

Leistungsbeschreibung Beschaffung eines ICP-MS-Messplatzes

Der zu beschaffende ICP-Messplatz muss folgende Leistungsmerkmale aufweisen:

1 Anforderung Gesamtsystem: 1.1 Gerätetyp: Single-Quadrupol-ICP MS (SQ-ICP-MS) der neuesten Generation

1.2 Analytisches Spektrum: Das System muss für die simultane Multielement-Analytik im Spuren- und Ultra-Spurenbereich validiert sein. Dies umfasst leichte Metalle (z. B. Li), Übergangsmetalle, Erdalkalimetalle, Refraktärmetalle und Schwermetalle (z. B. Al, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pt, Cd, Pb).

1.3 Probenmatrix: Die Integration eines softwaregesteuerten Aerosolverdünnungssystems mit einem Verdünnungsfaktor von mindestens 50-fach oder höher ist zwingend erforderlich. Die Regulierung des Verdünnungsfaktors über die kontrollierte Argon-Gasdosierung muss flexibel und stufenlos direkt über die geräteeigene Autotune-Software erfolgen. Bei jeder Anpassung des Verdünnungsfaktors müssen die Plasma- und Ionenoptik-Parameter vom System vollautomatisch und ohne manuellen Anwendereingriff nachoptimiert werden. Dies ist zwingend notwendig, um die Anforderungen der TRGS 402 sowie der TRGS 900 bei wechselnden und hochbelasteten Probenmatrizen reproduzierbar und ohne manuelle Flüssigverdünnung zu erfüllen. → *Der Nachweis ist durch offizielle Werksgarantien oder Spezifikationsblätter im Angebot zu belegen.*

1.4 Interferenzunterdrückung: Das System muss mit einer integrierten Kollisions-/Reaktionszelle (CRC) ausgestattet sein. Die Beseitigung von polyatomen Interferenzen mittels kinetischer Energiediskriminierung (KED) im reinen Helium-Modus muss als Standardmethode implementiert sein. → *Der Nachweis ist durch offizielle Werksgarantien oder Spezifikationsblätter im Angebot zu belegen.*

1.5 Hintergrundrauschen: Das instrumentelle Hintergrundrauschen im messgasfreien Betrieb (No-Gas-Modus) darf den herstellergarantierten Höchstwert von $\leq 1,0$ cps auf einer analytisch ungestörten Testmasse (z. B. $m/z = 9$, $m/z = 4,5$ oder $m/z = 220$) nicht überschreiten. Dieses minimale Rauschen gewährleistet die maximale analytische Sicherheit für extrem niedrige Grenzwerte im Arbeitsschutz (z. B. nach

TRGS 910). → *Der Nachweis ist durch offizielle Werksgarantien oder Spezifikationsblätter im Angebot zu belegen.*

1.6 Plasma-Robustheit: Zur Gewährleistung einer hohen Plasmastabilität und Matrixrobustheit darf die Cer-Oxid-Bildungsrate ($^{156}\text{CeO}^+ / ^{140}\text{Ce}^+$) im Standard-Modus ohne Gasdosierung (No-Gas-Modus) den Wert von $\leq 1,5\%$ nicht überschreiten, um die normativen und gesetzlichen Vorgaben der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) sowie der TRGS 402 rechtssicher zu erfüllen. → *Der Nachweis ist durch offizielle Werksgarantien oder Spezifikationsblätter des Herstellers im Angebot zu belegen.*

1.7 Plasma-Konfiguration: Das System muss über ein physikalisch oder elektronisch kontrolliertes/geerdetes Plasma verfügen und eine minimale kinetische Energieverteilung der Ionen gewährleisten.

1.8 Warm-up Plasma: Die Betriebsbereitschaft aus dem Standby bis zum Start einer stabilen, qualitätsgesicherten Messung (Konditionierungsphase) muss in ≤ 30 Minuten erreicht sein. → *Der Nachweis ist durch offizielle Werksgarantien oder Spezifikationsblätter des Herstellers im Angebot zu belegen.*

1.9 Kopplungsmöglichkeit: Das ICP-MS-Gesamtsystem muss direkt mit Flüssigkeitschromatographie- (HPLC)) koppelbar sein. Zur Vermeidung von Schnittstellenrisiken wird eine Gesamtlösung bevorzugt, bei der ICP-MS und HPLC vom selben Hersteller stammen und über eine gemeinsame Software gesteuert werden. → *Dies wird im Punktesystem maximal bewertet.*

2 Massenanalysator und Detektor: 2.1 Detektordynamik: Der Detektor muss über einen weiten linearen Arbeitsbereich von mindestens 9 bis 10 Dekaden verfügen, um Hauptkomponenten und Spuren simultan im selben Messlauf ohne zusätzliche manuelle Verdünnungsschritte zu erfassen.

2.2 Massenbereich & Scan-Speed: Der Massenfilter muss den Bereich ab $m/z \geq 2$ bis hin zu $m/z \geq 260$ abdecken. Die Scangeschwindigkeit von Lithium bis Uran muss ≥ 4.000 amu/s betragen.

2.3 Halbquantitatives Screening: Ein vollflächiges Screening über den gesamten Massenbereich muss in ≤ 2 s möglich.

2.4 Detektoranordnung: Die wirksame Abtrennung von Neutralteilchen und Photonen muss über ein Ionenlinsensystem mit integriertem Photonenstopp durch Umlenkung des Ionenstrahls realisiert sein. → *Sofern diese Umlenkung in einem 90 Grad Winkel erfolgt, ist mit dem Angebot ein belegbarer Nachweis (z.B. Geräterohdaten, Werkzertifikate) vorzulegen. Dieser muss zweifelsfrei dokumentieren, dass durch die Strahlumlenkung keinerlei Einbußen der Empfindlichkeit (Signal-Rauschverhältnis) im unteren Massenbereich auftreten.*

3 Vorvakuumpumpe: 3.1 Säureresistente Vorvakuumpumpe: Die angebotene Drehschieberpumpe muss konstruktiv gegen saure Dämpfe geschützt sein. Trockenlaufende (ölfreie) Systeme sind nicht zulässig.

3.2 Chemisch inertes Pumpenöl: Die angebotene Vorvakuumpumpe muss ab Werk vollständig mit synthetischen Spezialöl befüllt geliefert werden. Standard-Mineralöle sind unzulässig.

3.3 Gasballast-Funktion: Die Vorvakuumpumpe muss mit einer regulierbaren Gasballast-Einrichtung ausgestattet sein.

3.4 Sicherheitsventil: Das Vakuumsystem muss über ein automatisches, mechanisches oder softwaregesteuertes Absperrventil verfügen.

3.5 Schallschutzgehäuse: Ein belüftetes, rollbares und wartungsfreundliches Schallschutzgehäuse für die Vorvakuumpumpe ist mitzuliefern

4 Kühlsystem /Chiller 4.1 Kühlsystem: Das luftgekühlte Kompressor-Kühlsystem muss eine kontinuierliche Wärmeabfuhr gewährleisten und vollständig mit dem ICP-MS-Analysensystem gekoppelt sein. Über eine integrierte Kommunikationsschnittstelle muss ein automatischer Start und Stopp des Kühlkreislaufs synchron zum Zünden und Abschalten des Plasmas erfolgen.

4.2 Sicherheits-Notabschaltung: Bei einem Kühlungsfehler, unzureichendem Durchfluss oder Temperaturüberschreitung muss eine sofortige, automatische

Notabschaltung des Plasmas über das System (Hard- oder Softwareseitig) erfolgen, um Hardwareschäden an dem Torch und dem Interface sicher zu verhindern.

5 Gasversorgung. 5.1 Argon-Gasversorgung: Der Anschluss und der stabile Routinebetrieb des ICP-MS müssen mit Argon-Gasflaschen der Standardspezifikation (300 bar, 50 L) uneingeschränkt und ohne Leistungseinbußen möglich sein. Das geräteseitige Gaseingangssystem muss für einen moderaten Eingangsdruck von < 10 bar ausgelegt sein.

5.2 Helium-Gasversorgung: Die geräteseitige Versorgung mit Kollisions- und Reaktionsgasen muss für den flexiblen Anschluss an Druckgasbehälter variabler Größe (z. B. Kleinflaschen ab 10 L bis zu Standardflaschen mit 50 L Nennvolumen) ausgelegt sein.

5.3 Gasqualität/Betriebskosten: Das Gesamtsystem muss für den störungsfreien, analytischen Betrieb mit herkömmlichem Argon-Gas (Mindestanforderung: Argon 4.6) ausgelegt sein. Dies dient der langfristigen Optimierung der laufenden Betriebskosten bei unregelmäßigem Laborbetrieb.

5.4 Gasverbrauch Stillstands-Phasen/Betriebskosten: Im Standby-Betrieb (Vakuumssystem aktiv, Plasma aus) muss der Argonverbrauch rechnerisch und real 0 L/min betragen. → Der Nachweis ist durch offizielle Werksgarantien oder Spezifikationsblätter des Herstellers im Angebot zu belegen.

5.5 Gasverbrauch/ Betriebskosten: Der Hersteller hat den Gesamtdurchsatz an Argon-Gas im aktiven Messmodus unter standardmäßigen Bedingungen für Hochmatrix-Proben (inkl. aktivierter Online-Aerosolverdünnung) verbindlich in L/min anzugeben. → *Ein geringer Argon-Gasverbrauch < 20 L/min wird im Sinne der Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit mit der Maximalpunktzahl bewertet. Der Nachweis ist durch offizielle Werksgarantien oder Spezifikationsblätter des Herstellers im Angebot zu belegen.*

6 Autosampler / Interner Standard 6.1 Kapazität: Das System muss mit einem kompakten, laborplatzeffizienten Autosampler inklusive einer transparenten

Abdeckhaube ausgestattet sein. Die Probenkapazität ist für ein geringes bis mittleres Aufkommen ausgelegt. Das System muss flexibel Standard-Gefäße mit 15 ml und 50 ml Nennvolumen aufnehmen können.

6.2 Integriertes Mehrwege-Schaltventil: Um Totzeiten (Spül- und Aufnahmezeiten) zu eliminieren und den Argonverbrauch pro Probe massiv zu senken, muss ein automatisiertes Mehrwege-Schaltventil integriert sein. Das Ventil muss so gesteuert werden, dass die Befüllung der Probenschleife für die Folgeprobe vollständig parallel zur laufenden Messung der aktuellen Probe erfolgt.

6.3 Interner Standards (IS): Eine vollautomatische, kontinuierliche und homogene Online-Zumischung des internen Standards (IS) über die geräteeigene Peristaltikpumpe muss zur automatischen Drift-Korrektur während der laufenden Messung möglich sein.

6.4 Autokalibrierung & Intelligente Verdünnung: Das Gesamtsystem muss in der Lage sein, eine mehrstufige Kalibrierkurve vollautomatisch aus einer einzigen Stammlösung zu erstellen. Bei einer Messbereichsüberschreitung (Overrange) muss das System die Probe selbstständig anhand vordefinierter Kriterien nachverdünnen und erneut messen.

6.5 Software-Integration: Sämtliche Funktionen zur Steuerung des Mehrwegeventils, der automatischen Verdünnungsstufen sowie aller Systemüberwachungen müssen vollständig und nativ in der herstellereigenen ICP-MS-Bediensoftware implementiert sein. Die Einbindung über herstellerfremde Software-Plugins, separate Applikationsfenster oder Drittanbieter-Treiber ist unzulässig.

7 PC-Arbeitsplatz: 7.1 Steuerungs- und Auswerteeinheit (IT): Lieferung eines betriebsfertigen, leistungs-starken PC-Systems inklusive Betriebssystem, ICP-MS-Gerätesoftware und ein passendes Office-Paket (Textverarbeitung, Tabellenkalkulation, Präsentation). Alle Softwarekomponenten müssen als zeitlich unbegrenzte Kauflizenzen (keine Mietmodelle) bereitgestellt werden. Der dauerhafte Betrieb muss vollständig offline, ohne Internetverbindung garantiert sein.

7.2 Monitor: Zum Lieferumfang gehört ein hochauflösender Single 27-Zoll WQHD-Monitor im Bildformat 16:9 mit einer nativen Auflösung von mindestens 2560 × 1440

Pixeln. Das Display muss über eine aktuelle, ergonomische Arbeitsplatzzertifizierung nach ISO 9241-307 verfügen und inklusive einer robusten, flexibel einstellbaren Tisch-Monitorhalterung (z. B. Schwenkarm) geliefert werden.

7.3 Tastatur und Maus: Eine passende ergonomische Tastatur und Maus sind mitzuliefern.

7.4 PC-Gehäusehalterung (CPU-Halterung): Aufgrund von akutem Platzmangel auf der Tischoberfläche und zur Sicherstellung einer optimalen Labortischausnutzung ist eine robuste, mechanische PC-Gehäusehalterung (CPU-Halterung) mitzuliefern. Die Halterung muss wahlweise für die stabile Untertischmontage (Verschraubung unter der Laborarbeitsplatte) oder für die direkte Befestigung am Labortischgestell ausgelegt sein.

8 Steuersoftware: 8.1 Gerätesoftware und Analysenprofile: Zum Lieferumfang muss die aktuellste Voll-version der herstellerspezifischen ICP-MS-Steuerungs- und Auswertesoftware gehören. Die Benutzeroberfläche der Software muss wahlweise in Deutsch oder Englisch verfügbar sein. Die Software muss standardmäßig Methoden für quantitative, semi-quantitative, Isotopenverdünnungs- sowie Isotopenverhältnisanalysen nativ unterstützen und auswerten können.

8.2 Software-Updates: Der Hersteller muss die kostenfreie Bereitstellung sämtlicher Software-Patches zur Fehlerbehebung und Leistungsverbesserung ab dem Installationsdatum garantieren. Aufgrund fehlender Internetanbindung im Labor hat das Einpielen dieser Softwareaktualisierungen über einen physischen Datenträger (z. B. USB-Stick) oder durch den Servicetechniker im Rahmen der jährlichen Wartung vor Ort zu erfolgen.

8.3 Automatisierte Arbeitsabläufe und Datenexport: Die Software muss über einen integrierten, softwarebasierten Methodenassistenten verfügen, der den Anwender Schritt für Schritt durch die Erstellung neuer Messmethoden führt. Es müssen frei konfigurierbare, automatisierte Start- und Abschalt-routinen (z. B. zeitgesteuertes Zünden des Plasmas, automatisiertes Aufwärmen und selbstständige Qualitätskontroll-Messungen/Tuning) vorhanden sein, um das System vor Arbeitsbeginn selbstständig in den messbereiten Zustand zu versetzen. Ein direkter Datenexport der Messergebnisse nach Microsoft Excel (z. B. als .xlsx oder .csv) muss standardmäßig möglich sein.

8.4 Netzwerkauswertung und Büro-Arbeitsplätze: Die Datennachbearbeitung und Auswertung über das bestehende Labornetzwerk muss vollumfänglich unterstützt werden. Das Angebot muss hierzu kosten- und lizenzgebührenfreie Software-Lizenzen für mindestens einen separaten Büro-Arbeitsplatz zur zeitversetzten Daten-nachbearbeitung und Reportgenerierung beinhalten → *Bereitstellung mehrerer kostenfreier Software-Lizenzen für separate Büro-Arbeitsplätze zur Datennachbearbeitung wird im Punktesystem mit der maximalen Punktzahl bewertet.*

9 Interne Laborwartung & Instandhaltung 9.1 Hardware-Resistenz: Das gesamte Probenaufgabesystem (Autosampler, Vernebler, Sprühkammer, Torch, Interface) muss für den langfristigen Betrieb im sauren Medium (HCL/HNO₃) und Proben mit hohem Matrixanteil (hohe Salzlaster) ausgelegt und korrosionsbeständig sein. → *Der Nachweis ist durch Gerätedaten oder Spezifikationsblätter des Herstellers im Angebot zu belegen.*

9.2 Werkzeugminimierte Routine-Wartung: Alle gängigen Verschleißteile (Torch, Sprühkammer, Peristaltikpumpe, Interface-Konen) müssen für das Laborpersonal leicht zugänglich und mit minimalem Werkzeugeinsatz (idealerweise werkzeuglos) zu warten oder zu tauschen sein. → *Dies hat der Hersteller im Angebot detailliert und nachvollziehbar zu beschreiben.*

9.3 Softwaregestützte Wartung & Logbuch: Ein integrierter Wartungsassistent in der Steuerungssoftware mit visueller Schritt-für-Schritt-Anleitung zur Durchführung und Dokumentation von Eigenwartungen wird vorausgesetzt. Zudem muss die Software ein automatisches Logbuch zur Überwachung von Verschleißteilen (Zählung von Betriebsstunden, Messungen oder Injektionen) enthalten.

9.4 Cone-Wartung: Die im Routinebetrieb zu reinigenden Komponenten (Cones) müssen für den Anwender so zugänglich sein, dass eine Reinigung oder ein Austausch ohne vollständige Belüftung und stundenlanges Abpumpen des Hauptvakuums (Quadrupol/Detektor) möglich ist. → *Der Nachweis ist durch Gerätedaten oder Spezifikationsblätter des Herstellers im Angebot zu belegen.*

10 Service, Lieferzeit & Gültigkeit: 10.1 Direkter Technischer Support: Der herstellerseitige technische Support muss im Störfall eine verbindliche Reaktionszeit von maximal 24 Stunden (an Werktagen, Montag bis Freitag) ab dem Zeitpunkt der schriftlichen oder telefonischen Fehlermeldung garantieren. Diese Erstbehebung oder Fehleranalyse hat durch einen qualifizierten Techniker oder Applikationschemiker zu erfolgen. Ein Vor-Ort-Einsatz muss – falls erforderlich – innerhalb von maximal 48 Stunden nach dessen Beauftragung eingeleitet werden.

10.2 Verfügbarkeit Vor-Ort-Technikern: Nachweis eines deutschlandweiten Service-netztes mit qualifizierten Technikern für schnelle Vor-Ort-Einsätze bei Störfall.

10.3 Vor-Ort-Begehung: Zwingend erforderlich ist eine dokumentierte Vor-Ort-Begehung des Laborraums durch den Hersteller vor der Auslieferung zur Prüfung der Infrastruktur.

10.4 Lieferung & Gültigkeit: Die Auslieferung des Gesamtsystems sowie die Rechnungsstellung müssen bis **15.12.2026** erfolgen, gerechnet ab dem Eingang der schriftlichen Bestellung. Das Angebot muss eine bindende Gültigkeit von mindestens 60 Tagen ab dem Abgabetermin besitzen.

10.5 Installation: Das gesamte System ist vor Ort am Sitz der BAuA Dortmund vollständig zu installieren, in Betrieb zu nehmen inklusive einer vollständigen Geräte-Einweisung des Laborpersonals durch einen qualifizierten Techniker des Herstellers.

10.6 Methodenimplementierung: Innerhalb von zwei Wochen nach Systeminstallation hat eine anwendungsspezifische Methodenimplementierung am BAuA-Sitz in Dortmund für maximal drei Personen zu erfolgen.

10.7 Garantiertes Ersatzteillager in Europa: Zusage, dass alle gängigen Ersatzteile in einem europäischen Zentrallager vorrätig sind, um Lieferzeiten von max. 24-48 Stunden zu sichern.

10.8 Drittanbieter-Verbrauchsmaterialien: Das Gesamtsystem muss für den hersteller-unabhängigen Einsatz zertifizierter Drittanbieter-Verschleißteile (Cones, Torch, Zerstäuber, Schläuche, PFPE-Öle) ohne Verlust der Gerätegewährleistung freigegeben sein. → *Der Nachweis ist durch Websites spezialisierter Drittanbieter, die zertifizierte Teile anbieten, zu belegen.*

10.9 Wartung innerhalb der Gewährleistung: Die Durchführung aller herstellerseitig vorgeschriebenen Wartungsarbeiten innerhalb des Gewährleistungszeitraums muss im Angebot verbindlich zugesichert werden. Dies umfasst sämtliche anfallenden Jahreswartungen inklusive aller Kosten für Arbeitszeit, Anfahrt sowie Verschleißteile.

10.10 Gewährleistung: Die Gewährleistungsfrist für das Gesamtsystem muss mindestens 24 Monate ab erfolgreicher Unterzeichnung des Abnahmeprotokolls betragen. → *Eine über die Mindestanforderung hinausgehende Gewährleistungsfrist führt zu einer gestaffelt höheren Punktzahl.*

10.11 Langfristige Ersatzteilgarantie: Schriftliche Bestätigung, dass Ersatzteile und Support für das angebotene Modell für mindestens 7 Jahre nach Produktionsende lieferbar sind. → *Eine über die Mindestanforderung hinausgehende Ersatzteilgarantie führt zu einer gestaffelt höheren Punktzahl.*

11 Optionale Leistung: 11.1 Verbrauchsmaterialien & Erstausrüstung (Optional): Dem Angebot kann ein vollständiges, spezifiziertes Erstausrüstungs-Set an Verbrauchsmaterialien als optionale Position beigelegt werden. Dieses Set muss mindestens beinhalten:

- ✓ 1 x Sprühkammer
- ✓ 1 x vollständiges Fackelset
- ✓ 1 x Zerstäuber
- ✓ 1 x vollständiger Interface-Conen-Satz mit Reinigungskit
- ✓ 2 x Probenschleife für 10 ml Probenvolumen (Schaltventil)
- ✓ 2 x 1-Liter-Flasche Vakuumpumpenöl

11.2 Labortisch: Dem Angebot kann ein hochbelastbarer Labortisch ohne Rollen (max. 200cm (L) x max. 80cm (T) x max. 85cm (H)), der speziell für die betriebssichere Aufstellung des ICP-MS-Systems inklusive aller Peripheriekomponenten mit ausreichender Sicherheitsreserve ausgelegt ist, als optionale Position beigelegt werden.

11.3 Autosampler-Rollwagen: Passend zum stationären Labortisch ist ein speziell für den Autosampler konstruierter, säurebeständiger Rollwagen mit arretierbaren Fest-stellrollen mitzuliefern. Die Tischplatte des Rollwagens muss mit dem Haupt-tisch abschließen.

11.4 Schulungsguthaben: Dem Angebot kann ein vertraglich vereinbartes Schulungskontingent (z.B. Trainings-Credits) als optionale Position beigelegt werden. Dieses muss die Kosten für die Teilnahme von jeweils zwei Personen an mehrtätigen, praxisnahen Anwenderschulungen sowie Troubleshooting- und Wartungskursen in den hersteller-eigenen Schulungszentren vollständig abdecken. Die Gültigkeit des Guthabens muss mindestens drei Jahre ab Geräteabnahme betragen.

11.5 Fester Wartungsvertrag (5 Jahre): Optionaler 5-Jahres-Wartungsvertrag im Anschluss an die Gewährleistung; jährliche Präventivwartung als All-Inclusive Pauschale (Arbeitszeit, Fahrt, Spesen, Verschleißteile).