

Agilent ICP-MS-Interface-Konen



Wettbewerbsvergleich

Systeme mit induktiv gekoppeltem Plasma-Massenspektrometer (ICP-MS) von Agilent verwenden eine innovative Technologie und bieten hervorragende Empfindlichkeit, Genauigkeit, Benutzerfreundlichkeit und Produktivität. Agilent 7800 und 7900 Quadrupol-ICP-MS-Systeme zeichnen sich durch eine hohe Matrixtoleranz, einen großen dynamischen Bereich und eine effektive Störungsbeseitigung für Spurenelemente bei den meisten typischen Anwendungen aus. Der Agilent 8900 Triple-Quadrupol-ICP-MS (ICP-QQQ) verfügt zusätzlich über MS/MS-Funktionen und ermöglicht eine präzise Steuerung der Prozesse in der Reaktionszelle, um bei den Ergebnissen hohe Konsistenz und Präzision zu gewährleisten. Störungen, die über das Leistungsvermögen herkömmlicher Single-Quadrupol-Systeme und hochauflösender Sektorfeld-ICP-MS hinausgehen, werden dadurch effektiv beseitigt.

Das Design von Plasmaquellen und Vakuum-Interfaces ist für die Leistung eines ICP-MS von entscheidender Bedeutung. Zu den Schlüsselfaktoren für hervorragende Ergebnisse zählen qualitativ hochwertige Interface-Konen, weil sie zur Empfindlichkeit und Stabilität eines ICP-MS-Systems beitragen. Die Agilent Reihe von Interface-Konen mit Nickel(Ni)- oder Platin(Pt)-Spitze verfügt über das Leistungsniveau, das unsere Single-Quadrupol- und Triple-Quadrupol-ICP-MS-Systeme erfordern (Abb. 1 und 2).



Abb. 1. Original Agilent Ni-Probenkonus mit Kupferbasis.



Abb. 2. Original Agilent Ni-Skimmer-Konus.

Faktoren für das Leistungsvermögen von Interface-Konen

Eine wichtige Anforderung an Interface-Konen sind präzise Abmessungen an Spitze und Öffnung, um die Empfindlichkeit des Geräts sicherzustellen. Das Konusmaterial sollte von ausreichender Reinheit sein, damit ein erhöhtes Hintergrundsignal und Kontamination vermieden werden. Die Masse jedes Konus sollte gut kontrolliert und konsistent sein, um die korrekte Betriebstemperatur an der Spitze sicherzustellen. Dadurch wird eine gute Langzeitstabilität des Signals gewährleistet.

Aus diesen Gründen können zwischen Interface-Konen verschiedener Hersteller erhebliche Leistungsunterschiede bestehen, was sich negativ auf die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der ICP-MS-Ergebnisse auswirken kann. Typische Leistungs Nachteile sind:

- Geringe Empfindlichkeit und dadurch höhere Nachweisgrenzen
- Erhöhter Hintergrund und dadurch Verringerung der Hintergrundäquivalenzkonzentration (Background Equivalent Concentration, BEC)
- Gerätedrift während einer Probenchargenanalyse. Dies kann zu QC-Fehlern führen und eine Neukalibrierung und Wiederholungsanalysen erforderlich machen.
- Erhöhter Reinigungsaufwand durch übermäßige Matrixablagerung auf dem Konus. Dadurch erhöhen sich die Ausfallzeiten des Geräts und es ergeben sich Produktivitätseinbußen im Labor.
- Geringere Lebensdauer des Konus. Dies erhöht die Analysekosten und beeinflusst die Rentabilität des Labors.

In dieser Übersicht werden Interface-Konen (Proben- und Skimmer-Konen) verschiedener Anbieter verglichen. Dabei werden speziell jene Aspekte berücksichtigt, die für die ICP-MS-Analyseleistung kritisch sind.

Entwicklung von Agilent Interface-Konen

Das ICP-MS-Interface enthält eine abgesenkte Vakuumstufe zwischen einem Paar konischer Metallplatten, den sogenannten Interface-Konen (Abb. 3). Interface-Konen nehmen im Argonplasma unter Atmosphärendruck erzeugte Ionen auf und leiten sie zu den Extraktionslinsen weiter. Von dort werden die positiv geladenen Ionen in das Niedervakuum-Massenspektrometer übertragen. Der erste Konus wird als Proben-Konus bezeichnet, der zweite Konus als Skimmer-Konus.



Abb. 3. Interface-Region eines Agilent ICP-MS mit den Interface-Konen (Proben- und Skimmer-Konus) und der Skimmer-Basis.

Aufgrund ihres erheblichen Einflusses auf die ICP-MS-Leistung werden Agilent Interface-Konen nach strengen Spezifikationen entwickelt und hergestellt. Sie werden rigorosen Tests unterzogen, um höchste Qualität, maximale Geräteleistung und Reproduzierbarkeit von Charge zu Charge zu gewährleisten.

Die Techniker bei Agilent entwickeln die Interface-Konen zusammen mit den Extraktionslinsen, um die Ionentransmission zu erhöhen und die Matrixtoleranz zu verbessern, und können dabei auf mehr als 30 Jahre Erfahrung im Design von ICP-MS-Systemen zurückgreifen. Die Abmessungen der Konusöffnung und die Geometrie der Spitze sind optimiert und werden genau kontrolliert. Bei unseren Ni-Standardkonusen und den optionalen Konusen mit Pt-Spitze werden hochreine Materialien verarbeitet, um jedes Hintergrundsignal zu minimieren und die Eignung und Stabilität während des Betriebs unter den aggressiven sauren Hochtemperaturplasmabedingungen sicherzustellen.

Herstellung von Agilent Interface-Konen

Die Herstellung von ICP-MS-Konen ist ein komplexer Prozess mit kleinsten Toleranzen, bei dem mehrere Legierungen verwendet werden, um die Spitze stabil an dem Konusgrundmaterial zu befestigen.

Original Agilent Konen werden von erfahrenen Gerätetechnikern mit modernster Ausrüstung hergestellt. Hochtechnologische Drehmaschinen, Fräser und funkenerosive Bearbeitung sorgen dafür, dass alle Konen unseren strengen Anforderungen entsprechen.

Die sichere und genaue Befestigung der Spitze ist ein wesentlicher Bestandteil des Designs und wird durch Elektronenstrahlschweißen erreicht, um einen dauerhaften Kontakt zwischen Spitze und Grundmaterial sicherzustellen.

Durch eine externe Analyse aller Platin-Rohstoffe wird bestätigt, dass die Materialreinheit den Agilent Spezifikationen entspricht. Von jeder Charge werden Analyseproben des Pt- und Ni-Materials für zukünftige Inspektionen zurückbehalten. Jeder fertiggestellte Konus ist anhand seiner Seriennummer lückenlos durch alle Fertigungsprozesse bis zum Ausgangsmaterial rückverfolgbar.

Zuletzt werden alle Konen vor dem Versand einer 100%igen Qualitätsprüfung unterzogen.



Prüfverfahren für Interface-Konen

Die hier vorgestellten Ergebnisse basieren auf Tests, die 2018 im Agilent Spectroscopy Technology and Innovation Centre in Melbourne, Australien, unter Mitarbeit des Agilent ICP-MS Instrument Forschungs- und Entwicklungsteams in Hachioji, Japan, durchgeführt wurden (Abb. 4).

Bei allen Tests wurde ein ICP-MS-Produktionsmodell der Serie 7900 in Standardkonfiguration mit X-Linse verwendet (Abb. 5). Für die Qualifizierungsprüfungen dieses Systems wurden die üblichen Tests zur Geräteherstellung und -installation herangezogen.



Abb. 5. Für die Leistungsprüfungen der Proben- und Skimmer-Konen wurde ein Agilent 7900-Single-Quadrupol-ICP-MS-System verwendet.



Abb. 4. Agilent Einrichtungen in Melbourne, Australien (links) und Hachioji, Tokio, Japan (rechts).

Der Vergleich konzentrierte sich auf die standardmäßigen Ni-Proben- und Skimmer-Konen für das 7900 ICP-MS, da diese Konustypen bei ICP-MS-Routineanwendungen am häufigsten verwendet werden. Jeder Proben- und Skimmer-Konus wurde als passendes Paar von jeweils einem Anbieter getestet. Die Teile stammten von globalen Lieferanten von Konen für Agilent ICP-MS-Geräte. Um sicherzustellen, dass die hier vorgestellten Ergebnisse für das erbrachte Leistungsniveau repräsentativ sind und um die Reproduzierbarkeit zu prüfen, wurden von jedem Hersteller mehrere Konen bezogen und analytisch getestet. Darüber hinaus wurden die Fertigungstoleranzen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Geräteleistung geprüft. Die in diesem Vergleich geprüften Interface-Konen sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1. In dieser Vergleichsstudie getestete Interface-Konen.

Lieferant	Konustyp	Menge	Seriennummern
Agilent	Ni-Proben-Konus	5	FE760, FF092, FF068, FF070, FE785
	Ni-Skimmer-Konus	5	EL568, EV784, FA648, FB975, GE895
Anbieter E	Ni-Proben-Konus	3	85864, 85867, 85868
	Ni-Skimmer-Konus	3	87640, 87641, 90112
Anbieter G	Ni-Proben-Konus	5	S281859, S281855, S281849, S281854, S281848
	Ni-Skimmer-Konus	5	S281928, S281931, S281952, S281929, S281934
Anbieter I	Ni-Proben-Konus	3	74537, 74538, 74539
	Ni-Skimmer-Konus	3	74534, 74535, 74536
Konkurrenzprodukt S	Ni-Proben-Konus	1	Ni72280
	Ni-Skimmer-Konus	1	Ni71833

Jeder Konus wurde zunächst in seinem Zustand nach Erhalt einer eingehenden Qualitätsprüfung unterzogen und hinsichtlich der Verpackung verglichen. Im Rahmen der Qualitätsprüfung wurden das Gewicht und die kritischen Abmessungen jedes Konus gemessen und mit denen der original Agilent Konen verglichen.

Die Interface-Konen wurden paarweise auf dem ICP-MS 7900 getestet und mit den in Tabelle 2 aufgelisteten veröffentlichten Leistungskriterien verglichen. Die für die Leistungstests verwendeten Gerätebedingungen sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 2. Leistungskriterien und Spezifikationen für das 7900 ICP-MS zum paarweisen Vergleich der Interface-Konen.

Spezifikation (Einheiten)	Element (m/z)	Werkseitige Spezifikationen für das System 7900	Typische Leistung des Systems 7900
Empfindlichkeit (Mcps/ppm)	Li (7)	> 55	> 140
	Co (59)	-	> 400
	Y (89)	> 320	> 600
	In (115)	-	> 700
	Tl (205)	> 250	> 520
	U (238)	-	> 720
Hintergrund (cps)	(9)	< 1	< 0,3
Nachweisgrenzen (ppt)	Be (9)	< 0,2	< 0,05
	In (115)	< 0,05	< 0,02
	Bi (209)	< 0,08	< 0,02
Oxidanteil (%)	(156/140)	< 1,5	< 1,8
Anteil doppelt geladener Ionen (%)	(70/140)	< 3	< 2,5
Kurzzeitstabilität [20 Minuten] (% relative Standardabweichung)	Li (7), Y (89), Tl (205)	< 2,0	< 1,0
Langzeitstabilität [2 Stunden] (% relative Standardabweichung)	Li (7), Y (89), Tl (205)	< 3,0	< 1,2

Tabelle 3. Gerätebedingungen zur Prüfung von Ni-Interface-Konen auf dem Agilent 7900 ICP-MS mit x-Linse.

	Empfindlichkeit	Profil Empfindlichkeit - Oxidanteil	Hintergrund	Kurzzeitige Signalstabilität	Langzeitige Signalstabilität
Voreingestellte Bedingung des Plasma	Niedrige Matrix	n. a.	Niedrige Matrix	Niedrige Matrix	Niedrige Matrix
ORS-Modus	Kein Gas	n. a.	Kein Gas	Kein Gas	Kein Gas
Tuning der Ionenlinse	Autotune	n. a.	Autotune	Autotune	Autotune
Lösung	1 ppb Tuning-Lösung Best.-Nr. 5185-5959	1 ppb Tuning-Lösung Best.-Nr. 5185-5959	Reinstwasser	1 ppb Tuning-Lösung Best.-Nr. 5185-5959	1 ppb Tuning-Lösung Best.-Nr. 5185-5959
Messungsmasse	⁷ Li, ⁵⁹ Co, ⁸⁹ Y, ¹¹⁵ In, ¹⁴⁰ Ce, ²⁰⁵ Tl, ²³⁸ U, ⁷⁰ Ce ⁺⁺ , ¹⁵⁶ CeO	¹⁴⁰ Ce, ¹⁵⁶ CeO	Vollspektrum	⁷ Li, ⁹ Bkgd, ⁵⁹ Co, ⁸⁹ Y, ¹⁴⁰ Ce, ²⁰⁵ Tl	⁷ Li, ⁹ Bkgd, ⁵⁹ Co, ⁸⁹ Y, ¹⁴⁰ Ce, ²⁰⁵ Tl
Methode	Signalmonitor Tuning-Bericht	Plasmakorrektur	SemiQuant-Analyse	Batch – 20 Minuten	Batch – 2 Stunden

Die Konen wurden zunächst direkt nach dem Auspacken sowie noch einmal nach dem Konditionieren geprüft, wobei das für Umweltlabore mit hoher Probenmatrix empfohlene Verfahren zur Anwendung kam. In Tabelle 4 ist das verwendete Vorbereitungsverfahren aufgeführt.

Tabelle 4. Konus-Konditionierung.

Schritt	Lösung	Bedingungen	Zeit
1	10 Vol.-% 6020 Interferenz-Prüflösung A (Best.-Nr. 5188-6526), mit Reinstwasser verdünnt	Plasmamodus-Voreinstellung „Mehrzweck“	30 Minuten
2	Spülen mit 5 Vol.-% HNO ₃		10 Minuten

Ergebnisse und Diskussion

Verpackung

Die Verpackung der Agilent Konen sorgt für hervorragenden Schutz während des Versands (Abb. 6). Diese Verpackung enthält speziell geformte Schaumstoffeinlagen, die Bewegungen verhindern und jeglichen Kontakt mit der empfindlichen Konusspitze ausschließen. Es wird eine biologisch abbaubare Kartonverpackung mit magnetischem Bügelverschluss verwendet, die beim Transport außerdem durch ein manipulationssicheres Agilent Siegel geschützt ist. Vorteile dieses Designs:

- Klare und übersichtliche Beschriftung, sodass der Benutzer den Konustyp anhand der auf dem Etikett aufgedruckten Bestellnummer, Beschreibung und Seriennummer leichter erkennen kann.
- Einfache Entnahme der Konen aus der Verpackung, wodurch die Gefahr verringert wird, dass Konen im Verpackungsmaterial hängen bleiben und beschädigt oder bei der Entnahme versehentlich fallen gelassen werden.
- Sichere, ständige Lagerung benutzter Konen.
- Reduzierung des Risikos einer Beschädigung der Konen durch besseren Schutz während des Versands und durch optimale Standfestigkeit des Pakets.

In der Verpackung befindet sich ein Beutel mit Siliziumdioxid-Trockenmittel, der physisch vom Kontakt mit der Konusoberfläche getrennt ist, um feuchtigkeitsbedingte Schäden während des Versands/der Lagerung zu vermeiden (in feuchter Umgebung besonders wichtig).

Die Packung enthält ferner Angaben zu den empfohlenen Handhabungs- und Konditionierungsverfahren.

Die Verpackung der Konen von Anbieter G basiert auf einem ähnlichen Verpackungsdesign, ebenfalls mit einem Beutel mit Trockenmittel, das viele gleiche Vorteile bietet (Abb. 7). Das Design von Anbieter G verfügt über ein wiederverwendbares Ausziehfach. Es befindet sich jedoch kein Manipulationssiegel auf der Verpackung. Darüber hinaus waren keine Anweisungen zu Handhabung/Konditionierung enthalten.



Abb. 6. Die Verpackung der Agilent Proben- (oben) und Skimmer-Konen (unten) sorgt für hervorragenden Schutz während des Versands.



Abb. 7. Einen ähnlichen Versandschutz bietet die Verpackung der Proben- und Skimmer-Konen von Anbieter G (unten links bzw. rechts).

Die Verpackung der Konen von Anbieter E basiert auf einem zylindrischen Kunststoffbehälter mit Schaumstoffeinlage (Abb. 8). Diese Form erschwert die Lagerung, da die Packungen im Gegensatz zu einer normalen rechteckigen Schachtel nicht stapelbar sind. Dadurch besteht auch ein erhöhtes Risiko, dass die Packungen während des Transports herunterfallen und rollen. Der zylindrische Kunststoffbehälter ist in einem Umkarton verpackt, vermutlich um diesem Problem entgegenzuwirken, dadurch erhöht sich aber die Menge an Verpackungsmaterial und es wird zusätzlich Abfall erzeugt. Außerdem befand sich kein Trockenmittelbeutel in der Verpackung und es wurden keine Anweisungen für die Handhabung/Konditionierung mitgeliefert.



Abb. 8. Verpackung für den Proben- und den Skimmer-Konus (unten links bzw. rechts) des Anbieters E auf der Grundlage eines zylindrischen Kunststoffbehälters.

Die Verpackungen der Konen von Anbieter I und Anbieter S waren einander ähnlich. Sie bestanden aus einem rechteckigen Karton für den Proben- und einem zylindrischen Kunststoffbehälter für den Skimmer-Konus. Die Schaumstoffeinlage für den Proben-Konus ist nicht individuell geformt. Somit kann sich der Konus innerhalb der Umverpackung frei bewegen (Abb. 9). Der Schaumstoff berührt die Spitze direkt. Dadurch erhöht sich die Gefahr einer Beschädigung des Proben-Konus während des Versands, und der Proben-Konus ist vor unachtsamem Umgang weniger gut geschützt.



Abb. 9. Der Proben-Konus ist lose in die Schaumstoffeinlage der von den Anbietern I und S verwendeten Kartonverpackung eingesetzt, sodass der Konus bei unachtsamem Umgang beschädigt werden kann.

Es werden keine Manipulationssiegel verwendet und es ist kein Trockenmittel enthalten. Abb. 10 zeigt Proben-Konen, die vor der Auslieferung Feuchtigkeit ausgesetzt waren.

Wie bei allen nicht von Agilent stammenden Konen wurden auch hier keine Anweisungen zur Handhabung/ Konditionierung mitgeliefert.

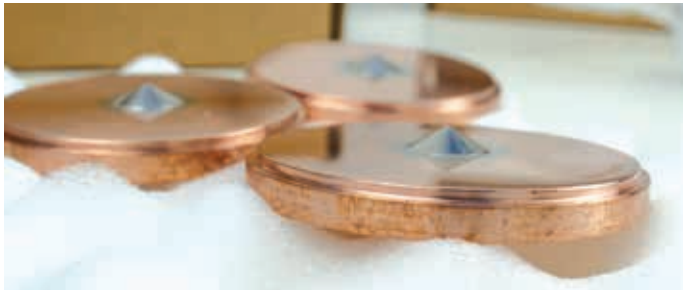


Abb. 10. Feuchtigkeitsschaden an den Proben-Konen von Anbieter I.

Qualitätsprüfung von Interface-Konen direkt nach Erhalt

Beschriftung

Agilent Konen sind mit dem Agilent Branding beschriftet, außerdem sind der Materialtyp (N = Ni-Spitze, P = Pt-Spitze) und die Bestellnummer angegeben, sodass eine einfache Identifizierung und Nachbestellung gewährleistet sind. Darüber hinaus stellt eine eindeutige Shhheriennummer die vollständige Rückverfolgbarkeit bis zum Herstellungsdatum und den verwendeten Materialchargen sicher (Abb. 1 und 2). Alle Konen werden vor dem Versand einer 100%igen Qualitätsprüfung unterzogen.

Im Allgemeinen sind die Konen anderer Anbieter mit ähnlichen gebräuchlichen Kennzeichnungen beschriftet, einschließlich Herstellername, Bestellnummer und Seriennummer, mit Ausnahme der Konen der Anbieter I und S, die keine Herstellerkennung aufweisen.

Gewicht und Abmessungen

Bei Erhalt wurde jeder der Konen mit einer kalibrierten Analysenwaage mit vier Dezimalstellen gewogen. Zwischen den Gewichten der Proben- und der Skimmer-Konen gibt es herstellerseitig Unterschiede, was darauf hindeutet, dass sich auch die Herstellungsverfahren unterscheiden (Abb. 11 und 12). Auffällig ist, dass sich alle nicht von Agilent stammenden Konen außerhalb des Gewichtsbereichs der original Agilent Konen befinden. Daher ist es sehr wahrscheinlich, dass nicht von Agilent stammende Konen in der Plasmaumgebung bei anderen Temperaturen arbeiten, was zu unterschiedlicher Leistung und Lebensdauer führt. Die Abmessungen der Öffnungen aller Konen wurden unter

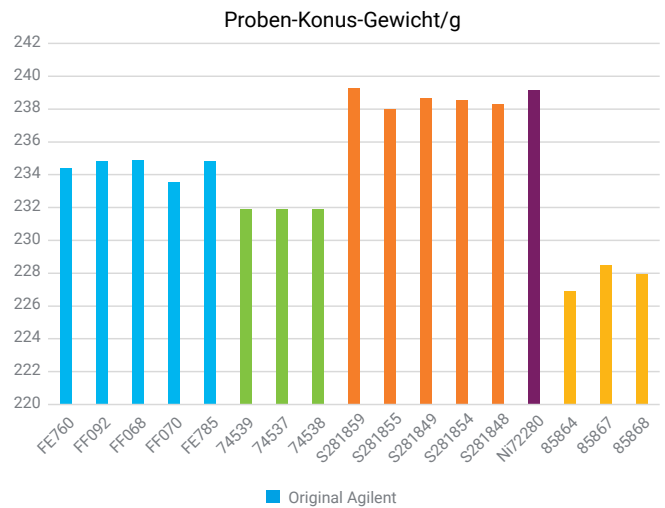


Abb. 11. Vergleich des Gewichts von Proben-Konen direkt nach Erhalt.

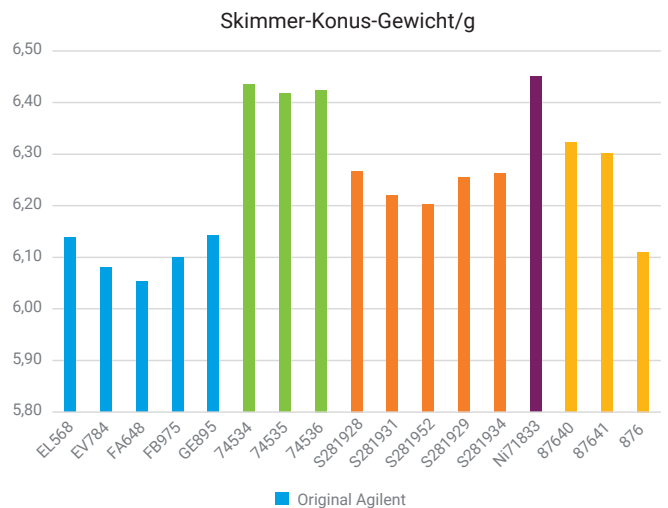


Abb. 12. Vergleich des Gewichts von Skimmer-Konen direkt nach Erhalt.

einem Mikroskop mit einem kalibrierten Fadenkreuz gemessen und mit denen der original Agilent Konen verglichen. Zwei der drei Proben-Konen von Anbieter I und einer der fünf Konen von Anbieter G wiesen eine zu kleine Öffnung auf. Bei Proben-Konen mit einer zu kleinen Öffnung ist von Empfindlichkeitseinbußen auszugehen. Noch wichtiger für die Leistung des ICP-MS sind die Abmessungen und Toleranzen der Skimmer-Konus-Öffnung. Bei den Skimmer-Konen waren zwei der Konen von Anbieter G und jeder Skimmer-Konus der Anbieter I, E und S zu klein. Durch diese zu kleinen Maße ist zu erwarten, dass sich die Empfindlichkeit verringert und die Konen anfälliger für Verstopfungen sind, was zu einer Instabilität führt.

Der Durchmesser der Spitze an der Rückseite des Proben-Konus ist bei allen nicht von Agilent stammenden Konen erheblich größer. Dies lässt darauf schließen, dass bei der Herstellung eine andere Spitzengeometrie und Herstellungsmethode verwendet wurden. Bei nicht von Agilent stammenden Proben-Konen ist der Spitzendurchmesser an Vorder- und Rückseite gleich, was darauf hinweist, dass die Spitze aus einem Zylinder hergestellt wird, der gerade in ein rundes Loch in der Kupferbasis (Cu) eingesetzt wird. Original Agilent Konen haben eine Lippe in der Basis, an der die Spitze anliegt, um eine sichere Positionierung und Befestigung zu gewährleisten.

Bei einem der Skimmer-Konen von Anbieter S (Ni71833) war der Gewindedurchmesser außerhalb der Toleranz, sodass er nicht in die Skimmerbasis des 7900 ICP-MS passte. Daher konnten die Proben- und Skimmer-Konen von Anbieter S in dieser Studie nicht paarweise installiert und getestet werden.

Die Oberflächenbeschaffenheit an der Spitze der Konen der einzelnen Hersteller war im Allgemeinen vergleichbar. Ausnahmen waren die Konen von Anbieter I, die eine rauere Oberfläche und deutlich sichtbare Kratzer aufwiesen (Abb. 13).

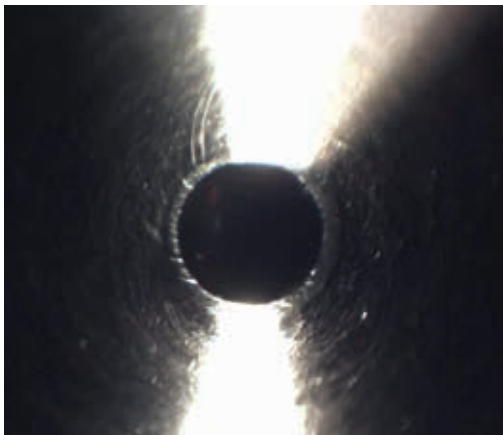


Abb. 13. Mikroaufnahme des von Anbieter I hergestellten Proben-Konus (Seriennummer 74537). Der Konus weist eine grobe Oberflächenbeschaffenheit mit deutlichen Kratzern auf.

Diese Unterschiede in der Herstellung und Beschaffenheit zwischen den Konen anderer Anbieter und original Agilent Konen würden sich aller Voraussicht nach ungünstig auf die Analyseleistung auswirken. Zudem ist eine häufigere Wartung/Reinigung der Konen erforderlich.

Empfindlichkeit

Ein grundlegender Leistungsindikator für ICP-MS ist die Empfindlichkeit, die üblicherweise als cps (counts per second) der Impulserfassung am Elektronenvervielfacher definiert ist. Interface-Konen haben großen Einfluss auf die Empfindlichkeit, da sie Analytionen aus der Plasmaquelle erfassen und diese über den Interface-Bereich weitergeben können. Dies sollte mithilfe der Leistungsprotokoll-Funktion im Rahmen der routinemäßigen Startzündsequenz regelmäßig überprüft werden.

Interface-Konen wurden paarweise sowohl unmittelbar nach dem Auspacken als auch nach dem in Tabelle 4 aufgeführten Konditionierungsverfahren geprüft. Es wurden voreingestellte Plasmabedingungen mit niedriger Matrix und Autotuning im No-gas-Modus verwendet.

Die durchschnittliche Leistung für jedes Paar von Proben- und Skimmer-Konen der verschiedenen Hersteller ist in Abbildung 14 dargestellt.

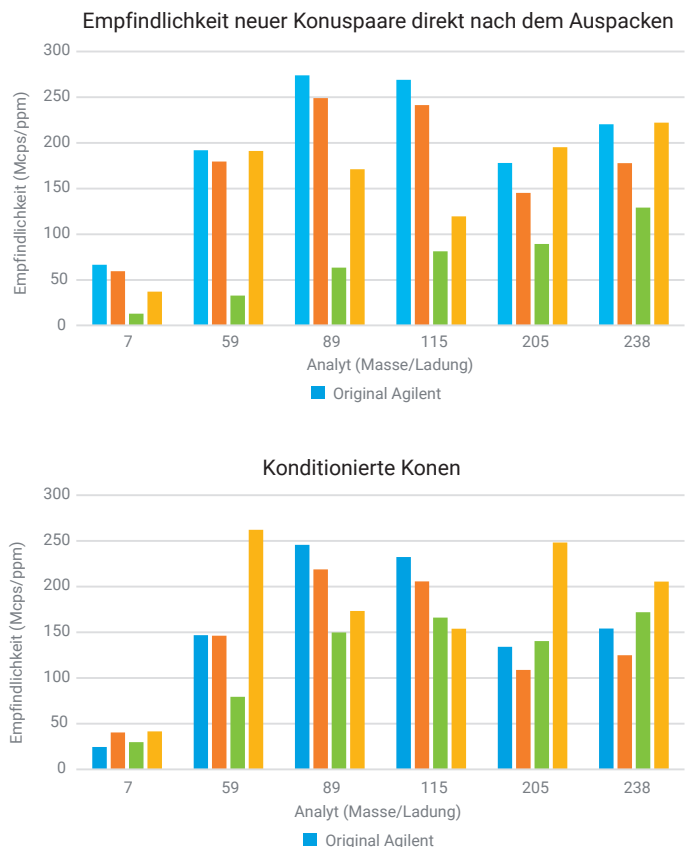


Abb. 14. Vergleichende Empfindlichkeit des 7900 ICP-MS bei der Prüfung mit Paaren aus jeweils einem Proben- und Skimmer-Konus der einzelnen Hersteller.

Dabei fällt auf, dass original Agilent Interface-Konen bereits im Zustand bei Erhalt über den Massenbereich hinweg überragende Empfindlichkeit bieten. Die Konen von Anbieter G haben eine niedrigere Empfindlichkeit im Massenbereich, sowohl vor als auch nach der Konditionierung. Die Konen von Anbieter I haben eine äußerst niedrige Empfindlichkeit und ihre Leistung ist für viele Analysen nicht akzeptabel. Die Empfindlichkeit verbessert sich nach dem Konditionieren, ist aber im unteren bis mittleren Massenbereich nach wie vor gering. Bei den Konen von Anbieter E ist die Empfindlichkeit im mittleren Massenbereich direkt nach dem Auspacken gering und lässt sich durch Konditionierung nicht verbessern.

Die Empfindlichkeitsprüfung wurde dann unter Verwendung von ORS-Kollisionsgas (Heliummodus) und dann noch einmal mit einer Aerosolverdünnung, bereitgestellt durch UHMI mit Plasmaeinstellung HMI-4 (kein ORS-Zellengas), wiederholt. Ähnliche Leistungsprobleme wurden bei jedem der Dritthersteller festgestellt.

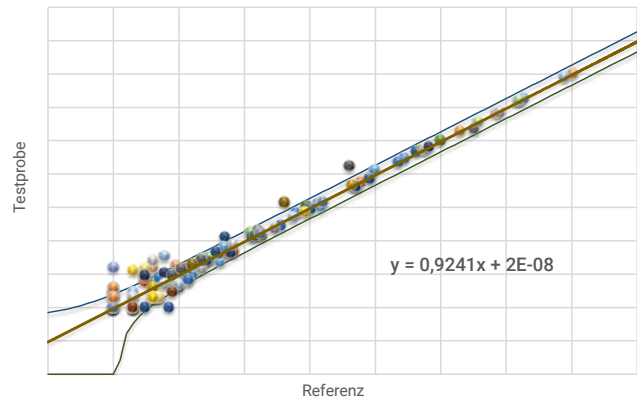
Hintergrund und Hintergrundäquivalenzkonzentration (Background Equivalent Concentration, BEC)

Um bei der ICP-MS-Technik die niedrigsten Nachweisgrenzen zu erreichen, sind sowohl eine gute Empfindlichkeit als auch ein niedriger Hintergrund erforderlich.

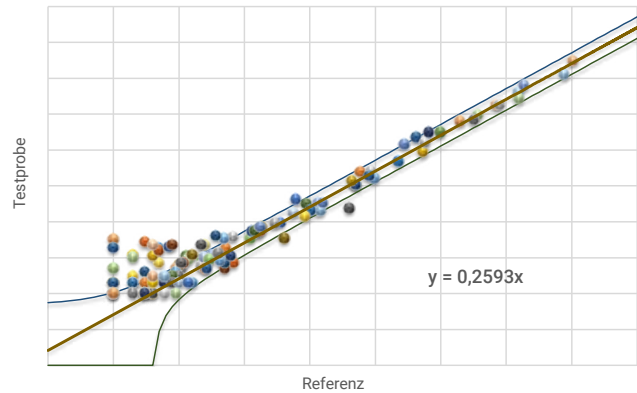
Zur Beurteilung des Einflusses der Interface-Konen auf das Hintergrundsignal wurde mit jeweils demselben Probenzuführungssystem (bei dem nur die Konen ausgetauscht wurden) und Reinstwasser in einem Reinraum ein vollständiger Massenscan durchgeführt. Die Konen wurden vorab konditioniert und vor dem Test durch 20-minütige Ultraschallbehandlung in Reinstwasser gereinigt. Die Hintergrund-cps der Konospaare der jeweiligen Hersteller wurden in möglichst kurzer Zeit gemessen.

Die folgenden Streudiagramme zeigen die Korrelation des Hintergrundsignals (cps) für die Konen der Drittanbieter (Testprobe, Y-Achse) mit einem Satz von original Agilent Konen (Referenz, X-Achse) über den gesamten Massenbereich (Abb. 15). Vergleiche wurden im no-gas-Modus unter Verwendung von ORS-Kollisionsgas (Heliummodus) und unter Verwendung einer mittels UHMI bereitgestellten Aerosolverdünnung mit Plasma-Einstellung HMI-4 angestellt. In Abb. 15 sind nur die Ergebnisse im No-gas-Modus dargestellt. Eine perfekte Korrelation würde eine gerade Linie mit der Gleichung $y = x$ und ohne Abweichung im gesamten Massenbereich ergeben. Bei einer typischen Abweichung würden alle Punkte innerhalb der oberen und unteren Grenzzlinie liegen. Jedoch gibt es bei allen Konen der Drittanbieter unter allen Testbedingungen zahlreiche Punkte, die außerhalb dieser Grenzen liegen. Insbesondere die Konen von Anbieter I weisen eine sehr schlechte Korrelation ($y = 0,2593x$) auf, was auf ihre niedrige Empfindlichkeit zurückzuführen ist.

Full-Scan-Scatterplotanalyse
Produkt von Anbieter G im no-gas-Modus



Full-Scan-Scatterplotanalyse
Produkt von Anbieter I im no-gas-Modus



Full-Scan-Scatterplotanalyse
Produkt von Anbieter E im No-gas-Modus

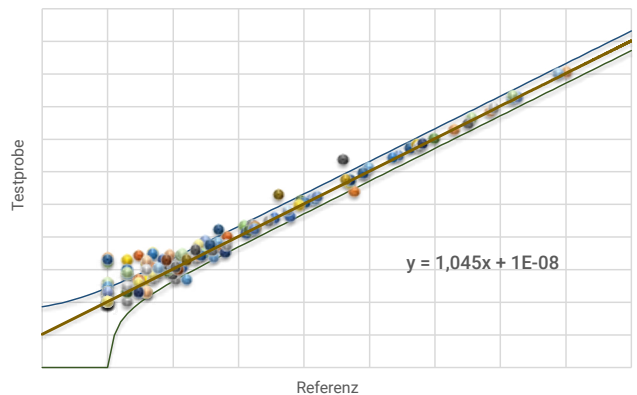


Abb. 15. Streudiagramme zur Korrelation des Hintergrundsignals (cps) für die Konen der Drittanbieter (Testprobe, Y-Achse) mit einem Satz von original Agilent Konen (Referenz, X-Achse) über den gesamten Massenbereich.

Während der Leistungsprüfung wurde das Hintergrundsignal bei m/z 9 überwacht und mit den strengeren Agilent Werkspezifikationen verglichen, jedoch wurden bei keinem Konus der Mitbieter signifikante Abweichungen festgestellt.

Schließlich wurde eine kurze Studie über die Auswirkungen der Konen auf die Hintergrundäquivalenzkonzentration (BEC) durchgeführt. In Tabelle 5 sind die auf das BEC-Ergebnis für gleichzeitig geprüfte original Agilent Konen normalisierten Ergebnisse zusammengefasst. Die Ergebnisse in den grauen Feldern sind > 20 % höher als die Ergebnisse für die original Agilent Konen (diese Differenz wird als signifikant erachtet und würde die Analyseleistung der ICP-MS beeinträchtigen). Die Massenergebnisse in den grünen Feldern sind > 20 % niedriger als die Ergebnisse für die original Agilent Konen. Trotz dieser Verbesserung ist zu folgern, dass jeglicher Nutzen durch den erhöhten BEC-Wert bei anderen Massen mit demselben Konensatz kompensiert wird.

Nachweisgrenzen

Zur weiteren Bewertung der Auswirkung der Empfindlichkeit und des Hintergrunds des Interface-Konen wurden die Nachweisgrenzen für den Massenbereich bestimmt (unter Verwendung von ^9Be , ^{115}In und ^{209}Bi). Zusätzlich wurden Nachweisgrenzen für den Beitrag von Ni und Cu in den Grundmaterialien des Konus bestimmt (unter Verwendung von ^{60}Ni und ^{63}Cu).

Zunächst wurde das 7900 ICP-MS mit 1 Vol.-% HNO_3 (Suprapur, Merck Pty Ltd., Australien) als Leerprobe und 1 $\mu\text{g/l}$ (ppb) Standard kalibriert. Die Nachweisgrenzen wurden basierend auf der dreifachen Standardabweichung von 10 Wiederholungsmessungen der Leerprobe bestimmt. In jedem Fall wurde für jeden Hersteller der Konus-Satz mit der besten Leistung für die Studie ausgewählt. Die Konen wurden durch 20-minütige Ultraschallbehandlung in Reinstwasser vorgereinigt. Die Aufwärmzeit des Geräts vor der Analyse wurde auf 45 Minuten verlängert.

In Abb. 16 sind die auf die Ergebnisse für gleichzeitig geprüfte original Agilent Konen normalisierten Nachweisgrenzen zusammengefasst. Ein Ergebnis < 1 bedeutet eine verbesserte (niedrigere) Nachweisgrenze.

Wie in Abb. 16 zu sehen ist, liefern die Konen von Anbieter G eine deutlich höhere (schlechtere) Nachweisgrenze im mittleren Massenbereich (^{115}In) sowie eine geringfügige Erhöhung im oberen Massenbereich (^{209}Bi) und für Ni, dem Grundmaterial des Skimmer-Konus und der Spitze der Proben-Konen.

Tabelle 5. Hintergrundäquivalenzkonzentration (BEC) für die Konen jedes Herstellers über den gesamten Massenbereich (die Konzentrationen wurden auf den Referenzwert für den original Agilent Konus normalisiert).

Masse	Bezeichnung	Anbieter G	Anbieter E	Anbieter I
7	Li	1,1740	1,7471	–
9	Be	2,1383	1,7971	–
23	Na	1,8763	1,7004	1,7128
24	Mg	1,0350	0,9837	0,8802
27	Al	1,0322	1,0230	0,9364
39	K	1,1564	1,1084	1,0536
44	Ca	3,5708	3,9186	0,7141
51	V	1,4586	0,6661	–
52	Cr	1,0116	0,9234	0,9344
55	Mn	1,0250	1,3180	1,0204
56	Fe	0,9816	1,1833	0,4831
59	Co	1,4884	1,4174	0,7862
60	Ni	1,7184	1,2422	3,0303
63	Cu	1,0855	0,9755	1,1463
66	Zn	1,0037	1,0443	0,9426
71	Ga	1,1223	1,8291	2,2412
75	As	0,8906	0,6532	0,6132
82	Se	1,0162	1,0415	1,2694
83	[Se]	3,1509	–	–
85	Rb	1,3184	0,9593	1,0268
88	Sr	0,9943	0,6664	0,9866
95	Mo	1,2506	0,5000	–
107	Ag	0,9262	0,6766	0,9412
111	Cd	1,1390	1,9517	–
115	In	1,3678	1,0808	0,7170
123	Sb	–	0,8846	–
133	Cs	1,2488	0,7112	1,8327
137	Ba	0,4437	1,5211	–
201	Hg	9,4524	2,7130	2,2551
205	Tl	1,4042	1,3483	1,4804
206	[Pb]	1,0154	1,1641	1,1523
207	[Pb]	0,8583	0,9008	0,6206
208	Pb	1,0489	1,0464	1,0682
209	Bi	3,4131	1,5751	31,1312
232	Th	1,1391	1,0671	5,2316
238	U	0,5719	0,5399	–

Auch die Konen von Anbieter I haben viel höhere Nachweisgrenzen im gesamten Massenbereich sowie auch für ^{60}Ni und ^{63}Cu , was auf ihre geringere Empfindlichkeit zurückzuführen ist. Bei den Konen von Anbieter E sind die Nachweisgrenzen für ^{60}Ni und ^{63}Cu vergleichbar, bei Elementen im mittleren und oberen Massenbereich (^{115}In , ^{209}Bi) jedoch erheblich höher.

Oxide und Anteile doppelt geladener Ionen

Molekülionen sind die Hauptquelle für spektrale Interferenzen bei der ICP-MS. Der Grad der Molekülionen-Interferenz kann anhand der Bildung von refraktären Oxidionen bestimmter Elemente überwacht werden. Für diesen Zweck wird in der Regel das Element Cer (Ce) verwendet, da es eine starke Oxidbindung bildet und daher eine der höchsten Oxidbildungsraten aufweist. Die M-O-Zersetzungseffizienz wird typischerweise als % MO^+ relativ zum M^+ -Ausgangsign (z. B. das CeO^+/Ce^+ -Oxid-Verhältnis) ausgedrückt. Ein Gerät, das bei einem niedrigen CeO/Ce-Gehalt optimiert werden kann, weist weniger Matrixinterferenzen auf, was bedeutet, dass die Bedingungen für die Kollisions-/Reaktionszellen möglicherweise nicht so hochspezifisch optimiert werden müssen, um eine effiziente Störungsbeseitigung zu erreichen, was die Datenintegrität erheblich verbessert.

Ein weiteres Maß für Störungen bei der ICP-MS ist der Anteil der doppelt geladenen Ionen. Doppelt geladene Spezies resultieren aus Ionen, die durch den Verlust von zwei statt nur eines Elektrons entstehen. Da der Quadrupol Ionen basierend auf m/z trennt, erscheint ein doppelt geladenes Ion (M^{2+}) bei der Masse $m/2$. Ein Beispiel für eine Interferenz durch doppelt geladene Ionen wäre die Überlagerung von $^{136}\text{Ba}^{2+}$ und $^{68}\text{Zn}^+$.

Interface-Konen-Paare erzeugten nach dem Hochfahren des Geräts und dem Autotuning unter Plasmabedingungen mit niedrigem Matrixanteil ähnliche Oxidverhältnisse (CeO/Ce). Zwei Paare von Interface-Konen von Anbieter I übertrafen die Oxidspezifikation (CeO/Ce < 1,5 %) unter Plasmabedingungen mit niedrigem Matrixanteil und Autotuning (Tabelle 6).

Keiner der Konen übertraf die Spezifikation in Bezug auf den Anteil doppelt geladener Ionen ($\text{Ce}^{2+}/\text{Ce}^+ < 3,0 \%$) unter Plasmabedingungen mit niedrigem Matrixanteil und Autotuning.

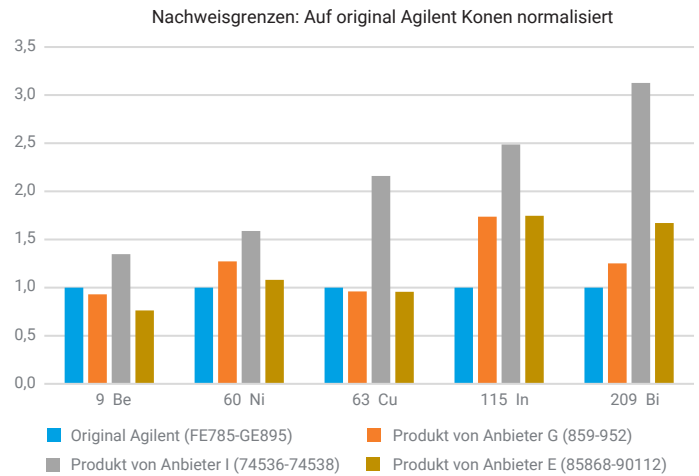


Abb. 16. Nachweisgrenzen für die Konen der anderen Anbieter im Vergleich zu einem Satz von original Agilent Konen im gesamten Massenbereich.

Tabelle 6. Interface-Konus-Paare, welche die Spezifikationen für das Oxidverhältnis nach der Konditionierung nicht erfüllen.

Hersteller	Anbieter I	
	Seriennummer	74534-74539
CeO/Ce-Verhältnis	1,628 %	1,580 %

Stabilität

Um konsistente Ergebnisse zu erzielen und die Notwendigkeit einer Neukalibrierung oder von Wiederholungsanalysen von Proben zu reduzieren, muss das ICP-MS-System über eine gute Kurz- und Langzeitstabilität verfügen. Interface-Konen können die Gerätestabilität durch Matrixablagerung an der Spitze und an der Stirnfläche der Konen positiv oder negativ beeinflussen. Im schlimmsten Fall können diese Ablagerungen die Größe oder Form der Öffnungen verändern, durch welche die Ionen extrahiert werden, wodurch die Empfindlichkeit beeinträchtigt wird. Darüber hinaus führt thermische Instabilität oder eine falsche Betriebstemperatur an der Spitze des Konus im Lauf der Zeit zu einer Signalverschiebung.

Durch Überwachung der Massen der in Tabelle 2 angegebenen Analyten wurde die kurzfristige Signalstabilität über einen Zeitraum von 20 Minuten bewertet. Um die Agilent Leistungsspezifikation zu erfüllen, sollte das Ergebnis während einer Testdauer von 20 Minuten $< 2\%$ relative Standardabweichung aufweisen. Alle Konen wurden im Zustand nach Erhalt geprüft.

Die Ergebnisse zur Kurzzeitstabilität sind in Tabelle 7 aufgeführt und wurden auf die Agilent Spezifikation normalisiert. Alle Konen, die diese Spezifikation nicht erfüllen (d. h. $> 1,00$), sind rot dargestellt. Alle original Agilent Konen lagen innerhalb der Spezifikation, während ein Satz der drei von Anbieter E hergestellten Konen bei fast jeder Masse den Test nicht bestand. Zwei von fünf Konen von Anbieter G ergaben bei Lithium eine schlechte Stabilität. Bei den Konen von Anbieter I bestand keiner der drei Sätze den Test.

Bei allen Konen wurde nach Konditionierung nach dem zuvor beschriebenen Verfahren auch die Langzeitsignalstabilität über zwei Stunden bewertet (Tabelle 4). Die Konditionierung neuer Konen beruht auf der Annahme, dass die anfängliche Gerätedrift durch Ablagerung einer feinen Schicht der Probenmatrix auf der Oberfläche des sauberen Kegels verringert wird. Ziel ist es, eine Matrixschicht auf der Oberfläche der Konen zu bilden, die während der Analyse stabil bleibt und sich im Laufe der Zeit nur langsam aufbaut. Wenn die Analyseleistung abnimmt, muss der Konus von überschüssigen Matrixablagerungen befreit werden.

Die Langzeitstabilitätsergebnisse für vorkonditionierte Kegel sind in Tabelle 8 aufgeführt und wurden auf die Agilent Spezifikation normalisiert. Alle Konen, die diese Spezifikation nicht erfüllen (d. h. $> 1,00$), sind rot dargestellt. Leichte Massen sind die größte Herausforderung für die Langzeitstabilität. In dieser Studie war Lithium das erste Element, das außerhalb der Spezifikation lag. Bei einem Konussatz von Anbieter E und einem Satz der original Agilent Konen wurde, jedoch nur für ${}^7\text{Li}$, die Spezifikation nicht erfüllt. Ein Satz der Konen von Anbieter I wies im gesamten Massenbereich schlechte Stabilität auf, bei zwei weiteren Sätzen ergaben sich nur bei ${}^7\text{Li}$ leichte Instabilitäten. Bei den meisten getesteten Konen trug die Vorkonditionierung zur Verbesserung der Langzeitstabilität bei. Die Stabilität der Konen von Anbieter G war jedoch nach der Vorkonditionierung signifikant schlechter. Bei drei der fünf getesteten Konen-Sätze trat eine signifikante Gerätedrift auf.

Ein Beispiel für die Langzeitstabilitäten der Konen von Agilent und Anbieter G ist in den Abb. 17 und 18 dargestellt. Wie aus Abb. 18 ersichtlich ist, zeigen die Konen von Anbieter G im Verlauf der zweistündigen Testdauer eine schlechte Langzeitstabilität mit abnehmender Empfindlichkeit. Offensichtlich waren die Konen von Anbieter G überkonditioniert und mussten gereinigt werden, um wieder eine akzeptable Leistung zu erzielen. Nach dem Reinigen konnte mit den Konen von Anbieter G eine akzeptable Langzeitstabilität erreicht werden. Diese Abweichung von dem bei original Agilent Konen beobachteten Verhalten könnte darauf hindeuten, dass die Konen von Anbieter G eine niedrigere Betriebstemperatur haben. Daher ist davon auszugehen, dass diese Konen unter stärkeren Matrixablagerungen leiden, was sich schneller auf die Leistung auswirkt und eine häufigere Wartung und Reinigung erfordert. Dies kann auch zu einer verringerten Lebensdauer des Konus führen.

Tabelle 7. Kurzzeitstabilität (% relative Standardabweichung über einen Zeitraum von 20 Minuten) für jeden Konus bei Messung im Zustand nach Erhalt. Die Ergebnisse sind auf die Agilent Spezifikation normalisiert.

Hersteller	Seriennummern der Konen	⁷ Li	⁵⁹ Co	⁸⁹ Y	¹¹⁵ In	¹⁴⁰ Ce	²⁰⁵ Tl	²³⁸ U
Agilent	FF070, EV784	0,75	0,18	0,17	0,15	0,20	0,17	0,28
Agilent	FF068, EL568	0,46	0,48	0,53	0,51	0,38	0,50	0,57
Agilent	FE785, GE895	0,78	0,41	0,37	0,31	0,25	0,31	0,25
Anbieter E	85868, 90112	0,65	0,30	0,45	0,45	0,50	0,50	0,55
Anbieter E	85864, 87640	1,05	1,35	1,45	1,30	1,35	1,15	1,00
Anbieter E	85867, 87641	0,45	0,30	0,35	0,25	0,45	0,60	0,55
Anbieter G	S281854, S281934	0,85	0,25	0,24	0,24	0,26	0,29	0,26
Anbieter G	S281849, S281931	1,26	0,34	0,25	0,30	0,37	0,26	0,26
Anbieter G	S281848, S281929	1,23	0,54	0,51	0,50	0,52	0,48	0,51
Anbieter G	S281859, S281952	0,59	0,15	0,16	0,15	0,17	0,18	0,21
Anbieter G	S281855, S281928	0,82	0,26	0,43	0,45	0,50	0,65	0,53
Anbieter I	74537, 74535	1,58	1,75	1,71	1,63	1,24	1,29	1,13
Anbieter I	74536, 74538	1,80	2,08	1,97	1,93	1,77	1,62	1,53
Anbieter I	74534, 74539	1,04	0,85	0,85	0,90	0,84	0,83	0,97

Tabelle 8. Langzeitstabilität (% relative Standardabweichung über einen Zeitraum von 2 Stunden) für jeden Konus bei Messung nach der Vorkonditionierung. Die Ergebnisse sind auf die Agilent Spezifikation normalisiert.

Hersteller	Seriennummern der Konen	⁷ Li	⁵⁹ Co	⁸⁹ Y	¹⁴⁰ Ce	²⁰⁵ Tl
Agilent	FE760, FB975	0,29	0,47	0,53	0,49	0,80
Agilent	FF092, FA648	3,14	0,54	0,21	0,34	0,42
Agilent	FF068, EL568	0,96	0,24	0,33	0,32	0,24
Anbieter E	85868, 90112	1,30	0,70	0,23	0,20	0,50
Anbieter E	85864, 87640	0,63	0,83	0,83	0,67	0,60
Anbieter E	85867, 87641	0,57	0,83	0,77	0,57	0,47
Anbieter G	S281854, S281934	6,60	3,19	2,40	2,16	2,45
Anbieter G	S281849, S281931	15,19	7,74	6,16	4,14	3,82
Anbieter G	S281848, S281929	29,04	9,69	7,26	5,99	6,43
Anbieter G	S281859, S281952	0,65	0,48	0,48	0,35	0,24
Anbieter G	S281855, S281928	0,59	0,54	0,57	0,49	0,31
Anbieter I	74537, 74535	1,76	1,39	1,35	1,02	0,77
Anbieter I	74536, 74538	1,01	0,91	0,94	0,79	0,64
Anbieter I	74534, 74539	1,13	0,81	0,79	0,58	0,52

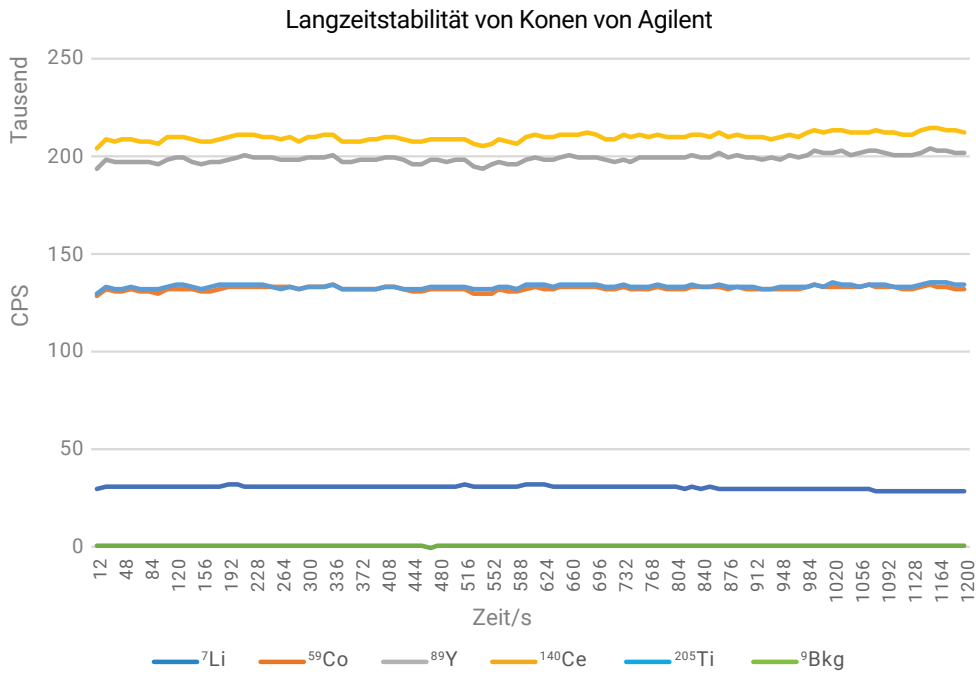


Abb. 17. Langzeitstabilität (über zwei Stunden) für original Agilent Konen (Seriennummer FF068, EL568) nach der Vorkonditionierung.

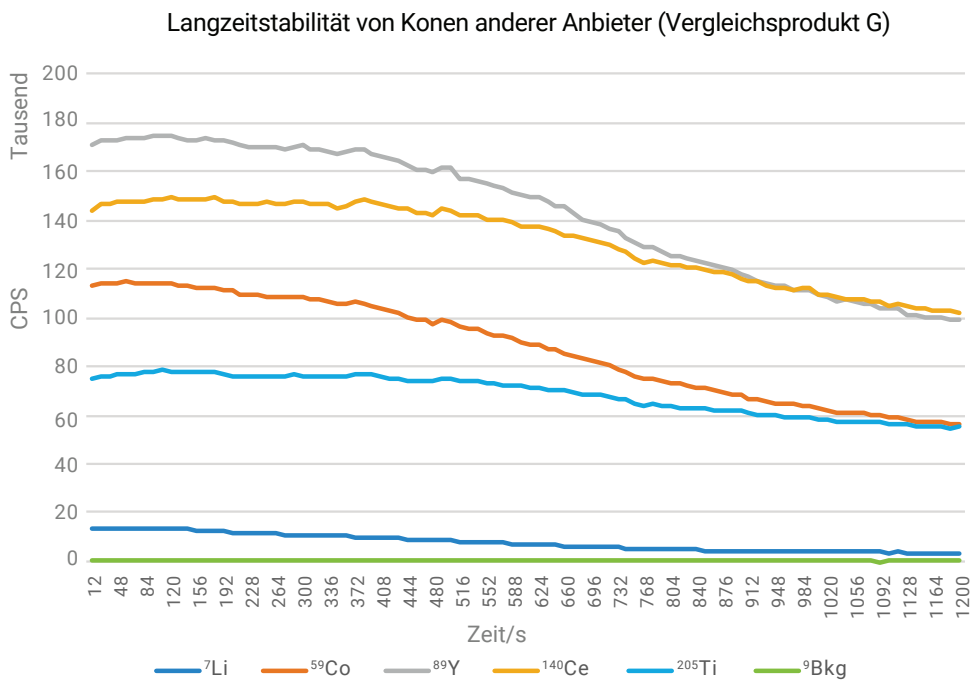


Abb. 18: Langzeitstabilität (über zwei Stunden) für Konen von Anbieter G (Seriennummer S281849, S281931) nach der Vorkonditionierung.

Benutzerfreundlichkeit

Agilent Interface-Konen sind so konzipiert, dass sie sofort einsatzbereit sind. Agilent ist der einzige Hersteller, der Anweisungen zur Handhabung und Konditionierung zur Verfügung stellt, die das Risiko einer versehentlichen Beschädigung der Konen reduzieren und helfen, sofort hervorragende Ergebnisse zu erzielen.

Die für Agilent Konen verwendeten biologisch abbaubaren Verpackungen aus gepresstem Karton sind manipulationssicher, wiederverwendbar und umweltfreundlich. Sie sind dazu ausgelegt, die Konen vor Beschädigungen durch unachtsamen Umgang zu schützen, insbesondere während des Versands. Das enthaltene Trockenmittel bietet zusätzlichen Schutz vor Feuchtigkeitsschäden, insbesondere in feuchten Umgebungen. Die einfache Überprüfung der manipulationssicheren Versiegelung bietet zuverlässige Gewissheit, dass die Konen so sauber sind wie direkt nach der Herstellung.

Agilent verwendet außerdem eine eindeutige Kennzeichnung, die eine leichte Identifizierung der Konustypen, die unkomplizierte Verwaltung des Bestands und die einfache Bestellung von Ersatzkonen im Bedarfsfall ermöglicht.

Es empfiehlt sich, die Verpackung aufzubewahren und zur dauerhaften Lagerung der Konen zu verwenden, wenn sie nicht auf dem Agilent ICP-MS-Gerät verwendet werden. Damit ist gewährleistet, dass die Konen auch während der Lagerung gut geschützt sind. Darüber hinaus kann die Verpackung auch verwendet werden, um den gebrauchten Konus am Ende seiner Lebensdauer an Agilent zurückzuschicken und im Rahmen des Agilent Platin-Konus-Eintauschprogramms eine Gutschrift für die nächste Bestellung zu erhalten.*

Was macht Agilent Konen so besonders?

Diese Übersicht enthält einen ausführlichen Vergleich zwischen Interface-Konen (Proben- und Skimmer-Konen) von Agilent und verschiedenen Anbietern unter besonderer Berücksichtigung jener Aspekte, die für die ICP-MS-Analyseleistung kritisch sind.

Konen von anderen Herstellern wiesen erhebliche Gewichtsunterschiede zu original Agilent Konen auf, was darauf hinweist, dass sie sich auch im Design von Agilent Konen unterscheiden. Die untersuchten Kegel zeigten außerdem eine schlechtere Oberflächenbeschaffenheit und Unterschiede kritischer Abmessungen, was sich nachteilig auf die Leistung auswirkt. Im schlimmsten Fall passt ein nicht von Agilent stammender Konus nicht einmal auf die Skimmerbasis.

Original Agilent Konen bieten im gesamten Massenbereich eine hervorragende Empfindlichkeit. Alle nicht von Agilent stammende Konen wiesen im Zustand nach Erhalt und nach der Vorkonditionierung eine geringere Empfindlichkeit auf.

Original Agilent Konen hatten außerdem den niedrigsten Hintergrund. Unterschiede in der Full-Scan-Scatterplot-Analyse der Hintergrundcounts der Geräte in Kombination mit Empfindlichkeitsverlusten haben gezeigt, dass nicht von Agilent stammende Konen auch die erreichbaren Hintergrundäquivalenzkonzentrationen (BECs) und Nachweisgrenzen herabsetzen.

ICP-MS-Geräte von Agilent verwenden automatische voreingestellte Plasmabedingungen und Autotuning, um bei den Anwendungen robuste Bedingungen und Signalstabilität für Matrixtoleranz zu bieten. Die von den Interface-Konen herrührende Signalstabilität wird durch mehrere Faktoren beeinflusst. Bei Verwendung von nicht von Agilent stammenden Konen sind sowohl die Kurz- als auch die Langzeitstabilität beeinträchtigt, was zu einem Gerätedrift führt und das Risiko von QC-Fehlern erhöht. Dies kostet Zeit und Geld aufgrund von Wiederholungsanalysen und Produktivitätseinbußen. Nur original Agilent Konen werden auf Agilent ICP-MS-Systemen entwickelt und ausgiebig getestet, um sowohl Empfindlichkeit als auch Stabilität in der Praxis zu gewährleisten.

Beim Routinebetrieb eines ICP-MS sind Konen in der Regel das Verbrauchsmaterial, das die meisten Kosten verursacht. Schützen Sie Ihre Investition, indem Sie sich für die benutzerfreundlichen original Agilent Konen entscheiden. Nur original Agilent Konen enthalten Anleitungen zur Handhabung und Konditionierung. Unsere 100%ige Qualitätsprüfung und Verpackung gewährleisten, dass die Konen genau die Leistung bieten, die die Single Quadrupol- und Triple-Quadrupol-ICP-MS-Geräteserien von Agilent erfordern.

Weitere Ressourcen

[Agilent Online Store Interface-Konen](#)

Konus-Pflegepakete

• [Online bestellen](#)

• [Kontaktformular](#)

[ICP-MS Ressourcenseite](#)

[Video zur Fehlersuche in der Interface-Region](#)

[Eintauschprogramm zum Recycling von Pt-Konen](#)

[Spektroskopiezubehör und Verbrauchsmaterialien](#)

[ICP-MS-Produktseite](#)

* Weitere Details erhalten Sie auf agilent.com/chem/PtCone oder auf Nachfrage bei der zuständigen Niederlassung vor Ort. Dieses Programm ist derzeit in Nordamerika, der EMEA-Region und in Japan verfügbar, sowie bei autorisierten Agilent Vertriebspartnern in den oben genannten Regionen.

www.agilent.com/chem

Änderungen vorbehalten.

© Agilent Technologies, Inc. 2019
Gedruckt in den USA, 21. März 2019
5994-0798DEE

