



### Analyse von Meeressedimenten und Klärschlamm mit dem PlasmaQuant MS

#### Einleitung

Zur Bewertung der potentiellen Ökotoxizität von Böden, Sedimenten und insbesondere Klärschlämmen ist die konstante Überwachung des Schwermetallgehalts notwendig. Die Wiederverwertung von Klärschlamm ist eng an Umweltvorschriften gebunden, sodass eine genaue Charakterisierung erforderlich ist. Industrieabwässer und -abfälle unterliegen ebenfalls strengen Vorschriften und müssen regelmäßig überprüft und charakterisiert werden. Die Bestimmung von schädlichen und toxischen Elementen in festen Materialien erfordert ein Aufschlussverfahren vor der Analyse. Je nach Probentyp, Matrixzusammensetzung und den Analyten variiert der Schwierigkeitsgrad der Probenvorbereitung. In dieser Arbeit wurde die Probenvorbereitung durch mikrowellenunterstützte saure Mineralisierung durchgeführt.

#### Herausforderung

Quantifizierung von Haupt-, Neben- und Spurenelementen in komplexer Probenmatrix.

#### Lösung

PlasmaQuant MS liefert zuverlässige, präzise und genaue Ergebnisse im Konzentrationsbereich von Spuren- bis Hauptelementen.

Insgesamt wurden 26 Haupt- (%), Neben- (ppm) und Spurenelemente (ppb) in drei zertifizierten Referenzmaterialien (CRM, zwei Klärschlämme: BCR-144R und CRM055, ein Meeressediment: PACS-2) bestimmt. Die erzielten Ergebnisse zeigen eine ausgezeichnete Übereinstimmung mit den zertifizierten Werten. Wiederfindungsraten in dotierten Proben von 90 % bis 104 %, eine Genauigkeit mit Z-Score Unsicherheiten zwischen -2,0 und +2,0 sowie eine Präzision von weniger als 5 % relativer Standardabweichung (RSD) beweisen die Robustheit der Methode und ihre Anwendbarkeit auf Umweltproben.

## Material und Methode

### Geräteparameter

Alle analytischen Arbeiten wurden unter Einsatz der im PlasmaQuant MS integrierten Kollisions-/Reaktionszelle (iCRC) durchgeführt, um potentiell entstehende polyatomare Interferenzen zu beseitigen. Die patentierte ReflexION Ionenoptik sorgt mit dem einzigartigen 90° Ionenspiegel für eine hohe Empfindlichkeit und somit für verbesserte Präzision und Genauigkeit aller Analysen. Der serienmäßige digitale Detektor (ADD) ermöglicht das Arbeiten in einem linearen dynamischen Bereich von elf Größenordnungen, ohne den Detektionsmodus zu ändern. Somit ist die Bestimmung der Haupt-, Neben- und Spurenelementkonzentrationen in einer Messung ohne die Notwendigkeit regelmäßiger Detektorkalibrationen möglich. Das ICP-MS-System wurde mit einem Autosampler ASPQ 3300 gekoppelt.

Alle Experimente wurden in einem analytischen Routinelabor (nicht unter Reinraum-Bedingungen) durchgeführt. Die Geräteeinstellungen einschließlich der Modi der integrierten iCRC, die Helium- und Wasserstoffgase zur Verminderung der spektroskopischen Interferenzen von Übergangsmetallen verwenden, sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Geräteeinstellungen – PlasmaQuant MS

Parameter	Spezifizierung
Plasmagasstrom	9,0 l/min
Hilfsgasstrom	1,10 l/min
Zerstäubergasstrom	1,07 l/min
iCRC-Gas-Einstellung	kein Gas für <sup>7</sup> Li, <sup>9</sup> Be, <sup>59</sup> Co, <sup>66</sup> Zn, <sup>98</sup> Mo, <sup>107</sup> Ag, <sup>206+207+208</sup> Pb, <sup>238</sup> U He – 130 ml/min for <sup>23</sup> Na, <sup>31</sup> P, <sup>24</sup> Mg, <sup>27</sup> Al, <sup>39</sup> K, <sup>44</sup> Ca, <sup>51</sup> V, <sup>52</sup> Cr, <sup>55</sup> Mn, <sup>60</sup> Ni, <sup>65</sup> Cu, <sup>86</sup> Sr, <sup>114</sup> Cd und <sup>205</sup> Tl H <sub>2</sub> – 120 ml/min für <sup>33</sup> S, <sup>54</sup> Fe, <sup>75</sup> As and <sup>78</sup> Se
Leistung der Hochfrequenz	1,20 kW
Haltezeit	30 ms
Scans pro Wiederholung	25 (Peak Hopping, 1pt/Peak)
Wiederholungen	5
Pumprate	20 rpm – schwarz/schwarz PVC Pump Tubing (<1ml/min)
Fackel	Fassel Fackel mit 2.4mm Injektor
Konen	Ni-Sampler und Ni-Skimmer
Tiefe der Probennahme	6,0 mm
Zerstäubertyp	MicroMis <sup>STM</sup> 0,4 ml/min (Quartz konzentrisch)
Ionenoptik	Auto-optimiert
Zerstäuberkammertyp	Quartz Glas Scott-Typ mit Peltier Kühlung
Temperatur der Zerstäuberkammer	3 °C
Interne Standards	Sc, Y, Ge, Rh, In, Ir, Tb und Bi, 5 µg/l, Interpolationskorrektur

### Proben und Reagenzien

Die folgenden hochreinen Reagenzien wurden für alle Lösungen verwendet:

- Entionisiertes Wasser (>18.2 MΩ\*cm, Millipore MilliQ)
- Salpetersäure Suprapur – 69 % (ROTIPURAN® Supra)
- Salzsäure Suprapur – 35 % (ROTIPURAN® Supra)

## Probenvorbereitung

Die drei Referenzmaterialien wurden in einem Mikrowellenaufschluss-System unter Verwendung der in Tabelle 2 dargestellten Einstellungen aufgeschlossen. Nach dem Aufschluss wurden die Proben auf Umgebungstemperatur abgekühlt, mit entionisiertem Wasser auf 50 ml aufgefüllt und vor der Analyse durch eine Whatman-Membran filtriert. Danach wurden alle Proben 100-, 20- und 10-fach verdünnt. Da alle Proben zertifizierte Werte aufwiesen, wurde neben der Wiederfindungsrate in dotierten Proben auch der Z-Score zur Bewertung der Genauigkeit verwendet.

$$Z - score = \frac{(x - \mu)}{\delta}$$

Wobei x für den erhaltenen Mittelwert,  $\mu$  für den Referenzwert und  $\delta$  für die Unsicherheit des Referenzwertes steht.

*Hinweis:* Ein Z-Score zeigt an, wo der Wert auf der Kurve einer Normalverteilung liegt. Ein Z-Score von 0 beschreibt ein Ergebnis, das genau dem zertifizierten Durchschnittswert entspricht, während ein Z-Score von +3,0 einen Wert beschreibt, der viel höher als der Durchschnitt ist. Ein Z-Score zwischen -2,0 und +2,0 wird durch eine Normalverteilung mit 97,72 % definiert.

Tabelle 2: Parameter des Aufschlussverfahrens verwendet vom Mikrowellenaufschluss-System

Parameter	Spezifizierung
Probenmenge	0,5 g getrocknet und gesiebt
H <sub>2</sub> O	2 ml
HNO <sub>3</sub>	7,5 ml
HCl	2,5 ml
Gefäß	PM60
Aufheizphase 1 / Zeit	140 °C / 5 min
Aufheizphase 2 / Zeit	175°C / 5 min
Aufheizphase 3 / Zeit	210 °C / 20 min
Abkühlphase / Zeit	50 °C / 30 min
Endvolumen	50 ml mit hochreinem H <sub>2</sub> O vor der Analyse durch einen Whatman N°.42 filtriert

## Kalibrierung

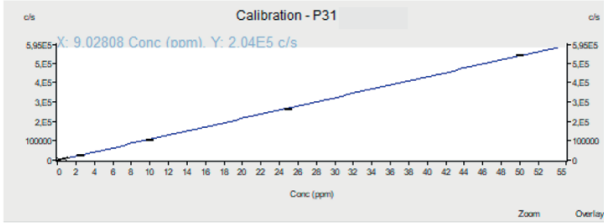
Die Methode wurde mit Multielementstandards mit Konzentrationen von 0,5, 5, 25, 50, 250 und 500 µg/l für die Nebenelemente Li, Be, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Sr, Mo, Ag, Cd, Tl, Pb und U und mit Konzentrationen von 0,5, 1, 2,5, 10, 25, 50 mg/l für P, S, Na, K, Al, Ca, Mg und Fe kalibriert. Alle Lösungen wurden in 50 ml Kunststoffröhrchen von SARSTEDT unter Verwendung von 1 % HNO<sub>3</sub> hergestellt. Die Kalibrierungskurven in Abbildung 1 zeigen gute Beispiele für die Leistung des PlasmaQuant MS bei definierten Konzentrationsniveaus. Alle Kalibrierungen wurden mit Korrelationskoeffizienten von mehr als 0,9999 im getesteten Bereich gemessen.

## Auswertung

Entsprechend der zu erwartenden Interferenzen für bestimmte m/z-Werte, wurden verschiedene Isotope unter Verwendung von Kollisionsgas (He) oder eines reaktiven Gases (H<sub>2</sub>) mittels der iCRC-Technologie von Analytik Jena gemessen. Innerhalb einer Messung wurden alle Bedingungen mit Schaltzeiten von 30 Sekunden verwendet. Für die Datenaufzeichnung wurden fünf Mittelwerte aus jeweils fünfundzwanzig Scans berechnet, die für die Berechnung eines Mittelwertes inklusive Standardabweichung verwendet wurden.

Tabelle 3: Erwartete Interferenzen und verwendete iCRC-Gase

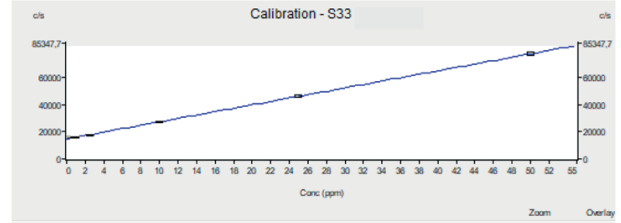
Isotop	Erwartete Interferenz	iCRC-Modus
<sup>7</sup> Li	-	Kein Gas
<sup>9</sup> Be	-	Kein Gas
<sup>23</sup> Na	-	He (durch hohe Konzentration/Signal)
<sup>24</sup> Mg	-	He (durch hohe Konzentration/Signal)
<sup>27</sup> Al	<sup>11</sup> B <sup>16</sup> O	He
<sup>31</sup> P	<sup>15</sup> N <sup>16</sup> O	He
<sup>33</sup> S	<sup>17</sup> O <sup>16</sup> O	H <sub>2</sub>
<sup>39</sup> K	<sup>23</sup> Na <sup>16</sup> O	He
<sup>44</sup> Ca	<sup>28</sup> Si <sup>16</sup> O	He
<sup>51</sup> V	<sup>35</sup> Cl <sup>16</sup> O	He
<sup>52</sup> Cr	<sup>36</sup> S <sup>16</sup> O; <sup>36</sup> Ar <sup>16</sup> O; <sup>40</sup> Ar <sup>12</sup> C	He
<sup>54</sup> Fe	<sup>38</sup> Ar <sup>16</sup> O	H <sub>2</sub>
<sup>55</sup> Mn	<sup>39</sup> K <sup>16</sup> O	He
<sup>59</sup> Co	-	Kein Gas
<sup>60</sup> Ni	<sup>44</sup> Ca <sup>16</sup> O	He
<sup>65</sup> Cu	<sup>49</sup> Ti <sup>16</sup> O	He
<sup>66</sup> Zn	-	Kein Gas
<sup>75</sup> As	<sup>40</sup> Ar <sup>35</sup> Cl	H <sub>2</sub>
<sup>78</sup> Se	<sup>40</sup> Ar <sup>38</sup> Ar	H <sub>2</sub>
<sup>86</sup> Sr	-	He (durch hohe Konzentration/Signal)
<sup>98</sup> Mo	-	Kein Gas
<sup>107</sup> Ag	-	Kein Gas
<sup>114</sup> Cd	<sup>98</sup> Mo <sup>16</sup> O	He
<sup>205</sup> Tl	-	He (durch hohe Konzentration/Signal)
<sup>206+207+208</sup> Pb	-	Kein Gas
<sup>238</sup> U	-	Kein Gas



P31 [He120] calibration (ppm), Cal Set 1, 2018-03-16 13:15:12

Soln Type	c/s	SD(c/s)	%RSD	Std conc	calc conc	Err
Blindwert	771	35,1	4,55	0,0000	0,1459	0,14
Standard 7	5731	133,4	2,33	0,5000	0,6122	0,11
Standard 8	10994	242,0	2,20	1,0000	1,0910	0,09
Standard 9	26775	460,7	1,72	2,5000	2,4752	-0,02
Standard 10	110216	1905,6	1,73	10,0000	9,8754	-0,12
Standard 11	285141	4869,9	1,71	25,0000	24,5542	-0,44
Standard 12	596322	4425,6	0,74	50,0000	50,2461	0,24

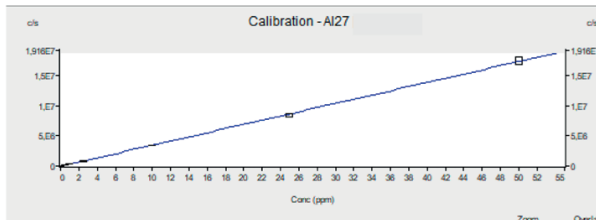
Curve Fit: Linear, Weighted Fit: No, Thru Blank: No  
 Correlation Coefficient: 0,999924  
 Limit of detection: 0,0097 ppm  
 Limit of quantitation: 0,0325 ppm  
 Blank Equivalent Concentration: 0,0714 ppm



S33 [H120] calibration (ppm), Cal Set 1, 2018-03-16 13:15:12

Soln Type	c/s	SD(c/s)	%RSD	Std conc	calc conc	Err
Blindwert	-	-	2,14	-	-	-
Standard 7	15662	367,1	2,34	0,5000	0,6698	0,16
Standard 8	16486	424,8	2,58	1,0000	1,0791	0,07
Standard 9	18283	372,7	2,04	2,5000	2,3406	-0,15
Standard 10	28091	599,2	2,13	10,0000	9,9422	-0,05
Standard 11	47249	769,6	1,63	25,0000	24,9041	-0,09
Standard 12	78486	1542,5	1,97	50,0000	50,0642	0,06

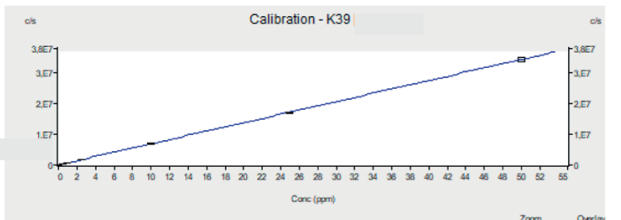
Curve Fit: Linear, Weighted Fit: No, Thru Blank: No  
 Correlation Coefficient: 0,999980  
 Limit of detection: 0,0000 ppm  
 Limit of quantitation: 0,0000 ppm  
 Blank Equivalent Concentration: 0,0000 ppm



Al27 [He] calibration (ppm), Cal Set 1, 2018-03-15 16:32:40

Soln Type	c/s	SD(c/s)	%RSD	Std conc	calc conc	Err
Blindwert	165	165,5	100,1	0,0000	0,1114	0,11
Standard 7	163382	4579,4	2,80	0,5000	0,6007	0,10
Standard 8	328841	12543,3	3,81	1,0000	1,0704	0,07
Standard 9	843893	25039,9	2,97	2,5000	2,5183	0,01
Standard 10	3368622	80999,5	2,40	10,0000	10,0265	0,02
Standard 11	8532291	244860	2,87	25,0000	24,3628	-0,63
Standard 12	1,730E7	646919	3,74	50,0000	50,3100	0,31

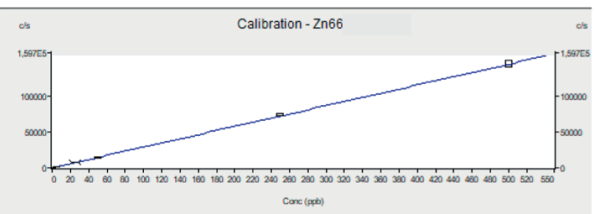
Curve Fit: Linear, Weighted Fit: No, Thru Blank: No  
 Correlation Coefficient: 0,999874  
 Limit of detection: 0,0014 ppm  
 Limit of quantitation: 0,0048 ppm  
 Blank Equivalent Concentration: 0,0005 ppm



K39 [He] calibration (ppm), Cal Set 1, 2018-03-15 16:32:40

Soln Type	c/s	SD(c/s)	%RSD	Std conc	calc conc	Err
Blindwert	61170	2229,4	3,64	0,0000	0,0312	0,03
Standard 7	392455	9376,4	2,39	0,5000	0,5293	0,02
Standard 8	746994	12953,2	1,73	1,0000	1,0293	0,02
Standard 9	1817148	11543,6	0,64	2,5000	2,5152	0,01
Standard 10	6978331	65502,7	0,94	10,0000	10,0761	0,07
Standard 11	1,779E7	190868	1,07	25,0000	24,6717	-0,32
Standard 12	3,572E7	690824	1,93	50,0000	50,1473	0,14

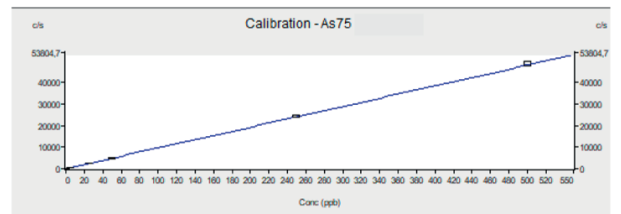
Curve Fit: Linear, Weighted Fit: No, Thru Blank: No  
 Correlation Coefficient: 0,999967  
 Limit of detection: 0,0097 ppm  
 Limit of quantitation: 0,0323 ppm  
 Blank Equivalent Concentration: 0,0887 ppm



Zn66 [He] calibration (ppb), Cal Set 1, 2018-03-15 15:47:59

Soln Type	c/s	SD(c/s)	%RSD	Std conc	calc conc	Err
Blindwert	30	15,6	52,86	0,0000	0,0461	0,04
Standard 1	155	23,6	15,18	0,5000	0,4729	-0,02
Standard 2	1432	32,2	2,25	5,0000	4,8587	-0,14
Standard 3	7191	233,9	3,25	25,0000	24,5248	-0,47
Standard 4	14573	250,3	1,72	50,0000	50,1309	0,13
Standard 5	72091	1424,1	1,98	250,0000	255,4548	5,45
Standard 6	139326	4341,8	3,12	500,0000	505,4236	5,42

Curve Fit: Linear, weighted Fit: Yes, Thru Blank: No  
 Correlation Coefficient: 0,999984  
 Limit of detection: 0,1631 ppb  
 Limit of quantitation: 0,5438 ppb  
 Blank Equivalent Concentration: 0,1029 ppb



As75 [H120] calibration (ppb), Cal Set 1, 2018-03-16 12:23:08

Soln Type	c/s	SD(c/s)	%RSD	Std conc	calc conc	Err
Blindwert	16	3,8	23,85	0,000	0,011	0,0
Standard 1	60	8,7	14,40	0,500	0,466	-0,0
Standard 2	476	32,2	6,77	5,000	4,805	-0,1
Standard 3	2342	59,2	2,53	25,000	24,437	-0,5
Standard 4	4771	116,2	2,44	50,000	49,856	-0,1
Standard 5	23749	504,9	2,13	250,000	251,396	1,3
Standard 6	47838	1058,0	2,21	500,000	509,751	9,7

Curve Fit: Linear, weighted Fit: Yes, Thru Blank: No  
 Correlation Coefficient: 0,999980  
 Limit of detection: 0,118 ppb  
 Limit of quantitation: 0,394 ppb  
 Blank Equivalent Concentration: 0,165 ppb

Abbildung 1: Kalibrierkurven für einige untersuchte Haupt- und Nebenelemente

## Ergebnisse und Diskussion

Die Tabellen 4, 5 und 6 zeigen die Ergebnisse, die für die Referenzmaterialien BCR-144R (Klärschlamm), CRM055 (Klärschlamm 4) und PACS-2 (Meeressediment) erzielt wurden. Aufgeführt sind Mittelwerte der verschiedenen durchgeführten Verdünnungen, Standardabweichung (RSD), Wiederfindungsraten und der Z-Score.

Tabelle 4: Ergebnisse des BCR-144R Klärschlammes

Isotop	Zertifizierter Wert [mg/kg]	Unsicherheit [mg/kg]	Mittelwert [mg/kg]	Absolute Standardabweichung [mg/kg]	RSD [%]	Wiederfindung [%]	Z-Score
<sup>52</sup> Cr	104	3	98,7	0,67	0,67	95	-1,8
<sup>55</sup> Mn	208	3	210	2,5	1,2	101	0,67
<sup>59</sup> Co	15	0,66	14,2	0,67	4,9	95	-1,3
<sup>60</sup> Ni	47,7	1,1	49,0	0,66	1,1	103	1,2
<sup>65</sup> Cu	308	7	301	7,1	2,4	98	-1,0
<sup>66</sup> Zn	932	23	912	23	2,5	98	-0,69
<sup>114</sup> Cd	1,82	0,610	1,83	0,612	6,6	100	0,60
<sup>206+207+208</sup> Pb	106	1,6	103	4,4	4,3	97	-1,9

Tabelle 5: Ergebnisse des CRM055 Klärschlammes

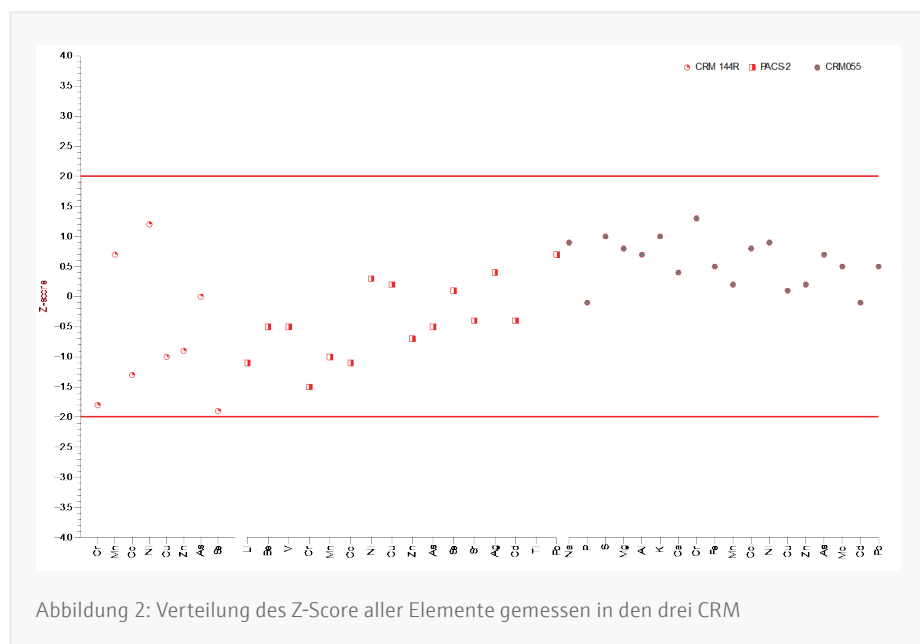
Isotop	Zertifizierter Wert [mg/kg]	Unsicherheit [mg/kg]	Mittelwert [mg/kg]	Absolute Standardabweichung [mg/kg]	RSD [%]	Wiederfindung [%]	Z-Score
<sup>23</sup> Na	774	198	954	25,5	2,7	123	0,9
<sup>31</sup> P	22000	6370	21175	1255	5,9	96	-0,1
<sup>33</sup> S	10900	4030	14785	49,5	0,3	136	1,0
<sup>24</sup> Mg	9180	2640	11221	165	1,5	122	0,8
<sup>27</sup> Al	15300	3390	17825	213	1,2	117	0,7
<sup>39</sup> K	2460	410	2866	31,2	1,1	117	1,0
<sup>44</sup> Ca	47400	13000	52957	930	1,8	112	0,4
<sup>52</sup> Cr	288	36,7	336	4,1	1,2	117	1,3
<sup>54</sup> Fe	19000	9930	24416	163	0,7	129	0,5
<sup>55</sup> Mn	667	121	685	14,5	2,1	103	0,2
<sup>59</sup> Co	95,5	7,88	112	3,3	2,9	118	0,8
<sup>60</sup> Ni	163	16,3	177	4,5	2,5	109	0,9
<sup>65</sup> Cu	482	59,6	487	16,8	3,4	101	0,1
<sup>66</sup> Zn	1250	253	1294	36,7	2,8	104	0,2
<sup>75</sup> As	236	28,1	257	8,5	3,3	109	0,7
<sup>98</sup> Mo	131	34,9	147	3,6	2,5	113	0,5
<sup>114</sup> Cd	60,6	4,13	60,0	1,1	1,8	99	-0,1
<sup>206+207+208</sup> Pb	154	14,2	161	2,3	1,4	104	0,5

Tabelle 6: Ergebnisse der PACS-2 Meeressediments

Isotop	Zertifizierter Wert [mg/kg]	Unsicherheit [mg/kg]	Mittelwert [mg/kg]	Absolute Standardabweichung [mg/kg]	RSD [%]	Wiederfindung [%]	Z-Score
<sup>7</sup> Li	32,2	2,0	30,1	2,2	7,3	93	-1,1
<sup>9</sup> Be	1,0	0,2	0,90	0,1	5,6	90	-0,5
<sup>51</sup> V	133	5	130	3,5	2,7	98	-0,5
<sup>52</sup> Cr	90,7	4,6	84,0	1,0	1,2	93	-1,5
<sup>55</sup> Mn	440	19	421	2,4	0,6	96	-1,0
<sup>59</sup> Co	11,5	0,3	11,2	0,2	1,8	97	-1,1
<sup>60</sup> Ni	39,5	2,3	40,2	0,6	1,6	102	0,3
<sup>65</sup> Cu	310	12	313	0,9	0,3	101	0,2
<sup>66</sup> Zn	364	23	347	20	5,7	95	-0,7
<sup>75</sup> As	26,2	1,5	25,5	1,3	5,1	97	-0,5
<sup>78</sup> Se	0,92	0,22	0,94	0,09	9,3	102	0,1
<sup>86</sup> Sr	276	30	265	1,5	0,6	96	-0,4
<sup>107</sup> Ag	1,22	0,14	1,27	0,1	7,8	104	0,4
<sup>114</sup> Cd	2,11	0,15	2,06	0,12	5,8	97	-0,4
<sup>205</sup> Tl	0,6	-	0,58	0,04	6,8	97	-
<sup>206+207+208</sup> Pb	183	8	189	1,3	0,7	103	0,7

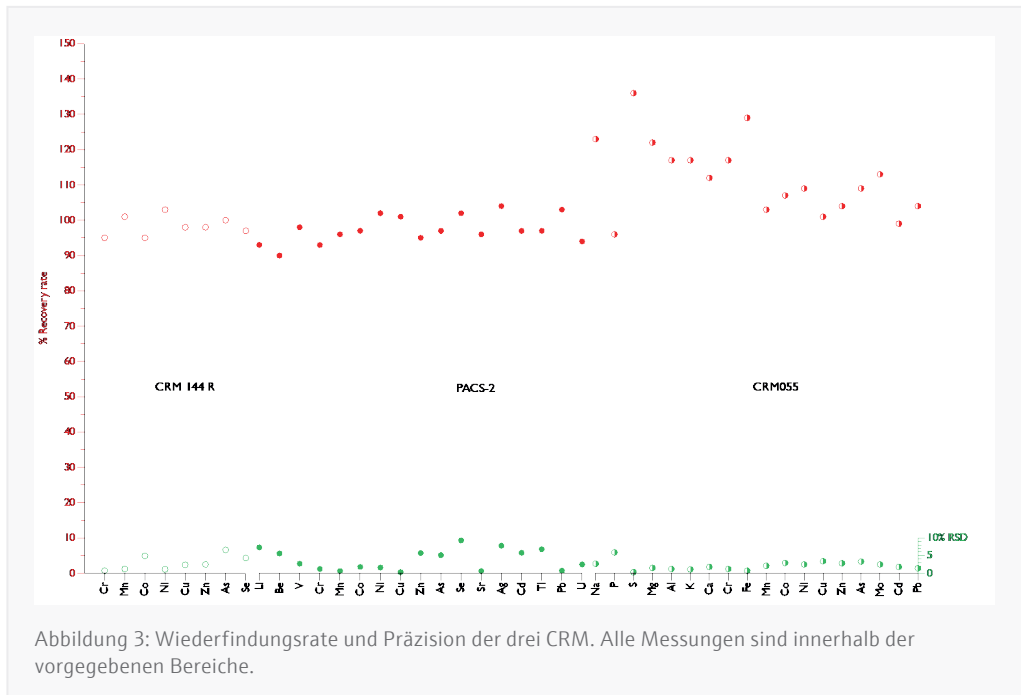
### Genauigkeit

Um die Genauigkeit der Methode zu bewerten, wurden zertifizierte Referenzmaterialien gemessen. Der Z-Score-Parameter wurde verwendet, um neben der Effizienz der Wiederfindung von dotierten Proben auch die Genauigkeit zu bewerten. Alle zertifizierten Elemente lagen innerhalb der zertifizierten Kontrollbereiche ( $-2.0 < Z\text{-Score} < 2.0$ ) (Abbildung 2). Auf Grund der hohen Empfindlichkeit und Robustheit des PlasmaQuant MS konnten alle Konzentrationsbereiche (Spuren- und Hauptkomponenten) innerhalb einer Messung erfasst werden.



## Präzision

Die relative Standardabweichung (RSD) wurde als Parameter zur Beurteilung der Präzision der Messungen verwendet. Im Durchschnitt wurden RSDs von 2,8 % erreicht. Präzision und Genauigkeit (Wiederfindungsraten) der drei CRM sind in Abbildung 3 dargestellt. Es ist zu erkennen, dass alle Wiederfindungsraten innerhalb von 80 % bis 120 % liegen, mit Ausnahme von Na, S, Mg und Fe in CRM055 aufgrund der höheren Unsicherheit des Referenzwertes (Z-Score für jene Elemente <1,0). RSDs betragen < 5 %, mit Ausnahme einiger Elemente wie Li, Se und Ag in PACS-2, deren RSDs im Bereich von 8 % bis 9 % liegen. Alle Ergebnisse im Konzentrationsbereich von ppb bis % zeigten mit der bei allen Messungen angewandten Methodik große Präzision und Genauigkeit.



## Zusammenfassung

Das PlasmaQuant MS bietet ein einfaches, schnelles und kostengünstiges Verfahren zur Analyse von Böden und Klärschlamm. Die robusten Plasmabedingungen ermöglichen selbst in schwierigen Matrices die präzise Analyse über den gesamten Messbereich. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich die hier beschriebene Methodik für die Bestimmung von Spuren- und Hauptelementen in komplexen Umweltproben wie Böden, Sedimenten und Klärschlämmen sehr gut eignet. Das PlasmaQuant MS beinhaltet mehrere innovative Technologien (Eco Plasma, ReflexION Ionenspiegel, iCRC, Pre-Quadrupol, digitaler Detektor), die insbesondere in der Analyse stark belasteter Probenmatrices zahlreiche Vorteile bieten:

- Ausgezeichnete Empfindlichkeit über den gesamten Massenbereich für niedrigste Nachweisgrenzen
- Ausgezeichnete Plasma-Robustheit für alle Matrices mit dem neuen RF-Generator, der nur die Hälfte des Ar-Verbrauchs (<11 l/min) aufweist
- Die iCRC (integrated Collision Reaction Cell) kombiniert Kollisions- und Reaktionsmodi, um spektrale Interferenzen effizient zu korrigieren
- Einfache Bedienung des Geräts mit vereinfachten Wartungsvorgängen und der benutzerfreundlichen Software Aspect MS

Dieses Dokument ist zum Zeitpunkt der Veröffentlichung wahr und korrekt; die darin enthaltenen Informationen können sich ändern. Dieses Dokument kann durch andere Dokumente ersetzt werden, einschließlich technischer Änderungen und Korrekturen.