

Inhalt

Vorwort zur 2. Auflage	v
Vorwort zur 1. Auflage	vi
Abkürzungsverzeichnis	vii

Teil I Theoretische Limnologie (Grundlagen der Limnologie)

1. Zur Geschichte der Limnologie	1
2. Gliederung der Limnologie	7
3. Die limnischen Lebensräume als Ökosysteme	8
4. Der Wasserkreislauf	11
5. Das Grundwasser	17
5.1. Definition und Bildung	17
5.2. Struktur der Grundwasser-Räume	18
5.3. Physikalische und chemische Besonderheiten	22
5.4. Lebensbedingungen im Grundwasser	24
5.5. Organismen des Grundwassers	25
5.6. Herkunft der Grundwassertiere und die Zeit ihrer Einwanderung	34
5.7. Stoffhaushalt und Energiefluss in Grundwasser-Ökosystemen	36
5.8. Belastung des Grundwassers	39
6. Die Quellen	41
6.1. Definition, geologischer Aufbau und geohydrologische Klassifikation	41
6.2. Physikalische und chemische Klassifikation	43
6.3. Chemische Besonderheiten der Akratopegen	44
6.4. Limnologische Klassifikation	47
6.5. Lebensbedingungen in den Quellen	49
6.6. Organismen der Quellen	50
6.7. Anpassungen der Organismen an die Quellbedingungen	52
6.8. Herkunft der Quellbewohner	54
6.9. Stoffhaushalt und Energiefluss	54
6.10. Thermalquellen	57
6.11. Verbauung und Belastung, Renaturierung und Wiederbesiedlung der Quellen	59
7. Die Fließgewässer	63
7.1. Definition und Besonderheiten	63
7.2. Physikalische und chemische Besonderheiten im Fließgewässer	65

7.2.1.	Hydrodynamik	65
7.2.2.	Einzugsgebiet und Abflussdynamik	76
7.2.3.	Licht	80
7.2.4.	Temperatur	83
7.2.5.	Gelöste und Feststofffracht	85
7.3.	Ökologisch relevante geomorphologische Prozesse der Fließgewässer- gewässerogenese	87
7.3.1.	Sedimentbewegung und Strukturbildung im Fließgewässer	89
7.3.2.	Genese und Topographie der Fließgewässer	97
7.3.3.	Die Fließgewässer und ihre Täler	105
7.4.	Biologie der Fließgewässer	106
7.4.1.	Biozönotische Längszonierung	106
7.4.2.	Querprofile	112
7.4.3.	Plankton	113
7.4.4.	Hyporheal	117
7.4.5.	Biofilm	125
7.4.6.	Morphologische Anpassungen an die Strömung	130
7.4.7.	Verhalten als Anpassung	132
7.4.8.	Tierische Ernährungstypen und ihre Verteilung	133
7.4.9.	Instabilität der Habitate durch Störung und die Besiedlungsdynamik	136
7.4.10.	Wiederbesiedlung der Fließgewässer nach Störungen	144
7.4.10.1.	Organismische Drift und Gegenstrombewegung	144
7.4.10.2.	Überdauerungsstrategien in temporären Fließgewässern	147
7.4.10.3.	Wiederbesiedlungspfade nach einer Störung	148
7.4.11.	Flussmündungen	148
7.4.12.	Aue	153
7.5.	Stoffhaushalt der Fließgewässer	162
7.5.1.	Trophie und Saprobie	162
7.5.2.	Sauerstoffhaushalt	167
7.5.2.1.	Sauerstoffeintrag	167
7.5.2.2.	Sauerstoffverbrauch	170
7.5.2.3.	Sauerstoffhaushalt und Sauerstoffbilanz	171
7.5.3.	Kohlenstoffhaushalt	173
7.5.4.	Stickstoffhaushalt	175
7.5.5.	Phosphorhaushalt	177
7.5.6.	Schwefelhaushalt	178
7.5.7.	Transport und biogene Retention gelöster und partikulärer Stoffe . .	179
7.5.8.	Allochthoner Eintrag und Abbau partikulärer organischer Substanz	181
7.5.9.	Eintrag und Abbau von gelöstem organischen Material	189
7.6.	Produktionsbiologie der Fließgewässer	194
7.6.1.	Primärproduktion (PP) (s. l. 7.5.1.)	195
7.6.2.	Sekundärproduktion (SP)	197
7.6.3.	Stoffspiralen und Energiefluss	198
7.7.	Allgemeine Aspekte der Fließgewässerbiologie und Zusammen- fassung	203
7.7.1.	Einheit des Fließgewässerökosystems	203
7.7.2.	Funktionen der Fließgewässer im globalen Wasser- und Stoffhaushalt	207

8.	Die Standgewässer	209
8.1.	Geschichtete Seen	209
8.1.1.	Definition, allgemeine Charakterisierung	209
8.1.2.	Entstehung der Seen (geomorphologische Prozesse)	210
8.1.2.1.	Seen vulkanischen Ursprungs	210
8.1.2.2.	Seen tektonischen Ursprungs	213
8.1.2.3.	Dammseen	213
8.1.2.4.	Seen glazialen Ursprungs	214
8.1.2.5.	Karstseen	215
8.1.2.6.	Besondere Entstehungsweisen von Seen	217
8.1.3.	Wasserhaushalt und Wasserbilanz der Seen	217
8.1.4.	Morphometrie der Seen	220
8.1.5.	Geomorphologisch-ökosystemare Relation	222
8.1.6.	Einzugsgebiet der Seen	224
8.1.7.	Verbreitung der Seen auf der Erde	225
8.1.8.	Seenalterung und Aufbau der Seen	226
8.1.9.	Physikalische und chemische Faktoren	230
8.1.9.1.	Temperatur und Durchmischung	230
8.1.9.2.	Wasserbewegungen	237
8.1.9.3.	Licht (Strahlungsklima)	241
8.1.9.4.	Sauerstoff und Kohlendioxid	243
8.1.9.5.	Gasförmige Stickstoff-, Schwefel- und Wasserstoffverbindungen im Gewässer	248
8.1.9.6.	Kreisläufe der Elemente Stickstoff, Phosphor und Schwefel	251
8.1.9.6.1.	Stickstoff	251
8.1.9.6.2.	Phosphor	252
8.1.9.6.3.	Schwefel	256
8.1.9.7.	Calcium, Magnesium, Natrium, Kalium und ihre Salze	258
8.1.9.8.	Eisen, Mangan und Silizium	259
8.1.9.9.	Organische Verbindungen im See	261
8.1.10.	Lebensgemeinschaft des Pelagials	266
8.1.10.1.	Organismen und ihre Anpassungen	269
8.1.10.2.	Vertikalwanderung	274
8.1.10.3.	Phytoplankton (Cyanobakterien und Algen)	275
8.1.10.3.1.	Wichtige Phytoplanktongruppen	275
8.1.10.3.2.	Nährstoffe	277
8.1.10.3.3.	Photosynthese und Primärproduktion des Phytoplanktons	281
8.1.10.3.4.	Phytoplankton im Zusammenhang mit der pelagischen Umgebung	288
8.1.10.4.	Bakterio- und Mykoplankton (mit Ausnahme der Cyanobakterien)	291
8.1.10.5.	Zooplankton	292
8.1.10.5.1.	Wichtige Zooplanktongruppen	292
8.1.10.5.2.	Ernährung des Zooplanktons	295
8.1.10.5.3.	Produktion des Zooplanktons	301
8.1.10.6.	Fische	304
8.1.10.6.1.	Einteilung der Seen nach Leitfischen	304
8.1.10.6.2.	Ernährung	305
8.1.10.6.3.	Produktion der Fische	306
8.1.10.7.	Piscivore und benthivore Vögel und Säugetiere	308

8.1.10.8.	Biozönotische Beziehungen im Pelagial	308
8.1.10.9.	Interaktionen zwischen Pelagial und Benthal (Benthopelagische Kopplung).	319
8.1.11.	Lebensgemeinschaften des Benthals	324
8.1.11.1.	Litoral.	324
8.1.11.1.1.	Litoraler Pflanzengürtel	324
8.1.11.1.2.	Algenaufwuchs	329
8.1.11.1.3.	Nährstoffhaushalt und Primärproduktion im Litoral	332
8.1.11.1.4.	Bakterien	337
8.1.11.1.5.	Zoobenthos	337
8.1.11.1.6.	Lebensraum Litoral	344
8.1.11.2.	Profundal	349
8.1.11.2.1.	Allgemeine Lebensbedingungen	349
8.1.11.2.2.	Bakterien	355
8.1.11.2.3.	Zoobenthos	355
8.1.11.2.4.	Bedeutung des Profundals in der klassischen Limnologie	360
8.1.12.	Paläolimnologie der Seen	362
8.2.	Flachgewässer.	371
8.2.1.	Allgemeine Charakteristik	371
8.2.2.	Abiotische Besonderheiten	372
8.2.3.	Plankton und Makrophyten	374
8.2.4.	Produktion	375
8.2.5.	Typische Besiedler von Flachgewässern.	375
8.2.6.	Sölle	376
8.3.	Moore.	377
8.3.1.	Entstehung und Charakterisierung der Moore.	378
8.3.2.	Moortypen	380
8.3.3.	Flora und Fauna der Moore	383
8.3.4.	Alter der Moore	384
8.3.5.	Bedeutung der Moore für den Wasserhaushalt.	385
8.3.6.	Nutzung und Schutz der Moore.	386
8.4.	Kleingewässer	387
8.4.1.	Tümpel.	389
8.4.2.	Pfützen.	395
8.4.3.	Phytotelmen.	397
8.4.4.	Lithotelmen	401
8.4.5.	Bedeutung der Culiciden (Stechmücken) in Kleingewässern	402
8.5.	Organismen des Schnees und der Gletscher	404
8.5.1.	Kryoflora.	404
8.5.2.	Kyofauna und ökosystemare Beziehungen	405
9.	Geographische Aspekte der Limnologie und die Verbreitung limnischer Organismen	406
9.1.	Fließgewässer	407
9.2.	Seen.	410
9.3.	Geographische Aspekte der Verbreitung limnischer Organismen	416
9.4.	Neophyten und Neozoen.	417
10.	Abwehrreaktionen der Gewässer auf allochthone Einflussfaktoren	419

Teil II Angewandte Limnologie

1.	Ziele der Angewandten Limnologie	424
2.	Grenzwerte und wichtige Rechtsgrundlagen	428
3.	Anthropogen bedingte Belastungen der Gewässer und Gewässergüteindikation	430
4.	Herkunft und Reinigung des Abwassers	443
4.1.	Wasserentnahme	444
4.2.	Wasseraufbereitung	446
4.3.	Wassertransport zu den Nutzern	450
4.4.	Nutzung des Wassers und Charakterisierung des Abwassers	450
4.5.	Transport des Abwassers zur Kläranlage	453
4.6.	Technische Kläranlagen	454
4.6.1.	Mechanische Reinigungsstufe	454
4.6.2.	Biologische Reinigungsstufe	454
4.6.2.1.	Belebtschlammverarbeitung	454
4.6.2.2.	Tropfkörperanlagen	458
4.6.2.3.	Vergleich zwischen Belebtschlamm- und Tropfkörperverfahren	460
4.6.2.4.	Dritte Reinigungsstufe	461
4.6.2.5.	Stickstoffeliminierung	462
4.6.2.6.	Phosphateliminierung	462
4.6.2.7.	Schlammbehandlung	465
4.7.	Naturahe Kläranlagen und -verfahren	467
5.	Biologie der anorganischen und toxischen anthropogenen Belastungen der Gewässer	470
5.1.	Schwermetalle	471
5.1.1.	Natürliches Vorkommen und Toxizität	471
5.1.2.	Bioakkumulation von Schwermetallen	474
5.2.	Synthetische Wasch- und Spülmittel (Detergentien)	476
5.3.	Pestizide	478
5.4.	Versauerung	484
5.5.	Radioaktivität	487
5.6.	Versalzung	489
5.7.	Häufige Xenobiotika im Gewässer (ausgenommen Pestizide und Detergentien)	494
5.8.	Thermische Belastungen	499
5.9.	Biotestverfahren	501
6.	Grenzwerte und Monitoring	506
7.	Renaturierung geschädigter Gewässer (Gewässertherapie)	514
7.1.	Renaturierung von Fließgewässern und ihrer Auen	514

7.1.1.	Nutzung und Ausbau der Fließgewässer	516
7.1.2.	Naturnaher und ingenieurbiologischer Ausbau der Fließgewässer	524
7.1.3.	Renaturierungsmaßnahmen im Fließgewässer	531
7.1.4.	Renaturierungsmaßnahmen angrenzender Uferbereiche und der Aue	534
7.1.5.	Erfolg der Renaturierungsmaßnahmen	537
7.2.	Renaturierung von Seen und deren Einzugsgebiete	538
7.2.1.	Therapieansätze bei Seen	538
7.2.2.	Reaktionsverzögerung von See-Ökosystemen bei Nährstoffdrosselung	539
7.2.3.	Wichtige Restaurierungsmaßnahmen	539
7.2.4.	Sanierung des Einzugsgebietes	544
7.2.5.	Kalkung versauerter Gewässer	545
7.2.6.	Schädigung der Seeufer und Schilfbestände	545
7.2.7.	Maßnahmen zur Renaturierung geschädigter Seeufer und Schilfbestände	546
8.	Künstliche Seen	547
8.1.	Talsperren und Stauseen	547
8.1.1.	Geschichte der Talsperren	547
8.1.2.	Unterschiede zum natürlichen See	548
8.1.3.	Aufgaben und Bewirtschaftung der Talsperren	549
8.1.4.	Aufbau von Talsperren	550
8.1.5.	Erzeugung von Elektrizität durch Talsperren	552
8.1.6.	Hochwasserschutz	553
8.1.7.	Schichtung und Einschichtung in Talsperren	554
8.1.8.	Sedimentation in Talsperren	555
8.1.9.	Stoffhaushalt und Klärfunktion von Talsperren	556
8.1.10.	Biologie der Stauseen	558
8.1.11.	Limnologie des Fließgewässers unterhalb der Sperrmauer	559
8.1.12.	Nutzung der Reinigungsleistung von Talsperren	562
8.1.13.	Restaurierung von Talsperren	562
8.1.14.	Vor- und Nachteile von Stauseen	563
8.2.	Baggerseen	563
8.3.	Tagebaurestseen	564
9.	Voraussage des Trophiegrades, der Wassergüte und des Verhaltens von limnischen Ökosystem-kompartimenten	567
9.1.	Chlorophyllgehalt und Nährstoffkonzentration	568
9.2.	Voraussage der Trophie von Stauseen	569
9.3.	Voraussage des Sauerstoffgehaltes (vgl. I. 7.5.2.)	570
9.4.	Voraussage des Verhaltens von Ökosystem-Kompartimenten	572
Literaturverzeichnis	574	
Glossar	631	
Sachverzeichnis	649	
Organismenverzeichnis	661	