

Dr. Kai Henning Viehweger

Sicherstellung der Trinkwasserqualität im Einsatz

Soldatinnen und Soldaten sind zur Auftragserfüllung und Erhaltung ihrer Leistungsfähigkeit auf sauberes Trinkwasser angewiesen – immer und überall. Die Versorgung mit einwandfreiem Trinkwasser muss in der heimischen Kaserne ebenso gewährleistet sein wie im Auslandseinsatz. Die Gefahren durch verunreinigtes Trinkwasser sind immens: Bakterielle Verunreinigungen führen zu unmittelbaren vegetativen Störungen und damit zu massiver Beeinträchtigung der Wehrfähigkeit. Chemische Verunreinigungen schädigen kurzfristig, wie im Fall des Cyanids, aber auch mittel- und langfristig, wenn die Soldatin oder der Soldat toxischen Substanzen wie Arsen, Chrom(VI) oder Oxohalogeniden ausgesetzt sind. Diese Bedrohungen sind meist natürlichen oder anthropogenen Ursprungs. Zusätzliche Gefahr besteht durch die gezielte Vergiftung von Trinkwasser.

Wasser dient nicht nur als Lebensmittel. Es kommt in vielen anderen Bereichen zum Einsatz: So müssen Schiffsdiesel gekühlt werden, Kraftwerke benötigen Kesselspeisewasser und die Pharmazeuten setzen Wasser als Lösungsmittel ein.

Nur ein Bruchteil (circa 3,5%) des insgesamt verfügbaren Wassers steht als Süßwasser für die Versorgung von Menschen zur Verfügung. In der Konsequenz muss Trinkwasser sorgfältig überwacht, kontrolliert und aufgearbeitet werden.

Im Einklang mit DIN, EPA und ISO

Prinzipiell werden überall dieselben Anforderungen an die Wasserqualität gestellt, unabhängig davon, ob diese in Deutschland oder bei einem Auslandseinsatz in Mali oder Afghanis-

tan gewährleistet sein müssen: Die Deutsche Trinkwasserverordnung gilt auch bei den Auslandseinsätzen der Bundeswehr.

Verordnungen, Normen und Standards definieren schon seit langem die zu bestimmenden Parameter. Viele analytische Verfahren datieren deshalb weit zurück ins vorige Jahrhundert. Trotzdem haben sie nichts von ihrer Bedeutung und Aktualität eingebüßt. Aktuelle Entwicklungen machen jedoch kontinuierliche Anpassungen erforderlich. So wurde die Deutsche Trinkwasserverordnung im Januar 2018 revidiert. Neuere Standards berücksichtigen neuere Erkenntnisse und Analysemethoden. Z.B. hat die Bestimmung der die Schilddrüse schädigenden Oxohalogenide und der Arsenverbindungen erst in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen.

Normen und Standards sind kein Selbstzweck: Werden sie erfüllt, ist hohe Sicherheit gewährleistet.

Die international anerkannten Normen werden u.a. von der Deutschen DIN (Deutsches Institut für Normung), der europäischen EN (Europäische Norm), der amerikanischen EPA (Environmental Protection Agency), der ASTM (American Society for Testing and Materials) und der ISO (International Organization for Standardization) erarbeitet und vorgegeben.

Metrohm Analysegeräte und -methoden erfüllen die Vorgaben dieser internationalen Normen. Damit ist Metrohm seit Jahrzehnten der Garant für präzise Wasseranalytik und damit auch für die Sicherheit von Menschen und die Zuverlässigkeit von Technik und Ausrüstung.

Die Aufgabenstellung in der Trinkwasseranalytik

Regen-, Oberflächen-, Grund oder Leitungswasser – ein erster Augenschein sagt nur sehr wenig über die chemische und biologische Qualität des Wassers aus.

Mit den oben erwähnten genormten analytischen Methoden wird eine Vielzahl physikalischer und chemischer Parameter bestimmt, die für die Qualität von Trinkwasser entscheidend sind.

Erst korrekte Messwerte und deren Auswertung nach international anerkannten Standards geben die erforderliche Sicherheit des Lebens- und Betriebsmittels „Wasser“.

Die zu bestimmenden Parameter lassen sich im Wesentlichen in zwei Kategorien unterteilen:

Summenparameter erlauben eine erste generelle Einschätzung, ob das vorhandene Wasser für den menschlichen Genuss geeignet ist. Diese Parameter beantworten die Frage, ob eine Aufbereitung sinnvoll und mit vertretbarem Aufwand möglich ist.

Summenparameter kennzeichnen meist gleichartige chemische, physikalische, physikalisch-chemische oder biologische Merkmale unterschiedlicher Inhaltsstoffe. Ihr Vorteil liegt in der schnellen Bestimmung und Aussagekraft, die eine rasche Bewertung der Probe erlauben. So wie die elektrische Leitfähigkeit Rückschlüsse auf den Salzgehalt einer Wasserprobe ermöglicht, ist die chemische Oxidier-

NACH
SAUERSTOFF
DAS WICHTIGSTE
LEBENSMITTEL:
WASSER



Foto: Shutterstock

Parameter	Norm	Matrix	Methode
Permanganat-Index	DIN EN ISO 8467	Trinkwasser Oberflächenwasser	Titration
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	ISO 6060 ISO15705 ASTM D1252	Trinkwasser, Meerwasser, Abwasser	Titration
Ca, Mg	ASTM D1126-12 EPA 130.2 DIN 38406-3 DIN 38409-6	Trinkwasser	Titration
Säure- und Basekapazität	DIN 38409-7	Wasser allgemein	Titration
Sulfid	ASTM D4658	Wasser allgemein	Titration
Fluorid	ASTM D3868 EPA 340.2	Trinkwasser Abwasser	Titration Titration, Ionenselektive Elektrode (ISE)
Freies Chlor	ASTM D1253-12 EPA 330.1	Wasser allgemein	Titration
Anionen z.B. F ⁻ , Cl ⁻ , Br ⁻ , NO ²⁻ , NO ³⁻ , SO ₄ ²⁻ etc.	DIN EN ISO 10304-1 EPA 300.0, Part A EPA 300.1, Part A EPA 9056A	Wasser allgemein Trink- und Abwasser Trinkwasser, Trinkwasser, Abwasser	IC
Chrom (VI), Anionen	DIN EN ISO 10304-3	Wasser allgemein	IC
Chrom (VI)	ASTM D5257 EPA 218.7	Wasser allgemein Abwasser	IC
Oxohalogenide	DIN EN ISO 11206 ASTM D6581 DIN EN ISO 10304-4 DIN EN ISO 15061 EPA 300.0, Part B EPA 300.1, Part B EPA 317.0 EPA 326.0	Trinkwasser Trinkwasser Wasser allgemein Trink- und Mineralwasser Trink- und Abwasser Trinkwasser Trinkwasser Trinkwasser	IC
Kationen z.B. Li ⁺ , Na ⁺ , K ⁺ , NH ₄ ⁺ , Mg ²⁺ , Ca ²⁺ etc.	ISO 14911 ASTM D6919	Oberflächen-& Trinkwasser Abwasser	IC
Amine (MMA, Guanidin)	–	Abwasser	IC
Bromat	EPA 321.8	Trinkwasser	IC (IC-ICP/MS)
Bromat, Halogenessigsäuren	EPA 557	Trinkwasser	IC (IC-MS/MS)
Perchlorat	EPA 314.0 EPA 332.0	Trinkwasser	IC
Hg, As, Cr	EPA 6800	Hydrosphäre, Biosphäre	IC (IC-ICP/MS)
Zn, Cd, Pb, Cu, Tl, Ni, Co	DIN 38406-16	Trinkwasser, Abwasser	Voltammetrie
Cd, Pb, Cu, Fe ^{II} /Fe ^{III} , Cr ^{VI}	–	Meerwasser	Voltammetrie
CN ⁻	Probenvorbereitung gemäss DIN 38405-13	Trinkwasser, Abwasser	Voltammetrie/ IC/ Titration
U	DIN 38406-17	Grundwasser, Rohwasser, Trinkwasser	Voltammetrie

IC = Ionenchromatographie
ISE = Ionenselektive
Elektroden
IC-ICP/MS = Ionenchro-
matographie-Induced-
Coupled-Plasma/Massen-
spektrometriekopplung,
VA = Voltammetrie

barkeit von Wasserinhaltsstoffen ein aussagekräftiger Parameter für Art und Menge der in der Wasserprobe vorhandenen organischen Materie.

Einzelmessungen, d.h. die Bestimmung einzelner Moleküle und Ionen geben spezifische Auskünfte über die Effizienz der Wasseraufbereitung, oder sie weisen auf Anwesenheit

von Kontaminanten wie z.B. Chrom (VI), Arsen (III/V), Cyanid oder Oxohalogeniden hin. Die Bestimmung der Wasserhärte erlaubt die richtige Parametrierung der Wasseraufbereitung und schützt die Anlagen.

Die qualitativ hochstehende Analytik mit Metrohm Analysengeräten verhindert, dass das Lebensmittel Nr. 1 –



METROHM PH-METER
IM MOBILEN EINSATZ

Trinkwasser für die Soldatin und den Soldaten – ohne die erforderliche Sicherheit eingesetzt wird. Metrohm Analysergeräte garantieren einen hohen und kontrollierten Sicherheitsstandard: maximale Sicherheit im Einsatz.

Im Folgenden wird auf eine Auswahl konkreter Analyseverfahren eingegangen.

Summenparameter/Leitparameter für die Trinkwasseranalytik: pH-Wert-, Redox-, Leitfähigkeits-, Total-Dissolved Solids- (TDS), Salzgehalt- und Temperaturbestimmung im mobilen Einsatz

Metrohm pH-Meter und Leitfähigkeitsmessgeräte sind für den Einsatz im Feld konzipiert. Das ergonomische Design erlaubt den komfortablen Betrieb mit einer Hand. Die Messgeräte sind staub- und wasserdicht (IP67-zertifiziert). Eine leistungsstarke Lithium-Polymer-Batterie garantiert Messungen über mehrere Stunden. Für den netzunabhängigen Betrieb lässt sich der Akku praktisch überall aufladen, am Laptop (5-V-USB-Netzteil) oder an einer 12-V Steckdose.

Permanganat-Index (DIN EN ISO 8467) und CSB (DIN 38409-12) mittels Titration

Gemäß der Oxidationskraft der eingesetzten Oxidationsmittel unterscheidet man zwischen dem Permanganatindex und dem chemischen Sauerstoffbedarf (CSB). Ist der Permanganatindex für kaum bis schwach belastete Proben der aussagekräftigere Parameter, so eignet sich der CSB für stark belastete Proben.

Permanganatindex nach DIN EN ISO 8467

Der Permanganatindex dient im weiteren Sinne als Maß zur Beurteilung der organisch-chemischen Belastung in kaum oder gering belasteten Wässern wie Trinkwasserproben.

Mit dem Permanganatindex wird der leicht oxidierbare Anteil der organischen Inhaltsstoffe im Wasser bestimmt.

Chemischer Sauerstoffbedarf gemäß DIN 38409-44 und ASTM D1252

Der Chemische Sauerstoffbedarf (CSB) ist eine Maßzahl für die Summe der in einem bestimmten Wasservolumen durch Chromat oxidierbaren Stoffe. Chromat ist ein deutlich stärkeres Oxidationsmittel als Permanganat, weshalb es auch die meisten organischen Verbindungen praktisch vollständig zu CO_2 oxidiert. In Kläranlagen gilt der CSB als aussagekräftiger Leitparameter zur Beurteilung der Klärleistung.

Wasserhärte (Calcium und Magnesium nach DIN 38406-3)

Bei Wasserhärte unterscheidet man zwischen temporärer (Carbonathärte) und permanenter Härte (Sulfathärte). Ein weiterer wichtiger Parameter ist die Gesamthärte, welche die Summe der Erdalkalimetallkationen angibt und sich näherungsweise aus der Summe der Calcium- und Magnesiumhärte zusammensetzt.

Freies Chlor und Restchlorgehalt nach DIN EN ISO 7393-1 und APHA 4500-Cl

Zu Desinfektionszwecken wird dem Trinkwasser häufig Chlor in geringen Konzentrationen zugesetzt. Abhängig von der Reaktivität und der Konzentration des Chlors können dabei giftige Desinfektionsnebenprodukte entstehen und freigesetzt werden. Die Chlorkonzentration im Trinkwasser muss deshalb präzise kontrolliert werden, um die durch die Trinkwasserverordnung vorgegebenen Grenzwerte sicher einzuhalten. Die Bestimmung der Chlorkonzentration erfolgt gemäß den folgenden drei Standardmethoden: DIN EN ISO 7393-1, APHA 4500-Cl Methode B und APHA 4500-Cl Methode I.

Bestimmungen einzelner Ionen und Moleküle

Für die gezielte Bestimmung einzelner Inhaltsstoffe bietet die chemische Analytik Verfahren, die sich bequem in der Routine einsetzen lassen. Der geschärfte Blick auf einzelne Parameter ist für die Bestimmung hochtoxischer Substanzen elementar wichtig: Cyanid tötet im Milligrammbereich, Oxohalogenide schädigen nachhaltig im Mikrogrammbereich und Schwermetalle wie Plutonium und Uran entfalten ihre schädliche Wirkung bereits im Nanogrammbereich.

Oxohalogenide, Standardanionen (EPA 300.1, 326) und -kationen (ISO 14911) im Trinkwasser mittels IC

Chlorat, Chlorit und Bromat sind Nebenprodukte, die bei der Desinfektion des Trink- und Mineralwassers durch Oxidation der im Wasser vorhandenen Halogenide entstehen. Aufgrund ihrer karzinogenen und die Schilddrüse schädigenden Eigenschaften muss ihre Konzentration im Trinkwasser kontrolliert werden.

Mittels Ionenchromatographie lassen sich diese unerwünschten Nebenprodukte sowie gleichzeitig auch alle weiteren im Wasser vorhandenen Anionen und Kationen bestimmen: Der Blick auf das Etikett einer Mineralwasserflasche zeigt die Ergebnisse.

Neben der Analyse von Trinkwasser bestimmen Metrohm IC-Systeme auch wichtige Qualitätsparameter für den Betrieb von Kühlsystemen auf Schiffen oder in Kraftwerken.

Obwohl die analytische Leistungsfähigkeit sehr hoch ist, lassen sich die robusten IC-Systeme einfach bedienen egal ob im Labor, auf dem Schiff oder im Flugzeug. Für den Betrieb muss lediglich die Stromversorgung über eine Steckdose gewährleistet sein. Nach dem Aufstellen sind Metrohm IC-Systeme in weniger als einer Stunde betriebsbereit und die Bestimmung von Anionen, Kationen oder Kohlehydraten kann beginnen. Wie alle Analysengeräte von Metrohm sind sie für den teilmobilen Einsatz geeignet.

Bestimmung von Cyanid

In Folge seiner hohen Toxizität kommt der Bestimmung von Cyanid im Trinkwasser sehr große Bedeutung zu.

Die Cyanidbestimmung kann je nach Art der Wasserprobe schnell und zuverlässig mittels Ionenchromatographie (IC), Polarographie (VA) oder auch mittels Titration erfolgen.

Schwermetallanalytik mittels Voltammetrie

Zahlreiche Schwermetalle lassen sich mittels Voltammetrie in sehr geringen Konzentrationen bestimmen. Dazu gehören die «bösen vier» Zink, Cadmium, Blei und Kupfer, die gemäß DIN 38406-16 analysiert werden.

Metrohm VA-Systeme sind für den mobilen Einsatz geeignet und genau diese Analytik hat sich in Afghanistan bewährt und Soldatinnen und Soldaten vor der Gefahr durch Schwermetalle im Trinkwasser geschützt.

VA-Systeme überzeugen durch geringen apparativen Aufwand, niedrige Investitions- und Betriebskosten, einfache Probenvorbereitung, kurze Analysenzeiten sowie durch die hohe Genauigkeit und Empfindlichkeit der Messungen.

Ein besonderer Vorteil liegt in der Möglichkeit der Speziationsanalytik: Der Analyt wird nicht in seiner Gesamtheit, sondern in den vorliegenden verschiedenen Oxidationsstufen und Bindungsformen bestimmt, wie im Fall von Cr(III) und Cr(VI) – nur Chrom der Oxidationsstufe (VI) ist toxisch.

VA-Systeme können auch für die Ultraspurenanalytik von Uran und Plutonium eingesetzt werden.

Ideal für den mobilen Einsatz

Metrohm Analysensysteme sind für den teilmobilen wie auch mobilen Einsatz in rauer Umgebung entwickelt worden. Sie leisten zuverlässig ihren Dienst auf Schiffen, in Flugzeugen und im teilmobilen oder stationären Labor. Das robuste Design garantiert präzise Messungen egal ob im Feld, im Maschinenraum oder in der Hand von First-Respondern.

Alle Geräte sind für den stationären oder teilmobilen Einsatz im Labor geeignet. Darüber hinaus wurden einige speziell für den mobilen Einsatz entwickelt und erfüllen damit ganz gezielt die Anforderungen, die sich aus diesem Zweck ergeben: leicht, robust und einfach zu bedienen. Alle Geräte sind temperatur-, wasser- und staubresistent, einige von ihnen auch nach IP-67 und MIL-STD 810G zertifiziert. Insbesondere die Bedienung der Geräte für den mobilen Einsatz ist denkbar einfach und erfolgt per Touch-

Foto: Autor



DER IONEN-
CHROMATOGRAPH
IN SEINER
TRANSPORTKISTE

Interface. Das Tragen von Schutzhandschuhen ist dabei kein Hindernis. Daten können per LAN, Bluetooth oder WIFI übertragen werden. In Ergänzung stehen leistungsfähige Softwarelösungen bis hin zu globaler Client-Server-Architektur zur Verfügung.

Zusammenfassung

Nach Sauerstoff ist Wasser das wichtigste Lebensmittel für den Menschen. Ohne ausreichend Wasserzufuhr stirbt der Mensch nach drei bis vier Tagen.

Ausreichende Versorgung mit Wasser ist deshalb essentiell für Soldatinnen und Soldaten im Einsatz. Es ist aber nicht alleine die Quantität, die zählt; auch die Qualität des Trinkwassers ist von zentraler Bedeutung, wenn die Versorgungssicherheit der Truppe gewährleistet sein soll.

Metrohm-Messgeräte und Applikationen für Ionenchromatographie, Titration und Voltammetrie bieten robuste Lösungen, die einfach zu bedienen sind und präzise Ergebnisse liefern.

Metrohm – keeping you safe!

METROHM VA-
SYSTEME FÜR DEN
TEILMOBILN EINSATZ
IN ZARGES-BOXEN.

Foto: Autor

