

Inhaltsverzeichnis

1	Limnische Ökosysteme und deren Belastungen	
1.1	Struktur und Funktion limnischer Ökosysteme (G. GUNDEL)	1
1.1.1	Entwicklung der Limnologie und ihre Stellung innerhalb der Naturwissenschaften	1
1.1.2	Struktur limnischer Systeme	4
1.1.2.1	Gewässertypen	4
1.1.2.2	Wasserkreislauf und Wasserbilanz	5
1.1.2.3	Physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers	7
1.1.3	Limnologie der Standgewässer	9
1.1.3.1	Zeitliche Dynamik der Standgewässer	9
1.1.3.2	Kohlenstoffkreislauf in Gewässern	15
1.1.3.3	Phosphorkreislauf in Gewässern	17
1.1.3.4	Stickstoffkreislauf in Gewässern	19
1.1.3.5	Lebensgemeinschaften der Seen	21
1.1.4	Limnologie der Fließgewässer	26
1.1.4.1	Chemisch-physikalische Eigenschaften der Fließgewässer	27
1.1.4.2	Besiedlung der Fließgewässer	33
1.1.4.3	Zonierung der Fließgewässer	36
1.1.4.4	Dynamik der Fließgewässer	41
1.1.5	Literatur	43
1.2	Struktur und Funktion der Küstengewässer (G. SCHLUNGBAUM und H. BAUDLER)	45
1.2.1	Küstengewässer am Rand des Weltmeeres	45
1.2.2	Das mitteleuropäische System innerer Küstengewässer an der Nord- und Ostsee	51
1.2.2.1	Das Wattenmeer als einzigartiges Großökosystem	51
1.2.2.2	Förden, Bodden und Haffe an der südlichen Ostseeküste	55
1.2.3	Ausgewählte Küstengewässer der südlichen Ostsee	65
1.2.3.1	Schlei	65
1.2.3.2	Darß-Zingster Bodden	69

1.2.3.3	Rügener Bodden	73
1.2.3.4	Stettiner Haff/Oderhaff	76
1.2.4	Literatur	78
1.3	Definition und Benennung der Hauptbelastungsfaktoren limnischer Ökosysteme (G. GUNKEL)	80
1.3.1	Belastung eines Gewässers	80
1.3.2	Belastungsfaktoren limnischer Systeme	82
1.3.2.1	Arten der Gewässerbelastungen	83
1.3.2.2	Quellen der Gewässerbelastungen	87
1.3.3	Literatur	89
1.4	Beeinträchtigungen und Schädigungen der aquatischen Organismen und Ökosysteme (G. GUNKEL)	90
1.4.1	Toxische Wirkung auf Organismen	90
1.4.1.1	Verlauf einer toxischen Schädigung	90
1.4.1.2	Synergismus	92
1.4.1.3	Wirkungsmechanismen	94
1.4.1.4	Verfahren zur Erfassung toxischer Wirkungen an Organismen	97
1.4.2	Ökotoxische Wirkung	100
1.4.2.1	Grundlage der ökotoxischen Wirkungen in Gewässern ..	100
1.4.2.2	Verfahren zur Erfassung ökotoxischer Wirkungen	103
1.4.3	Literatur	107
2	Gewässerbelastungen durch physikalische Parameter	109
2.1	Auswirkungen des technischen Gewässerausbau (G. GUNKEL)	109
2.1.1	Gewässernutzungen und -ausbau	109
2.1.1.1	Gewässerausbau zur Wasserableitung (Hochwasserschutz)	114
2.1.1.2	Melioration der Talaue	116
2.1.1.3	Sicherung der Gewässermorphologie	118
2.1.1.4	Stauhaltung	123
2.1.1.5	Ausbau der Gewässer als Schifffahrtsstraße	124
2.1.1.6	Nutzung der Gewässer als Vorfluter	125
2.1.2	Ingenieurbiologischer Gewässerausbau	126
2.1.2.1	Lebende Baustoffe im Wasserbau	128
2.1.2.2	Ingenieurbiologische Bauwerke	133
2.1.3	Gewässerrenaturierung	135
2.1.4	Literatur	140

2.2	Unterbrechung der Durchgängigkeit von Fließgewässern (O. BORN)	141
2.2.1	Einleitung	141
2.2.2	Ökologische Bedeutung der Durchgängigkeit von Fließgewässern	142
2.2.3	Wanderungshindernisse in Fließgewässern	144
2.2.4	Möglichkeiten zur Wiederherstellung der freien Durchgängigkeit	146
2.2.4.1	Allgemeine Anforderungen an Wanderhilfen für Gewässerorganismen	146
2.2.4.2	Beispiele für technische Wanderhilfen	149
2.2.4.3	Naturnahe Wanderhilfen	152
2.2.4.4	Problematik der Abwärtswanderung	154
2.2.4.5	Funktionsüberprüfung von Wanderhilfen	156
2.2.5	Rechtliche Grundlagen	157
2.2.6	Literatur	158
2.3	Mindestwasserführung von Gewässern und hydraulischer Streß (E. I. MEYER)	160
2.3.1	Einleitung	160
2.3.2	Wasserkraftwerke und Mindestwasser	161
2.3.3	Wirkungen reduzierter Wasserführung	162
2.3.3.1	Wirkungen auf Habitate	162
2.3.3.2	Wirkungen auf Organismen	164
2.3.3.3	Wirkungen auf Ökosysteme	170
2.3.4	Regelungen und Richtwerte für Mindestwasserführungen	171
2.3.5	Vermeidungs- und Sanierungsmöglichkeiten	174
2.3.6	Prognostische Bewertung der reduzierten Wasserführung	176
2.3.7	Literatur	176
2.4	Auswirkungen von Kühlwassereinleitungen in Fließgewässer (E. I. MEYER)	179
2.4.1	Einleitung	179
2.4.2	Kühlungstypen und Kühlwassereinträge in die Umwelt .	180
2.4.3	Gesetzliche Regelungen und Richtwerte	182
2.4.4	Auswirkungen von Kühlwassereinleitungen	184
2.4.4.1	Wirkungen auf Organismen	184
2.4.4.2	Wirkungen auf Ökosysteme	190
2.4.5	Prognostische Bewertung der Kühlwassereinleitungen ..	191
2.4.6	Literatur	192

2.5	Auswirkung von Klimaveränderungen auf aquatische Systeme (A. BECKER)	194
2.5.1	Klima, Wasserhaushalt und aquatische Systeme	194
2.5.1.1	Klima und Wasserhaushalt als bestimmende Faktoren für aquatische Systeme	194
2.5.1.2	Erwartete globale Änderungen des Klimas	196
2.5.1.3	Regionale Ausprägung des Klimawandels in Europa	199
2.5.2	Auswirkungen von Klimaänderungen auf den Wasserhaushalt	201
2.5.2.1	Globale Änderungen im Wasserhaushalt und Abfluß ...	201
2.5.2.2	Erwartete Änderungen im Abfluß europäischer Flüsse ..	202
2.5.2.3	Spezielle Wirkungsanalyse für das Land Brandenburg ..	204
2.5.3	Auswirkungen von Klimaänderungen auf den Zustand aquatischer Systeme	206
2.5.3.1	Grundsätzliches und Kurzcharakteristik zuflußabhängiger Änderungen des Gewässerzustandes	206
2.5.3.2	Auswirkungen auf Fließgewässer und Seen	208
2.5.3.3	Auswirkungen auf Küstengewässer	211
2.5.4	Literatur	213
2.6	Effekte erhöhter UV-Strahlung	214
2.6.1	Eindringen der Solarstrahlung in natürliche Gewässer (H. PIAZENA)	214
2.6.1.1	Einleitung	214
2.6.1.2	Definitionen und Grundgleichungen der solaren Strahlung	216
2.6.1.3	Optische Eigenschaften der Gewässer und Penetration der Solarstrahlung	218
2.6.1.4	Zusammenfassung	228
2.6.1.5	Literatur	229
2.6.2	Effekte erhöhter UV-Strahlung auf Primärproduzenten (H. HÄDER)	230
2.6.2.1	Einleitung	230
2.6.2.2	Penetration solarer UV-Strahlung in die Wassersäule ...	231
2.6.2.3	Vertikale Verteilung der Primärproduzenten	232
2.6.2.4	Targets der solaren UV-Strahlung	234
2.6.2.5	UV-Schäden bei Cyanobakterien	238
2.6.2.6	Schutzstrategien und Reparaturmechanismen für UV-Schäden	239
2.6.2.7	Konsequenzen von UV-B-Schäden in aquatischen Ökosystemen	241
2.6.2.8	Literatur	241

2.6.3	Auswirkungen der UV-Strahlung auf heterotrophe aquatische Organismen (O. SIEBECK, R. SOMMARUGA und B. TARTAROTTI)	243
2.6.3.1	Einführung	243
2.6.3.2	Wirkungen bei heterotrophen Bakterien und Protozoen .	247
2.6.3.3	Wirkungen bei Planktoncrustaceen	248
2.6.3.4	Wirkungen bei benthischen Invertebraten	256
2.6.3.5	Wirkungen bei Fischen	257
2.6.3.6	Wirkungen bei Amphibien	258
2.6.3.7	Schlußbetrachtung	258
2.6.3.8	Literatur	260
3	Gewässerbelastungen durch anorganische Stoffe und Prozesse	265
3.1	Gewässerbelastungen durch den Eintrag mineralischer Stoffe (G. GUNKEL)	265
3.1.1	Einleitung	265
3.1.2	Quellen mineralischer Stoffe	266
3.1.3	Auswirkungen mineralischer Stoffeinträge	266
3.1.4	Richt- und Grenzwerte für mineralische suspendierte Stoffe	268
3.1.5	Literatur	269
3.2	Eutrophierung	270
3.2.1	Eutrophierung limnischer Gewässer (H. KLAPPER)	270
3.2.1.1	Einführung	270
3.2.1.2	Definition der Eutrophierung	272
3.2.1.3	Stoffliche Grundlagen der Eutrophierung	275
3.2.1.4	Quellen der Nährstoffbelastung	281
3.2.1.5	Erscheinungsformen der Eutrophierung in unterschiedlichen Gewässerökosystemen	283
3.2.1.6	Wege zur Vermeidung der Eutrophierung	285
3.2.1.7	Maßnahmen im Gewässer zur Steuerung der Bioproduktion	285
3.2.1.7.1	Ökotechnologie	286
3.2.1.7.2	Phosphatfällung	288
3.2.1.7.3	Veränderung des Wasserhaushaltes und des Durchflusses	288
3.2.1.7.4	Entschlammung	290
3.2.1.7.5	Belüftung	291
3.2.1.7.6	Bekämpfung von Makrophyten und Phytoplankton	293
3.2.1.8	Ausblick	295

3.2.1.9	Literatur	297
3.2.2	Eutrophierung der Küstengewässer (G. SCHLUNGBAUM und H. BAUDLER)	299
3.2.2.1	Grundlagen und Erscheinungen	299
3.2.2.2	Eutrophierung des Wattenmeeres	302
3.2.2.3	Eutrophierungsproblem der inneren Küstengewässer an der südlichen Ostsee	306
3.2.2.3.1	Die Intensität der Primärproduktion und deren Folgeerscheinungen	306
3.2.2.3.2	Klassifizierung und Bewertung innerer Küstengewässer .	318
3.2.2.3.3	Ansatzpunkte für eine Remesotrophierung von inneren Küstengewässern, dargestellt am Beispiel der Darß-Zingster Bodden	322
3.2.2.4	Literatur	327
3.3	Auftreten von Sauerstoffdefiziten in Gewässern (W. SCHÖNBORN)	329
3.3.1	Bedeutung von Sauerstoffdefizienten für limnische Organismen	329
3.3.2	Sauerstoffdefizite in Stillgewässern	331
3.3.2.1	Sauerstoffdefizite im Hypolimnion eutropher Seen	331
3.3.2.2	Sauerstoffdefizite im Epilimnion und in kleinen Stillgewässer (Weiher, Flachseen)	332
3.3.3	Sauerstoffdefizite in Fließgewässern	334
3.3.4	Maßnahmen zur Beseitigung von Sauerstoffdefiziten ...	336
3.3.5	Literatur	337
3.4	Belastung von Gewässern durch saure Depositonen (C. E. W. STEINBERG und I. JÜTTNER)	338
3.4.1	Einleitung	338
3.4.2	Definition der Versauerung	339
3.4.3	Ausmaß der Versauerung und Ursachenermittlung	341
3.4.4	Kopplung der Gewässerversauerung mit globalen Klimaveränderungen	347
3.4.4.1	Versauerung von Hochgebirgsseen	347
3.4.4.2	Versauerung von Seen in tieferen Lagen	348
3.4.5	Schlußbetrachtung	349
3.4.6	Literatur	350

3.5	Geogene Versauerung von Tagebaurestgewässern (G. GELLER, K. FRIESE, P. HERZSPRUNG, R. KRINGEL, M. SCHIMMERLE, M. SCHULTZE, K. WENDT-POTTHOFF und S. WÖLFL)	352
3.5.1	Einleitung	352
3.5.1.1	Verbreitung der geogen schwefelsauren Bergbaurestseen	354
3.5.1.2	Ausmaß der geogenen Versauerung in den Braunkohlegebieten	354
3.5.2	Chemie der sauren Gewässer	356
3.5.2.1	Pyritoxidation und Bildung von Schwefelsäure und gelöstem Eisen	356
3.5.2.2	Geogene Seenversauerung im Vergleich zur Regenversauerung	358
3.5.2.3	Häufigkeitsverteilung der pH-Bereiche und Puffersysteme auf der Basis von Eisen, Aluminium und Kalk/Kohlensäure	359
3.5.2.4	Intensität der Versauerung	361
3.5.2.5	Natürliche Neutralisation, Belastung und Trophie	362
3.5.2.6	Photoreduktion von Fe(III)	364
3.5.3	Wirkungen der geogenen Versauerung auf Organismen und das Ökosystem	364
3.5.3.1	Besiedlung der stark sauren Bergbaurestseen	365
3.5.3.2	Struktur und Produktivität des Planktonökosystems ...	367
3.5.3.3	Mikrobiologie der geogen sauren Seen	370
3.5.4	Vermeidungsstrategie und Sanierungskonzepte	373
3.5.5	Literatur	377
3.6	Versalzung von Gewässern (V. HERBST)	380
3.6.1	Einleitung	380
3.6.2	Salzkonzentrationen und -einträge in die Umwelt	381
3.6.3	Wirkungen auf Organismen	384
3.6.4	Ökosystemare Signifikanz der Salzbelastung	385
3.6.5	Klassifizierungssystem der Salzbelastung	389
3.6.5.1	Ökosystemzustand bei ~0,2‰ S bis 0,6‰ S (~ 20 bis 200 mg/l Cl ⁻)	390
3.6.5.2	Ökosystemzustand bei 0,6‰ S bis 1‰ S (200 bis 400 mg/l Cl ⁻)	390
3.6.5.3	Ökosystemzustand bei 1‰ S bis 2,5‰ S (400 bis 1250 mg/l Cl ⁻)	390
3.6.5.4	Ökosystemzustand bei 2,5‰ S bis 8‰ S (1250 bis 4400 mg/l Cl ⁻)	391

3.6.5.5	Ökosystemzustand bei maximaler Salinität ($> 8\text{‰ S}$, $> 4400 \text{ mg/l Cl}^-$)	392
3.6.6	Gesetzliche Regelungen und Richtwerte	393
3.6.7	Vermeidungs- und Sanierungsmöglichkeiten	394
3.6.8	Prognostische Bewertung	395
3.6.9	Literatur	396
3.7	Metalle und Metalloide (B. STREIT)	398
3.7.1	Eine heterogene Stoff- und Belastungsform	398
3.7.2	Natürliche und anthropogene Metalleinträge	400
3.7.3	Wirkungen der Metalle und Metalloide	402
3.7.3.1	Eigenschaften und Erscheinungsformen der Metalle im limnischen Ökosystem	402
3.7.3.2	Wirkungen auf Organismen (Aufnahme und Ökotoxikologie)	408
3.7.3.3	Bedeutung und Wechselwirkungen im aquatischen Ökosystem	414
3.7.4	Wasserqualitätskriterien, Grenz- und Richtwerte	418
3.7.5	Vermeidung und Sanierung von Metallbelastungen	421
3.7.6	Prognostische Bewertung	421
3.7.7	Literatur	424
4	Glossar und Abkürzungen	425
	Sachverzeichnis	463