

Trinkwasser

Die vorliegende Neuauflage des Kap. 27 enthält einige Neuerungen gegenüber der Version vom 2001. Alte Methoden wurden gestrichen, da sie den heutigen Ansprüchen der Analytik und der Qualitätssicherung nicht mehr genügen. Es betrifft dies die ehemaligen Methoden 11 Bestimmung von Selen und Arsen, 18 Bestimmung von Quecksilber, 23 Bestimmung von Nitrat, 24 Bestimmung von Chlorid und 26 Bestimmung von Sulfat.

Neu ist in der aktuellen Ausgabe die Rubrik INTERNATIONAL NORMIERTE METHODEN in welcher zu den jeweiligen LMB-Methoden eine erste Auswahl internationaler Methoden aufgeführt sind. Dazu ist folgendes zu bemerken: Im Grundsatz schreibt man in der Schweiz keine neuen nationalen Methoden mehr, sofern internationale Verfahren existieren welche die Anforderungen des Vollzuges erfüllen (zum Beispiel aus der EN, ISO oder DIN-Reihe).

Im Zuge dieser Umstellung und der aktuellen Entwicklung der analytischen Chemie folgend, werden zukünftig für jede angewandte Methode mindestens zu erreichende Verfahrenskennwerte gefordert (Bestimmungsgrenze, Präzision, Richtigkeit und/oder Messunsicherheit). Dieses Vorgehen hat bereits heute im ganzen EU-Raum Gültigkeit.

In der Schweiz ist eine durch das BAG begleitete Arbeitsgruppe von Fachleuten¹ damit beauftragt, eine Methodensammlung geeigneter Analysenverfahren für Trinkwasseruntersuchungen zu erstellen. Dazu gehören auch die oben erwähnten verbindlichen Kriterien, welche für jeden analytisch bestimmten Parameter vom Labor erfüllt werden müssen.

¹(J. Zobrist, EAWAG, B. Bettler, Laboratorium der Urkantone, E. Raetz, Laboratoire cantonal de Vaud, R. Gloor, Bachema AG)

INHALTSVERZEICHNIS

Umschreibung

Richtlinien für die Beurteilung und Hinweise zur Analyse

Probenentnahme

Untersuchungsmethoden

- 1 Geruch und Geschmack
- 2 Temperatur
- 3 *pH*-Wert
- 4 Spezifische elektrische Leitfähigkeit
- 5 Trübung
- 6 Färbung
- 7 Trockenrückstand
- 8 Bestimmung von einzelnen Elementen durch AAS (gestrichen)
- 8.1 Probenentnahme und Probenvorbereitung für die Bestimmung von einzelnen Elementen
- 9 Bestimmung von Natrium und Kalium
- 10 Bestimmung von Eisen, Mangan, Kupfer und Zink (Acetylen Luft-Flamme)
- 11 Bestimmung von Arsen und Selen (Hinweis)
- 12 Bestimmung von Eisen, Mangan, Blei, Silber, Kupfer, Zink und Cadmium (Atomisierung im Graphitrohr), mit Literaturhinweisen.
- 13 Bestimmung von Kupfer, Blei, Cadmium, Zink (polarographisch)
- 14 Bestimmung von Calcium
- 15 Bestimmung von Magnesium
- 16 Bestimmung von „gelöstem“ und „Gesamteisen“
- 17 Bestimmung von „gelöstem“ und „Gesamtmangan“
- 18 Bestimmung von Quecksilber
- 19 Bestimmung von Chrom VI
- 20 Bestimmung von Aluminium
- 21 Bestimmung von Ammonium
- 22 Bestimmung von Nitrit
- 23 Bestimmung von Nitrat
- 24 Bestimmung von Chlorid
- 25 Bestimmung von Fluorid
- 25.1 Potentiometrie
- 26 Bestimmung von Sulfat
- 27 Bestimmung von ortho-Phosphat und kondensierten Phosphaten
- 28 Bestimmung von Kieselsäure
- 29 Bestimmung von Sulfid
- 30 Bestimmung von Chlorid, Nitrat, Sulfat (Ionenchromatographie)

- 31 Sauerstoffgehalt und relative Sauerstoffsättigung
 - 31.1 Bestimmung des gelösten Sauerstoffes
 - 31.2 Berechnung der relativen Sauerstoffsättigung
- 32 Freies und gebundenes wirksames Chlor
- 33 Bestimmung von Ozon
 - 33.1 Photometrie
 - 33.2 Visuelle Methode
- 34 Gesamthärte
- 35 Säureverbrauch bis $pH = 4,3$ bzw. $8,2$
- 36 Berechnung des Gleichgewichts- pH -Wertes, des Calciumcarbonatsättigungsindex und der aggressiven Kohlensäure
- 37 Bestimmung der Calciumcarbonatsättigung durch den pH -Wert-Schnelltest
- 38 Summenparameter für organische Stoffe
 - 38.1 Kaliumpermanganat-Verbrauch
 - 38.2 Gelöster organischer Kohlenstoff (DOC)
- 39 Phenole
 - 39.1 Wasserdampfflüchtige Phenole
 - 39.2 Allgemeine Phenole
- 40 Kohlenwasserstoffe
 - 40.1 Bestimmung von wasserlöslichen Kohlenwasserstoffen
 - 40.2 Bestimmung von schwerlöslichen Kohlenwasserstoffen
- 41 Organohalogenverbindungen
 - 41.1 Flüchtige Halogenkohlenwasserstoffe
 - 41.1.1 Summenmethode
 - 41.1.2 Gaschromatographische Bestimmung
 - 41.2 Adsorbierbare Organohalogenverbindungen
- 42 Hydrazin
- 43 Bestimmung von Chlorit und Chlorat
- 44 Bestimmung von NTA und EDTA
- 45 Weitere Trinkwasser – relevante Schadstoffe

SPEZIELLE LITERATURABKÜRZUNGEN

AFNOR	<i>Association Française de Normalisation, Tour Europe, Cedex 7, 92080 Paris-La Défense.</i>
DEV	<i>Deutsche Einheitsverfahren zur Wasseruntersuchung, Wiley-VCH, Weinheim/Bergstrasse, BRD (1961 und spätere Ausgaben). Vielfach identisch mit den DIN-Normen.</i>
HÖLL (1979)	<i>Höll K.: Wasser. Walter de Gruyter & Co., Berlin (1979).</i>
Richtlinien (1983)	<i>Richtlinien für die Untersuchung von Abwasser und Oberflächengewässern. Eidg. Departement des Innern, Bern (1983).</i>
RODIER (1978)	<i>Rodier J.: L'analyse de l'eau. Bordas, Paris (1978).</i>
Standard Methods (20 th Ed)	<i>Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th Edition, American Public Health Association, Washington, D. C. (1998).</i>
ISO	<i>International Organisation for Standardisation, Geneva, Switzerland</i>
EN	<i>Europäisches Komitee für Normung, Brüssel, Belgien</i>

ISO, EN und SN Normen können beim SNV, Bürglistr. 29, 8400 Winterthur bezogen werden: www.snv.ch

Umschreibung, Richtlinien für die Beurteilung und Hinweise zur Analyse

UMSCHREIBUNG

Trinkwasser wird in [Art. 275 der LMV vom 1. März 1995 \(Stand am 22. Feb. 2005\)](#) definiert.

GESETZLICHE BEURTEILUNGSGRUNDLAGEN FÜR TRINKWASSER

Wer Trinkwasser abgibt, hat alle massgebenden Bestimmungen des Lebensmittelgesetzes und der Lebensmittelverordnung zu beachten. Die gesetzlichen Anforderungen an Trinkwasser sind durch Höchstkonzentrationen (Grenz- und Toleranzwerte) in der Fremd- und Inhaltsstoffverordnung (FIV) des EDI sowie durch Grenz- und Toleranzwerte für Mikroorganismen in der Hygieneverordnung (HyV) des EDI geregelt.

BEURTEILUNGSRICHTLINIEN DES LEBENSMITTELBUCHES FÜR TRINKWASSER

Erfahrungswerte (*EW LMB*) und Erläuterungen beziehen sich auf anthropogen sowie natürlich nicht oder wenig beeinflusstes Trinkwasser. Sie dienen als Hilfe bei der Beurteilung eines Wassers bezüglich:

- Einzugsgebiet und anthropogener Belastung
- Eignung bei der Neuerschliessung oder Sanierung von Anlagen zur Trinkwassergewinnung
- verfahrenstechnischer und werkstoffbezogener Eignung.

Die Erläuterungen zu den Erfahrungswerten geben zudem für einige Parameter Hinweise, ab welchen Werten weitere Abklärungen und allenfalls Massnahmen getroffen werden sollten.

Die Liste der Parameter ist nicht abschliessend und wird bei Bedarf ergänzt. Parameter, für welche FIV-Werte festgelegt sind, fehlen in der Tabelle vollständig. Andere Parameter sind ohne Erläuterungen oder ohne Erfahrungswert angeführt.

Tabelle 27.1
Erfahrungswerte (EW) und Erläuterungen

Methode Nr.	Parameter	Einheit	EW	Erläuterungen
1	Geruch		Ohne Befund	Bei Behandlung des Wassers mit Desinfektionsmitteln kann ausnahmsweise ein Befund bis "deutlich" für Chlor, Chlordioxid und Ozon zugelassen werden.
1	Geschmack		Ohne Befund	
2	Temperatur	°C	8-15	Fassung: Bei echtem Grundwasser treten geringe jahreszeitliche Temperaturschwankungen auf. Große Schwankungen weisen auf eine geringe Überdeckung der Fassung oder auf eine Beeinflussung durch Oberflächenwasser hin. Verteilnetz: Temperaturen unter 5 °C werden beim Trinken als unangenehm empfunden. An der Zapfstelle des Bezügers gilt für kaltes Trinkwasser, nach Vorlauf bis zur Temperaturkonstanz, eine Höchsttemperatur von 25 °C. Eine Überschreitung der Höchsttemperatur erfordert die Abklärung der Ursache. Aus mikrobiologischen Gründen (z.B. Legionellenproblem) sollte die Warmwassertemperatur im Boiler 60 °C und an der Zapfstelle mindestens 50 °C betragen.
3	pH-Wert		6.8-8.2	Der pH-Wert soll dem Gleichgewichts-pH-Wert entsprechen oder maximal 0.3 pH-Einheiten darüber liegen (siehe Ausführungen unter 36 und 37). Bei sehr weichen, wenig gepufferten Wässern kann der pH-Wert stark variieren und bis auf ca. 6 absinken. Nach einer Aufbereitung (Entsäuerung) kann ein pH-Wert bis zu 9.2 toleriert werden. Aus gesundheitlicher Sicht stellen pH-Werte unter 7.0 kein Problem dar, falls der Aggressivität des Wassers durch die Verwendung speziell korrosionsbeständiger Materialien (Kunststoff, nichtrostender Stahl, Spezialbeton) Rechnung getragen wird.
4	Leitfähigkeit	µS/cm	200-800	Die Leitfähigkeit ist ein Mass für den Ionengehalt des Wassers (Mineralisation). Grössere Schwankungen an der Fassungsstelle sind auf ihre Ursache hin zu überprüfen.

5	Trübung unbehandelt	TE/F	< 0.5	Bei alten, defekten Fassungsanlagen, ungenügend tief oder nicht fachgerecht gefassten Quellen, sowie bei Karstquellen können während oder nach Schneeschmelze erhöhte Trübungen auftreten. Trübes Wasser ist oft mikrobiologisch verunreinigt. Durch Trübstoffe kann die Wirkung von Desinfektionsanlagen beeinträchtigt werden. Trübungen können auch durch im Leitungsnetz gebildete Korrosionsprodukte und durch eingeschwemmte oder aus dem Wasser ausgefallene Ablagerungen verursacht werden.
	Trübung nach Aufbereitung durch Flockung und Filtration	TE/F	< 0.2	Wenn ein filtriertes Wasser eine erhöhte Trübung aufweist, soll die Ursache abgeklärt und behoben werden. Der Grund für ein trübes Filtrat kann bei einer zu dünnen Filterschicht, ungeeignetem Filtermaterial, einer zu hohen Filtergeschwindigkeit oder einer fehlenden Flockungsmittelzugabe liegen. Bei der Aufbereitung von bakteriologisch stark verunreinigtem Rohwasser, gewährleistet ein Trübungswert von weniger als 0.2 TE/F mit hoher Wahrscheinlichkeit die Abwesenheit von Dauerformen parasitärer Protozoen (wie Oocysten von Cryptosporidien oder Cysten von Giardien).
6	Färbung		farblos	
7	Trockenrückstand	mg/l		Der Trockenrückstand liefert einen Hinweis auf die Menge der im Wasser gelösten nichtflüchtigen Stoffe. Je nach Einzugsgebiet kann der Gehalt von weniger als 100 mg/l (Wasser aus kristallinem Gebiet) bis über 1000 mg/l variieren.
14	Calcium	mg Ca ²⁺ /l		Calciumkonzentrationen über 200 mg/l vermindern den Gebrauchswert des Wassers (Kalkabscheidungen, siehe auch 34 Gesamthärte).
15	Magnesium	mg Mg ²⁺ /l		Wegen der Beeinflussung des Geschmacks und einer möglichen laxativen Wirkung soll ein Gehalt von 50 mg/l bei einem Sulfatgehalt von 250 mg SO ₄ ²⁺ /l nicht überschritten werden. Bei kleineren Sulfatgehalten kann ein entsprechend höherer Wert toleriert werden; bei weniger als 30 mg SO ₄ ²⁺ /l beträgt er 125 mg Mg ²⁺ /l (Siehe auch 34 Gesamthärte und 26 Sulfat).
16	Eisen, gelöst	mg Fe/l	<0.05	Je nach Gehalt an gelöstem zweiwertigem Eisen und Mangan, z.B. bei Grundwasser des reduzierten Typus, treten nach Kontakt mit Luftsauerstoff feinste Trübungen, Gelbverfärbungen und mit der Zeit auch Ausscheidungen von Eisenhydroxid auf, wobei mit einer Entwicklung von Eisenbakterien zu rechnen ist. Dadurch kann der Geschmack des Wassers nachteilig beeinflusst werden und es kann zu Ausschwemmungen von braunen resp. schwarzen Rückständen kommen. Bei leicht reduziertem Grundwasser kann ein erhöhter Mangangehalt ohne gleichzeitig erhöhten Eisengehalt auftreten.

	"Gesamt"-Eisen	mg Fe/l		
17	Mangan, gelöst	mg Mn/l	<0.02	
	"Gesamt"-Mangan	mg Mn/l		
10, 12	Kupfer	mg Cu ²⁺ /l	<0.02	In verzinkten Eisenleitungen und in Kupferleitungen können vorwiegend nach Stagnation erhöhte Zink- oder Kupferwerte auftreten. Im Grundwasser liegt der Kupfergehalt normalerweise unter 0.005 mg/l und der Zinkgehalt unterhalb 0.01 mg/l.
10, 12	Zink	mg Zn ²⁺ /l	<0.1	
10, 12	Blei	mg Pb ²⁺ /l	<0.001	Nach längerer Stagnation in verzinkten Leitungen kann der Gehalt an Blei und Cadmium erhöht sein.
10, 12	Cadmium	mg Cd ²⁺ /l	<0.0005	
18	Quecksilber	mg Hg ²⁺ /l	<0.0001	
11	Arsen	mg As/l	<0.002	Höhere Werte können auch geologisch bedingt sein.
11	Selen	mg Se/l	<0.001	
19	Chrom (VI)	mg Cr ⁶⁺ /l	<0.001	Höhere Werte können auch geologisch bedingt sein.
20	Aluminium	mg Al ³⁺ /l	<0.05	Aluminiumverbindungen werden als Flockungsmittel bei der Filtration von Trinkwasser eingesetzt. Eine weitere Aluminiumquelle ist der kathodische Korrosionsschutz mit Aluminiumanoden.
9	Natrium	mg Na ⁺ /l	<20	Höhere Natriumwerte können geologisch bedingt sein oder auf eine Verunreinigung hinweisen. Gehalte über 200 mg/l können sich geschmacklich bemerkbar machen. Eine zusätzliche Natriumbelastung entsteht bei der Teilenthärtung mittels Ionentauscher. Wasser mit hohem Natriumgehalt liefert auch einen Beitrag zur Natriumaufnahme über die Nahrung. Bei natriumarmer Diät und zur Zubereitung von Säuglingsnahrung ist dies zu berücksichtigen.
9	Kalium	mg K ⁺ /l	<5	
21	Ammonium	mg NH ₄ ⁺ /l	<0.05	Erhöhte Ammonium- und Nitritgehalte weisen in der Regel auf eine Verunreinigung durch Abwasser oder Hofdünger hin. Sauberes Grundwasser vom reduzierten Typus kann ebenfalls erhöhte Ammonium- und Nitritgehalte aufweisen. Bei der Chlorung von Wasser führen Ammoniumgehalte über 0,2 mg/l zu einer sensorischen Beeinträchtigung des Wassers (Chloraminbildung).
22	Nitrit	mg NO ₂ ⁻ /l	<0.01	
23	Nitrat	mg NO ₃ ⁻ /l	<25	Ein erhöhter Nitratgehalt kann in der Regel auf eine intensive landwirtschaftliche Nutzung des Einzugsgebietes zurückgeführt werden. Quell- und Grundwasser aus anthropogen nicht beeinflussten Gebieten weisen Nitratgehalte unter 10 mg/l auf. Wasser mit hohem Nitratgehalt liefert einen erheblichen Beitrag zum Gesamt-Nitratgehalt der Nahrung.

24	Chlorid	mg Cl ⁻ /l	<20	Sofern ein erhöhter Chloridgehalt nicht geologisch bedingt ist, deutet er auf eine Beeinflussung durch Dünger, Abwasser aller Art oder Sickerwasser aus Abfalldeponien hin. Gehalte über 80 mg Cl ⁻ /l können die Korrosion vornehmlich von feuerverzinkten Installationen fördern, solche über 200 mg Cl ⁻ /l machen sich zusätzlich geschmacklich bemerkbar.
25	Fluorid	mg F ⁻ /l	<0.5	Der Fluoridgehalt des Trinkwassers ist bei einer allfälligen zusätzlichen Fluorgabe zur Kariesprophylaxe zu berücksichtigen.
26	Sulfat	mg SO ₄ ²⁺ /l	<50	Erhöhte Sulfatgehalte können geologisch bedingt sein oder auf eine Verunreinigung z.B. durch Sickerwasser aus Bauschuttdeponien hinweisen. Gesundheitlich sind höhere Sulfatgehalte unbedenklich, sofern die unter 15 angegebenen Magnesiumgehalte nicht überschritten werden. Bei Gehalten über 200 mg SO ₄ ²⁺ /l besteht ein erhöhtes Risiko für das Entstehen von Korrosionsschäden an Metallinstallationen und Beton.
27	Phosphat (unbehandelt)	mg P/l	<0.05	Erhöhte Phosphatgehalte weisen auf eine Infiltration von Oberflächenwasser oder eine Verunreinigung durch Abwasser oder Dünger hin. Quell- und Grundwasser aus anthropogen nicht beeinflussten Gebieten weisen meistens Phosphatgehalte unter 0.01 mg P/l auf. Die mengenmässig begrenzte Zudosierung von Phosphaten als Korrosionsschutz ist nur bei Warmwasser gestattet.
28	Kieselsäure (als Silikatzusatz bei der Wasserbehandlung)	mg Si/l		Die mengenmässig begrenzte Zudosierung von Silikaten als Korrosionsschutz ist gesetzlich geregelt.
29	Sulfid	mg S ²⁻ /l	organo- leptisch nicht wahr- nehmbar	Bei stark reduzierenden Bedingungen im Grundwasserträger entsteht aus Sulfat Sulfid
31	Sauerstoff	% Sättigung		Der Gehalt an gelöstem Sauerstoff ist vom hygienischen Standpunkt aus ohne Bedeutung. Ein geringer Sauerstoffgehalt weist auf Sauerstoffzehrung durch den Abbau von organischen Verunreinigungen hin. Für die Begünstigung einer Schutzschichtbildung in den Leitungen ist eine relative Sauerstoffsättigung von 30 bis max. 100 % anzustreben.
32	Freies Chlor	mg Cl ₂ /l		Die Dosierung von Chlor, Chlordioxid und Ozon ist gesetzlich geregelt. Desinfektionsmittel können für Fische toxisch wirken. Nötigenfalls sind für Fischbecken oder für Ueberläufe von Reservoiren Sicherheitsmassnahmen zu treffen (z.B. Aktivkohlefilter). Die Zugabe von Chlordioxid führt zur Bildung von Chlorit und Chlorat deren Höchstkonzentrationen gesetzlich geregelt sind.

	Gebundenes Chlor	mg Cl ₂ /l	<0,2	Gebundenes Chlor (Chloramine) bildet sich bei der Chlorung von ammoniumhaltigen Wasser.																					
	Chlordioxid	mg ClO ₂ /l																							
33	Ozon	mg O ₃ /l																							
34	Gesamthärte	mmol/l		<p>Bei Enthärtungs- und Entsalzungsanlagen soll die Gesamthärte im Trinkwasser aus korrosionstechnischen und physiologischen Erwägungen mindestens 1 mmol/l betragen. Die Gesamthärte ist ein Mass für den Gehalt an Erdalkalien (Härtebildner). Da es immer noch üblich ist, mit "Härtegraden" zu rechnen, kann ein Wasser wie folgt eingestuft werden:</p> <table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;"><u>Gesamthärte</u> in mmol/l</th> <th style="text-align: center;"><u>Gesamthärte</u> in franz. Härtegraden</th> <th style="text-align: center;"><u>Bezeichnung</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">0 bis 0.7</td> <td style="text-align: center;">0 bis 7 (°fH)</td> <td style="text-align: center;">sehr weich</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">>0.7 bis 1.5</td> <td style="text-align: center;">0 bis 7</td> <td style="text-align: center;">weich</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">>1.5 bis 2.5</td> <td style="text-align: center;">>7 bis 15</td> <td style="text-align: center;">mittelhart</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">>2.5 bis 3.2</td> <td style="text-align: center;">>15 bis 25</td> <td style="text-align: center;">ziemlich hart</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">>3.2 bis 4.2</td> <td style="text-align: center;">>25 bis 32</td> <td style="text-align: center;">hart</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">> 4.2</td> <td style="text-align: center;">>32 bis 42 > 42</td> <td style="text-align: center;">sehr hart</td> </tr> </tbody> </table>	<u>Gesamthärte</u> in mmol/l	<u>Gesamthärte</u> in franz. Härtegraden	<u>Bezeichnung</u>	0 bis 0.7	0 bis 7 (°fH)	sehr weich	>0.7 bis 1.5	0 bis 7	weich	>1.5 bis 2.5	>7 bis 15	mittelhart	>2.5 bis 3.2	>15 bis 25	ziemlich hart	>3.2 bis 4.2	>25 bis 32	hart	> 4.2	>32 bis 42 > 42	sehr hart
<u>Gesamthärte</u> in mmol/l	<u>Gesamthärte</u> in franz. Härtegraden	<u>Bezeichnung</u>																							
0 bis 0.7	0 bis 7 (°fH)	sehr weich																							
>0.7 bis 1.5	0 bis 7	weich																							
>1.5 bis 2.5	>7 bis 15	mittelhart																							
>2.5 bis 3.2	>15 bis 25	ziemlich hart																							
>3.2 bis 4.2	>25 bis 32	hart																							
> 4.2	>32 bis 42 > 42	sehr hart																							
35	Säureverbrauch (pH = 4,3)	mmol/l		<p>Seine Bestimmung erlaubt die Berechnung der Hydrogencarbonationen-Konzentration eines Wassers. Nähere Angaben sind bei der Methode 27A/36 "Berechnung des Gleichgewichts-pH-Wertes, des Calciumcarbomatsättigungsindex und der aggressiven Kohlensäure" zu finden. Säureverbrauch mmol/l x 5 = Carbonathärte in °fH.</p>																					

36	Calciumcarbonat Sättigungsindex			<p>Korrosionsschäden in Wasserinstallationen können durch die Wahl geeigneter Werkstoffe, deren vorschriftsgemäße Installation und über optimale Durchflussbedingungen deutlich eingeschränkt werden. Im Leitungsnetz stehendes und sich erwärmendes, wie auch zu schnell fließendes Wasser begünstigt Korrosionsvorgänge. Wasser mit einem <i>pH</i>-Wert unter 7.0 oder mit erhöhtem Neutralsalzgehalt weist eine verstärkte Tendenz zu korrosivem Verhalten auf. Für die Abschätzung eines Korrosionsrisikos kann auch die Kalkaggressivität des Wassers berücksichtigt werden. Die Beurteilung der Kalkaggressivität erfolgt gestützt auf die Berechnung des Sättigungsindex und allenfalls durch die Berechnung der freien und aggressiven Kohlensäure. Der Befund kann zusätzlich durch die experimentelle Bestimmung der Calciumcarbonatsättigung (Methode 27A/37) abgesichert werden.</p> <p>Der Gleichgewichts-<i>pH</i>-Wert ist als Minimalwert zu betrachten, der nicht unterschritten werden soll. Ein Calciumcarbonatsättigungsindex im Bereich von 0 bis + 0.3 in Verbindung mit mindestens 3 mg/l gelöstem Sauerstoff bietet eine gute Voraussetzung für die Ausbildung einer Kalk-Rost-Schutzschicht. Bei negativem Sättigungsindex kann der Aufbau der Schutzschicht behindert oder der Abbau einer bestehenden Schutzschicht gefördert werden.</p> <p>Grund- und Quellwässer aus kalkhaltigem Untergrund befinden sich in der Regel im Gleichgewicht oder reagieren leicht kalkabscheidend. Negative Sättigungsindizes treten hauptsächlich bei sehr weichem Wasser oder bei reduziertem Grundwasser auf.</p> <p>Wenn ein hartes Wasser zur Anreicherung des Sauerstoffgehalts belüftet wird, kann ein namhafter Verlust an Kohlendioxid auftreten, wobei sich infolge Störung des Kalk-Kohlensäure-Gleichgewichtes Calciumcarbonat abscheidet.</p>
37	<i>pH</i> -Wert-Schnelltest			
38.1	KMnO ₄ -Verbrauch	mg KMnO ₄ /l	<3	Erhöhte KMnO ₄ -Werte und DOC-Gehalte weisen auf eine organische Belastung hin. Die Belastung kann jedoch auch natürlichen Ursprungs sein (z.B. Grundwasser aus Moor oder Torfgebiet). Bei Konzentrationen von mehr als 2 mg/l (DOC) oder einem KMnO ₄ -Verbrauch von über 6 mg/l soll die Ursache der organischen Belastung abgeklärt werden.
38.2	Gelöster or-ganischer Kohlenstoff (DOC)	mg C/l	<1	

39.1	Wasserdampf- flüchtige Phenole	μg $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} / \text{l}$	<5	Mit der Methode 27A/39.1 dürfen Phenole als Summenparameter nicht nachweisbar sein. Bei Chlorung des Wassers können bereits bei Konzentrationen unter 5 μg Phenol/l Geschmacksbeeinträchtigungen auftreten. Das Auftreten von Phenol und gleichartigen Geschmacksbeeinträchtigungen verursachenden Verbindungen kann natürliche Ursachen haben und jahreszeitlich bedingt sein (z.B. vermoderndes Laub).
39.2	Phenole allgemein	$\mu\text{g}/\text{l}$	<0.5	Phenol und alkylierte Phenole, die als Einzelsubstanzen mit spezifischen Methoden zu bestimmen sind (GC, HPLC).
	Chlorphenole	$\mu\text{g}/\text{l}$	<0.1	Chlorphenole, die als Einzelsubstanzen mit spezifischen Methoden zu bestimmen sind (GC, HPLC).
40.1	Wasserlösliche Kohlenwasserstoffe	$\mu\text{g}/\text{l}$	<0.1 je Sub- stanz	Unter wasserlöslichen Kohlenwasserstoffen versteht man die BTEX-Aromaten (Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylol) sowie mehrfach alkylierte Aromaten, Naphthalin und alkylierte Naphthaline. Diese werden bei Öl- und Benzinunfällen bevorzugt im Wasser gelöst.
40.2	Schwerlösliche Kohlenwasserstoffe	$\mu\text{g}/\text{l}$	<2	Unter dem Begriff schwerlösliche Kohlenwasserstoffe werden aliphatische und alicyclische Kohlenwasserstoffgemische wie Heizöl, Dieselkraftstoff oder höhersiedende Öle zusammengefasst. Bei höheren Belastungen (Ölunfälle oder Verschmutzung durch kontaminierte Installationen) kann diese Substanzklasse mit der IR-Methode 40.2 erfasst werden. Für die Spurenanalytik ist die Empfindlichkeit der Methode jedoch nicht ausreichend, und es sind gaschromatographische Methoden einzusetzen.

41.1	Flüchtige Halogenkohlenwasserstoffe Summe (FHKW)	µg Cl ⁻ /l	<1	<p>Unter dem Begriff flüchtige Halogenkohlenwasserstoffe werden im wesentlichen die industriell und gewerblich verwendeten, halogenierten, leichtflüchtigen Lösungsmittel Dichlormethan, Chloroform, Tetrachlormethan, 1,1,1-Trichlorethan, Trichlorethen und Tetrachlorethen verstanden. Daneben gehören auch ihre Abbauprodukte wie 1,2-cis-Dichlorethen, Vinylchlorid sowie die bei der Wasserchlorung entstehenden Haloforme zu dieser Substanzklasse.</p> <p>Bei der Summenbestimmung nach Methode 41.1.1 werden diese Substanzen als Chlorequivalent erfasst und angegeben. Für die Summenberechnung über die Konzentration von Einzelsubstanzen muss dies berücksichtigt werden (Chlorgehalt der chlorierten Lösungsmittel ca. 80 %). Flüchtige Halogenkohlenwasserstoffe, insbesondere Trichlorethan, Trichlorethylen und Tetrachlorethylen sind bereits in vielen Grundwasservorkommen nachweisbar.</p>
41.1.2	Flüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (FHKW) Einzelverbindungen	µg/l je Substanz	<0.1	
41.2	Adsorbierbare Organohalogenverbindungen (AOX)	Cl µg/l	<5	Obwohl auch natürliche AOX-Quellen bekannt sind, zeigen erhöhte AOX-Konzentrationen in der Regel eine Verschmutzung mit Deponiesickerwasser oder entsprechend belastetem Abwasser an. Der Erfahrungswert bezieht sich auf die AOX-Bestimmung aus der ausgeblasenen Probe (ohne FHKW-Anteil).
42	Hydrazin	µg/l		Hydrazin wird immer noch zur Sauerstoffelimination im Kesselspeisewasser verwendet. Durch Leckstellen kann es z.B. bei zentralen Warmwasserversorgungen ins Trinkwasser gelangen.
	Pestizide und ähnliche Substanzen	µg/l		Pestizide und ähnliche Substanzen sind in anthropogen unbeeinflusstem Trinkwasser nicht nachweisbar. Werden solche Substanzen festgestellt, soll die Ursache abgeklärt werden. Bestimmungsmethoden finden sich in Kapitel 46 "Pestizidrückstände".
	Grenzflächenaktive Stoffe	mg/l		Grenzflächenaktive (waschaktive) Stoffe sind in anthropogen unbeeinflusstem Trinkwasser nicht nachweisbar. Da heute meist sogenannte "abbaubare" grenzflächenaktive Stoffe Verwendung finden, deren Abbauprodukte durch einfache Analysenmethoden nicht miterfasst werden, sind je nach Fragestellung spezifische Methoden einzusetzen.

	Polycyclische Aromaten (PAK)	µg/l	Summe <0.1 Benzo-(a)-Pyren <0.01	Unter polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) werden diejenigen Verbindungen verstanden, die drei oder mehr aromatische Ringe in kondensierter Form enthalten. Im Wasser sind sie meistens an Partikel adsorbiert und werden deshalb hauptsächlich in Sedimenten oder Schwebestoffen angereichert. Im partikelfreien Wasser sind die Konzentrationen daher sehr gering. In der Praxis werden für die Erfassung der PAK-Belastung 6 Leitsubstanzen quantitativ bestimmt und deren effektiver Gehalt addiert. Die Leitsubstanzen sind: Benzo-(a)-Pyren, Fluoranthen, Benzo-(b)-Fluoranthen, Benzo-(k)-Fluoranthen, Benzo-(ghi)-Perylen, Inden-(1,2,3-cd)-Pyren.
	Cyanid	mg CN ⁻ /l		Cyanid ist bis heute in schweizerischen Grund- und Quellwässern nur selten aufgetreten. Mögliche Verunreinigungsursachen sind Betriebsunfälle, Sickerwasser aus Gaswerksaltlasten und andere cyanidhaltige Ablagerungen.
44	NTA	µg NTA/l		Im Grundwasser ist NTA in der Regel aufgrund der guten biologischen Abbaubarkeit nicht nachweisbar.
44	EDTA	µg EDTA/l		EDTA ist wegen seiner schlechten biologischen Abbaubarkeit in vielen durch Uferinfiltrat angereicherten Grundwasservorkommen und in aufbereiteten Oberflächenwässern nachweisbar.

ZUSÄTZLICHE HINWEISE ZUR ÜBERWACHUNG DER TRINKWASSERQUALITÄT

Die Beurteilung eines Trinkwassers hat aufgrund der über einen längeren Zeitraum ermittelten mikrobiologischen, chemischen und organoleptischen Untersuchungsergebnisse zu erfolgen. Dabei sind alle Faktoren, welche auf die Qualität einen Einfluss haben können, zu berücksichtigen.

Bei Quell- und Grundwässern ist der Witterung, dem baulichen Zustand der Fassungsanlagen, dem Einzugsgebiet und dessen Bewirtschaftung sowie möglichen Beeinflussungen durch Oberflächengewässer, Abwässer, Deponien, Industrie- und Tankanlagen Rechnung zu tragen.

Bei aufbereitetem Trinkwasser ist der Wirksamkeit der Aufbereitung sowie der Einhaltung der Höchstkonzentrationen der eingesetzten Chemikalien und ihrer allfälligen Folgeprodukte Beachtung zu schenken. Dies gilt speziell für die Aufbereitung von Wasser aus Oberflächengewässern und Karstquellen, bei welchen ein besonderer Schutz vor Fremdstoffen und vor Reaktionsprodukten chemischer Desinfektionsverfahren erforderlich ist.

Das chemische Untersuchungsprogramm richtet sich nach den aus der Gefahrenanalyse abgeleiteten Verunreinigungsrisiken. Zur Erkennung allfälliger Veränderungen in der chemischen Wasserzusammensetzung sollen bei Routinekontrollen wenigstens die folgenden Parameter bestimmt werden:

Temperatur, Trübung, Gesamthärte, Säureverbrauch, Chlorid, Nitrat, Sulfat, Kaliumpermanganatverbrauch oder DOC sowie bei Grundwasser zusätzlich gelöster Sauerstoff.

Bei Sanierungen und Neufassungen von Quellen sind eingehende Untersuchungen mit zusätzlichen Quellschüttungs- und Temperaturmessungen über einen ganzen Jahreszyklus erforderlich. Bei Pumpversuchen für die Erstellung von Grundwasserfassungen und zur Ausscheidung von Schutzzonen sind Pumpdauer und Untersuchungsprogramm gemeinsam mit dem Hydrogeologen festzulegen. Bei der Wahl von Entnahmestellen für aufzubereitendes See- oder Flusswasser muss auf die Einleitung von Abwasser aller Art und auf die Beeinflussung durch Algen geachtet werden.

Für die Erstellung und Überwachung von Trinkwasserversorgungen wird auf diejenigen Richtlinien des Schweizerischen Vereins für das Gas- und Wasserfach (SVGW) verwiesen.

HINWEISE ZU DEN ANALYSENVORSCHRIFTEN

Sofern nichts anderes vermerkt wird, sind für Reagenzien und Lösungen analysenreine Chemikalien zu verwenden. Unter „dest. Wasser“ ist Wasser zu verstehen, welches in Quarz- oder Glasapparaturen destilliert wurde oder das aus einer Reinstwasserapparatur stammt. Je nach Analysenziel genügt unter Umständen auch deionisiertes Wasser. Unter der Rubrik Geräte werden allgemein gebräuchliche Analysengeräte nicht gesondert aufgeführt.

LITERATUR

WHO Guidelines for Drinking-Water Quality, Vol. 1 Recommendations, Vol. 2 Health Criteria and Other Supporting Information. World Health Organization, 1211 Geneva 27

Directives du Conseil des Communautés européennes, du 3 novembre 1998, relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine (98/83/CE). Publiées dans le Journal officiel des Communautés européennes n° L 330 (05/12/1998).

Probenentnahme

ALLGEMEINES

Eine einwandfreie chemische Untersuchung kann nur bei fachgerechter Entnahme der Wasserprobe gewährleistet werden. Zweck und Umfang der Untersuchung müssen dem Probennehmer bekannt sein.

Die Probenentnahme muss durch speziell ausgebildete Fachleute erfolgen. Unter der Voraussetzung, dass dem Sachverständigen die örtlichen Verhältnisse bekannt sind und an Ort und Stelle keine speziellen Untersuchungen oder Probenvorbereitungen vorzunehmen sind, kann auch eine zu diesem Zwecke instruierte Person mit der Erhebung betraut werden.

Die Funktion von Aufbereitungsanlagen ist durch den Fachmann zu überprüfen.

Wenn zu einer orientierenden Untersuchung aus Beobachtungsrohren Wasser entnommen wird, soll, um einen brauchbaren Befund zu erhalten, in der Regel mindestens 1 Kubikmeter Wasser vorgepumpt werden, in jedem Falle wenigstens soviel, bis es eine konstante Temperatur aufweist. Wenn immer möglich, soll das geförderte Wasser frei von Trübstoffen sein.

Sollen aus dem Leitungsnetz stammende Metalle nachgewiesen oder ganz allgemein der Zustand des Wassers bei Stagnation untersucht werden, so sind die Proben unmittelbar nach ca. 1 Liter Vorlauf zu entnehmen.

Anlässlich der Probenentnahme ist ein Erhebungsrapport zu erstellen.

ERHEBUNGSRAPPORT

Der Erhebungsrapport soll jederzeit die Identifizierung der Probe ermöglichen, und, soweit sie nicht als bekannt vorausgesetzt werden können, folgende Angaben enthalten:

- Ort, Datum und Zeit der Probenahme,
- Beschaffenheit des Einzugsgebietes,
- Düngungsverhältnisse,
- Zustand der Fassungsanlage,
- Ergiebigkeit von Quellen, bzw. Pumpenleistung,
- Witterung und, wenn möglich, Datum des letzten Niederschlags.

Selbstverständlich sind auch alle anlässlich der Probenentnahme ermittelten Untersuchungsergebnisse (z.B. Geruch, Farbe, Temperatur, Desinfektionsmittel usw.) und Probenvorbereitungen (z.B. zur Metallbestimmung) aufzuführen.

PROBENGEFÄSSE

Als Probengefässe eignen sich saubere Flaschen aus farblosem Glas mit eingeschliffenem Glasstopfen. Je nach Art der Untersuchung können auch Flaschen mit Schraubdeckelverschluss aus Glas, Polyethylen oder Polypropylen Verwendung finden. Neue Kunststoff-Flaschen müssen zuerst mehrere Tage mit zu erneuernden Leitungswasser gefüllt und stehen gelassen werden.

Wenn die Temperatur der Wasserproben bis zur Laboruntersuchung unverändert bleiben muss, sind geeignete, dichtschiessende Isolierflaschen (Thermosflaschen) zu verwenden.

Bei der Probenahme müssen die Flaschen mit dem zu untersuchenden Wasser mehrmals ausgespült und die Verschlüsse abgespült werden. Die Füllung hat in der Regel so zu erfolgen, dass zwischen Wasser und Verschluss ein Luftraum von 2 – 3 ml verbleibt.

Die Menge der zu entnehmenden Wasserprobe hängt vom Umfang der geplanten Untersuchung ab. Für eine vollständige Wasseranalyse sind ungefähr 2 Liter erforderlich.

UNTERSUCHUNGEN AN ORT UND STELLE UND SPEZIELLE PROBENVORBEREITUNG

Für gewisse Bestimmungen, die durch mögliche Veränderungen der Proben beim Stehen beeinflusst werden können, sind folgende Massnahmen notwendig:

Geruch: Die Prüfung ist an Ort und Stelle durchzuführen.

Temperatur: Messung unmittelbar vor oder nach der Probenahme.

pH-Wert: Bestimmung an Ort und Stelle oder Transport der Probe ohne Temperaturveränderung.

Nitrit: Wegen der Unbeständigkeit der Nitrite im Trinkwasser ist die Bestimmung möglichst rasch nach der Probenentnahme auszuführen.

Phosphat: Proben zur Bestimmung der kondensierten Phosphate sind sofort zu untersuchen.

Sulfid: Konservierung bei der Entnahme gemäss Methode 27A/29 „Bestimmung von Sulfid“.

Sauerstoff: Diese Bestimmung erfordert eine besonders sorgfältige Probenahme. Die Vorschriften sind bei der Methode 27A/31.1 ausgeführt und genau zu beachten.

Desinfektionsmittel: Der Gehalt an Desinfektionsmittel (Chlor, Chlordioxid und Ozon) ist an Ort und Stelle zu bestimmen.

Phenole: Konservierung der Probe bei der Entnahme gemäss Methode 27A/39.1.

Hydrazin: Probenentnahme in vollständig gefülltem Gefäss und Bestimmung möglichst rasch.

Mikrobiologische Untersuchungen: Siehe Vorschriften im Kapitel 56 „Mikrobiologie“ (Neuausgabe).

WEITERE LITERATURHINWEISE

1. **DIN 38462**/Teil 14, Ausgabe 1986-03: Probenahme von Rohwasser und Trinkwasser.
2. **EN ISO 3667-3** (Entwurf), 2002: Wasserbeschaffenheit – Anleitung zur Konservierung und Handhabung von Proben.