/Zn, Na/K, Ag/Cd/Pb/Zn und Cr/Co/Cu/Fe/Mn/Ni – haben alle eine Lebensdauer von mehr als 7500 mAh, was einer 1,5-fachen Steigerung der Lebensdauer gegenüber herkömmlichen Einzelement-Hohlkathodenlampen entspricht. Ebenso bieten Multielementlampen eine vergleichbare analytische Empfindlichkeit und Messpräzision, wenn sie unter den empfohlenen Betriebsbedingungen betrieben werden, wie in Abbildung 5 dargestellt.

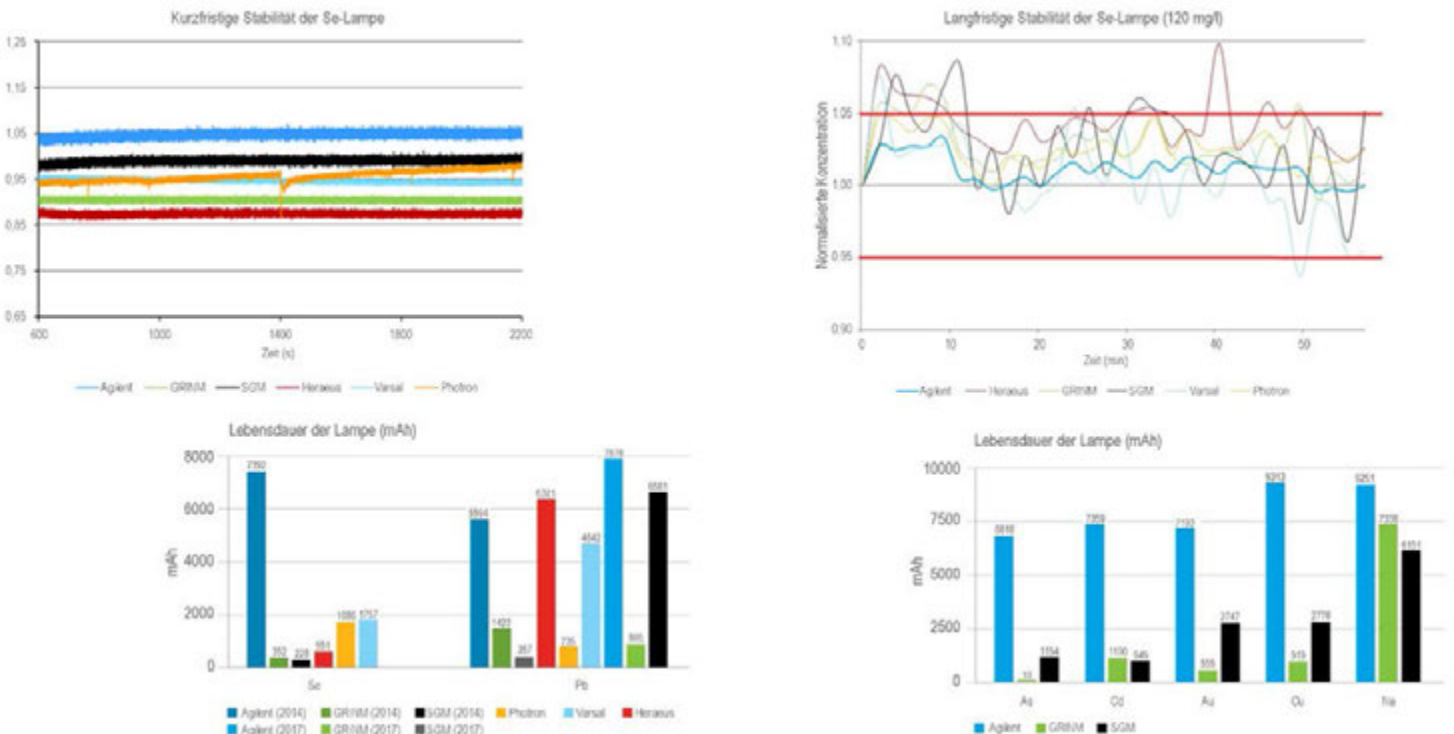


Abbildung 3. Leistung von Agilent Hohlkathodenlampen. Die Kurzzeitstabilität wurde nach einer 10-minütigen Aufwärmphase gemessen und die Langzeitstabilität wurde durch wiederholtes Ablesen eines Standards bestimmt, der über eine Stunde hinweg ein gutes Signal/Rausch-Verhältnis (S/N) aufweist. Die Lebensdauer der Lampe wurde ermittelt, indem die Lampe bis zum Ausfall kontinuierlich betrieben wurde.

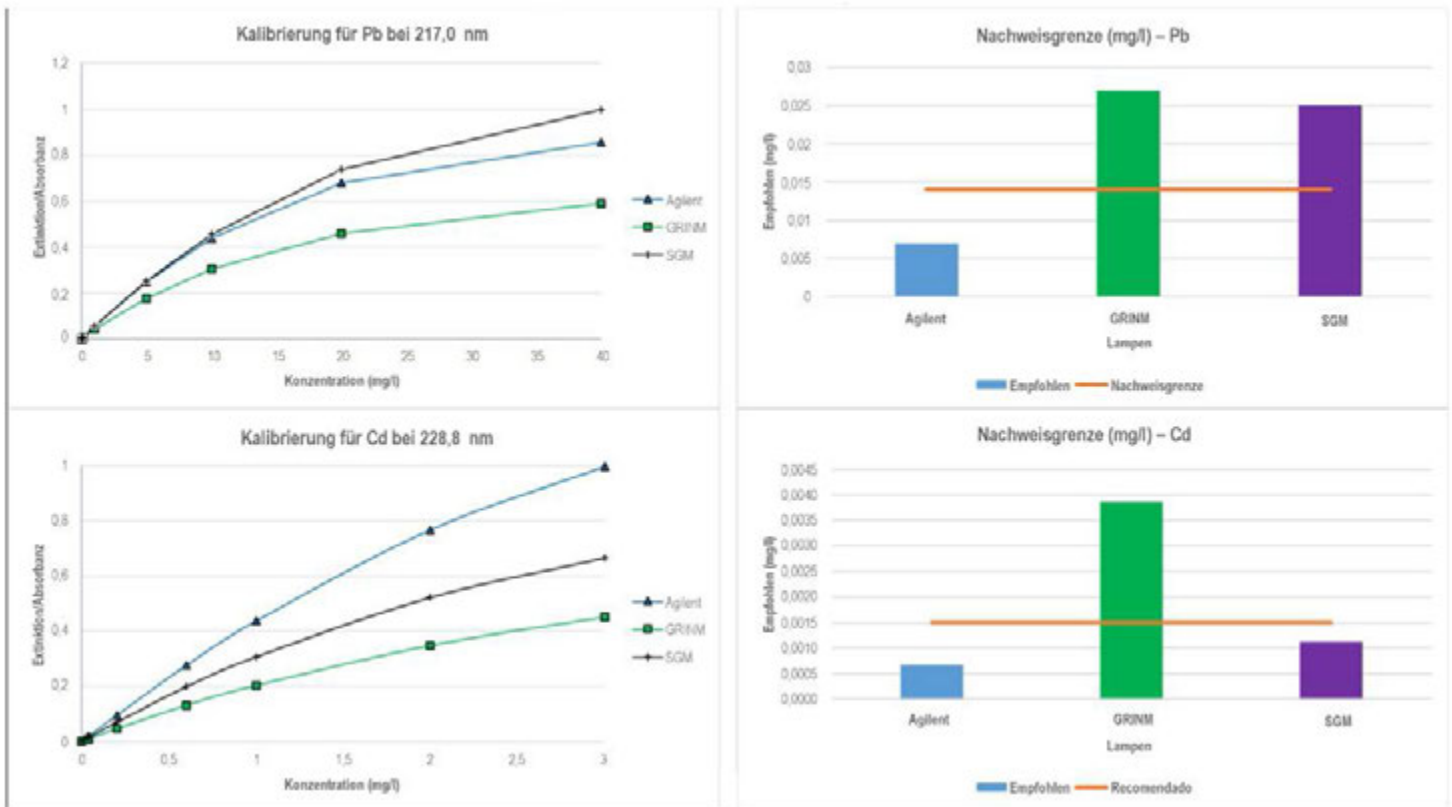


Abbildung 4. Leistung von Agilent Hohlkathodenlampen. Vergleich der Kalibrierungskurven für Pb und Cd. Die instrumentellen Nachweisgrenzen (3 Sigma) sind ebenfalls angegeben.

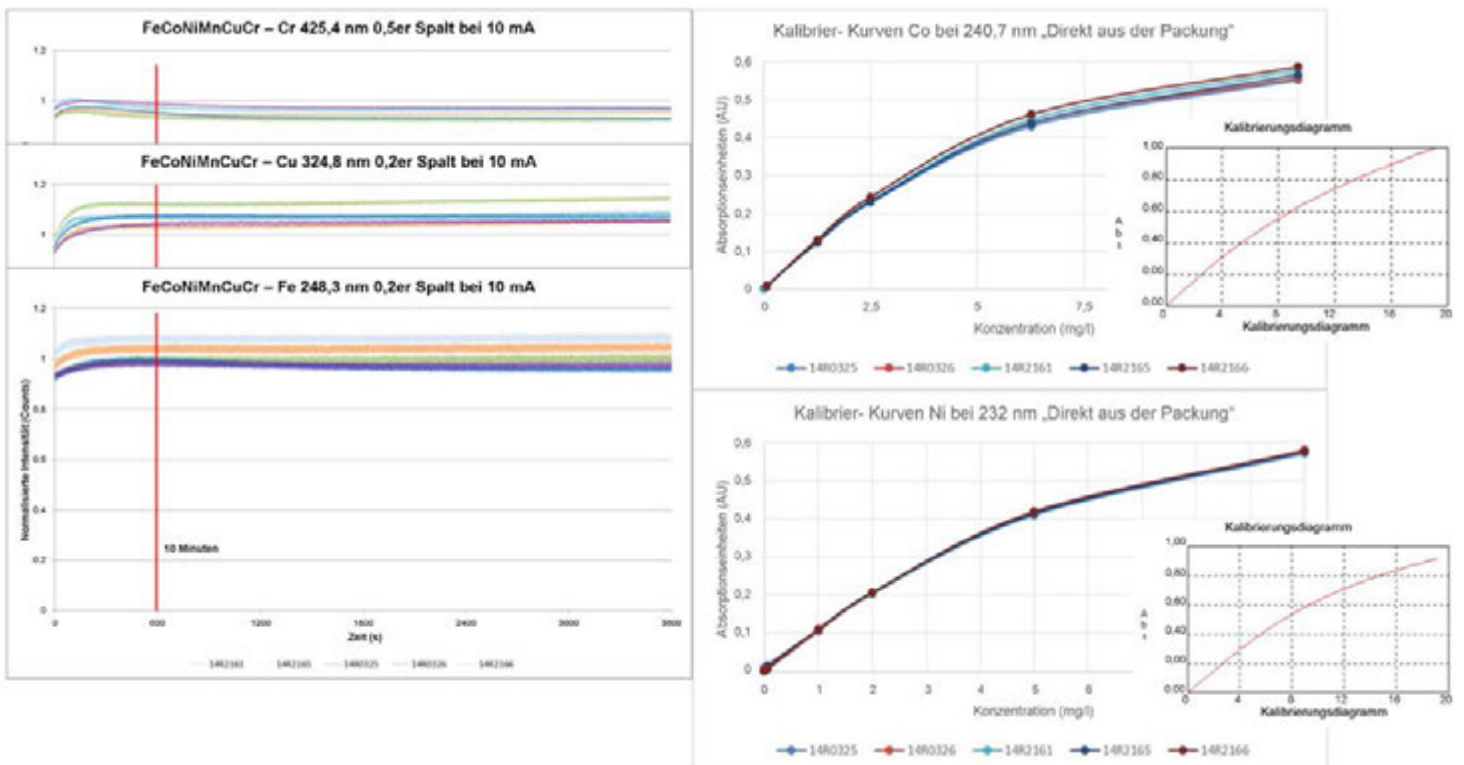


Abbildung 5. Multi-element-Hohlkathodenlampen. Die Leistung für Co/Cu/Cr/Fe/Mn/Ni zeigt eine gute Stabilität nach einer 10-minütigen Aufwärmphase und entspricht der erwarteten Leistung für jedes Element, wie sie in der Anleitung zur Flammen-AAS aufgeführt ist.

Maximierung der Leistung von Graphitrohrtechnik-AAS-Systemen

Obwohl die Flammenatomisierung bei der AAS am häufigsten anzutreffen ist, gibt es noch eine weitere gängige Atomisierungstechnik, die Graphitrohrtechnik-AAS, die im Vergleich zur Flammen-AAS eine bessere Empfindlichkeit bietet und die offensichtliche Wahl für Anwendungen der Spurenmetallanalyse mittels AAS ist. Wie bei der Flammen-AAS profitieren auch Graphitrohrtechnik-AAS-Systeme von der Herstellung genauer Kalibrierungsstandards aus zertifizierten Referenzmaterialien sowie von der Optimierung der Hohlkathodenlampe. Einige Optimierungsaspekte müssen jedoch speziell auf Graphitrohrtechniksysteme zugeschnitten werden, einschließlich der Probenaufgabeparameter, der Ofentemperaturprogrammierung und anderer Eigenschaften, die für Graphitrohrtechnik-AAS-Plattformen einzigartig sind. Für die Probenaufgabe in den Graphitrohröfen muss die Position des Arbeitskopfes überprüft werden, damit der Strahl der Lichtquelle durch die Mitte des Graphitrohrs geführt werden kann. Dies kann erreicht werden, indem man die Lampe ohne den Arbeitskopf ausrichtet, den Arbeitskopf positioniert und die Gesamtausrichtung erneut prüft. Der Injektionsvorgang selbst sollte in einer sorgfältig eingestellten Tiefe in den Ofen erfolgen, wobei die Spitze der Dosierkapillare zuvor von außen mit Isopropanol gereinigt wird. Es wird außerdem empfohlen, die im automatischen Probengeber bei der Graphitrohrtechnik-AAS verwendete Spüllösung mit zehn Tropfen Salpetersäure anzusäuern und mit fünf Tropfen einer geeigneten oberflächenaktiven Substanz (z. B. Triton X-100) zu versetzen, um die Dosierkapillare zwischen den Injektionen zu reinigen und die Dosiereigenschaften zu verbessern. In Bezug auf das Temperaturprogramm des Ofens erfordert die Optimierung zunächst eine Anpassung der Bedingungen für das Trocknen der Proben, damit die abgeschiedene Lösung gleichmäßig und glatt trocknet, ohne zu kochen. Die Matrixentfernung kann während der Veraschungsphase erfolgen, wobei die Veraschungstemperatur von der Matrix abhängt. Ziel ist es, so viel wie möglich von der Matrix zu entfernen und den Analyten im Graphitrohr zu behalten. Außerdem sollte die Atomisierung des Analyten mit einer schnellen Erwärmung erfolgen, um ein starkes Signal zu gewährleisten. Die optimalen Veraschungs- und Atomisierungstemperaturen können automatisch mit dem SRM-Assistenten ermittelt werden, der in die Software der Agilent Graphitrohrtechnik-AAS-Geräte integriert ist. Der SRM-Assistent verwendet ein mathematisches Modell, das auf den Ergebnissen von 12 Experimenten basiert, um die optimalen Veraschungs- und Atomisierungstemperaturen für die spezifische

Probenmatrix zu bestimmen. Vor der Verwendung dieser Systeme sollte das Graphitrohr konditioniert werden, um mögliche Oberflächenkontaminationen zu entfernen, das Rohr für die Analyse vorzubereiten und gleichzeitig die Atomisierungseffizienz zu verbessern, indem das Innere des Rohrs mit dem ausgewählten Modifikator beschichtet wird (falls in der Methode ausgewählt). Dadurch wird sichergestellt, dass die Analyse von Anfang an effektiv funktioniert.

Schlussfolgerungen

Sowohl bei der Flammen- als auch bei der Graphitrohrtechnik-AAS handelt es sich um hochempfindliche und genaue Systeme, aber wie bei allen Geräten ist die Einhaltung spezifischer Wartungs- und Optimierungsverfahren erforderlich, um eine optimale Leistung zu gewährleisten. Die Zuführung und Zerstäubung der Proben, die genaue Vorbereitung von Analysestandards, die Optimierung der Bedienparameter des Systems und die Auswahl von Hohlkathodenlampen sind allesamt kritische Bereiche, auf die man bei der Instandhaltung achten und gleichzeitig die Ausfallzeiten minimieren sollte.

Mehr Infos:

Agilent Ressourcen-Hub für die Elementspektroskopie

[explore.agilent.com/spectro-resource-hub](https://www.agilent.com/spectro-resource-hub)

www.agilent.com/chem

DE44413.8783449074

Änderungen vorbehalten.

© Agilent Technologies, Inc. 2021
Gedruckt in den USA, 2. September 2021
5994-3979DEE

