

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b> . . . . .	7
<b>1. Grundlagen der Bioindikation in aquatischen Systemen (GUNKEL)</b> . . . . .	15
1.1. <i>Manifestation der toxischen Wirkung</i> . . . . .	17
1.1.1. <i>Toxische Wirkung</i> . . . . .	19
1.1.2. <i>Ökotoxische Wirkung</i> . . . . .	21
1.2. <i>Stressoren in aquatischen Ökosystemen</i> . . . . .	25
1.2.1. <i>Toxische Stoffe als Stressoren in aquatischen Ökosystemen</i> . . . . .	27
1.2.2. <i>Eintrag von Nährstoffen und organischen Stoffen als Stressoren in aquatischen Ökosystemen</i> . . . . .	32
1.2.3. <i>Gewässerausbau als Stressor in aquatischen Ökosystemen</i> . . . . .	34
1.2.4. <i>Gewässernutzungen als Stressoren in aquatischen Ökosystemen</i> . . . . .	38
1.2.5. <i>Natürliche Stressoren in aquatischen Ökosystemen</i> . . . . .	44
1.3. <i>Grundlagen toxikologischer Bewertungsverfahren</i> . . . . .	45
1.3.1. <i>Akute und chronische toxische Wirkung</i> . . . . .	45
1.3.1.1. <i>Statistische Bewertung toxikologischer Experimente</i> . . . . .	46
1.3.1.2. <i>Klassifizierung toxikologischer Testverfahren</i> . . . . .	48
1.3.1.3. <i>Durchführung toxikologischer Experimente</i> . . . . .	50
1.3.2. <i>Genotoxische Wirkung</i> . . . . .	52
1.4. <i>Grundlagen ökotoxikologischer Bewertungsverfahren</i> . . . . .	54
1.5. <i>Bedeutung abiotischer und biotischer Parameter für die toxische Wirkung</i> . . . . .	60
1.5.1. <i>Art der Testorganismen</i> . . . . .	60
1.5.2. <i>Mischpopulationen als Testorganismen</i> . . . . .	64
1.5.3. <i>Entwicklungsstadium und Größe der Testorganismen</i> . . . . .	65
1.5.4. <i>Physiologischer Zustand der Organismen</i> . . . . .	66
1.5.5. <i>Wachstum und Biomasse der Testorganismen</i> . . . . .	68
1.5.6. <i>Konzentration des Schadstoffs</i> . . . . .	69
1.5.7. <i>pH</i> . . . . .	71
1.5.8. <i>Temperatur</i> . . . . .	73
1.5.9. <i>Wasserchemische Parameter</i> . . . . .	73
1.5.10. <i>Bioverfügbarkeit der Schadstoffe</i> . . . . .	74
1.6. <i>Synergismus</i> . . . . .	76
1.7. <i>Bewertung der Abbaubarkeit</i> . . . . .	79

<b>2.</b>	<b>Wirkungen von anthropogen ausgebrachten Stoffen und von Änderungen chemisch-physikalischer Parameter (GUNKEL)</b>	<b>84</b>
2.1.	Physiologisch-biochemische Wirkungen auf Organismen	86
2.1.1.	Physiologisch-biochemische Wirkungen auf Bakterien und pflanzliche Organismen	86
2.1.1.1.	Biolumineszenz	86
2.1.1.2.	Beeinträchtigungen der Photosynthese	87
2.1.1.3.	Algenfluoreszenz	89
2.1.1.4.	Beeinträchtigungen von Stoffwechselleistungen	89
2.1.2.	Physiologisch-biochemische Wirkungen auf tierische Organismen	91
2.1.2.1.	Beeinträchtigungen von Stoffwechselleistungen	91
2.1.2.2.	Elektro- und kardiophysiologische Wirkungen	92
2.1.2.3.	Wirkungen auf die Immunreaktion	93
2.1.2.4.	Wirkungen auf den Energiestoffwechsel	93
2.1.2.5.	Wirkungen auf die Reproduktionsleistungen	95
2.2.	Morphologische Strukturänderungen von Organismen	98
2.2.1.	Morphologisch-histologische Strukturveränderungen von pflanzlichen Organismen	98
2.2.2.	Morphologisch-histologische Strukturveränderungen von tierischen Organismen	102
2.3.	Verhaltensänderungen von tierischen Organismen	103
2.4.	Chorologische und populationsdynamische Effekte von Xenobiotika auf aquatische Organismen	106
2.4.1.	Chorologische Effekte von Xenobiotika auf pflanzliche Organismen	107
2.4.1.1.	Verfahren zur Erfassung chorologischer Effekte	108
2.4.1.2.	Einflüsse auf die Chorologie pflanzlicher Biozöten	111
2.4.2.	Chorologische Effekte von Xenobiotika auf tierische Organismen	119
2.4.2.1.	Verfahren zur Erfassung chorologischer Effekte	119
2.4.2.2.	Einflüsse auf die Chorologie tierischer Biozöten	122
2.5.	Bioakkumulation	132
2.5.1.	Definition des Anreicherungs-faktors	133
2.5.2.	Modelle der Bioakkumulation	135
2.5.2.1.	Nahrungskettenhypothese	135
2.5.2.2.	Verteilungskoeffizient n-Oktanol/Wasser	136
2.5.2.3.	Verteilungshypothese lipophiler Xenobiotika	138
2.5.2.4.	Kinetische Nahrungskettenmodelle	143
2.5.3.	Bioakkumulation von ionischen Verbindungen	146
2.6.	Struktur-Wirkungsbeziehungen (QSAR)	150
<b>3.</b>	<b>Bioindikation in aquatischen Systemen</b>	<b>152</b>
3.1.	Bioindikation in limnischen Systemen	152
3.1.1.	Wirkung anthropogener Stressoren auf photoautotrophe Organismen und Produktion (HUBER, MELZER & RAEDER)	152
3.1.1.1.	Wirkung von Nährstoffen auf photoautotrophe Organismen und Produktion	153
3.1.1.2.	Wirkung von Pestiziden auf photoautotrophe Organismen und Produktion	163
3.1.2.	Wirkung anthropogener Stressoren auf die Bakterienflora (LORCH)	167

3.1.2.1.	Einfluß von Gewässerbelastungen auf die Bakteriendichte und -aktivität . . . . .	168
3.1.2.2.	Auswirkungen der Gewässerbelastung auf die Zusammensetzung der Bakterienflora . . . . .	173
3.1.2.3.	Fäkalbakterien als Indikatoren der Wasserbeschaffenheit . . . . .	175
3.1.3.	Wirkung anthropogener Stressoren auf die Trophie und Saprobie (LORCH) . . . . .	177
3.1.4.	Wirkung toxischer Verbindungen auf die Sekundärproduktion (GUNKEL) . . . . .	183
3.1.5.	Wirkung toxischer Verbindungen auf aquatische Organismen (GUNKEL) . . . . .	187
3.1.5.1.	Toxisch relevante Konzentrationen . . . . .	187
3.1.5.2.	Adaptationen . . . . .	194
3.1.5.3.	Bedeutung ökosystemaler Parameter für die toxische Wirkung . . . . .	196
3.1.6.	Anreicherung von Xenobiotika in limnischen Systemen (GUNKEL) . . . . .	198
3.1.6.1.	Bioakkumulationsprozesse von Xenobiotika in limnischen Systemen . . . . .	199
3.1.6.2.	Anreicherung von Xenobiotika in limnischen Systemen . . . . .	204
3.1.6.3.	Bilanzierung von Xenobiotika in limnischen Systemen . . . . .	216
3.1.6.4.	Bewertung der Rückstände von Xenobiotika in limnischen Systemen . . . . .	218
3.2.	Ökologisches Wirkungskataster Baden-Württemberg (GEBHARDT) . . . . .	220
3.2.1.	Bioindikation des Säurezustandes von Fließgewässern . . . . .	222
3.2.2.	Fische als Reaktions- und Akkumulationsindikatoren . . . . .	225
3.2.2.1.	Die Bachforelle als Akkumulationsindikator . . . . .	226
3.2.2.2.	Bachforellenpopulationen als Reaktionsindikator . . . . .	227
3.2.3.	Regionale Verteilungsmuster der Gewässerversauerung in Baden-Württemberg . . . . .	231
3.3.	Bioindikation im Rhein (FRIEDRICH) . . . . .	233
3.3.1.	Makrozoobenthon . . . . .	234
3.3.2.	Plankton und Planktonaktivität . . . . .	239
3.3.3.	Automatische Biomonitore . . . . .	241
3.3.4.	Bioindikatoren im Aktionsprogramm Rhein – „Lachs 2000“ . . . . .	244
3.4.	Seenkataster Schleswig-Holstein (GUNKEL, PAETZOLDT & WESSELER) . . . . .	246
3.4.1.	Konzeption des Überwachungsprogrammes „Wasserbeschaffenheit von Standgewässern“ in Schleswig-Holstein . . . . .	247
3.4.2.	Ausgewählte Ergebnisse des Überwachungsprogrammes „Wasserbeschaffenheit von Standgewässern“ in Schleswig-Holstein . . . . .	249
3.4.3.	Umsetzung des Seen-Überwachungsprogrammes – Bewertung und Schutz der Seen Schleswig-Holsteins . . . . .	254
3.5.	Bioindikation im Grundwasser (GLATZEL) . . . . .	255
3.5.1.	Vorkommen und Verbreitung der Grundwasserfauna . . . . .	255
3.5.2.	Gefährdungspotential durch Umweltchemikalien und die Wirkung von anthropogenen Stressoren auf die Grundwasserfauna . . . . .	258
3.5.3.	Bedeutung des Grundwassermonitorings . . . . .	260
3.6.	Bioindikation in küstennahen Gewässern . . . . .	262
3.6.1.	Regionale Besonderheiten der küstennahen Gewässer (KARBE) . . . . .	262
3.6.1.1.	Regionale Besonderheiten der Flußmündungsbereiche (KARBE) . . . . .	263
3.6.1.2.	Regionale Besonderheiten der Deutschen Bucht (KARBE) . . . . .	266
3.6.1.3.	Regionale Besonderheiten der Ostseeküstengewässer (SCHIEWER) . . . . .	268
3.6.2.	Nährstoffbelastung der küstennahen Gewässer . . . . .	273
3.6.2.1.	Nährstoffbelastung der Ostsee (SCHIEWER) . . . . .	273

3.6.2.2.	Nährstoffbelastung der Küstengewässer der Ostsee (SCHIEWER) . . . . .	275
3.6.2.3.	Nährstoffbelastung der Küstengewässer der Nordsee (KARBE) . . . . .	276
3.6.3.	Wirkungen von Stressoren auf die Organismen (KARBE) . . . . .	277
3.6.3.1.	Wirkungen von Stressoren auf pflanzliche Organismen (SCHIEWER) . . . . .	279
3.6.3.2.	Wirkungen von Stressoren auf tierische Organismen (KARBE) . . . . .	286
3.6.4.	Bestandssituation in den küstennahen Gewässern (KARBE) . . . . .	291
3.6.4.1.	Bestandssituation der Ostsee (SCHIEWER) . . . . .	292
3.6.4.2.	Bestandssituation der Nordsee (KARBE) . . . . .	300
3.6.5.	Möglichkeiten eines biologischen Monitorings in den küstennahen Gewässern . . . . .	314
3.6.5.1.	Grundlagen des biologischen Monitorings in den küstennahen Gewässern der Ostsee (SCHIEWER) . . . . .	314
3.6.5.2.	Biologische Monitoring-Programme in den Nordsee-Küstengewässern (KARBE) . . . . .	317
<b>4.</b>	<b>Grundlagen der Verfahren zur Bioindikation . . . . .</b>	<b>323</b>
4.1.	Untersuchungen unter Laborbedingungen . . . . .	323
4.1.1.	Untersuchungen zur akuten Toxizität (GUNKEL) . . . . .	323
4.1.1.1.	Bakterientestverfahren . . . . .	324
4.1.1.2.	Algentestverfahren . . . . .	327
4.1.1.3.	Daphnientestverfahren . . . . .	330
4.1.1.4.	Fischtestverfahren . . . . .	332
4.1.1.5.	Testverfahren mit weiteren Organismen . . . . .	334
4.1.2.	Untersuchungen zur subakuten und chronischen Toxizität (GUNKEL) . . . . .	336
4.1.2.1.	Erfassung der subakuten toxischen Wirkung . . . . .	336
4.1.2.2.	Erfassung der genotoxischen Wirkung . . . . .	339
4.1.3.	Whole life cycle Testverfahren (GUNKEL) . . . . .	342
4.1.4.	Biozönotische Testverfahren (GUNKEL) . . . . .	344
4.1.4.1.	Bestimmung der Toxizität . . . . .	345
4.1.4.2.	Bestimmung des Biochemischen Sauerstoffbedarfs (BSB) . . . . .	346
4.1.4.3.	Bestimmung der Biologischen Abbaubarkeit . . . . .	348
4.1.4.4.	Bestimmung des Sauerstoffhaushaltes eines Gewässers . . . . .	352
4.1.5.	On line Verfahren (GUNKEL) . . . . .	356
4.1.6.	Labornahrungsketten (GUNKEL) . . . . .	365
4.1.7.	Untersuchungen an Mikrokosmossystemen (GUNKEL) . . . . .	367
4.1.7.1.	Erfassung der toxischen Wirkung . . . . .	368
4.1.7.2.	Erfassung ökosystemaler Prozesse . . . . .	371
4.1.7.3.	Erfassung des Abbauverhaltens . . . . .	372
4.1.8.	Enzymatische Untersuchungsverfahren (OBST) . . . . .	373
4.1.8.1.	Prinzip enzymatischer Reaktionen . . . . .	373
4.1.8.2.	Nachweisverfahren . . . . .	375
4.1.8.3.	Enzymaktivitätstests in vivo . . . . .	376
4.1.8.4.	Enzymhemmtests in vitro . . . . .	378
4.1.9.	Biosensoren (NEUMANN, SCHELLER & BIER) . . . . .	380
4.1.9.1.	Enzymatische Sensoren . . . . .	382
4.1.9.2.	Mikrobielle Sensoren . . . . .	383

4.1.9.3.	Immunosensoren . . . . .	386
4.2.	In place Untersuchungen . . . . .	387
4.2.1.	Modellökosysteme (GUNKEL) . . . . .	388
4.2.1.1	Kleinteiche . . . . .	389
4.2.1.2.	Enclosures . . . . .	392
4.2.1.3.	Planktontürme . . . . .	395
4.2.1.4.	Fließrinnen . . . . .	395
4.2.2.	Experimentiergewässer (GUNKEL) . . . . .	398
4.2.3.	Bioindikatoren (GUNKEL) . . . . .	401
4.2.3.1.	Passives Monitoring . . . . .	403
4.2.3.2.	Aktives Monitoring . . . . .	409
4.3.	Gewässergüte (GUNKEL) . . . . .	410
4.3.1.	Bestimmung des Saprobienindex . . . . .	410
4.3.2.	Bestimmung des Artenfehlbetrages . . . . .	420
<b>5.</b>	<b>Umweltprobenbanken als Instrumente zur umweltchemischen Beweissicherung und retrospektiven Bioindikation (PAULUS &amp; KLEIN) . . . . .</b>	<b>421</b>
5.1.	Das Umweltprobenbank-Programm des Bundes . . . . .	422
5.1.1.	Aufgaben und Zielsetzung . . . . .	422
5.1.2.	Organisationsstruktur . . . . .	422
5.1.3.	Probenahmegebiete . . . . .	424
5.1.4.	Probenarten . . . . .	426
5.1.5.	Probenahmeplan . . . . .	429
5.1.6.	Richtlinien . . . . .	431
5.1.6.1.	Probenahme . . . . .	431
5.1.6.2.	Probencharakterisierung . . . . .	432
5.1.6.3.	Probenlagerung . . . . .	433
5.1.7.	Probenbestand . . . . .	433
5.1.8.	Informationssystem . . . . .	434
5.1.9.	Ergebnisse aus aquatischen Ökosystemen . . . . .	436
5.2.	Einsatzmöglichkeiten regionaler Umweltprobenbanken . . . . .	437
<b>6.</b>	<b>Gesetzliche Grundlagen des Schutzes aquatischer Systeme (PEINE) . . . . .</b>	<b>440</b>
6.1.	Die Gesetzeslage . . . . .	440
6.1.1.	Internationale Abkommen . . . . .	442
6.1.2.	EG-Richtlinien . . . . .	443
6.1.3.	Bundesrecht . . . . .	444
6.1.4.	Landesgesetze . . . . .	444
6.1.5.	Rechtsverordnungen . . . . .	444
6.1.6.	Verwaltungsvorschriften . . . . .	445
6.2.	Das materielle Wasserrecht . . . . .	445
6.2.1.	Inhalt des Wasserhaushaltsgesetzes . . . . .	445
6.2.1.1.	Benutzungsordnung . . . . .	446
6.2.1.2.	Abwassereinleitung . . . . .	447
6.2.1.3.	Wasserwirtschaftliche Rahmenpläne . . . . .	450
6.2.1.4.	Bewirtschaftungspläne . . . . .	450

6.2.1.5.	Reinhalteordnung . . . . .	451
6.2.1.6.	Wasserschutzgebiete . . . . .	451
6.2.1.7.	Spezielles Wasserschutzrecht . . . . .	452
6.2.2.	Der Inhalt der einschlägigen EG-Richtlinien . . . . .	453
6.2.2.1.	Emissionsrichtlinien . . . . .	453
6.2.2.2.	Gewässerbezogene Qualitätsrichtlinien . . . . .	454
6.2.2.3.	Grundwasserrichtlinie . . . . .	455
6.2.2.4.	Trinkwasserrichtlinie . . . . .	455
6.2.2.5.	Weitere Richtlinien . . . . .	455
6.2.3.	Die Transformation des Europarechts in nationales Recht und ihre Mängel . . . . .	456
6.3.	Weiteres Gewässerschutzrecht . . . . .	457
6.4.	Die Überwachung des Wasserrechts . . . . .	458
7.	<b>Literatur</b> . . . . .	460
8.	<b>Register</b> . . . . .	518
8.1.	Verzeichnis der Pflanzen- und Tiernamen . . . . .	518
8.2.	Sachverzeichnis . . . . .	530