

Beurteilungsgrundsätze von Fremd- und Inhaltsstoffen in Trinkwasser

Bruno Brunner GmbH, Speicher AR

Überarbeitung 27.01.2024 BB

Verordnung des Eidgenössischen Departementes des Innern (EDI) über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugängliche Bäder und Duschanlagen (TBDV)

Physikalische Messungen

Gesamtwasserhärte

Die Gesamthärte ist der Gehalt an Erdalkali-Ionen (Calcium- und Magnesiumsalze). Je mehr Mineralstoffe im Wasser gelöst sind, desto härter ist das Wasser. Die Angaben erfolgen in französischen Härtegraden (fH°): (1 fH° = 10 mg Calcium auf 1.0 lt Wasser)

0 – 7 fH°	sehr weich
7 – 15 fH°	weich
15 - 25 fH°	mittelhart
25 – 32 fH°	ziemlich hart
32 – 42 fH°	hart
> 42 fH°	sehr hart

Leitfähigkeit

Die Leitfähigkeit gibt eine Aussage über die Konzentration der im Wasser gelösten Mineralien und wird in der Einheit $\mu\text{S}/\text{cm}$ gemessen. Diese hängt von der geologischen Herkunft und der Verweildauer des Wassers im Untergrund ab. Je länger das Wasser im Untergrund fliesst, desto höher kann der wert sein.

Leitfähigkeit von verschiedenen Wässern:

Destilliertes Wasser	0.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Regenwasser	30 – 80 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Oberflächen- und Bachwasser	100 – 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Trinkwasser allgemein	500 – 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Seewasser	bis 5'000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Verunreinigte Wässer zB. Strassensalz, Deponiewasser	2000-15'000 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Leitfähigkeit von Trinkwasser nach geolog. Herkunft:

Nordalpines Mittelland	500 – 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Inneralpine Gebiete ohne Granite	400 – 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Tiefenwasser mit event. Gips	bis 1'200 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Südalpine Gebiete mit Granite	200 – 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Vom Messergebnis der Leitfähigkeit kann die Wasserhärte errechnet werden:

fH° = französische Härtegrade

dH° = deutsche Härtegrade

Umrechnung von fH° zu dH°: $1\text{fH}^\circ \times 0.560 = \text{dH}^\circ$

$17.5 \text{ mg}/\text{lt} = 30 \mu\text{S}/\text{cm} = 1.7 \text{ fH}^\circ = 1 \text{ dH}^\circ$

mg/l	$\mu\text{S}/\text{cm}$	fH°	dH°	Härte
0–70	0–140	0–7	0–4	sehr weich
70–150	140–300	7–15	4–9	weich
150–250	300–500	15–25	9–15	leicht hart
250–320	500–640	25–32	15–19	mässig hart
320–420	640–840	32–42	19–25	hart
> 420	> 840	> 42	> 25	sehr hart

Sauerstoff

Sauerstoff muss im Wasser vorhanden sein. Die Sauerstoffsättigung beträgt normalerweise 50 bis 100%. In eisen- und manganhaltigen sowie verunreinigten Wässern ist der Sauerstoffgehalt stark reduziert oder fehlt ganz. Dieses Wasser wird als „anoxisch“ bezeichnet und neigt zu Ausfällungen (ockerfarbene Ablagerungen und Verkrustungen).

pH-Wert

Der pH-Wert liefert Hinweis für die mögliche Anwesenheit aggressiver Kohlensäure und somit für das Korrosionsverhalten des Wassers gegenüber Werkstoffen. Im Allgemeinen beträgt der pH-Wert 6.8 – 7.2 bei weichem und bis 8.5 bei sehr hartem (kalkreichem) Wasser. Der pH-Wert gibt auch Anhaltspunkte durch welche Gesteine das Wasser geflossen ist (saure Granitgesteine, basische Kalkgesteine).

Der pH-Wert bei Trinkwasser sollte zwischen 6.8 – 8.2 liegen.

Wassertemperatur

Die Wassertemperatur wird von der Tiefenlage der Fliesswege und jahreszeitlich klimatischen Verhältnissen beeinflusst. Das heisst je tiefer die Fliesswege im Untergrund sind, desto kühler und ausgeglichener ist die Wassertemperatur bei der Austrittsstelle aus dem Untergrund. Je oberflächennaher, desto grösser sind die jahreszeitlichen Temperaturschwankungen des Wassers. Ein hochwertiges Quellwasser hat eine durchschnittliche Temperatur von 5.0 – 11.0 °C

Beobachtungen

Trübung, Färbung

Gibt Hinweise auf Oberflächenwassereintrag. Kann auch auf Druckstösse, Aufwirbelungen von Ablagerungen aus Leitungsnetzen sowie auf ein Rohrbruch zurückzuführen sein. Bei längeren Trockenperioden und anschliessenden Niederschlägen (Anziehen der Quellen) können Quellen ebenfalls eine erhöhte Trübung und Färbung aufweisen. Eine geringe Gelbfärbung durch Huminstoffe ist unbedenklich. Bei deutlicher Gelbfärbung oder braunem flockigem bzw. fast schwarzem Niederschlag ist eine Aufbereitung zu empfehlen.

Geruch, Geschmack

Je nach Ursache kann es zu verschiedenen Arten von anormalem Geruch und Geschmack kommen: Stagnationswasser, nicht geeignete Materialien in der Installation oder in Aufbereitungsgeräten, Eintrag von verunreinigtem Oberflächenwasser. Verunreinigung durch Landwirtschaft (Gülleaustrag in Quelleinzugsgebieten und Zustrom Bereichen).

Chemische Untersuchungen

Eisen Fe

Höhere Konzentrationen von Eisen bewirken Gelbfärbung, Trübung und Rostausscheidungen. Besonders augenfällig sind diese Reaktionen, wenn Wasser mit Sauerstoff in Berührung kommt.

Ammonium NH₄ und Nitrit NO₂

Ammonium und Nitrit weisen in der Regel auf eine direkte Beeinflussung durch Düngestoffe oder Abwässer hin und sollen deshalb nicht anwesend sein (undichter Güllegruben, Kanalisationsleitungen, Misthaufen). Eine Ausnahme sind reduzierte, sauerstoffarme Gewässer, welche zumeist auch sehr eisenhaltig sind.

Nitrat NO₃

Nitrat ist ein natürlicher Wasserinhaltsstoff, der bei der Zersetzung von Laub, Nadeln und anderen Pflanzenteilen im Boden entsteht (auf diese Weise können, naturbedingt bis zu 20 mg/l NO₃ im Wasser enthalten sein). Ein hoher Nitratgehalt ist ein Gradmesser für die Intensität der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung eines Wassereinzugsgebietes (mineralische Dünger, Stallmist, Gülle). In unbelasteten Wässern finden wir 1 - 2 mg NO₃ /lt. Hohe Nitratgehalte in Verbindung mit bakterieller Belastung sind besonders kritisch.

Chloride Cl

Reine, natürliche Trinkwässer unserer Gegend enthalten praktisch keine Chloride oder Gehalte von weniger als 10 mg Cl pro Liter Wasser. Höherer Gehalt deutet auf Beeinflussung durch Düngemittel, Deponien, Abwasser oder Streusalz von Strassenentwässerungen hin.

Calcium Ca

Unbedenklich siehe Wasserhärte.

Magnesium Mg

Unbedenklich siehe Wasserhärte.

Natrium Na

Erhöhte Werte können auf den Eintrag von Strassenabwässern hinweisen (Einfluss von Streusalz hierbei auch den Chloridwert beachten). Bei Aufbereitung mit Enthärtungsanlagen (Ionenaustauschern) kommt es ebenfalls zu einem Anstieg.

Phosphate PO₄

Phosphate sind nicht naturbedingt; die Gehalte liegen deshalb unter 0,05 mg PO₄ /lt. Höherer Gehalt deutet auf Verschmutzung durch Düngestoffe, Abwasser, Deponien hin.

Sulfate SO₄

Sulfate (Gips) sind in gewissen Gegenden aufgrund der geologischen Verhältnisse naturbedingt. In den übrigen Gebieten deutet ihre Anwesenheit vielfach auf einen Eintrag von Abwasser aus Siedlungsentwässerungen, Düngemittel und Sickerwässer aus Mülldeponien hin.

Schwermetalle

Schwermetalle wie Blei Pb, Cadmium Cd und Quecksilber Hg sind toxische Metalle und sollen im Trinkwasser nicht nachweisbar sein. Hohe Schwermetallwerte treten in der Umgebung von Industrien und verkehrsreichen Strassen auf.

Pestizide insgesamt

Pestizide sollten dann untersucht werden, wenn in der Umgebung der Quelleinzugsgebiete grossflächig Landwirtschaft oder Garten- und Gemüsebau betrieben wird (z.B. Mais-, Wein-, Obst- und Gemüseanbau).

Oxydierbarkeit

Die Oxydierbarkeit oder der Kaliumpermanganatverbrauch gibt Aufschluss über die Belastung des Wassers durch oxydierbare organische oder anorganische Stoffe. Erhöhte Werte sind typisch für huminstoffreiche Wässer oder deuten auf einen Eintrag durch Oberflächenwasser (organische Substanzen) hin.

TOC (Total Organic Carbon)

Erfasst den Kohlenstoffanteil der im Wasser vorhandenen organischen Stoffe. Erhöhte Werte deuten auf Verunreinigungen durch Huminstoffe hin.

Mikrobiologische Untersuchungen

Keimzahl (Gesamtkoloniezahlwerte)

Die Keimzahl erfasst sämtliche aerobe Keime in 1 ml Wasser bei einer Wachstumstemperatur von 30° C. Erhöhte Keimzahlen sind immer auf Verunreinigungen zurückzuführen. Beeinflussung durch oberflächennah zirkulierendes Wasser (verunreinigtes Oberflächenwasser, Sickerwasser).

Escherichia coli (E-Coli) und Enterokokken

Keime wie Escherichia Coli und Enterokokken sind Fäkalkeime und stammen aus dem menschlichen oder tierischen Darm. Solche Keime sollen im Trinkwasser nicht nachzuweisen sein. Auch werden diese Keime bei der Prüfung von Trinkwasser als Indikatoren für andere möglicherweise vorliegende Krankheitserreger bewertet. Keime können durch die Fassungsanlage oder undichte Wasserleitungen in die Wasserversorgung gelangen. Es erfolgt keine Vermehrung im Netz.

Es sind auch Hinweise, dass die Abdichtungen der Fassungsbauwerke ungenügend sind.

Escherichia Coli (E-Coli)

Verunreinigung des Wassers mit frischen Fäkalien von Warmblütern. Eindringen von mit Fäkalien verunreinigtem Wasser aus dem Oberflächenwasser, aus undichten Sicker- und Güllegruben und Abwasserleitungen. Meist kurzfristig zurückliegende Einträge.

Enterokokken

Bestätigung und Hinweis auf eine länger zurückliegende fäkale Verunreinigung (vor allem durch Tiere) und auch ein vermehrtes Wachstum in organischem Material. Enterokokken können in der Umwelt länger überleben als coliforme Bakterien.

Keime der Flexibacter bzw. Sporocytophaga Gruppe

Hinweis auf mangelhafte Filterwirkung der Untergrundschichten oder des Bodens gegenüber fäkalen Verunreinigungen.

Übrige endowüchsige Bakterien

Diese Bakterien wachsen auf dem gleichen Nährboden wie typische Colibakterien (Endo-Agar), deren Herkunft jedoch nicht mit derjenigen der typischen Colibakterien identisch sein muss. Erhöhte Keimzahlen sind immer auf Verunreinigungen zurückzuführen.

Trinkwasser: Qualitätsziel, Toleranzwert und Grenzwert

Gemäss Fremd- und Inhaltsstoffverordnung (TBDV) vom 01.05.2017 und der Gewässerschutzverordnung (GSchV) Stand 01.05.2018

		Qualitätsziel	Toleranzwert (T) Grenzwert (G)
Physikalische Parameter			
Farbe		farblos	
Geruch		geruchlos	
Geschmack		ohne Fremdgeschmack	
Trübung unbehandelt	TE/F	bis 0.5	1.0 (T)
Trübung nach Filtration	TE/F	bis 0.2	1.0 (T)
Temperatur	°C	8 bis 15	25.0 (T)
Leitfähigkeit	µS/cm	200 bis 800	
Sauerstoffsättigung	DO%	30 bis 100 %	
Gesamtwasserhärte	mmol/l	1.5 bis 2.5	4.2
Gesamthärte, französische Härte	°fH	15 bis 25	42
Trockenrückstand	mg/l	100 bis 500	1'500
Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht			
pH-Wert		6.8 bis 8.2	
Calcium	Ca ²⁺ mg/l	40 bis 125	200
Magnesium	Mg ²⁺ mg/l	5 bis 30	125
Kationen und Anionen			
Ammonium	NH ₄ ⁺ mg/l	bis 0.05	0.1 (T)
Natrium	Na ⁺ mg/l	20	200
Nitrit	NO ₂ ⁻ mg/l	bis 0.01	0.1 (T)
Nitrat	NO ₃ ⁻ mg/l	bis 10	25 (G)
Chlorid	Cl ⁻ mg/l	bis 20	40
Fluorid	F ⁻ mg/l	bis 0.5	1.5 (T)
Phosphat unbehandelt	PO ₄ mg/l	bis 0.05	1.0 (T)
Kalium	K mg/l	bis 10	20
Sulfat	SO ₄ ²⁻ mg/l	bis 50	250
Spurenelemente und Schwermetalle			
Blei	Pb ²⁺ mg/l	bis 0.001	0.01 (G)
Cadmium	Cd ²⁺ mg/l	bis 0.0005	0.003 (G)
Eisen gesamt	Fe mg/l		0.2 (T)
Kupfer	Cu ²⁺ mg/l	bis 0.02	1 (T)
Mangan gelöst	Mn mg/l	bis 0.02	0.05 (T)
Zink	Zn ²⁺ mg/l	bis 0.1	5.0 (T)
Summenparameter			
Oxydierbarkeit, KMnO ₄ -Verbrauch	KMnO ₄ mg/l	bis 3	20.0
Gelöster organischer Kohlenstoff TOC	C mg/l	bis 1.0	2.0 (T)
Schwerlösliche Kohlenwasserstoffe	KW mg/l		0.02 (G)
Wasserlösliche Kohlenwasserstoffe	KW mg/l	bis 0.0001	0.001 (G)
Mikrobiologische Parameter			
Escherichia coli (E-coli)	100 ml	(n.n.) nicht nachweisbar	(G)
Enterokokken	100 ml	(n.n.) nicht nachweisbar	(G)
Aeroben mesophile Keime	1 ml	an der Fassungsstelle im Verteilnetz nach Entkeimungsanlage	100 (T) 300 (T) 20 (T)
Sulfitreduzierende Clostridien	100 ml	nach Entkeimungsanlage	(n.n.) 0 (G)
Käseschädliche anaerobe Sporen	100 ml		10 (G)
Pseudomonas aeruginosa	100 ml		0 (T)

Erläuterung zu Wasserproben und Laborberichten

Wie eine Wasserprobe zu entnehmen ist, wird in der Anleitung zur Trinkwasserprobenahme, der Bruno Brunner GmbH, beschrieben.

Grundsatz: Fremd- und Inhaltsstoffe dürfen in oder auf Lebensmitteln nur in gesundheitlich unbedenklichen und technisch unvermeidbaren Mengen vorhanden sein. Der Toleranzwert ist die Höchstkonzentration, bei deren Überschreitung das Lebensmittel als verunreinigt oder sonst im Wert vermindert gilt. Der Grenzwert ist die Höchstkonzentration, bei deren Überschreitung das Lebensmittel für die menschliche Ernährung als ungeeignet gilt.

Erklärung Laborberichte:

Prüfbericht der Bamos AG, Neue Industriestrasse 63, 9602 Bazenheid SG

Probe	Parameter	Methode	Einheit	Messresultat	Vergleichswert
Probe 1	Aerobe mesophile Keime	ISO 6222 mod.	KbE/mL	280	≤100 ⁽¹⁾
	Escherichia coli	ISO 9308-1 mod.	KbE/100 mL	n.n.	n.n.
	Enterokokken	ISO 7899-2 mod.	KbE/100 mL	n.n.	n.n.
	Trübung	ISO 7027	TE/F	0.52	≤1.00 ⁽³⁾
Probe 2	pH-Wert	ISO 10523 mod.	pH	7.34	
	Leitfähigkeit	DIN 27888 mod.	µS/cm	674	≤800 ⁽²⁾
	Ka-Permanganat-Verbrauch (Oxidierbarkeit)	ISO 8467 mod.	mg/L	2.79	≤20.00 ⁽²⁾
	Alkalinität pH 4.3 (Säurekapazität)	ISO 9963-1	mmol/L	6.90	
	Carbonathärte *	berechnet	°dH	34.5	
	Gesamthärte (Ca+Mg)	Metrohm AB125/3e	°dH	8.0	
	Gesamthärte (Ca+Mg)	Metrohm AB125/3e	°dH	14.3	
	Calcium (Ca)	Metrohm AB125/3e	mg/L	53	
	Magnesium (Mg)	Metrohm AB125/3e	mg/L	<1	
	Chlorid (Cl)	HACH LCK 311	mg/L	5.6	
	Nitrat (NO3)	HACH LCK 339	mg/L	11.6	≤40.0 ⁽¹⁾
	Sulfat (SO4)	HACH USEPA 8051	mg/L	18.0	≤250.0 ⁽²⁾

Quelle: Bamos AG, Bazenheid SG

Probe 1: Mikrobiologische Laboranalyse (Probemenge 500ml)

Pos. 1: Aerobe mesophile Keime → Gesamtanzahl Keime in 1ml Wasserprobe

Pos. 2: Escherichia coli → Fäkalkeim der Escherichia-Stämme, Anzahl Keime in 100ml Wasserprobe

Pos. 3: Enterokokken → Fäkalkeim von Enterokokken-Stämme, Anzahl Keime in 100ml Wasserprobe

Pos. 4: Trübung → optische Messung der Feststoffpartikel im Wasser

Beschreibung und Erläuterung auf Seite 2 in diesem Bericht

Probe 2: Chemische und Physikalische Laboranalyse (Probemenge 500ml)

Beschreibung und Erklärung auf Seite 1 in diesem Bericht