

EIN WHITE PAPER VON
SPECTRO ANALYTICAL INSTRUMENTS



ICP-OES-Plasmabetrachtungs- Techniken im Vergleich: Axial, Radial, Dual, MultiView und das neue Dual Side-On

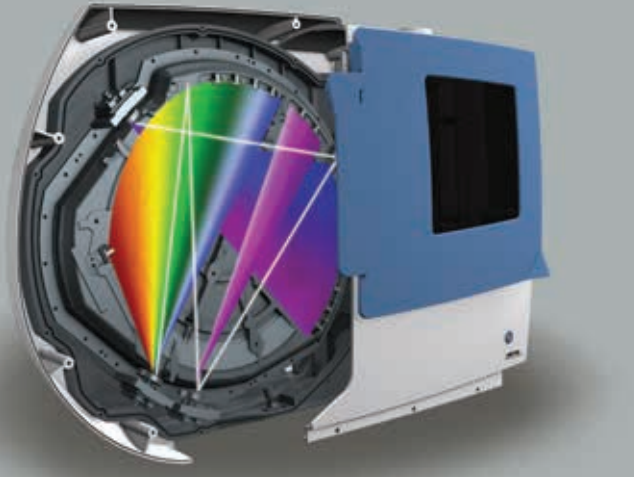
Einführung

Die optische Emissionsspektrometrie mit induktiv gekoppelter Plasma-Anregung (ICP-OES) ist für viele Analyseaufgaben der Industrie, der Umwelttechnik sowie in der Forschung und Entwicklung das Verfahren der Wahl.

Dabei sind die zugrundeliegenden Technologien überaus komplex. Angesichts der sehr unterschiedlichen Herstellerangaben zu Empfindlichkeit, Stabilität, Probendurchsatz und anderen Leistungsmerkmalen fällt es Anwendern oftmals schwer, das Leistungsvermögen der Geräte umfassend zu bewerten und die richtige Investitionsentscheidung zu treffen. Ein wichtiges Entscheidungskriterium

ist die Art der Plasmabetrachtung. Das Verständnis von Ansätzen wie „axial“, „radial“ oder „dual view“ ist entscheidend für die Überlegung, welches ICP-OES-Gerät sich für welche spezifischen Analyseaufgaben am besten eignet. Dieses Whitepaper erläutert in Kurzform die verschiedenen Möglichkeiten der Plasmabetrachtung, die Stärken und Schwächen der Technologien und zeigt eine Reihe typischer Anwendungsbeispiele.

Darüber hinaus stellt dieser Bericht aktuelle technologische Entwicklungen im Bereich der Plasmabetrachtung vor, welche die bisherige Lehrmeinung verändern und Entscheidungen hinsichtlich der Wahl der Technik beeinflussen dürften.



Blick ins optische System: Durch Beugungsgitter wird die im Plasma emittierte Strahlung in ihre Wellenlängen zerlegt.

DIE BASISTECHNOLOGIE IM ÜBERBLICK

Die optische Emissionsspektrometrie mit induktiv gekoppelter Plasma-Anregung basiert darauf, dass eine – üblicherweise flüssige – Probe als Aerosol in ein Argon-Plasma eingebracht wird. Aufgrund der dort vorherrschenden hohen Temperaturen wird die Probe verdampft, die Bestandteile dissoziieren, Atome werden teilweise ionisiert und Atome sowie Ionen zur Emission von Strahlung angeregt. Da die unterschiedlichen Atome und Ionen Strahlung mit spezifischen Wellenlängen emittieren, ist eine Unterscheidung möglich. Dazu wird die emittierte Strahlung in der Optik des Geräts so in ihre spektralen Bestandteile zerlegt, dass sich die Intensitäten der unterschiedlichen Wellenlängen mittels einer Anordnung von Detektoren messen lassen. Auf diese Weise können die elementare Zusammensetzung der Probe und die einzelnen Elementgehalte bestimmt werden. Im Folgenden werden die unterschiedlichen Formen der Plasmabetrachtung behandelt.

AXIALE PLASMA BETRACHTUNG

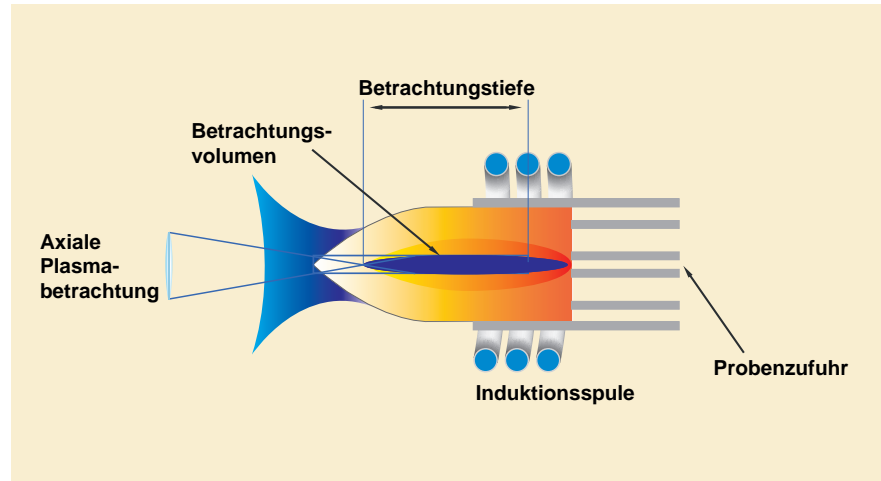
Ein System mit axialer Betrachtung „blickt“



von einem Ende zum anderen über die gesamte Achse des Plasmas hinweg. Es beobachtet grundsätzlich alle Phänomene im Anregungskanal. Die Betrachtung erfolgt in der Regel über eine optische Schnittstelle neben dem Plasma. Die Schnittstelle durchströmt Argongas, einerseits zur Kühlung und andererseits, um Teile des Plasmas von der Öffnung der Schnittstelle abzulenken, durch die das Licht in die optische Kammer gelangt.

Diese Konstruktion der axialen Betrachtung transferiert eine große Lichtmenge in das optische System. Für viele Analysen ist dies ein entscheidender Vorteil, der maximale Empfindlichkeit bei der Erkennung von Spurenelementen ermöglicht.

Allerdings enthält das emittierte Licht mehr als nur die Emissionen der relevanten Elemente. So können auch Untergrundemissionen hinzu kommen. Außerdem kann das Licht durch matrixbedingte Interferenzen – wie dem Effekt der leicht ionisierbaren Elemente (easily ionized element, EIE) – beeinflusst werden. Diese können die analytische Richtigkeit beeinträchtigen. Beispiel: In



Axiale Plasmabetrachtung erfolgt entlang der Plasmaachse.

Umweltproben können die Messung von Alkali-Elementen wie Lithium, Natrium und Kalium sowie von Erdalkali-Elementen wie Magnesium oder Kalzium beeinflussen.

Schließlich können Systeme mit axialer Betrachtung über eine horizontale Plasmafackel verfügen. Dies kann die Herausforderungen bei der Messung von Proben mit hohem Gehalt an gelösten Feststoffen (total dissolved solids – TDS) oder mit organischen Lösungen vergrößern.

Wann ist der axiale Blick der richtige?

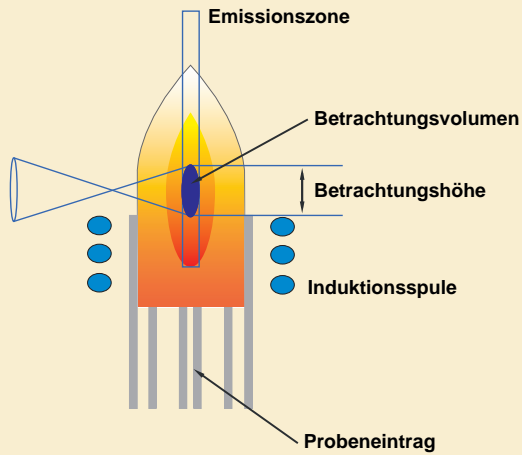
Systeme mit axialer Plasmabetrachtung sind immer dann die erste Wahl, wenn größtmögliche Empfindlichkeit erforderlich ist. Sie erreichen die niedrigsten Nachweisgrenzen, die mit der ICP-OES-Technologie möglich sind.

Bis in die jüngere Vergangenheit war dieser Vorteil oft entscheidend. Bis vor einigen Jahren galt die Faustregel, dass die axiale Plasmabetrachtung die Nachweisempfindlichkeit der radialen Betrachtung elementabhängig um bis zu einem Faktor 10 übertrifft. Daher führte bei der Analyse von Spurenele-

menten im Umweltbereich lange Zeit kein Weg an ICP-OES-Geräten mit axialer Plasmabetrachtung vorbei.

Heute zeigt sich allerdings ein anderes Bild: Systeme mit radialer Plasmabetrachtung haben in punkto Empfindlichkeit deutlich zugelegt, während bei der axialen Betrachtung lediglich kleine Verbesserungen erzielt wurden. Der Vorsprung der axialen Plasmabetrachtung hat sich entsprechend verringert; der Unterschied an Nachweisempfindlichkeit beträgt mittlerweile „lediglich“ einen Faktor von 2 bis 3.

Der beschriebene Vorteil geht jedoch einher mit einigen Nachteilen. Aufgrund geringerer Stabilität und Matrixkompatibilität eignet sich die axiale Plasmabetrachtung weniger zur Analyse von Proben mit hohem Anteil an gelösten Feststoffen oder organischen Proben. Außerdem erfordert eine axiale Betrachtung eine kompliziertere Konstruktion, woraus sich höhere Wartungs- und Reinigungsaufwände sowie höhere Betriebskosten im Vergleich zur radialen Plasmabetrachtung ergeben.



Die radiale Plasmabetrachtung erfolgt senkrecht zur Plasmaachse. Dadurch wird nur ein Ausschnitt der Emissionszone erfasst.

Typische Anwendungen für Axialsysteme

Axialsysteme sind dann erste Wahl, wenn es um den Nachweis von Elementen im absoluten Spurenbereich geht, etwa in der Umweltanalytik und bei einigen industriellen Anwendungen. Typische Einsatzbeispiele sind:

- Spurenanalyse von Metallen in Wasser (Umweltanalytik und Verbraucherschutz)
- Spurenanalyse von Metallen in unterschiedlichsten Matrices (unter anderem in den Bereichen Chemie, Metallherzeugung und -verarbeitung sowie in der Pharmazie)
- Spurenanalyse von Metallen in industriellem und kommunalem Abwasser

RADIALE PLASMABETRACHTUNG

Bei einem ICP-OES-Gerät mit radialer Plasmabetrachtung erfasst das Interface lediglich einen Querschnitt des Plasmas und damit nur einen relativ schmalen Ausschnitt der Emissionszone. Durch die ausschnittthafte Betrachtung des Plasmas und das kleine Betrachtungsvolumen wird lediglich ein Teil des emittierten Lichts erfasst. Daher erreichen Systeme mit radialer Plasmabetrachtung nicht die hohe Empfindlichkeit axialer



Systeme. Der Vorteil der ausschnittthafte Betrachtung ist jedoch der geringere Anteil an Untergrundstrahlung und matrixbedingten Interferenzen. Aus diesem Grund erreichen diese Systeme tendenziell höhere analytische Präzision und Stabilität.

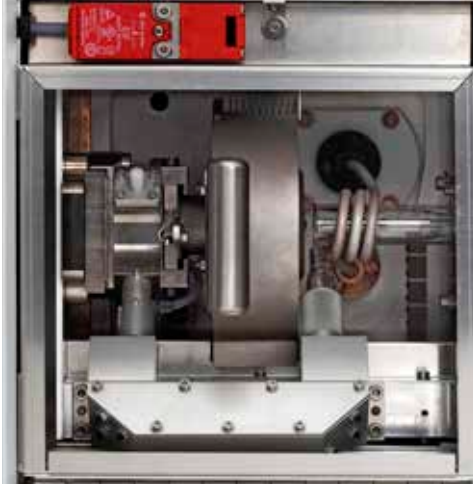
Wann ist der radiale Blick der richtige?

Bauartbedingt stellen Systeme mit radialer Plasmabetrachtung den Faktor Präzision über den Faktor Empfindlichkeit. An die Nachweisgrenzen von Systemen mit axialer oder Dual View Plasmabetrachtung reichen selbst modernste Systeme mit radialer Betrachtung nicht heran. Dennoch haben sie in puncto Nachweisempfindlichkeit deutlich aufgeschlossen.

Anwender bevorzugen die radiale Betrachtung, wenn es bei der Analyse um hohe Stabilität und hohe Matrixkompatibilität geht. Außerdem ist die Konstruktion dieser Systeme einfacher und robuster, weshalb sie seltener gewartet und gereinigt werden müssen.

Typische Anwendungen für Radialsysteme

Die radiale Plasmabetrachtung spielt ihre Vorteile dann aus, wenn es der Anwender mit

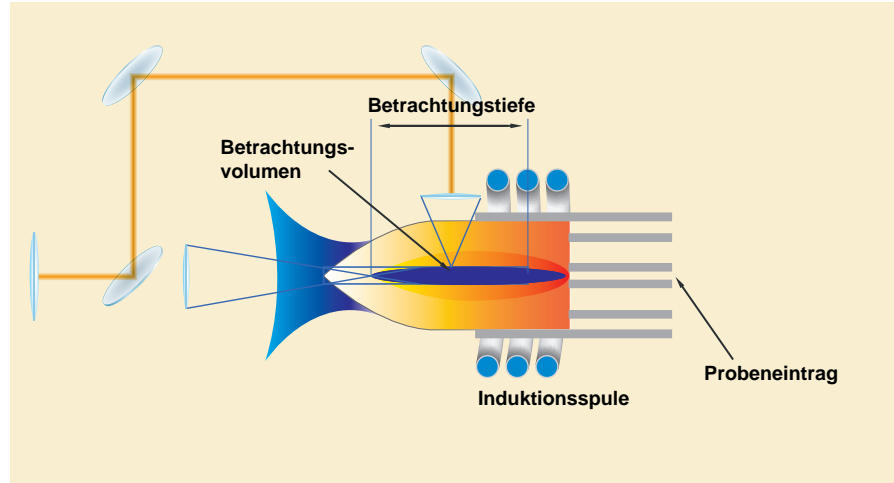


komplizierten Matrices zu tun hat. Die besten Geräte liefern im höheren ppb-Bereich (parts per Billion = Mikrogramm pro Kilogramm) bis in den ppm-Bereich (parts per Million = Milligramm pro Kilogramm) eine gute Leistung. Geräte mit radialer Plasmabetrachtung sind besonders dort zu finden, wo Anwender ein größeres Spektrum an industrieller Analytik zu bewältigen haben. Typische Einsatzbeispiele sind:

- Analyse von Salz-Matrix-Proben
- Analyse von Proben mit hohem Anteil an gelösten Feststoffen
- Bestimmung von Abriebmetallen in Ölen
- Elementanalyse in organischen Stoffen und Lösungsmitteln

DUAL-VIEW

Geräte mit Dual View-Plasmabetrachtung versprechen die Vorzüge der axialen mit den Vorteilen der radialen Betrachtungstechnik zu verbinden – also Empfindlichkeit und Präzision zu vereinen. Allerdings sind diese Geräte Kompromisslösungen, die entweder der axialen oder der radialen Plasmabetrachtung den Vorzug geben. Die baulichen Details der Dual View-Geräte weichen je nach Hersteller ab, wobei die Geräte grundsätzlich in zwei Kategorien fallen:



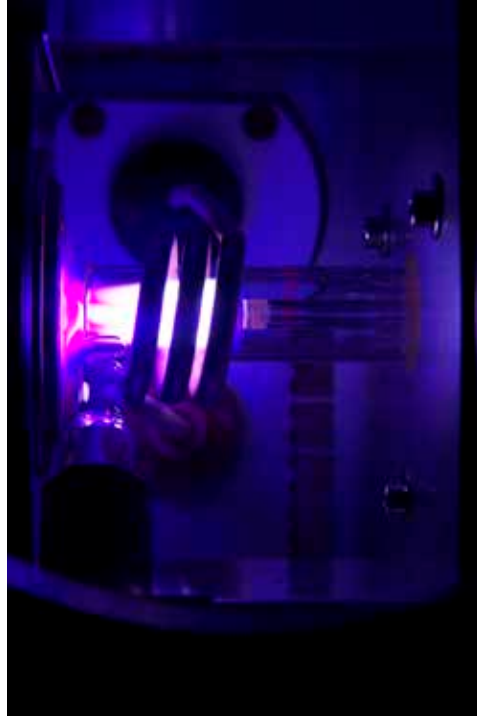
Axial optimiertes Dual-View

In der üblichen Dual View-Konfiguration ist die Plasmabetrachtung axial optimiert. Die zusätzliche radiale Betrachtung des Plasmas erfolgt über ein Periskop oder andere optische Komponenten. Daher erreichen axial optimierte Geräte mit Dual View-Technik die gleiche hohe Empfindlichkeit wie Geräte mit rein axialer Plasmabetrachtung. Da aber mit jeder zusätzlichen Reflexion bis zu 15 Prozent des analysierbaren Lichts verloren geht, ist ihre radiale Sicht beschränkt. Den größeren Einfluss des spektralen Untergrunds sowie von Matrixeffekten – insbesondere den Effekt der leicht ionisierbaren Elemente (EIE), reduzieren Geräte mit Dual View-Technik durch die zusätzliche radiale Plasmabetrachtung. Die „Zuschaltung“ der radialen Sicht kann je nach Hersteller sequenziell oder gleichzeitig erfolgen. Damit lassen sich zusätzlich zur Empfindlichkeit der axialen Betrachtung die Präzision und der Dynamikbereich verbessern – Matrixeffekte werden so reduziert oder vermieden.

Radial optimiertes Dual-View

Geräte mit Dual View-Technik und radial optimierter Plasmabetrachtung können die gleiche Präzision eines Radialgeräts bei minimalem Untergrundrauschen und geringen

Optimiert für eine Betrachtungsweise: Entweder wird die axiale oder die radiale Plasmabetrachtung bevorzugt.



Matrixeffekten erreichen. Ihr axialer Modus kann zudem eine gute, aber keine herausragende Nachweisempfindlichkeit liefern.

Dual View mit vertikaler Plasmafackel

So bieten einige Hersteller ein System mit einer vertikalen Plasmafackel und einer direkten radialen Plasmabetrachtung sowie einer axialen Plasmabetrachtung über mehrere Spiegel in einer Periskopoptik an, die direkt über dem Plasma angebracht ist. Diese Methode ermöglicht sogar eine gleichzeitige Betrachtung des Plasmas sowohl axial als auch radial in einer einzigen Messung. Ein spezieller Interferenzfilter ermöglicht es dem Benutzer, Wellenlängen über oder unter 500 Nanometer (nm) je nach Probe „auszublenden“. Diese Konstruktion hat mehrere Vorteile. Sie kann EIE-Effekte eliminieren und bietet genügend Empfindlichkeit, um relativ niedrige Werte bestimmter problematischer Elemente wie toxische Metalle (Blei, Cadmium, Quecksilber, Chrom usw.) zu messen. Die drei zusätzlichen Reflexionen des Peris-

kops reduzieren jedoch deutlich den Lichtdurchsatz. Dies beeinträchtigt die wichtigste Funktion einer axialen Plasmabetrachtung: die Empfindlichkeit. Es gibt eine verminderte Transmission im Bereich von 200 nm und keine unter 185 nm. Somit kann dieses Dual View Instrument mit vertikaler Fackel nicht die außergewöhnliche Empfindlichkeit eines neueren Spektrometers mit einer wirklich kompromisslosen axialen Betrachtung erreichen. Außerdem kann dieses System nicht immer alle unerwünschten Wellenlängenbereiche eliminieren. Daher können Untergrundstrahlung und Interferenzen die Analysen weiter verschlechtern.

Schließlich kann die Positionierung des axialen Interface direkt über dem Plasma weitere Probleme verursachen. Insbesondere bei Proben mit hohem Gehalt von gelösten Feststoffen oder organischen Stoffen können durch den Argonfluss des Interface Verunreinigungen zurück in das Plasma gelangen und auf diese Weise die Analyse verfälschen. Und die hohe thermische Belastung dieser Schnittstelle kann zu einem höheren Komponentenverschleiß führen, der häufigere Wartung und Austauscharbeiten erforderlich macht.

Wann ist der doppelte Blick der richtige?

Die Dual View-Technik ist immer dann angebracht, wenn Anwender regelmäßig Analysen durchführen, die eine hohe Empfindlichkeit verlangen und bei denen Matrixeffekte (insbesondere der EIE-Effekt) das Ergebnis bei bestimmten Elementen negativ beeinflussen (z.B. Proben, für die bei der Analyse von Alkali-Elementen eine hohe Richtigkeit erforderlich ist). Insbesondere sind solche Geräte auch für Anwender mit unterschiedlichen und unbekanntnen Proben geeignet. Daher sind diese Geräte im Umweltbereich,

in Forschung und Wissenschaft aber auch in einigen industriellen Bereichen verbreitet. Geräte mit Dual View-Technik sind etwas teurer als Geräte mit dezidiert axialer- oder radialer Plasmabetrachtung, welche in etwa gleich teuer sind. Allerdings sind diese Geräte bauartbedingt komplex. Die logische Folge sind hohe Wartungskosten und ein beträchtlicher Reinigungsaufwand.

Typische Anwendungen für Dual View-Geräte

In den Dual View-Geräten spiegeln sich all die Vor- und Nachteile ihrer Basistechnologien wider: Axial optimierte Geräte sind sehr nachweisstark, reichen aber in puncto Präzision nicht an Geräte mit rein radialer Plasmabetrachtung heran. Radial optimierte Geräte bieten hohe Präzision und Stabilität, sind aber nicht ganz so empfindlich wie Geräte mit rein axialer Plasmabetrachtung. Typische Einsatzbeispiele axial optimierte Geräte mit Dual View-Technik sind:

- Spurenanalyse von Metallen in Wasser (Umweltanalytik und Verbraucherschutz)
- Spurenanalyse von Metallen in industriellem und kommunalem Abwasser
- Spurenanalyse von Metallen in jeglicher Matrix (unter anderem in den Bereichen Chemie, Metallerzeugung sowie in der Pharmazie)

Typische Einsatzbeispiele radial optimierter Geräte mit Dual View-Technik sind:

- Analyse von Salz-Matrix-Proben
- Analyse von Proben mit hohem Anteil an gelösten Feststoffen
- Bestimmung von Abriebmetallen in Ölen
- Elementanalyse in organischen Stoffen und Lösungsmitteln

Warnung: Keines für alles!

Mitunter wird Dual View als „eierlegende Wollmilchsau“ angepriesen, als Idealtechnik

für jedwede Form der Anwendung und für jeden Kunden. Hierbei ist allerdings Vorsicht geboten. Eine wichtige Einschränkung ist, dass sämtliche Geräte mit Dual View entweder der axialen oder der radialen Plasmabetrachtung den Vorrang geben – und nur eine der beiden Optionen den direkten Lichtweg nutzt. So werden etwa bei axial optimierter Dual View-Technik für die radiale Plasmabetrachtung Periskope, Spiegel oder andere optische, den Lichtdurchsatz verringernde Komponenten verwendet. Im Vergleich zu Geräten mit dezidiert radialer Plasmabetrachtung werden daher deren Nachweisempfindlichkeit, Präzision und Stabilität nicht erreicht. Ebenso verhält es sich bei einem radial optimierten Dual View-Interface. Hier unterliegt die axiale Betrachtung Kompromissen. Die Nachweisempfindlichkeit eines Gerätes mit rein axialer Plasmabetrachtung ist daher mit einem solchen Gerät nicht erreichbar.

Labore sollten daher das Anforderungsprofil ihres Spektrometers intensiv mit ihrem Geräteanbieter diskutieren. Tatsächlich zeigt die Laborpraxis, dass vollkommen unbekannte Proben relativ selten untersucht werden müssen. Darüber hinaus lassen sich in der Mehrzahl der Fälle die zu untersuchenden Materialien meist klar einer Technik, entweder der axialen oder der radialen Plasmabetrachtung, zuordnen. Deswegen ist ein großer Teil der Anwender mit einem dezidierten Gerät oft besser bedient.

Labore, die sich einem großen Spektrum unterschiedlicher Anwendungen und häufig unbekanntem Materialien gegenüber sehen, sind mit einem Gerät mit Dual View-Plasmabetrachtung unter Umständen gut bedient. Allerdings sollten sie sich der Stärken und Schwächen dieser Technik bewusst sein.



Mechanischer Wechsel zwischen axialer und radialer Ausrichtung: Plasmabetrachtung mit MultiView

JENSEITS VON DUAL-VIEW

MULTIVIEW

Ein recht neuer Ansatz ist in der Lage, die Nachteile der bisherigen Dual View-Konzepte zu überwinden. Diese einzigartige Technologie ist bisher nur beim ICP-OES-Gerät SPECTRO ARCOS verfügbar. Dieses Gerät bietet erstmals eine echte, kompromisslose Betrachtung des Plasmas in beiden Orientierungen.

Durch das MultiView-Konzept kommt das Gerät ganz ohne Periskop oder andere optische Zusatzkomponenten aus. Vielmehr dreht der Anwender bei Bedarf die Plasmafackel um 90 Grad und erhält damit wahlweise eine echte axiale oder radiale Betrachtungsweise. Der gesamte Vorgang benötigt lediglich 90 Sekunden.

Auf diese Weise bietet das SPECTRO ARCOS Anwendern in Wissenschaft und Industrie in einem Gerät die volle Nachweisempfindlichkeit der axialen und die Präzision der radialen Plasmabetrachtung – ohne Kompromisse. Anders formuliert: Man erwirbt mit einem einzigen Gerät quasi zwei Analysesysteme mit dezidiert, optimierter radialer und axialer Plasmabetrachtung.

Damit eignet sich das Gerät für Anwendungen wie beispielsweise:

- Spurenanalyse von Metallen in Wasser (Umweltanalytik und Verbraucherschutz)
- Spurenanalyse von Metallen in industriellem und kommunalem Abwasser
- Spurenanalyse von Metallen in jeglicher Matrix (unter anderem in den Bereichen Chemie, Metallherzeugung sowie in der Pharmazie)
- Analyse von Salz-Matrix-Proben
- Analyse von Proben mit hohem Anteil an gelösten Feststoffen
- Bestimmung von Abriebmetallen in Ölen
- Elementanalyse in organischen Stoffen und Lösungsmitteln

DUAL SIDE-ON INTERFACE (DSOI)

Wenn es um die Plasmabetrachtung geht, bedeutet „dual“ in der Regel sowohl radiale als auch axiale Betrachtung. Mit der neuen DSOI-Technologie von SPECTRO bezieht sie sich jedoch auf eine einfache Betrachtung – die aber effektiv verdoppelt wird.

Diese Konstruktion wird im neuen SPECTROGREEN umgesetzt, welches für Umweltsanwendungen optimiert ist. Es verwendet eine vertikale Plasmafackel mit einer neuen Art von radialer Plasmabetrachtung, die mithilfe eines zweiten Interface auf der gegenüberliegenden Seite des Plasmas mit einem Konkavspiegel zusätzliche Emission aus dem Plasma erfasst. Hierfür ist nur eine einzige zusätzliche Reflexion erforderlich.

Wechsel der Ausrichtung mit MultiView:



1) Plasmafackel und radiales Interface werden entfernt



2) Die Induktionsspule wird in die gewünschte (horizontale) Richtung gedreht



3) Plasmafackel- und axiales Interface werden installiert

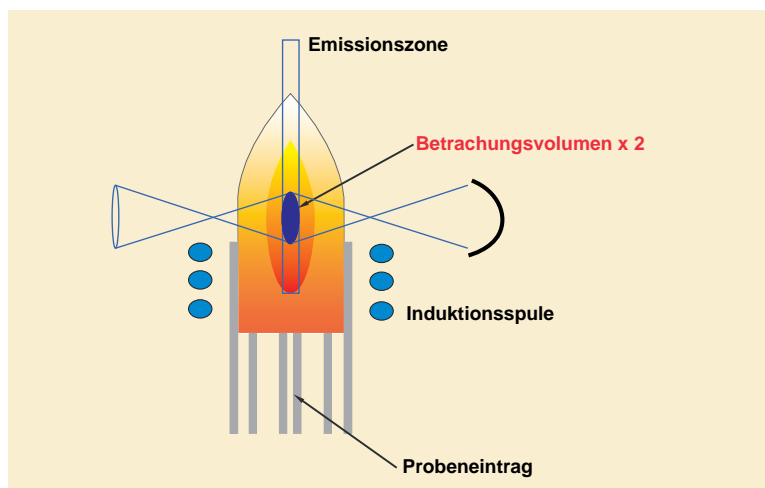


4) Abschließend wird das Probeneintragssystem mit der Plasmafackel verbunden

Ergebnis: Im Vergleich zu herkömmlichen Spektrometern mit radialer Plasmabetrachtung wird die Empfindlichkeit des Systems für die meisten Elemente effektiv verdoppelt und die Empfindlichkeit im Allgemeinen im Durchschnitt um den Faktor zwei erhöht – bei Alkali-Elementen, wie z. B. Na und K, teilweise sogar um den Faktor 5 bis 10.

Ein ICP-OES mit DSOI erreicht leicht die Empfindlichkeit von Dual-View-Systemen mit vertikaler Plasmafackel. (Beide können etwa die Hälfte der Empfindlichkeit eines spezialisierten Gerätes mit axialer Betrachtung erreichen.) Und während diese Systeme Periskope mit mehreren reflektierenden Oberflächen verwenden, wobei jede Lichtverluste verursacht, was wiederum eine geringere Empfindlichkeit zur Folge hat, verwendet ein DSOI-System nur einen einzigen zusätzlichen Spiegel – für zusätzliche Leistung. Verwenden Dual-View-Geräte mit vertikaler Fackel ein axiales Interface über dem heißen Plasma, welches höhere Kontamination und thermische Belastung bedeutet, bleibt ein DSOI-System frei von diesen Komplikationen.

Darüber hinaus bietet die DSOI-Technologie eine hohe Stabilität und Freiheit von Matrixeffekten, da die betroffenen Abschnitte des Plasmas „ausblendet“ werden. Zusätzlich bietet die DSOI-Technik hohe Matrixtoleranz und einen hohen linearen Dynamikbereich. Insgesamt ermöglicht dieses Design eine



Die Dual Side-On Interface Technologie bietet eine einfache Betrachtung, die aber effektiv verdoppelt wird.

optimierte Mischung aus Analysegeschwindigkeit, Robustheit, Verfügbarkeit, Benutzerfreundlichkeit und wettbewerbsfähigen Betriebskosten. Anwendungsbeispiele für mit DSOI ausgestattete Spektrometer wie dem SPECTROGREEN umfassen ein breites Spektrum an Routineanwendungen in den folgenden Bereichen:


- Umweltanalytik
- Produktsicherheit für Verbraucher
- Pharmazeutische Produkte
- Chemie/Petrochemie
- Lebensmittel
- Spurenelementanalyse von Proben mit höherem Matrixanteil

ZUSAMMENFASSUNG

Labore, die die Anschaffung eines ICP-OES-Spektrometers planen, sollten sich intensiv damit auseinandersetzen, welche Matrices, Proben und Elemente analysiert, welche Grenzwerte überwacht bzw. welche Analysegenauigkeit das neue Gerät erreichen muss. Anhand dieser und weiterer Kriterien lässt sich entscheiden, welche Art der Plasmabetrachtung – axial, radial, Dual View, MultiView oder Dual Side-On – für die analytischen Aufgabenstellungen die am besten geeignete Technik ist.

 **KONTAKT AUFNEHMEN**

 **ANGEBOT ANFORDERN**

 **DEMO ANFORDERN**

 **RESSOURCEN**

www.spectro.com

DEUTSCHLAND

SPECTRO Analytical Instruments GmbH
Boschstrasse 10
D-47533 Kleve
Tel: +49.2821.892.0
Fax: +49.2821.892.2202
spectro.sales@ametek.com

U.S.A.

SPECTRO Analytical Instruments Inc.
91 McKee Drive
Mahwah, NJ 07430
Tel: +1.800.548.5809
+1.201.642.3000
Fax: +1.201.642.3091
spectro-usa.sales@ametek.com

CHINA

AMETEK Commercial
Enterprise (Shanghai) CO., LTD.
Part A1, A4 2nd Floor Building No.1,
No.526 Fute 3rd Road East, Pilot Free Trade Zone
200131 Shanghai
Tel.: +86.400.100.3885, +86.400.189.7733
Fax: +86.21.586.609.69
spectro-china.sales@ametek.com

Niederlassungen: ► **FRANKREICH:** Tel +33.1.3068.8970, Fax +33.1.3068.8999, spectro-france.sales@ametek.com, ► **GROSSBRITANNIEN** Tel +44.1162.462.950, Fax +44.1162.740.160, spectro-uk.sales@ametek.com, ► **INDIEN:** Tel +91.22.6196 8200, Fax +91.22.2836 3613, sales.spectroindia@ametek.com, ► **ITALIEN:** Tel +39.02.94693.1, Fax +39.02.94693.650, spectro-italy.sales@ametek.com, ► **JAPAN:** Tel +81.3.6809.2405, Fax +81.3.6809.2410, spectro-japan.info@ametek.co.jp, ► **SÜDAFRIKA:** Tel +27.11.979.4241, Fax +27.11.979.3564, spectro-za.sales@ametek.com,

► SPECTRO ist in mehr als 50 Ländern aktiv. Für Ihren lokalen SPECTRO Ansprechpartner besuchen Sie bitte www.spectro.de/weltweit
© 2019 AMETEK Inc., Technische Änderungen vorbehalten • B-19, Rev. 0 • Photos: SPECTRO, Adobe Stock, Getty Images, iStockphoto •
Registered trademarks of SPECTRO Analytical Instruments GmbH •  SPECTRO : USA (3,645,267); EU (005673694); "SPECTRO": EU (009693763);
"SPECTRO ARCOS": USA (3,451,924); EU (005326566); Japan (5085474); China (5931712); "SPECTROGREEN": EU (017931732)