

Laborbücher Chemie

W. A. R. — Bibliothek

Inv.-Nr. D 10041

~~08.2 HVL~~

~~08.2 HÜA~~

08.2 HUER

Wasser und Wasseruntersuchung

Methodik, Theorie und Praxis chemischer, chemisch-physikalischer
und bakteriologischer Untersuchungsverfahren

Leonhard A. Hütter

**Verlag Moritz Diesterweg
Otto Salle Verlag**

Frankfurt am Main · Berlin · München

Verlag Sauerländer

Aarau · Frankfurt am Main · Salzburg

Bibliothek Wasser und Umwelt
(TU Darmstadt)



61623612

Inhaltsübersicht

1 Wasser und Wasseranalyse

9

1.1 Begründung und Anforderungen des Themas – didaktische und experimentelle Aufbereitung	10
1.1.1 Anforderungen an den Praktikanten; Protokollführung	11
1.1.2 Anforderungen an das Laboratorium; Apparate, Meßgefäße, Reagenzien, Reinwasser	12
1.1.3 Gliederung der Untersuchungen	19
1.1.4 Auswahl der Untersuchungsobjekte; Arbeitsplanung	20
1.1.5 Auswahl der Einzelbestimmungen für eine bestimmte Wasserprobe	22
1.1.6 Wahl des Untersuchungsverfahrens für die Einzelbestimmungen	23
1.1.7 Reihung der Einzelbestimmungen im Rahmen einer Gesamtuntersuchung; Probenkonservierung	24
1.2 Wasser ist nicht gleich Wasser – Charakterisierung verschiedener Wasserarten	26
1.2.1 Niederschlagswasser	27
1.2.2 Grundwasser	27
1.2.3 Quell- und Brunnenwasser	30
1.2.4 Mineral- und Heilwasser	31
1.2.5 Oberflächenwasser	31
1.2.6 Abwasser	33
1.2.7 Meerwasser	34
1.3 Wasser als Lebensraum – Hydrobiologie	35
1.3.1 Das Süßwasser als Umwelt der Organismen	35
1.3.2 Biologisches Gleichgewicht; Die Selbstreinigung von Gewässern und dessen Störung	36
1.3.3 Biologische Vorgänge und Stoffkreislauf im See	39
1.3.4 Biologische Vorgänge im Fließwasser; Gewässerbeurteilung nach dem Saprobien-system	40
1.3.5 Bedeutung und Grenzen der biologischen Wasseranalyse	43
1.4 Inhaltsstoffe natürlicher Wässer – deren mögliche Herkunft und Bedeutung; Grenzwerte für Trinkwasser	44
1.4.1 Oxoniumionen-Konzentration, $c(\text{H}_3\text{O}^+)$; pH-Wert	45
1.4.2 Alkalimetalle: Na^+ , K^+ , (Li^+)	46
1.4.3 Erdalkalimetalle: Mg^{2+} , Ca^{2+} , $(\text{Sr}^{2+}, \text{Ba}^{2+})$	46
1.4.4 Wasserhärte; Hydrogencarbonat, HCO_3^- und Carbonat, CO_3^{2-}	47

1.4.5	Halogenide: Cl^- (F^- , Br^- , I^-)	48
1.4.6	Sulfat, SO_4^{2-}	49
1.4.7	Stickstoffverbindungen: NH_4^+ (NH_3), NO_2^- , NO_3^- ; $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	49
1.4.8	Phosphat, PO_4^{3-}	51
1.4.9	Kieselsäure, H_2SiO_3 und Silicat, SiO_3^{2-}	51
1.4.10	Schwermetalle: $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$, Mn^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+}	51
1.4.11	Sauerstoff, O_2	53
1.4.12	Kohlendioxid (Kohlensäure), CO_2 (H_2CO_3); Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht	53
1.4.13	Chlor, Cl_2 und Ozon, O_3 ; Desinfektion	54
1.4.14	Organische Stoffe (Verschmutzung) – Oxidierbarkeit mit Kaliumpermanganat, KMnO_4 und Kaliumdichromat, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$; Chemischer Sauerstoffbedarf, CSB	57
1.4.15	Mikroorganismen; Biologische Aktivität – Biochemischer Sauerstoffbedarf, BSB	59
1.4.16	Radioaktivität	61
1.5	Mögliche Schadwirkungen des Wassers und deren Beseitigung	62
1.5.1	Toxische organische und anorganische Stoffe: Fischtoxische Stoffe, Pestizide, Polycyclische Aromate; Be, Pb, Cd, Cr, Hg; As, Se; CN^- ; H_2S	63
1.5.2	Mikroorganismen	67
1.5.3	Werkstoffe – Korrosion und Korrosionsschutz	68
1.5.4	Störende oder schädigende Einflüsse hinsichtlich bestimmter Verbrauchergruppen	73
1.5.5	Aufbereitung des Wassers zu Trinkwasser	78
1.6	Reinwasser und keimfreies Reinwasser für analytische und bakteriologische Zwecke	81
1.6.1	Mono- und bidestilliertes Wasser	82
1.6.2	Vollentsalzung durch Ionenaustausch und Umkehr-Osmose	82
1.6.3	Keimfreies Reinwasser	85
1.7	Trinkwasser – Beschaffenheit, Anforderungen und Beurteilung	87
1.7.1	Muß-Anforderungen	87
1.7.2	Soll-Anforderungen	89
1.8	Mineral- und Heilwässer; Tafelwässer	91
1.8.1	Entstehung	91
1.8.2	Charakterisierung und Beschaffenheit	93
1.8.3	Untersuchung	95
1.9	Wasser für Hallenbäder, Freibckenbäder und Badeseen – Anforderungen und Beurteilung	97
1.9.1	Hallenbäder und Freibckenbäder	97
1.9.2	Badeseen	101
1.10	Regenwasser und Schnee (Niederschlagswasser)	103
1.10.1	Inhaltsstoffe	103
1.10.2	Untersuchungshinweise	104
1.11	Abwasser – Beschaffenheit, Untersuchungs- und Beurteilungshinweise	105
1.11.1	Beschaffenheit	105
1.11.2	Untersuchung und Beurteilung	107

1.12	Darstellung und Interpretation der Untersuchungsergebnisse	109
1.12.1	Gliederung einer Wasseranalyse	109
1.12.2	Berechnung und Angabe der Ergebnisse der Einzelbestimmungen	110
1.12.3	Indirekte Berechnungen	111
1.12.4	Summenbestimmungen und Ausgleich der Ionenbilanz	111
1.12.5	Die Problematik des Begriffes «Wasserhärte»	112
1.12.6	Verschmutzungsindikatoren	113
1.12.7	Der Befund	114
2	Experimentelle Wasseranalyse – Einzelbestimmungen	115
2.1	Probenahme und Sinnenprüfung	115
2.1.1	Probenahme	116
2.1.2	Prüfung auf Geruch und Geschmack	117
2.1.3	Prüfung auf Färbung und Trübung	119
2.2	Physikalische und physikalisch-chemische Untersuchungen	120
2.2.1	Bestimmung der Temperatur	120
2.2.2	Bestimmung der Dichte	120
2.2.3	Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit	121
2.2.4	Bestimmung der Oxoniumionen-Konzentration, $c(\text{H}_3\text{O}^+)$; pH-Wert	125
2.2.5	Bestimmung des Redoxpotentials	131
2.3	Chemische Summenbestimmungen	133
2.3.1	Bestimmung des Gesamtrückstandes und des Abdampfrückstandes	133
2.3.2	Bestimmung der Säure- und Basekapazität; p - und m -Wert	134
2.3.3	Anorganischer Kohlenstoff (ΣCO_2); Q_c -Wert	138
2.3.4	Bestimmung des Gesamtgehaltes an Erdalkali-Ionen; Gesamthärte (GH)	138
2.3.5	Summenbestimmung durch Kationenaustausch	140
2.4	Bestimmung von Kationen	143
2.4.1	Bestimmung von Natrium (Na^+) und Kalium (K^+)	143
2.4.2	Bestimmung von Calcium (Ca^{2+}) und Magnesium (Mg^{2+})	145
2.4.3	Bestimmung von Eisen (Fe^{2+} ; Fe^{3+})	147
2.4.4	Bestimmung von Mangan (Mn^{2+})	149
2.4.5	Bestimmung von Kupfer (Cu^{2+})	150
2.4.6	Bestimmung von Zink (Zn^{2+})	151
2.4.7	Bestimmung von Blei (Pb^{2+})	153
2.5	Bestimmung von Anionen	155
2.5.1	Die Berechnung des gelösten Kohlendioxids (der freien Kohlensäure), des Hydrogencarbonat- und Carbonat-Ions (CO_2 bzw. H_2CO_3 ; HCO_3^- ; CO_3^{2-})	
	Bestimmung der Carbonathärte (KH) und der Nichtcarbonathärte (NKH)	155
2.5.2	Bestimmung von Chlorid (Cl^-)	161
2.5.3	Bestimmung von Sulfat (SO_4^{2-})	163
2.5.4	Bestimmung von Phosphat (als PO_4^{3-}) und Silicat bzw. Kieselsäure (als SiO_2)	165

2.6	Bestimmung von Stickstoffverbindungen	167
2.6.1	Bestimmung von Ammonium (NH_4^+)	167
2.6.2	Bestimmung von Nitrit (NO_2^-)	169
2.6.3	Bestimmung von Nitrat (NO_3^-)	171
2.6.4	Bestimmung von Harnstoff (H_2NCONH_2) in Badewässern	173
2.7	Bestimmung gelöster Gase	175
2.7.1	Bestimmung von Sauerstoff (O_2)	175
2.7.2	Bestimmung von Kohlendioxid (CO_2)	179
2.7.3	Bestimmung von wirksamem und freiem wirksamem Chlor (Cl_2)	179
2.8	Chemische und biologische Sonderuntersuchungen	181
2.8.1	Calciumcarbonatsättigung eines Wassers	181
2.8.2	Bestimmung der Oxidierbarkeit mit Kaliumpermanganat (KMnO_4 -Verbrauch)	184
2.8.3	Bestimmung der Oxidierbarkeit mit Kaliumdichromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ -Verbrauch); Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	186
2.8.4	Bestimmung des biochemischen Sauerstoffbedarfs (BSB)	189

3 Bakteriologische Wasseruntersuchung 191

3.1	Zweck und Bedeutung der bakteriologischen Wasseruntersuchung	193
3.2	Sterilisation der Geräte und Nährmedien; Arbeitshinweise	194
3.3	Entnahme, Transport und Aufbewahrung von Wasserproben für die bakteriologische Untersuchung	197
3.4	Bestimmung der Koloniezahl	198
3.4.1	Gußplatten-Verfahren auf Gelatine-Agar-Nährboden	199
3.4.2	Membranfilter-Verfahren mit Nährkartonscheiben	200
3.4.3	Schnellkontrolle mit Total-Count-Tester	205
3.5	Nachweis und Bestimmung der Koloniezahl von Escherichia coli und coliformen Bakterien	205
3.5.1	Nachweis durch Anreicherung in Lactose-Pepton-Nährlösung und Bestimmung des Coli-Titers	206
3.5.2	Differenzierung auf Selektivnährboden nach Flüssigkeitsanreicherung	207
3.5.3	Membranfilter-Verfahren mit Nährkartonscheiben	208
3.5.4	Schnellkontrolle mit Coli-Count-Tester	210
3.6	Nachweis und Bestimmung der Koloniezahl von Enterokokken	211

Anhang 1: Literatur	212
----------------------------	-----

Anhang 2: Bezugsquellen	221
--------------------------------	-----