

# Inhaltsübersicht

<b>1</b>	<b>Wasser und Wasseranalyse</b>	<b>9</b>
<b>1.1</b>	<b>Begründung und Anforderungen des Themas – didaktische und experimentelle Aufbereitung</b>	<b>10</b>
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
<b>1.2</b>	<b>Wasser ist nicht gleich Wasser – Charakterisierung verschiedener Wasserarten</b>	<b>26</b>
1.2.1	Niederschlagswasser	27
1.2.2	Grundwasser	27
1.2.3	Quell- und Brunnenwasser	30
1.2.4	Mineral- und Heilwässer	31
1.2.5	Oberflächenwasser	31
1.2.6	Abwasser	33
1.2.7	Meerwasser	34
<b>1.3</b>	<b>Wasser als Lebensraum – Hydrobiologie</b>	<b>35</b>
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
<b>1.4</b>	<b>Inhaltsstoffe natürlicher Wässer – deren mögliche Herkunft und Bedeutung; Grenzwerte für Trinkwasser</b>	<b>44</b>
1.4.1	Oxoniumionen-Konzentration, $c(\text{H}_3\text{O}^+)$ ; pH-Wert	45
1.4.2	Alkalimetalle: $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $(\text{Li}^+)$	46
1.4.3	Erdalkalimetalle: $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $(\text{Sr}^{2+}$ , $\text{Ba}^{2+})$	46
1.4.4	Wasserhärte; Hydrogencarbonat, $\text{HCO}_3^-$ und Carbonat, $\text{CO}_3^{2-}$	47

1.4.5	Halogenide: Cl <sup>-</sup> (F <sup>-</sup> , Br <sup>-</sup> , I <sup>-</sup> ) . . . . .	48
1.4.6	Sulfat, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> . . . . .	49
1.4.7	Stickstoffverbindungen: NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (NH <sub>3</sub> ), NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ; CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> . . . . .	49
1.4.8	Phosphat, PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> . . . . .	51
1.4.9	Kieselsäure, H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> und Silicat, SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> . . . . .	51
1.4.10	Schwermetalle: Fe <sup>2+</sup> /Fe <sup>3+</sup> , Mn <sup>2+</sup> , Pb <sup>2+</sup> , Cu <sup>2+</sup> , Zn <sup>2+</sup> . . . . .	51
1.4.11	Sauerstoff, O <sub>2</sub> . . . . .	53
1.4.12	Kohlendioxid (Kohlensäure), CO <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ); Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht . . . . .	53
1.4.13	Chlor, Cl <sub>2</sub> und Ozon, O <sub>3</sub> ; Desinfektion . . . . .	54
1.4.14	Organische Stoffe (Verschmutzung) – Oxidierbarkeit mit Kaliumpermanganat, KMnO <sub>4</sub> und Kaliumdichromat, K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ; Chemischer Sauerstoffbedarf, CSB . . . . .	57
1.4.15	Mikroorganismen; Biologische Aktivität – Biochemischer Sauerstoffbedarf, BSB . . . . .	59
1.4.16	Radioaktivität . . . . .	61
<b>1.5</b>	<b>Mögliche Schädwirkungen des Wassers und deren Beseitigung . . . . .</b>	<b>62</b>
1.5.1	Toxische organische und anorganische Stoffe: Fischtoxische Stoffe, Pestizide, Polycyclische Aromate; Be, Pb, Cd, Cr, Hg; As, Se; CN <sup>-</sup> ; H <sub>2</sub> S . . . . .	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
<b>1.6</b>	<b>Reinwasser und keimfreies Reinwasser für analytische und bakteriologische Zwecke . . . . .</b>	<b>81</b>
1.6.1	Mono- und bidestilliertes Wasser . . . . .	82
1.6.2	Vollentsalzung durch Ionenaustausch und Umkehr-Osmose . . . . .	82
1.6.3	Keimfreies Reinwasser . . . . .	85
<b>1.7</b>	<b>Trinkwasser – Beschaffenheit, Anforderungen und Beurteilung . . . . .</b>	<b>87</b>
1.7.1	Muß-Anforderungen . . . . .	87
1.7.2	Soll-Anforderungen . . . . .	89
<b>1.8</b>	<b>Mineral- und Heilwässer; Tafelwässer . . . . .</b>	<b>91</b>
1.8.1	Entstehung . . . . .	91
1.8.2	Charakterisierung und Beschaffenheit . . . . .	93
1.8.3	Untersuchung . . . . .	95
<b>1.9</b>	<b>Wasser für Hallenbäder, Freibckenbäder und Badeseen – Anforderungen und Beurteilung . . . . .</b>	<b>97</b>
1.9.1	Hallenbäder und Freibckenbäder . . . . .	97
1.9.2	Badeseen . . . . .	101
<b>1.10</b>	<b>Regenwasser und Schnee (Niederschlagswasser) . . . . .</b>	<b>103</b>
1.10.1	Inhaltsstoffe . . . . .	103
1.10.2	Untersuchungshinweise . . . . .	104
<b>1.11</b>	<b>Abwasser – Beschaffenheit, Untersuchungs- und Beurteilungshinweise . . . . .</b>	<b>105</b>
1.11.1	Beschaffenheit . . . . .	105
1.11.2	Untersuchung und Beurteilung . . . . .	107

<b>1.12</b>	<b>Darstellung und Interpretation der Untersuchungsergebnisse</b>	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
<b>2</b>	<b>Experimentelle Wasseranalyse – Einzelbestimmungen</b>	115
<b>2.1</b>	<b>Probenahme und Sinnenprüfung</b>	115
2.1.1	Probenahme	116
2.1.2	Prüfung auf Geruch und Geschmack	117
2.1.3	Prüfung auf Färbung und Trübung	119
<b>2.2</b>	<b>Physikalische und physikalisch-chemische Untersuchungen</b>	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
<b>2.3</b>	<b>Chemische Summenbestimmungen</b>	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 ( $\Sigma \text{CO}_2$ ); $Q_6$ -Wert	138
2.3.4	Bestimmung des Gesamtgehaltes an Erdalkali-Ionen; Gesamthärte (GH)	138
2.3.5	Summenbestimmung durch Kationenaustausch	140
<b>2.4</b>	<b>Bestimmung von Kationen</b>	143
2.4.1	Bestimmung von Natrium ( $\text{Na}^+$ ) und Kalium ( $\text{K}^+$ )	143
2.4.2	Bestimmung von Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) und Magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ )	145
2.4.3	Bestimmung von Eisen ( $\text{Fe}^{2+}$ ; $\text{Fe}^{3+}$ )	147
2.4.4	Bestimmung von Mangan ( $\text{Mn}^{2+}$ )	149
2.4.5	Bestimmung von Kupfer ( $\text{Cu}^{2+}$ )	150
2.4.6	Bestimmung von Zink ( $\text{Zn}^{2+}$ )	151
2.4.7	Bestimmung von Blei ( $\text{Pb}^{2+}$ )	153
<b>2.5</b>	<b>Bestimmung von Anionen</b>	155
2.5.1	Die Berechnung des gelösten Kohlendioxids (der freien Kohlensäure), des Hydrogencarbonat- und Carbonat-Ions ( $\text{CO}_2$ bzw. $\text{H}_2\text{CO}_3$ ; $\text{HCO}_3^-$ ; $\text{CO}_3^{2-}$ ) Bestimmung der Carbonathärte (KH) und der Nichtcarbonathärte (NKH)	155
2.5.2	Bestimmung von Chlorid ( $\text{Cl}^-$ )	161
2.5.3	Bestimmung von Sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	163
2.5.4	Bestimmung von Phosphat (als $\text{PO}_4^{3-}$ ) und Silicat bzw. Kieselsäure (als $\text{SiO}_2$ )	165

<b>2.6</b>	<b>Bestimmung von Stickstoffverbindungen</b>	167
2.6.1	Bestimmung von Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )	167
2.6.2	Bestimmung von Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ )	169
2.6.3	Bestimmung von Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ )	171
2.6.4	Bestimmung von Harnstoff ( $\text{H}_2\text{NCONH}_2$ ) in Badewässern	173
<b>2.7</b>	<b>Bestimmung gelöster Gase</b>	175
2.7.1	Bestimmung von Sauerstoff ( $\text{O}_2$ )	175
2.7.2	Bestimmung von Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ )	179
2.7.3	Bestimmung von wirksamem und freiem wirksamem Chlor ( $\text{Cl}_2$ )	179
<b>2.8</b>	<b>Chemische und biologische Sonderuntersuchungen</b>	181
2.8.1	Calciumcarbonatsättigung eines Wassers	181
2.8.2	Bestimmung der Oxidierbarkeit mit Kaliumpermanganat ( $\text{KMnO}_4$ -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
<b>3</b>	<b>Bakteriologische Wasseruntersuchung</b>	191
<b>3.1</b>	<b>Zweck und Bedeutung der bakteriologischen Wasseruntersuchung</b>	193
<b>3.2</b>	<b>Sterilisation der Geräte und Nährmedien; Arbeitshinweise</b>	194
<b>3.3</b>	<b>Entnahme, Transport und Aufbewahrung von Wasserproben für die bakteriologische Untersuchung</b>	197
<b>3.4</b>	<b>Bestimmung der Koloniezahl</b>	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
<b>3.5</b>	<b>Nachweis und Bestimmung der Koloniezahl von Escherichia coli und coliformen Bakterien</b>	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
<b>3.6</b>	<b>Nachweis und Bestimmung der Koloniezahl von Enterokokken</b>	211
<b>Anhang 1:</b>	<b>Literatur</b>	212
<b>Anhang 2:</b>	<b>Bezugsquellen</b>	221