

Inhaltsübersicht

1	Wasser und Wasseranalytik	1
1.1	Begründung und Anforderungen – didaktische und experimentelle Aufbereitung	2
1.1.1	Anforderungen an den Laboranten bzw. Praktikanten	3
1.1.2	Protokollführung	4
1.1.3	Anforderungen an das Laboratorium – Geräteausstattung und praktische Hinweise	4
	1. Allgemeiner Laborbedarf 2. Geräte aus Glas 3. Geräte aus Kunststoff	
	4. Reagenzien und Chemikalien 5. Reinstwasser und keimfreies Wasser	
	6. Waagen 7. Temperaturmeßgeräte 8. Kältethermostat 9. Dispergiergeräte (Homogenisatoren) 10. Kolbenbüretten; Dispenser 11. Mehrzweck-Laborschreiber 12. Ionscan-System zur Metallspurenanalyse	
	13. Leitfähigkeitsmeßgeräte (Konduktometer) 14. pH- und mV-Meßgeräte; Ionenmeter; Elektroden; Pufferlösungen 15. Sauerstoff- und BSB-Meßgeräte 16. CSB-Meßplatz 17. Filterphotometer 18. Spektralphotometer 19. Flammenphotometer 20. Trockenschränke, Brutschränke; Sterilisatoren; Autoklaven 21. Geräte und Hilfsmittel für die Bakteriologie	
	22. Literatur und Information; Handbibliothek 23. Datenverarbeitung	
1.1.4	Systeme und Reagenziensätze zur Wasseruntersuchung	12
	1. Übersicht über die erhältlichen Testsysteme	13
	2. Das Neo-Komparator-System von HELDIGE	15
	3. Das Testsatz- und Photometer-System von MERCK	16
1.1.5	Einsatz spezieller Apparate und Methoden	18
	1. Probenahmegeräte 2. Möglichkeiten und Systeme zur Probenvorbereitung und Spurenanreicherung 3. Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) und ICP-AES 4. Ionenchromatographie (IC) 5. Gesamter organisch gebundener Kohlenstoff (TOC) 6. Spektrophotometrische Methoden	
	7. Chromatographische Methoden 8. Elektrochemische Methoden	
	9. Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) 10. Neutronenaktivierungsanalyse	
	11. Enzymatische Methoden 12. Testverfahren mit Wasserorganismen	
1.1.6	Gliederung der Untersuchungen	22
1.1.7	Auswahl der Untersuchungsobjekte; Arbeitsplanung	23
1.1.8	Auswahl der Einzelbestimmungen für eine bestimmte Wasserprobe	25
1.1.9	Wahl des Untersuchungsverfahrens für die Einzelbestimmungen	26
1.1.10	Reihung der Einzelbestimmungen im Rahmen einer Gesamtuntersuchung; Probenkonservierung	26
1.2	Wasser ist nicht gleich Wasser – Charakterisierung verschiedener Wasserarten; Gewässerschutz	29
1.2.1	Niederschlagswasser	29
1.2.2	Grundwasser	30
	1. Grundwasserneubildung	30
	2. Bodeninfiltration und Grundwasserbewegung (Grundwasserdynamik)	31
	3. Uferfiltration und Grundwasseranreicherung	32
	4. Mikrobiologische Aktivität des Grundwassers	32
	5. Hygienische und chemische Beschaffenheit	33
	6. Grundwasserabsenkung und deren Auswirkungen	37

1.2.3	Quell- und Brunnenwasser; Grundwassererschließung und Grundwasserschutz; Wasserversorgung	38
	1. Quellwasser	38
	2. Brunnenalterung	38
	3. Wasserdargebot – Wasserversorgung	39
	4. Schutzzonen	41
	5. Grundwassergefährdung – Grundwasserschutz	41
1.2.4	Mineral- und Heilwässer	44
1.2.5	Oberflächenwasser	44
	1. Oberflächenwasser	44
	2. Fließgewässer	45
	3. Seen und Stauseen	45
	4. Baggerseen	46
	5. Anforderungen	46
	6. Gewässerversauerung	47
	7. Probenahme	48
1.2.6	Abwasser; Gewässerschutzprobleme	48
	1. Gewässerschutz und Gesetzgebung	48
	2. Investitionen und Maßnahmen	50
	3. Der Rhein	51
1.2.7	Meerwasser	53
.3	Wasser als Lebensraum – Hydrobiologie	54
1.3.1	Das Süßwasser als Umwelt der Organismen	54
1.3.2	Biologisches Gleichgewicht; Die Selbstreinigung von Gewässern und dessen Störung	55
1.3.3	Biologische Vorgänge und Stoffkreislauf im See	58
1.3.4	Biologische Vorgänge im Fließwasser; Trophie und Saprobie; Gewässerbeurteilung nach dem Saprobiensystem	61
1.3.5	Bedeutung und Grenzen der biologischen Wasseranalyse	64
1.4	Inhaltsstoffe natürlicher Wässer – deren mögliche Herkunft und Bedeutung	65
1.4.1	Gesamtgehalt an gelösten und ungelösten Stoffen – Trockenrückstand; Elektrische Leitfähigkeit	66
1.4.2	Oxoniumionen-Konzentration, $c(\text{H}_3\text{O}^+)$; pH-Wert und Redox-Spannung	67
1.4.3	Alkalimetalle: Na^+ , K^+ , $(\text{Li}^+, \text{Rb}^+)$	69
1.4.4	Erdalkalimetalle: Ca^{2+} , $(\text{Sr}^{2+}, \text{Ba}^{2+})$; Mg^{2+}	70
1.4.5	Härte eines Wassers, $c(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$	71
1.4.6	Kohlenstoffdioxid (Kohlensäure), $\text{CO}_2(\text{H}_2\text{CO}_3)$, Hydrogencarbonat (HCO_3^-) und Carbonat (CO_3^{2-}); Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht	72
1.4.7	Sauerstoff (O_2)	74
1.4.8	Halogenide: Cl^- , $(\text{F}^-, \text{Br}^-, \text{I}^-)$	74
1.4.9	Sulfat (SO_4^{2-})	75
1.4.10	Stickstoffverbindungen: Ammonium (Ammoniak), $\text{NH}_4^+(\text{NH}_3)$, Nitrit (NO_2^-) und Nitrat (NO_3^-)	75
1.4.11	Phosphat (PO_4^{3-}) und Borat (BO_3^{3-})	77
1.4.12	Kieselsäure (H_2SiO_3) und Silicat (SiO_3^{2-})	78
1.4.13	Schwermetalle: Eisen ($\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$), Mangan (Mn^{2+}), Blei (Pb^{2+}), Kupfer (Cu^{2+}), Zink (Zn^{2+})	78
1.4.14	Spurenelemente	80
1.4.15	Organische Stoffe – Chemische Oxidierbarkeit (CSB; TOC, DOC); Bedeutung von Summen- und Gruppenparametern; Leitsubstanzen	81
	1. Oxidierbarkeit mit Kaliumpermanganat, (KMnO_4 -Verbrauch)	84

	2. Oxidierbarkeit mit Kaliumdichromat, ($K_2Cr_2O_7$ -Verbrauch), Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	84
	3. Gesamter (gelöster) organisch gebundener Kohlenstoff, TOC (DOC)	85
1.4.16	Organische Stoffe – Biochemische Oxidierbarkeit; Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB)	86
1.4.17	Radioaktivität	87
1.5	Mögliche Schädwirkungen des Wassers und deren Beseitigung	89
1.5.1	Toxische Stoffe im allgemeinen (Toxikologie)	90
1.5.2	Toxische anorganische Stoffe	91
	1. Beryllium (Be^{2+}) und Aluminium (Al^{3+})	91
	2. Blei (Pb^{2+})	91
	3. Cadmium (Cd^{2+})	91
	4. Chrom (Cr^{3+} , Cr^{6+} (CrO_4^{2-}))	92
	5. Quecksilber (Hg^{2+})	92
	6. Arsen, As(III), As(V)	93
	7. Selen, Se(IV), Se(VI)	93
	8. Cyanid (CN^-)	94
	9. Schwefelwasserstoff (H_2S)	94
	10. Asbest	94
1.5.3	Toxische organische Stoffe	95
	1. Pestizide (Schädlingsbekämpfungsmittel)	95
	2. Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK: PAH)	95
	3. Halogenkohlenwasserstoffe (HKW)	96
	4. Phenole	96
	5. Kohlenwasserstoffe (KW); Mineralöl und Mineralölprodukte	97
	6. Grenzflächenaktive Stoffe (Tenside)	97
	7. Mikrobiozide	98
1.5.4	Biologische Testverfahren – Toxizitätsprüfung mit Wasserorganismen	98
1.5.5	Mikroorganismen: Viren	99
	1. Algen	99
	2. Eisen- und Manganbakterien	99
	3. Krankheits- (Seuchen-) Erreger	99
1.5.6	Werkstoffe – Korrosion und Korrosionsschutz	100
	1. Säurekorrosion	103
	2. Sauerstoffkorrosion	104
	3. Beton und Betonangriff	105
1.5.7	Störende oder schädigende Einflüsse hinsichtlich bestimmter Verbrauchergruppen	106
1.5.8	Aufbereitung des Wassers zu Trinkwasser	110
	1. Vorreinigung: Entfernung ungelöster und kolloider Verunreinigungen	111
	2. Filtration	111
	3. Belüftung	111
	4. Enteisung	112
	5. Entmanganung	112
	6. Entsäuerung	112
	7. Schutzschichtbildung	112
	8. Zentrale Enthärtung	112
	9. Entfernung von Nitrat (und Sulfat)	113
	10. Entfernung von Geruchs- und Geschmacksstoffen	113
	11. Entkeimung	113
1.5.9	Desinfektion (Entkeimung) des Trinkwassers	113
	1. Chlor (Cl_2)	114
	2. Chlordioxid (ClO_2)	115
	3. Ozon (O_3)	115

	4. Anodische Oxidation	116
	5. Wiederverkeimung	116
1.6	Reinstwasser und keimfreies Wasser für analytische und bakteriologische Zwecke	117
1.6.1	Mono- und bidestilliertes Wasser	118
1.6.2	Vollentsalzung durch Ionenaustausch und Umkehr-Osmose	120
	1. Zweibett-Anlagen	120
	2. Mischbett-Anlagen	121
	3. Umkehr-Osmose	122
	4. Nachbehandlungs-Systeme	123
1.6.3	Keimfreies und pyrogenfreies Wasser	125
1.7	Trinkwasser – Beschaffenheit, Anforderungen und Beurteilung; Grenzwerte	126
1.7.1	Charakterisierung, Anforderungen und Beschaffenheit	126
	1. Begriff «Trinkwasser»; Leitwerte, Grenzwerte, Richtzahlen	126
	2. Toxikologische und hygienische Gesichtspunkte; Minimierungsgebot	131
1.7.2	Mikrobiologische Beschaffenheit	134
	1. Escherichia coli und coliforme Keime	134
	2. Weitergehende Untersuchungen	134
	3. Koloniezahl	135
	4. Verhältnis mikrobiologischer zu chemischen Parametern	136
1.7.3	Hinweise für Untersuchung und Beurteilung	136
1.8	Mineral- und Heilwässer; Tafelwässer	141
1.8.1	Entstehung und Gewinnung	141
1.8.2	Charakterisierung und Beschaffenheit	143
	1. Mineralwässer	143
	2. Heilwässer	146
1.8.3	Untersuchung	150
1.9	Fischereigewässer – Anforderungen, Untersuchung und Beurteilung	153
1.10	Wasser für Hallenbäder, Freibekkenbäder und Badeseen – Anforderungen und Beurteilung	159
1.10.1	Hallenbäder und Freibekkenbäder	160
1.10.2	Badeseen	167
1.11	Regenwasser und Schnee (Niederschlagswasser)	170
1.11.1	Inhaltsstoffe	170
1.11.2	Untersuchungshinweise	172
1.12	Abwasser – Beschaffenheit, Reinigung, Untersuchung und Beurteilung	173
1.12.1	Abwasserarten und deren Beschaffenheit	173
	1. Häusliche Abwässer	174
	2. Gewerbliche und industrielle Abwässer	175
	3. Niederschlagswasser	175
	4. Fremdwasser	175
	5. Kommunales (städtisches) Abwasser	175

1.12.2	Einleitbedingungen	176
1.	Direkteinleiter – Indirekteinleiter	176
2.	Einleitbedingungen	176
3.	Abwasserabgabengesetz (AbwAG)	179
1.12.3	Die Reinigung kommunaler Abwässer	180
1.	Das Kanalisationssystem	180
2.	Verfahren zur Abwasserreinigung	181
3.	Die mechanische Reinigung (1. Stufe)	181
4.	Die biologische Reinigung (2. Stufe)	183
5.	Weitergehende Reinigung	191
6.	Anaerobe Abwasserreinigung	192
7.	Schlammbehandlung: Klärschlamm	192
1.12.4	Untersuchung und Beurteilung	194
1.	Probenahme	196
2.	Summenparameter und Summenparameter-Verhältnisse	196
3.	Schwermetalle	198
4.	Toxizitätsprüfung (Bioteste mit aquatischen Testorganismen)	198
5.	Fäulnisfähigkeit	199
6.	Trinkwasserverunreinigung durch Abwasser	199
1.13	Darstellung und Interpretation der Untersuchungsergebnisse	200
1.13.1	Gliederung einer Wasseranalyse	200
1.13.2	Berechnung und Angabe der Analyseergebnisse; statistische Verfahren	201
1.	Ionendarstellungen	201
2.	Konzentrationsangaben	201
3.	Analysentabellen und Analysenformulare	202
4.	Angabe der Ergebnisse; statistische Verfahren	202
1.13.3	Indirekte Berechnungen	204
1.13.4	Summenbestimmungen und Summenbildungen; Ausgleich der Ionenbilanz	205
1.13.5	Die Problematik des Begriffes «Wasserhärte»	205
1.13.6	Verschmutzungsindikatoren	207
1.13.7	Der Befund	207
2	Experimentelle Methoden der Wasseruntersuchung	209
2.1	Probenahme und Sinnenprüfung	209
2.1.1	Probenahme und Probenkonservierung	210
1.	Probenahme am Zapfhahn bzw. an Handpumpen	211
2.	Probenahme aus Oberflächengewässern	211
3.	Probenahme von Grundwasser	212
4.	Probenahme von Abwasser	212
2.1.2	Prüfung auf Geruch und Geschmack	213
2.1.3	Prüfung auf Färbung und Trübung	214
2.2	Physikalische und physikalisch-chemische Untersuchungen	217
2.2.1	Bestimmung der Temperatur	217
2.2.2	Bestimmung der Dichte	218
2.2.3	Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit	220
2.2.4	Bestimmung der Oxoniumionen-Konzentration, $c(\text{H}_3\text{O}^+)$; pH-Wert	226
2.2.5	Bestimmung der Redox-Spannung	234
2.2.6	Bestimmung der Calciumcarbonatsättigung	237
2.2.7	Bestimmung der Absorption im sichtbaren ($\lambda = 436 \text{ nm}$) und im UV-Bereich ($\lambda = 254 \text{ nm}$)	241

2.3	Chemische und biochemische Summenbestimmungen	243
2.3.1	Bestimmung des Gesamttrockenrückstandes, des Filtrat-trockenrückstandes und des Glührückstandes	243
2.3.2	Summenbestimmung durch Kationenaustausch	244
2.3.3	Bestimmung der Gesamthärte (d GH)	247
2.3.4	Bestimmung der Säure- und Basekapazität (K_S und K_B): (m -Wert und p -Wert)	247
2.3.5	Bestimmung des gesamten anorganisch gebundenen Kohlenstoffs (TIC: ΔCO_2 bzw. Q_c -Wert)	253
2.3.6	Bestimmung des gesamten organisch gebundenen Kohlenstoffs (TOC)	254
2.3.7	Bestimmung der Oxidierbarkeit mit Kaliumpermanganat (KMnO_4) (KMnO_4 -Verbrauch; Permanganat-Index)	255
2.3.8	Bestimmung der Oxidierbarkeit mit Kaliumdichromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$): Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	258
2.3.9	Bestimmung des biochemischen Sauerstoffbedarfs (BSB)	265
2.4	Bestimmung von Kationen	274
2.4.1	Bestimmung von Lithium (Li^+), Natrium (Na^+) und Kalium (K^+)	274
2.4.2	Bestimmung von Calcium (Ca^{2+}) und Magnesium (Mg^{2+}) sowie deren Summe (Gesamthärte; GH)	277
2.4.3	Bestimmung von Eisen (Fe^{2+} ; Fe^{3+})	282
2.4.4	Bestimmung von Mangan (Mn^{2+})	284
2.4.5	Bestimmung von Kupfer (Cu^{2+})	286
2.4.6	Bestimmung von Zink (Zn^{2+})	287
2.4.7	Bestimmung von Blei (Pb^{2+})	289
2.4.8	Bestimmung von Chrom, Cr(VI); (Chromat)	291
2.4.9	Bestimmung von Nickel (Ni^{2+})	292
2.4.10	Bestimmung von Quecksilber (Hg)	293
2.4.11	Bestimmung von Aluminium (Al^{3+})	294
2.4.12	Bestimmung von 7 Metallen (Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Tl, Zn) mittels Polarographie und Voltammetrie	295
2.4.13	Bestimmung von Schwermetallen (Bi, Cd, Cu, In, Pb, Tl, Zn, Hg) mittels Ionenselektions-Analyse (Potentiometrische Stripping-Analyse)	297
2.4.14	Bestimmung von Schwermetallen (Ag, Bi, Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Tl, Zn) durch Atomabsorptions-Spektrometrie (AAS)	297
2.4.15	Bestimmung der 24 Elemente Ag, Al, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Sr, Ti, V, Zn und Zr durch Atomemissions-spektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-AES)	299
2.4.16	Halbquantitative Bestimmung von Arsen, As(III), As(V)	300
2.5	Bestimmung von Anionen	301
2.5.1	Berechnung des gelösten Kohlenstoffdioxids (der freien Kohlensäure), des Hydrogencarbonat- und Carbonat-Ions (CO_2 bzw. H_2CO_3 ; HCO_3^- , CO_3^{2-}): Bestimmung der Carbonathärte (d KH)	301
2.5.2	Bestimmung von Chlorid (Cl^-)	307
2.5.3	Bestimmung von Fluorid (F^-)	310
2.5.4	Bestimmung von Cyanid (CN^-)	313
2.5.5	Bestimmung von Hydrogensulfid (HS^-)	315
2.5.6	Bestimmung von Sulfat (SO_4^{2-})	316
2.5.7	Bestimmung von Phosphat (als PO_4^{3-}) und Silicat bzw. Kieselsäure (als SiO_2)	319
2.5.8	Bestimmung von Borat (BO_3^{3-})	323
2.5.9	Bestimmung von Fluorid, Chlorid, Nitrit, Orthophosphat, Bromid, Nitrat und Sulfat mittels Ionenchromatographie	325
2.5.10	Bestimmung von Anionen in Abwasser mittels Ionenchromatographie	327

2.6	Bestimmung von Stickstoffverbindungen	328
2.6.1	Bestimmung von Ammonium (NH_4^+) bzw. Ammoniak (NH_3)	329
2.6.2	Bestimmung von Nitrit (NO_2^-)	331
2.6.3	Bestimmung von Nitrat (NO_3^-)	333
2.6.4	Bestimmung von Harnstoff (H_2NCONH_2) in Badewässern	334
2.7	Bestimmung gelöster Gase	335
2.7.1	Bestimmung von Sauerstoff (O_2)	335
2.7.2	Bestimmung von Kohlenstoffdioxid (CO_2)	342
2.7.3	Bestimmung von freiem Chlor und Gesamchlor (Cl_2)	345
3	Bakteriologische Wasseruntersuchung	349
3.1	Zweck und Bedeutung der bakteriologischen Wasseruntersuchung	351
3.2	Sterilisation der Geräte und Nährmedien; Arbeitshinweise	352
3.3	Entnahme, Transport und Aufbewahrung von Wasserproben für die bakteriologische Untersuchung	355
3.4	Bestimmung der volumenbezogenen Zahl bestimmter vermehrungsfähiger Keime (Koloniezahl)	356
3.4.1	Gußplatten-Verfahren auf Gelatine-Agar Nährboden	357
3.4.2	Membranfilter-Verfahren	358
3.4.3	Schnellkontrolle mit Total-Count-Tester	363
3.5	Nachweis und Bestimmung der Koloniezahl von Escherichia coli und coliformen Bakterien	363
3.5.1	Nachweis durch Anreicherung in Lactose-Pepton-Nährlösung und Bestimmung des Coli-Titers	365
3.5.2	Differenzierung auf Selektivnährböden nach Flüssigkeitsanreicherung bzw. Membranfiltration	366
3.5.3	Überprüfung spezieller biochemischer Stoffwechselmerkmale («Bunte Reihe») und bakterieller Enzymprofile	368
3.5.4	Membranfilter-Verfahren	370
3.5.5	Schnellkontrolle mit Coli-Count-Tester	371
3.6	Nachweis und Bestimmung der Koloniezahl von Enterokokken (Fäkal-Streptokokken) ..	371
4	Literatur und Information	373
4.1	Literatur	373
4.1.1	Standardwerke	373
4.1.2	Lehrbücher und Monographien	373
4.1.3	Schriftenreihen und Periodika	382
4.1.4	Literaturzitate	392
4.1.5	Firmenschriften und Sonderdrucke	399
4.2	Wasserrecht. Gesetze und Verordnungen	403
4.2.1	Bundesrepublik Deutschland	403

4.2.2	Deutsche Demokratische Republik	405
4.2.3	Österreich	405
4.2.4	Schweiz	406
4.2.5	Europäische Gemeinschaften	407
4.3	Normen	408
4.3.1	Deutsche Normen (DIN)	408
4.3.2	Österreichische Normen (ÖNORM)	409
4.3.3	Schweizer Normen (SN)	411
4.3.4	International Organization of Standardization (ISO)	411
4.4	Zeitschriften und Periodika Wasserfach und Grenzgebiete	411
4.4.1	Bundesrepublik Deutschland	411
4.4.2	Deutsche Demokratische Republik	414
4.4.3	Österreich	415
4.4.4	Schweiz	416
4.5	Spezielle Hinweise und Informationen	417
4.5.1	Bundesrepublik Deutschland	417
4.5.2	Deutsche Demokratische Republik	420
4.5.3	Österreich	420
4.5.4	Schweiz	423
4.5.5	Internationaler Gewässerschutz	425
4.6	Bezugsquellen- und Firmenverzeichnis	425
	Verzeichnis gebräuchlicher Kurzbezeichnungen	430
	Sachwortverzeichnis	431