

Karl Höll

Wasser

Nutzung im Kreislauf
Hygiene, Analyse und Bewertung

herausgegeben von
Andreas Grohmann

8., völlig neu bearbeitete Auflage



Walter de Gruyter
Berlin · New York 2002

Inhalt

Kapitel 1

Einleitung (*A. Grohmann*)

1.1	Wasser als Grundlage des Lebens	1
1.2	Beispiele aus der Geschichte der Wasserversorgung	1
1.2.1	Bedenkenswertes in Zeugnissen und Spuren der Vergangenheit	1
1.2.2	Die Versalzung des Bodens in Mesopotamien	2
1.2.3	Das Durchflussprinzip als Grundlage der traditionellen Struktur der Wasserversorgung und der Übergang zum Kreislaufprinzip der Moderne ..	4
1.2.4	Die Gefährlichkeit plausibler Vorurteile und die Verleumdung der „Brunnenvergiftung“	5
1.3	Der Antagonismus zwischen Durchflussprinzip und Kreislauf und die nachhaltige Sicherung der Wasserversorgung	8
1.4	Literatur	11

Kapitel 2

Hydrogeologie (*G. Michel*)

2.1	Einführung	13
2.2	Grundwasser als Bestandteil der Erde	14
2.2.1	Geologische Grundlagen	14
2.2.2	Hydrosphäre	16
2.2.3	Alter des Grundwassers	17
2.3	Allgemeine Hydrogeologie	19
2.3.1	Ungesättigte Sickerwasserzone	19
2.3.2	Gesättigte Grundwasserzone	20
2.3.2.1	Hydrogeologisches Grundlagen	20
2.3.2.2	Geohydraulische Grundlagen	22
2.3.3	Grundwasserneubildung	24
2.4	Hydrogeochemie	27
2.4.1	Geogenese der Inhaltsstoffe	27
2.4.2	Einflussfaktoren auf die Löslichkeit	28
2.4.3	Hydrochemische Prozesse im Grundwasser	28
2.4.4	Abhängigkeit von der Temperatur	29
2.4.5	Chemische Gleichgewichte	30
2.4.6	Grundwasserbeschaffenheit	30
2.5	Grundwassergewinnung	32
2.6	Mineral-, Thermal- und Heilwasser	33
2.6.1	Genese	33
2.6.1.1	Thermalwässer	33

XIV Inhalt

2.6.1.2	Radonhaltige Wässer	34
2.6.1.3	Säuerlinge	34
2.6.1.4	Chlorid-Wässer und Sole	37
2.6.1.5	Sulfat-Wässer	37
2.6.1.6	Schwefel-Wässer	37
2.6.2	Bezeichnungen (Standards) für besondere Grundwässer	38
2.6.3	Regionale Verbreitung	39
2.7	Wasserschutz	39
2.7.1	Wasserrechtliche Grundsätze	39
2.7.2	Trinkwasserschutzgebiete für Grundwasser	40
2.7.3	Trinkwasserschutzgebiete für Oberflächenwasser	41
2.7.4	Heilquellenschutzgebiete	41
2.8	Literatur	43

Kapitel 3

Chemie des Wassers (*A. Grohmann, W. Nissing*)

3.1	Eigenschaften des Wassers	47
3.1.1	Physikalische Eigenschaften	47
3.1.1.1	Struktur und Aggregatzustände des Wassers	47
3.1.1.2	Physikalische Größen	48
3.1.2	Physikochemische Eigenschaften	51
3.1.2.1	Wasser als Lösemittel	51
3.1.2.2	Konzentrationsangabe für Stoffe im Wasser	53
3.1.2.3	Löslichkeit von Gasen	55
3.1.2.4	Löslichkeit fester Stoffe	57
3.1.2.5	Färbung und Trübung	58
× 3.1.2.6	Elektrische Leitfähigkeit	58
3.1.2.7	Osmotischer Druck	60
3.1.2.8	Redoxpotenzial und Redoxspannung	61
3.2	Spezies mit pH-Wert als Leitparameter	62
3.2.1	Einleitung	62
3.2.2	pH-Wert, Säuren und Basen	63
× 3.2.2.1	pH-Wert	63
3.2.2.2	Die Gleichgewichtskonstanten	66
3.2.2.3	Die Aktivitätskoeffizienten	69
3.2.3	pH-Wert-Pufferung	70
3.2.3.1	Säure- und Basekapazität des Wassers	70
3.2.3.2	Die Titrationskurve natürlicher Wässer, m-Wert und p-Wert	71
3.2.3.3	Der pH-Wert belüfteten Wassers	74
3.2.4	Calcitlöslichkeit	77
3.2.4.1	Geschichte des Kalk-Kohlensäure-Gleichgewichts	77
3.2.4.2	Löslichkeitsprodukt von Calcit	79
3.2.4.3	pH-Wert der Calcitsättigung und Temperaturabhängigkeit	80
3.2.4.4	Graphische Darstellung der Calcitsättigung und Calcitlösekapazität	81
3.2.5	Spezies der Schwermetalle Blei, Cadmium, Kupfer und Zink	85
3.2.6	Spezies des Eisens und des Aluminiums	88
3.2.7	Spezies der toxischen und der desinfizierend wirkenden Stoffe	89
3.3	Werkstoff und Wasser	90

3.3.1	Einleitung	90
3.3.2	Silikate, Kalk und Zement	92
3.3.3	Korrosion metallischer Werkstoffe	94
3.3.4	Kunststoffe	102
3.3.5	Zusätze, Begleitstoffe, Reaktionsprodukte und Verunreinigungen	106
3.4	Literatur	107

Kapitel 4

Chemische Wasseranalyse

4.1	Sicherung der Qualität (<i>C. Schlett, A. Grohmann</i>)	109
4.1.1	Qualitätsmanagement	109
4.1.2	Überwachung durch eine neutrale Stelle	114
4.2	Probenahme und Konservierung zur Analyse chemischer Parameter (<i>E. Stottmeister</i>)	115
4.2.1	Einleitung	115
4.2.2	Allgemeine Anforderungen an die Probenahme – Organisatorische Maßnahmen	115
4.2.3	Probenahmearten	116
4.2.4	Technik der Probenahme	117
4.2.5	Probenahmeprotokoll	122
4.3	Geruch und Geschmack (<i>C. Schlett</i>)	123
4.3.1	Geruchs- und Geschmackssinn	123
4.3.2	Herkunft von Geruchsstoffen	124
4.3.3	Analytik von Geruchsstoffen	125
4.3.4	Vorkommen von Geruchsstoffen	127
4.4	Schnelltest und Monitoring (<i>C. Schlett</i>)	129 ×
4.4.1	Anwendungsbereich	129
4.4.2	Untersuchungen mit chemischen Microchips	130
4.4.3	Schnelltests mit visueller bzw. photometrischer Endbestimmung	131
4.4.4	Zusammenfassung	133
4.5	Physikalische und physikalisch-chemische Untersuchungen (<i>E. Stottmeister</i>)	134
4.5.1	Temperatur	134
4.5.2	Färbung	135
4.5.3	Absorption im Bereich der UV-Strahlung	136
4.5.4	Trübung	137
4.5.5	Redox-Spannung (Redoxpotential)	139
4.5.6	pH-Wert	140 ×
4.5.7	Elektrische Leitfähigkeit	144 ×
4.6	Maßanalytische Bestimmungen in der Wasseranalytik (<i>R. Schuster</i>)	146
4.6.1	Grundlagen der Maßanalytik	146
4.6.2	Methoden zur Endpunktbestimmung	148
4.6.3	Maßanalytische Geräte	152 ×
4.6.4	Beispiele	152
4.7	Instrumentelle Methoden in der Wasseranalytik (<i>U. Lippold, E. Stottmeister, R. Schuster</i>)	154
4.7.1	Einleitung	154



4.7.2	Atomabsorptions-Spektrometrie (AAS)	155
4.7.2.1	Physikalische Grundlagen	155
4.7.2.2	Messprinzip	156
4.7.2.3	Störungen in der AAS	159
4.7.2.4	Kombination der AAS mit der Fließinjektionsanalyse (FIA)	161
4.7.2.5	Einsatzmöglichkeiten der AAS in der Wasseranalytik	162
4.7.3	Atomemissions-Spektrometrie (AES)	162
4.7.3.1	Physikalische Grundlagen	162
4.7.3.2	Messprinzip	163
4.7.3.3	Störungen in der AES	166
4.7.3.4	Einsatzmöglichkeiten der ICP-OES in der Wasseranalytik	169
4.7.4	ICP-Massenspektrometrie (ICP-MS)	170
4.7.4.1	Physikalische Grundlagen	170
4.7.4.2	Messprinzip	170
4.7.4.3	Störungen in der ICP-MS	173
4.7.4.4	Vergleich der ICP-MS mit AAS und AES	176
4.7.4.5	Einsatzmöglichkeiten der ICP-MS in der Wasseranalytik	178
4.7.5	UV/VIS-Spektrometrie	178
4.7.5.1	Physikalische Grundlagen	178
4.7.5.2	Bouguer-Lambert-Beer'sches Gesetz	181
4.7.5.3	Messprinzip	182
4.7.5.4	Störungen in der UV/VIS-Spektrometrie	185
4.7.5.5	Einsatzmöglichkeiten in der Wasseranalytik	187
4.7.6	Infrarot-Spektrometrie (IR-Spektrometrie)	189
4.7.6.1	Physikalische Grundlagen	189
4.7.6.2	Messprinzip	191
4.7.6.3	Aufbau eines IR-Spektrometers	191
4.7.6.4	Analytische Anwendungsmöglichkeiten	194
4.7.7	Gaschromatographie	195
4.7.7.1	Prinzip und Definition der Methode	195
4.7.7.2	Aufbau eines Gaschromatographen	197
4.7.8	Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC)	200
4.7.8.1	Prinzip und Definition der Methode	200
4.7.8.2	Aufbau einer HPLC-Anlage	201
4.7.9	Ionenchromatographie	207
4.8	Immunochemische Methoden in der Umweltanalytik (<i>P. Krämer</i>)	210
4.8.1	Einleitung	210
4.8.2	Entwicklung von Antikörper – Grundlage aller immunochemischen Methoden	210
4.8.3	Immunoassay Formate	213
4.8.4	Test-Kits	215
4.8.5	Automatisierte Systeme und Online Monitoring basierend auf immunochemischer Analyse	218
4.8.6	Integration mit anderen Methoden	219
4.8.7	Immunosensoren	220
4.8.8	Ausblick	220
4.9	Summenbestimmungen (<i>E. Stottmeister</i>)	222
4.9.1	Einleitung	222
4.9.2	Gesamter und gelöster organisch gebundener Kohlenstoff (TOC, DOC) ..	222
4.9.3	Permanganat-Index (Öxidierbarkeit mit Kaliumpermanganat)	225

4.9.4	Adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX)	227
4.10	Bestimmung von Metallen und Halbmetallen (<i>U. Lippold</i>)	228
4.10.1	Einleitung	228
4.10.2	Probenahme und Probenkonservierung	229
4.10.3	Instrumentelle Bestimmungsmethoden	229
4.11	Bestimmung von nichtmetallischen anorganischen Wasserinhaltsstoffen (<i>R. Schuster</i>)	239
4.12	Bestimmung organischer Wasserinhaltsstoffe (<i>E. Stottmeister</i>)	246
4.13	Isolierungs- und Anreicherungsverfahren (<i>C. Schlett</i>)	248
4.13.1	Allgemeines	248
4.13.2	Flüssig-Flüssig-Anreicherung	249
4.13.3	Fest-Flüssig-Anreicherung (SPE)	250
4.13.4	Festphasen-Mikroextraktion (SPME)	255
4.13.5	Dampfraum-Techniken	257
4.13.5.1	Statische Dampfraumanalyse	257
4.13.5.2	Dynamische Dampfraumanalyse (CLSA sowie Purge & Trap)	258
4.13.6	Zusammenfassung	260
4.14	Radioaktivität in Trinkwasser (<i>T. Bünger, H. Rühle</i>)	261
4.14.1	Einleitung	261
4.14.2	Begriffe, Parameter und Maßeinheiten	262
4.14.3	Herkunft radioaktiver Stoffe im Wasserkreislauf	264
4.14.4	Messverfahren zur Bestimmung von Radionukliden in Trinkwasser	267
4.14.5	Ergebnisse der Überwachung radioaktiver Stoffe im Trinkwasser	269
4.14.6	Strahlenexposition der Bevölkerung	270
4.14.7	Konsequenzen aus der Festlegung von Grenzwerten	272
4.15	Literatur	273

Kapitel 5

Mikrobiologie des Wassers (*S. Carlson*)

5.1	Einleitung	285
5.2	Trinkwasserepidemien	286
5.2.1	Ursachen und Verlauf	286
5.2.2	Typhus, Cholera und Parasiten als häufigste Ursachen von Trinkwasserepidemien	293
5.3	Überlebenszeit pathogener Mikroorganismen in Grundwasserleitern und Wasserfiltern	297
5.3.1	Biotop Grundwasser	297
5.3.2	Persistenz von Mikroorganismen	299
5.3.3	Adsorption und Desorption	301
5.3.4	Transportprozesse und Filterwirkung	302
5.3.5	Filtration bei Dauerbelastung	302
5.3.6	Schutzzonen	303
5.3.7	Bakterien in Wasserfiltern mit körnigem Material	304
5.4	Ortsbesichtigung und Probennahme	306
5.5	Hinweise zu Nährmedien	307

5.6	<i>E. coli</i> und coliforme Bakterien als Indikatoren für fäkale Kontaminationen	308
5.7	Koloniezahl	311
5.8	Enterokokken (Fäkalstreptokokken)	313
5.9	Sulfitreduzierende Sporen bildende Anaerobier (Clostridien)	315
5.10	Untersuchungen auf Seuchen- und andere Krankheitserreger	317
5.10.1	Klassifizierung der Mikroorganismen	317
5.10.2	Antigene	318
5.10.3	Fimbrien (Pili)	318
5.10.4	Toxine, Pathogenitätsfaktoren	319
5.10.5	Plasmide	319
5.10.6	Erregerspektrum, epidemiologische und klinische Charakteristika sowie Immunreaktionen des Intestinaltraktes	319
5.11	Enterobacteriaceae	323
5.11.1	Einleitung	323
5.11.2	Verfahren zur Anzüchtung	324
5.11.3	Pathogene <i>Escherichia coli</i>	326
5.11.4	<i>Salmonella</i>	330
5.11.5	<i>Shigella</i>	333
5.11.6	<i>Yersinia</i>	335
5.11.7	<i>Citrobacter</i> , <i>Klebsiella</i> und <i>Enterobacter</i>	337
5.11.8	<i>Proteus</i> , <i>Providencia</i> , <i>Morganella</i>	337
5.11.9	<i>Hafnia</i> , <i>Serratia</i> und <i>Edwardsiella</i>	338
5.11.10	<i>Kluyvera</i> , <i>Rahnella</i> , <i>Budvicia</i> und <i>Buttiauxella</i>	339
5.12	Micrococcaceae	339
5.13	<i>Campylobacter</i> und <i>Heliobacter</i>	341
5.13.1	<i>Campylobacter</i>	341
5.13.2	<i>Heliobacter</i>	343
5.14	Vibrionen	345
5.14.1	Übersicht	345
5.14.2	<i>Vibrio cholerae</i> 01 und <i>Vibrio eltor</i> 01	345
5.14.3	Sonstige Vibrionen	348
5.15	<i>Pseudomonas</i> , <i>Xanthomonas</i> , <i>Flavobacterium</i> , <i>Alcaligenes</i> , <i>Acinetobacter</i> (Nonfermenter)	349
5.15.1	Einleitung	349
5.15.2	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	350
5.15.3	<i>Burkholderia</i>	352
5.15.4	Weitere Nonfermenter	352
5.16	Weitere pathogene Bakterien im Wasser	353
5.16.1	<i>Aeromonas</i>	353
5.16.2	<i>Plesiomonas</i>	355
5.16.3	<i>Leptospira</i>	356
5.16.4	<i>Chromobacterium violaceum</i>	357
5.16.5	<i>Listeria</i>	357
5.16.6	Sporocytophaga-Gruppe	359
5.16.7	<i>Bacillus cereus</i>	359
5.16.8	<i>Bacillus</i> -Arten	360

5.16.9	Mykobakterien	360
5.17	Parasiten	366
5.17.1	Entamoeba histolytica	366
5.17.2	Freilebende Amöben	367
5.17.3	Giardia lamblia	370
5.17.4	Cyclospora cayetanensis	372
5.17.5	Cryptosporidium parvum	372
5.17.6	Nachweis von Giardia-Zysten und Cryptosporidium-Oozysten in Wasserproben	374
5.17.7	Sonstige Parasiten	375
5.18	Literatur	376

Kapitel 6

Wasservirologie (K. Botzenhart)

6.1	Aufbau und biologische Eigenschaften von Viren	389
6.2	Epidemiologie	390
6.3	Übertragungswege	392
6.4	Infektionsdosis und Risikoabschätzung	393
6.5	Viruskonzentrationen in Abwässer und Oberflächengewässern	394
6.6	Persistenz	395
6.7	Virusreduktion durch Desinfektion	396
6.8	Nachweisverfahren	398
6.9	Literatur	401

Kapitel 7

Biologische Aspekte der Wassernutzung und Wasserqualität

7.1	Übersicht (I. Chorus, J. Clasen)	403
7.2	Stehende Gewässer (I. Chorus, J. Clasen, J. Fastner)	408
7.2.1	Einleitung	408
7.2.2	Artenzusammensetzung des Phytoplanktons	408
7.2.3	Phytoplankton-Mengen und ihre Begrenzung	410
7.2.3.1	Nährstofflimitation	410
7.2.3.2	Lichtlimitation	413
7.2.3.3	Nährstoff- und Lichtlimitation – Wechsel im Jahresgang	414
7.2.3.4	Phytoplankton und Makrophyten – Bistabile Zustände	415
7.2.4	Beschreibung und Prognose des Trophie-Zustandes	415
7.2.5	Maßnahmen zur Reduzierung von Populationen nutzungsbeeinträchtigender Algen und Cyanobakterien	420
7.2.5.1	Einleitung	420
7.2.5.2	Sanierung von punktförmigen Nährstoff-Quellen	423
7.2.5.3	Sanierung von diffusen Quellen	423
7.2.5.4	Interne Düngung und Gegenmaßnahmen	426
7.2.5.5	Abzug des Hypolimnions	428

7.2.5.6	Künstliche Durchmischung	428
7.2.5.7	pH-Anhebung	429
7.2.5.8	Bio-manipulation	429
7.2.5.9	Einsatz von Herbiziden	431
7.2.6	Biologische Untersuchung von stehenden Gewässern	432
7.2.6.1	Planung und Vorbereitung von Freilandarbeit	432
7.2.6.2	Probenahme	433
7.2.6.3	Ortsbesichtigung und Vor-Ort-Messungen	435
7.2.6.4	Analyse von Phytoplankton	437
7.2.6.5	Analyse von Zooplankton	441
7.3	Fließgewässer (<i>G. Friedrich</i>)	443
7.3.1	Einleitung	443
7.3.2	Fließgewässerbewertung – Entwicklung und Stand in Deutschland	444
7.3.1	Saprobie und „klassische Gewässergütekarte“	444
7.3.2.2	Trophie von Fließgewässern	447
7.3.3	Neue Belastungen – neue Bewertungsansätze	448
7.3.3.1	Struktur-gütebewertung der Fließgewässer	448
7.3.3.2	Säurestatus von Fließgewässern	450
7.3.4	Integrierte Bewertung	450
7.3.5	Bewirtschaftungsmaßnahmen zur Herstellung eines guten ökologischen Zustands – die EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)	452
7.3.6	Spezielle Aspekte der Probenahme	455
7.3.6.1	Arten der Probenahme	455
7.3.6.2	Entnahme von Proben für Laboruntersuchungen	456
7.3.6.3	Entnahme von Benthosproben und Aufwuchsorganismen	456
7.3.6.4	Exposition künstlicher Aufwuchsträger	459
7.3.6.5	Emergenzuntersuchung	459
7.3.6.6	Artbestimmung der Benthos- und Aufwuchsorganismen	460
7.4	Biogene Geruchs- und Geschmacksstoffe (<i>F. Jüttner</i>)	460
7.4.1	Überblick	460
7.4.2	Gruppeneinteilung der biogenen Geruchsstoffe	463
7.4.2.1	Schwefelhaltige Geruchsstoffe	463
7.4.2.2	Lipoxygenase-Produkte	465
7.4.2.3	Carotin-Oxygenase-Produkte	468
7.4.2.4	Terpene	469
7.4.3	Besonderheiten der Analyse von biogenen Geruchsstoffen	472
7.5	Cyanobakterientoxine (<i>I. Chorus, J. Fastner, J. Pietsch</i>)	474
7.5.1	Cyanotoxine und ihre toxikologische Bewertung	474
7.5.2	Vorkommen von Cyanotoxinen	479
7.5.3	Risiken für die menschliche Gesundheit	482
7.5.4	Maßnahmen zum Schutz vor Cyanotoxinen im Trinkwasser und in Badegewässern	484
7.5.5	Probenahme und Probenaufbereitung	487
7.5.5.1	Arbeitssicherheit und Probenahme	487
7.5.5.2	Probenaufarbeitung	489
7.5.6	Detektion und Identifikation	491
7.5.6.1	Bioassays und Toxizitätstest	491
7.5.6.2	Biochemische Methoden	492
7.5.6.3	Physikalisch-chemische Methoden	492
7.5.7	Bewertung und Ausblick	494

7.6	Organismen in Trinkwasseranlagen (<i>H. Schreiber, B. Westphal</i>)	495
7.6.1	Einleitung	495
7.6.2	Überblick	495
7.6.3	Trinkwassergewinnung und Aufbereitung	499
7.6.4	Verteilung und Speicherung	500
7.6.5	Hygienische Beurteilung	502
7.6.6	Vermeidung und Bekämpfung von Organismen in Trinkwasser- versorgungsanlagen	502
7.6.7	Probenahme und Untersuchung von Kleintieren in Trinkwasser- versorgungsanlagen	504
7.6.7.1	Untersuchungsprogramme und Methoden	504
7.6.7.2	Techniken der Probenahme	507
7.6.7.3	Auswertung	511
7.6.7.4	Verockerung	512
7.7	Literatur	514

Kapitel 8

Toxikologie

8.1	Genetische Toxikologie (<i>T. Grummt</i>)	529
8.1.1	Allgemeine Aspekte	529
8.1.2	Relevante Testsysteme für die praxisbezogene Gentoxizitätsprüfung	530
8.1.3	Bakterielles Testsystem – Ames-Test	531
8.1.4	Nachweis von Chromosomenaberrationen in der Säugerzellkultur	533
8.1.5	Chromosomenanalyse in peripheren Lymphozyten von exponierten Personen (Humanbiomonitoring)	536
8.1.6	Mikrokerne	537
8.1.7	Der UDS-Test	538
8.1.8	Der Comet-Assay	541
8.1.9	Testbatterie	543
8.1.10	Zytotoxizität	545
8.1.11	Integrales Konzept zur toxikologischen Charakterisierung von Microcystin	547
8.2	Unerwünschte Wirkungen (<i>P.-D. Hansen</i>)	550
8.2.1	Einleitung	550
8.2.2	Biotestverfahren, bioanalytische Systeme und Biosensoren	550
8.2.3	Fischei-Test	553
8.2.4	Gentoxizität	554
8.2.5	Immuntoxizität	557
8.2.6	Endokrine Wirkungen	559
8.2.6.1	Bedeutung und Fallstudie	559
8.2.6.2	Methoden zur Messung von endokrinen Wirkungen	561
8.3	Bewertende Toxikologie (<i>H. H. Dieter</i>)	563
8.3.1	Einleitung	563
8.3.2	NOEL, NAEL, ADI, Extrapolationsfaktor und Wirkungsschwelle	564
8.3.3	Ableitung gesundheitlicher Leitwerte für Trinkwasser	567
8.3.4	Ableitung gesundheitlicher Leitwerte für kurze Exposition	571
8.4	Literatur	574

x ↓

Kapitel 9

Sicherheit und Schutz vor Krankheitserregern durch ein multiples
Barriersystem

9.1	Das multiple Barriersystem (<i>A. Grohmann</i>)	581
9.1.1	Einleitung	581
9.1.2	Krankheitserreger und Indikatororganismen	582
9.1.3	Aufbau des multiplen Barriersystems	583
9.1.4	Einzugsgebiet	584
9.1.5	Vorsperre und Oberflächenwasseraufbereitung (OWA)	585
9.1.6	Langsamsandfiltration, Bodenpassage, Uferfiltration	586
9.1.7	Begrenzung der Nutzung des Oberflächengewässers	587
9.1.8	Aufbereitung und Desinfektion	588
9.1.9	Rohrnetzpflege und Desinfektionskapazität	589
9.1.10	Fazit	591
9.2	Die besondere Bedeutung des Ressourcenschutzes (<i>W. Engel</i>)	592
9.2.1	Allgemeines	592
9.2.2	Flächendeckender Gewässerschutz	593
9.2.3	Anlagenbezogener Gewässerschutz	595
9.2.4	Wasserschutzgebiete	596
9.3	Fallbeispiel für eine sichere Wasserversorgung ohne Desinfektion (<i>A. Grohmann, D. Petersohn</i>)	600
9.3.1	Die Voraussetzungen	600
9.3.2	Die Entwicklung der Wasserversorgung Berlins und die Bevorzugung von Grundwasser	601
9.3.3	Die Einstellung der Desinfektion in Berlin und die Begrenzung des Chlorverbrauchs	602
9.4	Mikroorganismen im Versorgungsnetz und das Phänomen der Biofilme (<i>F. Tiefenbrunner</i>)	605
9.4.1	Einleitung	605
9.4.2	Struktur der Biofilme in Wasserversorgungsnetzen	607
9.4.3	Bildung von Biofilmen	610
9.4.4	Einfluss des Nährstoffangebots im Wasser auf Biofilme	612
9.4.5	Biofilme in Hausinstallationen	615
9.5	Desinfektion von Trinkwasser (<i>A. Grohmann</i>)	619
9.5.1	Einleitung	619
9.5.2	Chlor und Chlor abspaltende Stoffe	621
9.5.3	Dichlorisocyanurat, Chloramine und gebundenes Chlor	625
9.5.4	Chlordioxid, ClO ₂	627
9.5.5	Ozon	628
9.5.6	Silber	629
9.5.7	Ultraviolette Strahlen (UV-Strahlen)	629
9.5.8	Peroxide und andere Desinfektionsmittel	631
9.5.9	Desinfektionskapazität in Leitungsnetzen	631
9.5.10	Nachweis der Desinfektionsmittel	633
9.6	Desinfektionsnebenprodukte (<i>W. Schmidt</i>)	634
9.6.1	Bedeutung der Desinfektionsnebenprodukte (DNP)	634
9.6.2	Trihalogenmethane (THM), halogenierte Kohlenwasserstoffe	635
9.6.3	Chlorit und Chlorat	637

9.6.4	Bromat	638
9.6.5	Bilanz der Bildung von Desinfektionsnebenprodukten	639
9.7	Auftreten und Bekämpfung von Legionellen (<i>B. Schaefer</i>)	640
9.7.1	Vorkommen und Bewertung von Legionellen im Trinkwasser	640
9.7.2	Regelungen zur Verminderung eines Legionellen-Infektionsrisikos	644
9.7.3	Untersuchungsgang zum Nachweis von Legionellen im Trinkwasser	645
9.8	Literatur	646

Kapitel 10

Befund und Bewertung (*A. Grohmann, H. H. Dieter, H. Höring*)

10.1	Einleitung	651
10.2	Ortsbesichtigung (<i>Karl Höll</i>)	652
10.2.1	Vorbemerkung	652
10.2.2	Allgemeine Erhebungen	652
10.2.3	Spezielle Erhebungen bei der Ortsbesichtigung	653
10.2.4	Erhebungen im Versorgungsnetz	655
10.2.5	Farbstoffversuche und andere Versuche zur Prüfung auf Grundwasser- verunreinigungen	655
10.2.6	Notwendige Untersuchungen an Ort und Stelle	656
10.3	Rechtsnormen für den Gewässerschutz	657
10.4	Die Trinkwasserverordnung (TrinkwV)	659
10.4.1	Der Begriff Trinkwasser	659
10.4.2	Kurze Kommentierung der TrinkwV	660
10.4.3	Auswahl von Parametern und Festsetzung von Grenzwerten	662
10.4.4	Feststellung einer Grenzwertüberschreitung	665
10.4.5	Weiterführung der Wasserversorgung bei Grenzwertüberschreitungen	668
10.5	Besonderheiten der Natürlichen Mineral-, Quell-, Tafel- und Heilwässer ..	670
10.5.1	Natürliche Mineral-, Quell- und Tafelwässer	670
10.5.2	Heilwässer	675
10.6	Erläuterungen zu chemischen Parametern und zu Indikatorparametern ...	677
10.6.1	Vorbemerkung	677
10.6.2	Acrylamid	677
10.6.3	Aluminium	678
10.6.4	Arzneimittelreste und -abbauprodukte; endokrine Disruptoren	680
10.6.5	Arsen	682
10.6.6	Blei	685
10.6.7	Bor	688
10.6.8	Bromat	690
10.6.9	Cadmium	691
10.6.10	Chloroform und gechlortes Trinkwasser	693
10.6.11	Eisen	696
10.6.12	Epichlorhydrin	698
10.6.13	Fluor	699
10.6.14	Kupfer	701
10.6.15	Mangan	704
10.6.16	Nitrat, Nitrit und Ammonium	704

XXIV Inhalt

10.6.17	Pflanzenschutzmittel	709
10.6.18	pH-Wert	711
10.6.19	Phosphat	712
10.6.20	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	713
10.6.21	Selen	715
10.6.22	Sulfat	717
10.6.23	Vinylchlorid	717
10.7	Erläuterungen zu ergänzenden Stichworten	719
10.7.1	Härte des Wassers	719
10.7.2	Haushaltsfilter zur Wasseraufbereitung (KleinfILTER im Haushalt)	720
10.7.3	Physikalische Wasserbehandlung	721
10.7.4	Salzgehalt (Mineralgehalt) des Trinkwassers und destilliertes Wasser	722
10.7.5	Trinkwasser als Arznei?	725
10.7.6	Positive Definition des Trinkwassers	727
10.7.7	Privatisierung und Wettbewerb in der Wasserversorgung	728
10.7.8	Kosten der Wasserversorgung	730
10.7.9	Regenwasser	731
10.8	Literatur	732

Kapitel 11

Aufbereitung von Wasser (*H. Bartel*)

11.1	Einleitung	745
11.2	Ziele der Aufbereitung	747
11.3	Bausteine der Aufbereitung	750
11.3.1	Stoffaustausch an Grenzflächen	750
11.3.1.1	Bedeutung der Belüftung für die Wasseraufbereitung	750
11.3.1.2	Belüftung und CO ₂ -Ausgasung	750
11.3.1.3	Adsorption	752
11.3.1.4	Ionenaustausch	756
11.3.2	Fällung und Flockung	759
11.3.2.1	Einleitung	759
11.3.2.2	Fällung durch Kristallisation	759
11.3.2.3	Fällung durch Mitfällung oder Kondensation	762
11.3.2.4	Flockung	764
11.3.3	Partikelabtrennung	768
11.3.3.1	Sedimentation/Flotation	768
11.3.3.2	Filterung über körniges Material (Festbett-Kornfilter)	770
11.3.3.3	Poröse Filteroberflächen und Membranfilter	775
11.3.4	Umkehrosiose und Meerwasserentsalzung	776
11.3.5	Biologische Methoden	779
11.3.5.1	Einleitung	779
11.3.5.2	Biologische Enteisung und Entmanganung	779
11.3.5.3	Denitrifizierung	782
11.3.5.4	Langsamsandfiltration/Bodenpassage	784
11.4	Aufbereitungsstoffe	785
11.4.1	Einleitung	785
11.4.2	Anforderungen an Aufbereitungsstoffe	788

11.4.3	Tabellarische Übersicht der Aufbereitungsstoffe	790
11.5	Verfahrenskombinationen zur Aufbereitung von Wasser	795
11.6	Dezentrale Trinkwasserversorgung (Kleinanlagen)	795
11.6.1	Einleitung	795
11.6.2	Kleinanlagen zur Vollversorgung	799
11.6.3	Kleinanlagen zur Teilversorgung	801
11.7	Literatur	802

Kapitel 12

Badewasser (*F. Tiefenbrunner*)

12.1	Einleitung	805
12.2	Der Badegast als Quelle harmloser, fakultativ pathogener und pathogener Mikroorganismen	806
12.3	Eintrag aus der Umgebung der Badeanlage	808
12.4	Erkrankungen, die durch Kontakt mit Badewasser hervorgerufen werden können	809
12.5	Risikobewertung von pathogenen Organismen in Oberflächengewässern ..	811
12.6	Einfluss der Temperatur	814
12.7	Naturbäder	814
12.7.1	Übersicht	814
12.7.2	Bäder an Oberflächengewässern	815
12.7.3	Kleinbadeteiche	817
12.8	Künstliche Beckenbäder	820
12.8.1	Übersicht	820
12.8.2	Durchströmung	823
12.8.3	Aufbereitung	824
12.8.4	Depotchlorung (Desinfektionskapazität)	827
12.8.5	Luftkanäle	829
12.8.6	Warmsprudelbecken (WSB)	829
12.9	Literatur	831

Kapitel 13

Abwasserreinigung zum Schutze der Gewässer und ihrer Nutzbarkeit (*H. Ruffer, R. Masannek*)

13.1	Allgemeines	833
13.2	Die Untersuchung von kommunalem Abwasser	835
13.2.1	Überblick	835
13.2.2	Probenahme	836
13.2.3	Hydraulische Verhältnisse, Fließzeiten, Abwassermengenmessung	838
13.2.4	Abwasseranalytik	840
13.2.4.1	Allgemeines	840
13.2.4.2	Äußere Charakterisierung	841

13.2.4.3	Absetzbare Stoffe (Schlammstoffe) und Glührückstand	842
13.2.4.4	Gesamte Schwebstoffe (ungelöste Stoffe)	843
13.2.4.5	Säure- bzw. Lauge-Bindungsvermögen	843
13.2.4.6	Übersicht über die Bestimmung von organischen Substanzen	844
13.2.4.7	Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB; Kaliumdichromat-Methode)	845
13.2.4.8	Organisch gebundener Kohlenstoff (TOC und DOC)	849
13.2.4.9	Adsorbierbare organische Halogenverbindungen (AOX)	849
X 13.2.4.10	Übersicht über Bestimmung und Bedeutung des biochemischen Saustoffbedarfs (BSB)	850
13.2.4.11	Der Verdünnungs-BSB	852
13.2.4.12	Manometrische BSB ₅ -Bestimmung	855
X 13.2.4.13	BSB-Bestimmung mit handelsüblichen Messgeräten	856
13.2.4.14	Stickstoffverbindungen	856
13.2.4.15	Phosphorverbindungen	857
13.2.4.16	Tenside	859
13.2.5	Haltbarkeitstest	859
13.2.6	Biologische Tests zur Abwasserbeurteilung	860
13.2.6.1	Allgemeines	860
13.2.6.2	OECD-Confirmatory-Test	862
13.2.6.3	Assimilations-Zehrungstest (A-Z-Test)	863
13.2.7	Kriterien zur Beurteilung von Industrieabwasser	865
13.2.7.1	Beeinträchtigung des Entwässerungssystems	866
13.2.7.2	Beeinträchtigung der Funktion des Klärwerks	868
13.3	Eigenschaften des kommunalen Abwassers	872
13.4	Abwasserreinigung	874
13.4.1	Hinweise zum Abwasserrecht	874
13.4.2	Abwasserableitung	876
13.4.3	Rechnerische Ermittlung des Abwasserzufflusses	877
13.4.4	Verfahren der Abwasserreinigung	878
13.4.4.1	Allgemeines	878
13.4.4.2	Schlammbelebungsverfahren	880
13.4.4.3	Stickstofflimination	882
13.4.4.4	Phosphorelimination	885
13.4.4.5	Tropfkörper	888
13.4.4.6	Membranverfahren	888
13.4.4.7	Schlammbehandlung	889
13.4.4.8	Verwendung des gereinigten Abwassers und des Klärschlammes	891
13.4.5	Überwachung der Klärfunktion	892
13.4.5.1	Zulauf – Rohabwasser	893
13.4.5.2	Vorklärbecken	894
13.4.5.3	Biologische Stufe	895
13.4.6	Kleinkläranlagen	902
13.5	Industrieabwässer	908
13.5.1	Allgemeines	908
13.5.2	Vermeidung von Industrieabwasser durch produktintegrierten Umweltschutz	910
13.5.3	Beispiele aus dem Bereich Industrieabwasser	911
13.5.3.1	Fleischverarbeitende Industrie	911
13.5.3.2	Milchverarbeitung	913
13.5.3.3	Brauereien	915

13.5.3.4	Textilindustrie	916
13.6	Literatur	919
Anhang		
Normen		
A.1	Allgemein anerkannte Regeln der Technik	923
A.2	Rechtsnormen	925
A.3	Technische Normen und Empfehlungen	929
A.3.1	DIN, CEN, ISO: Deutsches Institut für Normung e.V.	929
A.3.2	Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammunter- suchung (DEV)	930
A.3.3	Regelwerk des DVGW Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasser- faches e.V. und der ATV-DVWK Deutsche Vereinigung für Wasserwirt- schaft, Abwasser und Abfall e.V.	931
A.3.4	Trinkwasserkommission und Badewasserkommission des Umweltbundes- amtes (TWK und BWK; bis 1994 des Bundesgesundheitsamtes)	932
A.3.5	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)	933
Register	935