

Allein die Dosis macht das Gift

Schnelle und zuverlässige Elementanalytik von Trinkwasser

Jan Knoop

Shimadzu Europa GmbH

Trinkwasser ist das wichtigste Lebensmittel überhaupt und in der Tat ein Mittel zum Leben. Für einen Erwachsenen liegt der tägliche Trinkwasserbedarf bei ca. 2 - 3 Litern pro Tag. Während es in einigen Regionen der Welt leider noch schwerfällt, diese Versorgung sicherzustellen geschweige denn zu gewährleisten, so sieht die Lage in Europa schon sehr gut aus. Daher ist der nächste Schritt, die Qualität dieses Lebensmittels zu ermitteln und gewisse Standards einzuhalten, denn nicht jedes Wasser ist gesund und kann auch als Trinkwasser eingestuft werden.

Ab wann ein Wasser als Trinkwasser gilt oder der Verzehr bedenklich ist, legen die europäischen Staaten durch die Richtlinie 98/83/EG über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch fest. Die hier genannten Prüfkriterien müssen eingehalten werden und in das bestehende nationale Recht übernommen werden. Daher ist zum Beispiel für Deutschland die Trinkwasserverordnung (TVO) ausschlaggebend.

Einige Parameter der Richtlinie 98/83/EG lassen sich sehr einfach prüfen, zum Beispiel die Färbung. Fällt eine Wasserprobe bei diesem Test negativ auf, so ist es bereits als bedenklich einzustufen. Aber auch ein Wasser ohne deutliche Trübung kann dem Menschen schaden.

Elemente im Wasser

Als Naturprodukt enthält Wasser viele Substanzen, etwa organische Verbindungen oder anorganische Inhaltsstoffe. Der Begriff Mineralwasser weist bereits auf einige der Inhaltsstoffe hin – im Wesentlichen auf die Mineralstoffe wie Calcium, Kalium, Magnesium und Natrium. Diese anorganischen Nährstoffe sind essenziell, der Mensch bildet sie nicht selber, und sie müssen daher zwingend über die Nahrung aufgenommen werden.

Es gibt aber auch viele weitere essenzielle Elemente im Trinkwasser, wie zum Beispiel die Spurenelemente Chrom, Kobalt, Eisen, Kupfer, Mangan, Selen und Zink. Bisher

ungewisse Kandidaten wären noch Arsen, Nickel oder Zinn, deren genaue Funktionen als Spurenelemente im menschlichen Körper bisher nicht sicher erforscht sind.

Für all diese Elemente gilt, dass die Konzentration entscheidend ist. Fehlt zum Beispiel das Selen, so führt dies zu einem Mangel, und selenabhängige Enzyme, die in fast allen Organen enthalten sind, können ihrer Funktion nicht nachkommen. Wird jedoch zu viel Selen aufgenommen, so kommt es zur Vergiftung, der sog. Selenose, die verschiedene Symptome hervorrufen kann: von Müdigkeit über Übelkeit bis hin zu Haar und Nägelausfall. Bei dem Thema Trinkwasseranalytik geht es darum, durch die Lebensmittelüberwachung eine Überdosierung bereits als Ursache auszuschließen. Für Trinkwasser gilt zum Beispiel, dass maximal 10 µg/l Selen enthalten sein dürfen.

Weitere Elemente in der Grenzwertliste der Richtlinie 98/83/EG sind einige Schwermetalle, etwa Blei, Cadmium, Chrom, Kobalt, Kupfer, Mangan, Molybdän, Nickel, Quecksilber, Selen, Zink und Zinn. Aus der Aufzählung wird deutlich, dass sich die Einstufungen der Elemente überschneiden. Einige der Schwermetalle werden zu Beginn bereits als ‚essenziell‘ bewertet. Andere hingegen sind eher toxisch einzustufen oder gehören gar beiden Kategorien an. Dies betont noch einmal: Die Konzentration ist entscheidend!

Trinkwasseranalyse

Mit wenig Aufwand sollen in möglichst kurzer Zeit die in der Richtlinie 98/83/EG aufgeführten Elemente analysiert werden. Diese Elemente sind in Tabelle 1 aufgeführt. Zusätzlich sind hier wichtige Mineralstoffe aufgeführt.

Bei der Bestimmung vieler Elemente spielt die ICPE-9800 Serie ihre Vorteile aus, denn sie kann alle Elemente gleichzeitig (simultan) bestimmen. Das ICPE-9810 der Serie ist geeignet, Ultraspuren der meisten der genannten Elemente zu bestimmen. Mit dem ICPE-9810 wird das Plasma axial betrachtet (AX). Da aber auch höhere ppm-Bereiche, z.B. für Natrium, von Interesse sind, ist es

Element ^[1]		Richtlinie 98/83/EG		ICPE-9820	
		Grenzwert 98/83/EG [µg/l]	Nachweisgrenze [µg/l]	Nachweisgrenze ^[2] [µg/l]	Plasma-beobachtung
Al	Aluminium	200	20	2,5	Axial
As	Arsen	10	1	2,0 (0,3*)	Axial
B	Bor	1.000	100	1,00	Radial
Ca	Calcium	--	--	90	Radial
Cd	Cadmium	5,0 [3]	0,5 [3]	0,20	Axial
Cr	Chrom	50	5	0,12	Axial
Cu	Kupfer	2.000	200	0,60	Axial
Fe	Eisen	200	20	0,45	Axial
Hg	Quecksilber	1	0,1	2,0 (0,10*)	Axial
K	Kalium	--	--	15	Radial
Mg	Magnesium	--	--	18	Radial
Mn	Mangan	50	5	0,15	Axial
Na	Natrium	200.000	20.000	60	Radial
Ni	Nickel	20	2	0,45	Axial
Pb	Blei	10	1	0,90	Axial
Sb	Antimon	5	1,25	1,25 (0,15*)	Axial
Se	Selen	10	1	2,0 (0,13*)	Axial

Tab. 1: In 98/83/EG gelistete Elemente und deren Grenzwerte sowie die an die Analysengeräte geforderte Nachweisgrenzen. Die angegebenen Nachweisgrenzen des ICPE-9820 beziehen sich auf diese Applikation.

[1] Weitere der über 70 mittels ICPE-9800 Serie bestimmbarer Elemente können in die Analyse eingeschlossen werden.

[2] Bestimmt als 3-fache Standardabweichung einer natürlichen Probe mit geringem Gehalt des Elements. Die Nachweisgrenzen beziehen sich auf die Applikation Trinkwasser und können je nach Linienwahl/Anwendung verbessert werden.

[3] Grenzwert in Deutschland nach TVO: 3,0 µg/l, die Nachweisgrenze liegt bei 0,3 µg/l.

[*] Unter Verwendung des Hydridsystems

zusätzlich nötig, das Plasma von der Seite zu beobachten (radial, RD). Diese Kombination von axialer und radialer Plasmabeobachtung bietet das ICPE-9820 in einer vollautomatisierten Messfrequenz.

Die genaue Auswirkung der axialen und radialen Plasmabeobachtung zeigt das Beispiel Natrium (Abbildung 1) Die Kalibrationsreihe bis 200 mg/l wird axial (komplettes Plasma) und radial (Plasmaausschnitt, von der Seite) beobachtet. Der Verlauf der Kalibration in der axialen Beobachtung ist dabei nicht linear, denn vor allem bei hohen Konzentrationen der Elemente der ersten Hauptgruppe (Natrium, Kalium) können so genannte Ionisierungsinterferenzen auftreten. Sie können dank radialer Plasmabeobachtung ausgeblendet werden.

Ergebnisse

Die laut europäischer Richtlinie 98/83/EG geforderten Nachweisgrenzen können mit dem ICPE-9820 erreicht werden. Abbildung 2 zeigt einen Verlauf aller Kalibrationen. In einer Messsequenz wurden zusätzlich zertifizierte Referenzmaterialien als unbekannte Proben gemessen. Dabei handelt es sich um Trinkwasserproben mit bekanntem Gehalt der in Tabelle 1 aufgeführten Elemente. Untersucht wurden drei unterschiedliche Muster (TMDW, trace metals in drinking water) des Unternehmens High Purity Standards aus dem amerikanischen North Charleston, SC.

Die Resultate in Tabelle 2 zeigen, dass die zertifizierten Konzentrationen innerhalb kurzer Zeit mit nur wenig Aufwand wiedergefunden werden. Die Elemente Quecksilber, Arsen, Antimon und Selen können mit Zuschalten des Hybridsystems empfindlich gemessen werden.

Die ICPE-9800 Serie entspricht neuesten Standards und kann auch für viele weitere Analysenfelder verwendet werden, zum Beispiel in der Lebensmittel- oder Arzneimittelindustrie sowie der Petrochemie.

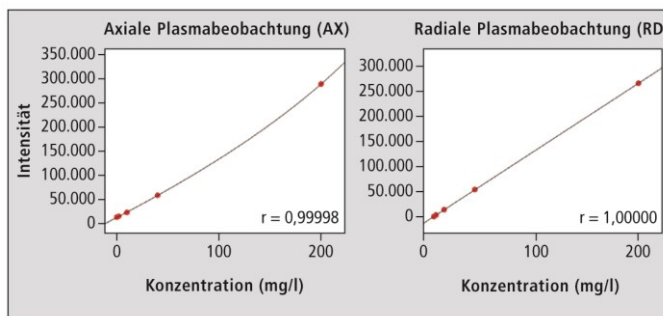


Abb. 1: Bei hohen Natriumkonzentrationen beseitigt die radiale Beobachtung (rechts) Ionisierungsinterferenzen und der lineare Arbeitsbereich kann deutlich erweitert werden

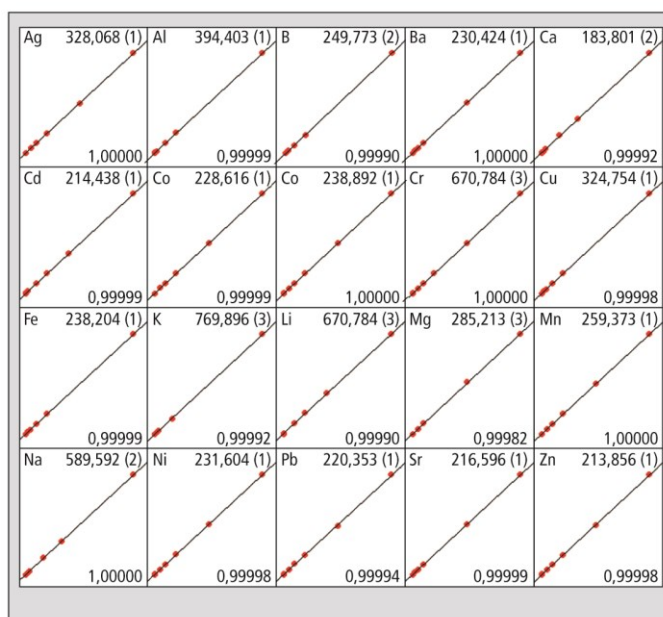


Abb. 2: In der ICPEsolution Software können alle Kalibrationen auf einen Blick überprüft werden

	CRM-TMDW ^[1] µg/l	ICPE-9820 µg/l	CRM-TMDW-A ^[1] µg/l	ICPE-9820 µg/l	CRM-TMDW-B ^[1] µg/l	ICPE-9820 µg/l
Al	120	117	125	121	125	124
B	o.A.[1]	--	150	152	150	147
Ca	35.000	35.300	31.000	31.000	31.000	30.900
Cd	10	10	10	10	10	10
Cr	20	20	20	19	20	19
Cu	20	20	20	20	20	19
Fe	100	99	90	90	90	87
K	2.500	2.550	2.500	2.510	2.500	2.570
Mg	9.000	9.000	8.000	8.010	8.000	7.820
Mn	40	39	40	40	40	39
Na	6.000	6.160	2.300	2.240	22.000	22.800
Ni	60	57	60	58	60	57
Pb	40	38	20	20	20	18
Zn	70	68	75	73	75	75

Tab. 2: Die Wiederfindung der im Referenzmaterial enthaltenen Elemente liegt im Rahmen von $100 \pm 5\%$

[1] Die zertifizierten Werte sind mit einer Unsicherheit von 0,5 - 2,0 % angegeben.

[2] o.A. = ohne Angabe.