

Robert Guderian Günter Gunkel (Hrsg.)

Handbuch der Umweltveränderungen und Ökotoxikologie

Band 3B: Aquatische Systeme:

Biogene Belastungsfaktoren – Organische Stoffeinträge
– Verhalten von Xenobiotika

Mit 102 Abbildungen und 120 Tabellen



Springer

B28277b

Institut für Angewandte Geowissenschaften
T U Darmstadt

Ständiger Umweltgelehrte

Inhaltsverzeichnis

1	Gewässerbelastungen durch biogene Stoffe und Organismen	1
1.1	Diffuser Eintrag von partikulärem organischem Material (POM) (M. MUTZ)	1
1.1.1	Charakterisierung und Klassifikation von partikulärem organischem Material	1
1.1.2	Herkunft von partikulärem organischem Material	2
1.1.3	Eintrag von partikulärem organischem Material	3
1.1.3.1	Eintrag von Totholz	4
1.1.3.2	Eintrag von Streu	6
1.1.4	Wirkung im Gewässer	9
1.1.4.1	Trophische Wirkung von POM	9
1.1.4.2	Wirkung von Totholz in Gewässern	10
1.1.5	Sanierungsmöglichkeiten und Ausblick	12
1.1.6	Literatur	13
1.2	Eintrag und Umsatz gelöster Kohlenstoffverbindungen (H.-J. LORCH)	15
1.2.1	Zusammensetzung der gelösten organischen Kohlenstoffverbindungen	16
1.2.2	Einfluß von DOC auf die Zusammensetzung, Dichte und Aktivität von Mikroorganismen	19
1.2.3	Herkunft und Konzentration der gelösten organischen Kohlenstoffverbindungen	22
1.2.4	Literatur	26
1.3	Bakteriologisch-hygienische Belastung der Gewässer (H.-J. LORCH)	28
1.3.1	Vorkommen von Krankheitserregern und Indikatorbakterien in Gewässern	29
1.3.2	Indikatorbakterien zum Nachweis einer fäkalen Kontamination	31
1.3.3	Quellen fäkaler Verunreinigungen	33

1.3.4	Gesetzliche Vorgaben	37
1.3.5	Anforderungen an die Wasserqualität aus bakteriologisch-hygienischer Sicht	38
1.3.6	Wasserqualität von Oberflächengewässern	39
1.3.7	Möglichkeiten zur Reduzierung der bakteriologisch-hygienischen Belastung der Oberflächengewässer	43
1.3.8	Literatur	45
1.4	Algenbürtige Schadstoffe – Auftreten, Wirkung und Bedeutung (I. CHORUS)	48
1.4.1	Störende und giftige Inhaltsstoffe aus Algen und Cyanobakterien	50
1.4.1.1	Zyklistische Hepta- und Pentapeptide	53
1.4.1.2	Neurotoxische Alkaloide	54
1.4.1.3	Cylindrospermopsin	55
1.4.1.4	Irritativ entzündlich wirkende Alkaloide	57
1.4.1.5	Lipopolysaccharide	57
1.4.2	Gesundheitsschäden und Viehsterben	57
1.4.3	Vorkommen	59
1.4.4	Vermeidungsstrategien	62
1.4.5	Grenzwerte und Regelungen	63
1.4.5.1	Trinkwasser	63
1.4.5.2	Badegewässer	64
1.4.6	Literatur	68
1.5	Neozoen: Gebietsfremde Tierarten (R. KINZELBACH) ...	72
1.5.1	Bedeutung	72
1.5.2	Typologie	73
1.5.3	Natürliche <i>vs.</i> anthropogene Arealdynamik	74
1.5.4	Anlässe und Durchlässe	76
1.5.5	Status in Europa	77
1.5.6	Erfassung und Erforschung	79
1.5.7	Nutzen von Neozoen	81
1.5.8	Gefahrenpotential der Neozoen	81
1.5.8.1	Ökonomisches Gefahrenpotential	81
1.5.8.2	Medizinisches und tiermedizinisches Gefahrenpotential: Zoonosen und Vektoren	82
1.5.8.3	Psychosoziales Gefahrenpotential	82
1.5.8.4	Gefahr für Genetik und Bestand der Arten der einheimischen Fauna	83
1.5.8.5	Gefahrenpotential der Neozoen: Infraspezifisches Niveau und Paraneozoen	83
1.5.8.6	Gefahr für autochthone (Teil-)Ökosysteme	86

1.5.9	Neozoen und Naturschutz	86
1.5.10	Handlungsbedarf	88
1.5.11	Literatur	89
2	Gewässerbelastungen durch organische Stoffe	93
2.1	Abwassereinträge aus der Siedlungsentwässerung (D. BORCHARDT)	93
2.1.1	Struktur der Siedlungsentwässerung	93
2.1.2	Entwicklung der Gewässerbelastung aus Siedlungsgebieten	94
2.1.3	Stoffeinträge aus der Siedlungsentwässerung	97
2.1.3.1	Kläranlagen	97
2.1.3.2	Niederschlagswassereinleitungen	99
2.1.4	Wirkung auf Gewässerökosysteme	102
2.1.4.1	Kontinuierliche Abwassereinleitungen aus Kläranlagen ..	102
2.1.4.2	Niederschlagswassereinleitungen	105
2.1.5	Wirkung auf Organismen	107
2.1.5.1	Hydraulische Wirkungen	107
2.1.5.2	Stoffliche Wirkungen	108
2.1.6	Bewertung und gesetzliche Regelungen	112
2.1.7	Zukünftige Entwicklung	114
2.1.8	Literatur	115
2.2	Gewässerbelastungen aus dem ländlichen Raum (W. HEGEMANN)	117
2.2.1	Diffuse Quellen	117
2.2.2	Punktquellen	119
2.2.2.1	Struktur der Siedlungsentwässerung	119
2.2.2.2	Stoffeinträge aus Kläranlagen	120
2.2.3	Ausblick	127
2.2.4	Literatur	128
2.3	Gewässerbelastungen durch waschaktive Substanzen (J. STEBER)	129
2.3.1	Einleitung	129
2.3.2	Chemische Struktur, Verbrauch und Gewässerrelevanz der Tenside	130
2.3.2.1	Tensidklassen und Verbrauchsmengen	130
2.3.2.2	Tensidkonzentrationen in Abwasser und Gewässern	132
2.3.3	Aquatische Toxizität von Tensiden	133
2.3.3.1	Ökotoxikologische Daten von Tensiden	135
2.3.3.2	Bioakkumulationsverhalten	136

2.3.4	Vermeidungsstrategie für Gewässerbelastungen durch Tenside: die biologische Abbaubarkeit	137
2.3.4.1	Abbaubegriffe und Testmethoden	138
2.3.4.2	Abbaudaten wichtiger Tenside	141
2.3.5	Risikobewertung von Tensiden in Gewässern	143
2.3.6	Literatur	144
2.4	Gewässerbelastungen durch synthetische Moschusverbindungen (H.-D. ESCHKE)	145
2.4.1	Bedeutung von synthetischen Moschusverbindungen	145
2.4.2	Nitromoschusverbindungen und polycyclische Moschusverbindungen	146
2.4.3	Analytik synthetischer Moschusverbindungen	149
2.4.4	Einträge in die Umwelt	150
2.4.4.1	Herkunft und Verwendung synthetischer Moschusverbindungen	150
2.4.4.2	Synthetische Moschusverbindungen in Gewässern	152
2.4.5	Wirkung auf aquatische Organismen	153
2.4.6	Prognostische Bewertung der Moschusverbindungen	155
2.4.7	Literatur	156
2.5	Gewässerbelastungen durch Mineralöle (M. WUNDERLICH)	157
2.5.1	Eigenschaften und Stoffdaten der Mineralöle	161
2.5.2	Eintrag von Öl in die Gewässer	161
2.5.3	Auswirkungen	165
2.5.4	Gegenmaßnahmen	169
2.5.5	Ausblick	171
2.5.6	Literatur	172
2.6	Gewässerbelastung durch organische Halogenverbindungen (J. OLESKY-FRENZEL)	173
2.6.1	Definition und Bestimmung der Gruppenparameter	173
2.6.1.1	AOX-Parameter	173
2.6.1.2	Halogenspezifische AOF-, AOCl-, AOBr- und AOI-Bestimmung	174
2.6.2	Einträge in die Umwelt	175
2.6.2.1	Herkunft des AOX	175
2.6.2.2	Herkunft des AOF und AOI	177
2.6.2.3	AOX in Gewässern	178
2.6.3	Wirkung auf Organismen und auf Ökosysteme	180
2.6.4	Formen der AOX-Minderung und Sanierungsmöglichkeiten	181

2.6.5	Prognostische Bewertung der organischen Halogenverbindungen	182
2.6.6	Literatur	183
2.7	Huminstoffe: Abiotische Stoffwechsel-Regulatoren in limnischen Systemen	
	(C. E. W. STEINBERG, A. SACHSE und M. WELKER)	184
2.7.1	Einleitung	184
2.7.2	Rolle der Huminstoffe bei der Langzeitentwicklung eines Weichwassersees	186
2.7.3	DOC-Fingerprinting: Charakterisierung des Stoffwechsels vom Einzugsgebiet und Gewässer	189
2.7.4	Huminstoffe als Informationsträger	191
2.7.5	Veränderung der Biokonzentration von Xenobiotika in Anwesenheit von Huminstoffen	194
2.7.6	Veränderung toxischer Eigenschaften von Xenobiotika in Anwesenheit von Huminstoffen	194
2.7.7	Huminstoffe als Initiatoren/Katalysatoren von Abbauprozessen im Gewässer	196
2.7.8	Huminstoffe als Vorläufer von karzinogenen Wasserinhaltsstoffen und als (Ko)-Faktor von Krankheiten	198
2.7.8.1	THM-(Trihalogenmethan)-Problematik	199
2.7.8.2	MX-(Methylhalogen)-Problematik	200
2.7.8.3	„Schwarzfuß“-Krankheit und andere Krankheiten, die mit Huminstoffen in Verbindung gebracht werden ..	201
2.7.9	Zusammenfassende Schlußfolgerungen	201
2.7.10	Literatur	202
2.8	Gewässerbelastungen durch leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe, LCKW	
	(A. KETTRUP und E. HEINISCH)	205
2.8.1	Einleitung	205
2.8.2	Physikalisch-chemische Eigenschaften der LCKW	205
2.8.3	Ökotoxikologische Eigenschaften der LCKW	208
2.8.4	Vorkommen der LCKW	210
2.8.4	Literatur	219
2.9	Gewässerbelastungen durch schwerflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe (A. KETTRUP und E. HEINISCH)	220
2.9.1	Einträge und Wirkungen der schwerflüchtigen chlorierten Kohlenwasserstoffe	220
2.9.2	DDT und seine stabilen Metabolite	221
2.9.2.1	Stoffdaten des DDT	221

2.9.2.2	DDT-Rückstände im Wasser	224
2.9.2.3	DDT-Rückstände in Sedimenten	227
2.9.2.4	DDT-Rückstände in Schwebstoffen	227
2.9.2.5	DDT-Rückstände in Fischen	230
2.9.3	Isomere des Hexachlorcyclohexans (HCH)	233
2.9.3.1	Stoffeigenschaften	233
2.9.3.2	HCH-Rückstände im Wasser	234
2.9.3.3	HCH-Rückstände in Schwebstoffen	234
2.9.3.4	HCH-Rückstände in Fischen	235
2.9.4	Polychlorierte Biphenyle (PCB)	236
2.9.4.1	Stoffeigenschaften	236
2.9.4.2	PCB-Rückstände im Wasser	237
2.9.4.3	PCB-Rückstände in Schwebstoffen und Sedimenten	239
2.9.4.4	PCB-Rückstände in Fischen	239
2.9.5	Weitere SCKW	241
2.9.5.1	Cyclodien-Insektizide	241
2.9.5.2	Polychlorbenzole	241
2.9.6	Literatur	245
2.10	Gewässerbelastungen durch polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe, PAK (A. KETTRUP und E. HEINISCH)	246
2.10.1	Eigenschaften der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK)	246
2.10.2	Quellen der PAK	246
2.10.3	Konzentrationen der PAK in Gewässern	249
2.10.4	Literatur	257
2.11	Gewässerbelastungen durch Arzneimittel (K. HABERER und T. A. TERNES)	258
2.11.1	Einleitung	258
2.11.2	Belastung deutscher Fließgewässer	259
2.11.2.1	Pharmaka	259
2.11.2.2	Antiseptika	262
2.11.3	Belastung kommunaler Kläranlagen	262
2.11.3.1	Pharmaka	262
2.11.3.2	Antiseptika	264
2.11.4	Verbreitung und Bedeutung einzelner pharmazeutischer Indikationsgruppen	265
2.11.4.1	Antiphlogistika	265
2.11.4.2	Lipidsenker	265
2.11.4.3	Antiepileptika	266
2.11.4.4	Zytostatika	266
2.11.4.5	Antibiotika	267

2.11.4.6	Betablocker	268
2.11.4.7	Bronchospasmolytika	268
2.11.5	Ökotoxikologische Bewertung	268
2.11.6	Zusammenfassende Betrachtung	269
2.11.7	Literatur	270
3	Komplexe Wirkungen von Xenobiotika in Gewässern	273
3.1	Toxische Wirkung auf aquatische Organismen (G. GUNKEL)	273
3.1.1	Parameter zur Bewertung der toxischen Wirkung	273
3.1.2	Einfluß abiotischer und biotischer Parameter auf die toxische Wirkung	276
3.1.2.1	Art der Testorganismen	276
3.1.2.2	Verschiedene Entwicklungsstadien einer Art	277
3.1.2.3	Physiologischer Zustand	278
3.1.2.4	Temperatur	278
3.1.2.5	Wasserchemische Parameter	279
3.1.2.6	Konzentration und Bioverfügbarkeit eines Toxins	280
3.1.3	Toxische Effekte auf aquatische Organismen	282
3.1.4	Toxisch relevante Konzentrationen	284
3.1.5	Güteanforderungen und Schutzgüter	286
3.1.6	Literatur	292
3.2	Bioakkumulation von Xenobiotika in limnischen Systemen (G. GUNKEL)	294
3.2.1	Anreicherung von Xenobiotika in Organismen	294
3.2.2	Anreicherungsfaktor	296
3.2.3	Bioakkumulation lipphiler Verbindungen	297
3.2.3.1	Kinetik der Bioakkumulation	297
3.2.3.2	Kompartimentmodell der Bioakkumulation	299
3.2.3.3	Verteilungskoeffizient n-Oktanol/Wasser	300
3.2.3.4	Bioakkumulation stark lipphiler Verbindungen	303
3.2.4	Bioakkumulation von ionischen Verbindungen	304
3.2.5	Literatur	307
3.3	Geoakkumulation (G. MÜLLER)	309
3.3.1	Definition	309
3.3.2	Stoffgruppen	312
3.3.3	Auswirkungen geoakkumulierter Schadstoffe auf die Hydro- und Biosphäre	314
3.3.4	Der Geoakkumulationsindex (I_{geo})	315

3.3.5	Die Schwermetallentwicklung in den Sedimenten der Elbe	320
3.3.6	Literatur	321
3.4	Ökotoxische Wirkung (G. GUNKEL)	322
3.4.1	Verhaltensänderungen	323
3.4.2	Störungen der Reproduktion	324
3.4.3	Störungen der Verbreitung von Pflanzen und Tieren	327
3.4.3.1	Störungen der Verbreitung von Pflanzen	327
3.4.3.2	Störungen der Verbreitung von Tieren	331
3.4.4	Monitoring	336
3.4.5	Literatur	339
3.5	Genotoxische Wirkung (J. WESTENDORF)	342
3.5.1	Einteilung genotoxischer Effekte	342
3.5.1.1	Genmutationen	343
3.5.1.2	Chromosomenmutationen	344
3.5.1.3	Genommutationen	344
3.5.2	Konsequenzen genotoxischer Einwirkungen	344
3.5.2.1	Einzellige Organismen	344
3.5.2.2	Mehrzellige Organismen	345
3.5.3	Genotoxische Substanzen in der Umwelt und ihre Quellen	346
3.5.4	Nachweismethoden für genotoxische Substanzen	348
3.5.4.1	In-Vitro-Verfahren (bakterielle Methoden)	348
3.5.4.2	In-Vivo-Verfahren	350
3.5.5	Literatur	351
3.6	Stoffe mit hormonartiger Wirkung (K. FENT)	351
3.6.1	Einleitung	351
3.6.2	Stoffe und Konzentrationen in der Umwelt	353
3.6.2.1	Natürliche und synthetische Östrogene	355
3.6.2.2	Alkylphenole	358
3.6.3	Wirkungsmechanismen	359
3.6.4	Wirkungen auf Organismen	364
3.6.4.1	Organochlorpestizide: DDT	364
3.6.4.2	Polychlorierte Biphenyle (PCB)	365
3.6.4.3	Alkylphenole	366
3.6.4.4	Phthalate und Bisphenol A	371
3.6.4.5	Vermännlichung von Wasserschnecken durch Tributylzinn	372
3.6.5	Zusammenfassende Bewertung	374
3.6.6	Literatur	375

3.7	Wirkung sedimentgebundener Xenobiotika (W. AHLF)	377
3.7.1	Expositionspfade	378
3.7.2	Nachweis der Wirkung gebundener Xenobiotika am Beispiel der Elbe-Sedimente	381
3.7.2.1	Toxizität des Porenwassers	383
3.7.2.1	Toxizität der Sedimente	384
3.7.3	Schlußfolgerungen	386
3.7.4	Literatur	386
4	Stofftransfer in Gewässern	389
4.1	Stoffausträge aus dem Einzugsgebiet (H.-G. FREDE und M. BACH)	389
4.1.1	Diffuse Eintragsquellen in Gewässer	389
4.1.2	Ermittlung der diffusen Nährstoffeinträge	391
4.1.3	Problematik der Berechnung von Nährstofffrachten	392
4.1.4	Bodenerosion	396
4.1.5	Maßnahmen zur Reduzierung diffuser Einträge	398
4.1.6	Literatur	399
4.2	Gewässerbelastung durch Pflanzenschutzmittel (K. HABERER und T. P. KNEPPER)	400
4.2.1	Einleitung	400
4.2.2	Einträge von PSM in die Gewässer	401
4.2.3	Verbreitung und Konzentrationen von PSM in Gewässer	403
4.2.3.1	PSM in Kläranlagenwässer	403
4.2.3.2	PSM in Oberflächengewässer	406
4.2.3.3	Gewässerbelastungen nach Störfällen	412
4.2.3.4	PSM in Grundwässer	414
4.2.4	Vermeidungsstrategien	416
4.2.5	Prognostische Bewertung der Belastungskomponenten	417
4.2.6	Literatur	417
4.3	Stofftransport in Fließgewässern (W. SCHÖNBORN)	419
4.3.1	Stofftransport in den Grenzschichten der Habitatoberflächen bis in den Makrobereich (prädatorischer Transport)	419
4.3.2	Vertikaler Transport	420
4.3.3	Lateraler Transport	422
4.3.4	Horizontaler Transport	423
4.3.4.1	Geschiebetransport	423
4.3.4.2	Transport in der fließenden Welle	424
4.3.5	Literatur	429

4.4	Transferprozesse durch Sedimentresuspension	
	(U. FÖRSTNER)	432
4.4.1	Einleitung	432
4.4.2	Interdisziplinäre Forschung über Transferprozesse bei Sedimentumlagerungen	432
4.4.3	Steuerprozesse und kapazitative Eigenschaften beim Schadstofftransfer	434
4.4.4	Beispiele für Freisetzung- und Transferprozesse bei Schwermetallen	438
4.4.4.1	Untersuchungen an Porenwässern	438
4.4.4.2	Simultane Freisetzung- und Festlegungsprozesse	439
4.4.4.3	Verdrängungsmechanismen bei der Metallsorption	440
4.4.4.4	Transfer von Spurenelementen in Tidegewässern	441
4.4.5	Methodische Ansätze zur Bewertung und Prognose von Transferprozessen	443
4.4.5.1	Verknüpfung von hydromechanischen und geochemischen Daten	444
4.4.5.2	Langzeitprognosen zum Schadstofftransfer bei Sedimentresuspension	445
4.4.5.3	Umgang mit Baggergut	446
4.4.6	Literatur	448
4.5	Ausbreitung von Pflanzenschutzmitteln im Grundwasser	
	(G. MATTHESS)	450
4.5.1	Einleitung	450
4.5.2	Transportprozesse	450
4.5.2.1	Hydrologische Bedingungen	451
4.5.2.2	Löslichkeit organischer Stoffe	453
4.5.2.3	Komplexbildung	454
4.5.2.4	Sorption und Desorption	455
4.5.2.5	Abiotischer und biotischer Abbau	460
4.5.2.6	Advektion bzw. Konvektion und Dispersion	463
4.5.2.7	Volatilisierung und Gasaustausch	466
4.5.3	Folgerungen	467
4.5.4	Literatur	468
5	Glossar und Abkürzungen	471
Sachverzeichnis	505