

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>1</b>
1.1	Belastung der Umwelt, Klimaerwärmung und Artenverlust	1
1.2	Chemikalien in der Umwelt	5
1.2.1	Belastung von Wasser, Boden und Luft	6
1.2.2	Phosphor und Stickstoff: Vom Nährstoff zum Schadstoff	8
1.2.3	Polychlorierte Biphenyle (PCB)	12
1.2.4	Polychlorierte Dibenzo-1,4-dioxine und Dibenzofurane (PCDD und PCDF)	14
1.3	Ökotoxikologie als Umweltwissenschaft	18
1.3.1	Definition der Ökotoxikologie	18
1.4	Literatur	26
1.4.1	Internetadressen	27
<b>2</b>	<b>Umweltchemische Aspekte der Ökotoxikologie</b>	<b>28</b>
2.1	Chemische Umweltanalytik und Untersuchungskonzepte	28
2.2	Verhalten und Schicksal von Chemikalien in der Umwelt	33
2.2.1	Umweltchemische Prozesse	33
2.2.2	Transportprozesse	36
2.2.3	Transferprozesse	39
2.2.4	Transformationsprozesse	44
2.3	Verhalten von Chemikalien in der Abwasserreinigung	48
2.3.1	Chemikalien im Klärschlamm	50
2.3.2	Pharmazeutika in der Umwelt	51
2.4	Umweltchemikalien und Exposition	54
2.4.1	Erdöl und Tankerunfälle	54
2.4.2	Organozinn-Verbindungen	58
2.4.3	Metalle	60
2.4.4	Neue Stoffe	65
2.5	Literatur	67
2.5.1	Internetadressen	69
<b>3</b>	<b>Allgemeine Prinzipien der Ökotoxikologie</b>	<b>70</b>
3.1	Toxizität	70
3.1.1	Wirkungsarten	71
3.1.2	Wirkungen auf verschiedenen biologischen Ebenen	72
3.1.3	Dosis-Wirkungs-Beziehungen	73
3.2	Rezeptortheorie	77
3.3	Akute Wirkungen	81
3.3.1	Aussagekraft von LC <sub>50</sub> -Werten	81
3.3.2	Unfälle mit Chemikalien in Gewässern	83
3.4	Speziesunterschiede	90
3.5	Chronische Toxizität	92
3.6	Übertragung auf das Ökosystem	95
3.7	Literatur	97
3.7.1	Internetadressen	99

<b>4</b>	<b>Ökotoxikologische Untersuchungsmethoden und Testsysteme</b>	<b>100</b>		
4.1	<b>Allgemeine Prinzipien und Konzepte</b>	100	4.3	<b>Toxizitätstests für terrestrische Ökosysteme</b> 121
4.1.1	Untersuchungssysteme	103	4.3.1	Mikrobielle Tests 123
4.1.2	Standardisierung	104	4.3.2	Höhere Pflanzen 124
4.2	<b>Toxizitätstests für aquatische Ökosysteme</b>	106	4.3.3	Regen- oder Dungwürmer 124
4.2.1	Bakterien	107	4.3.4	Vögel 125
4.2.2	Algen: Hemmung der Zellvermehrung und Photosynthese	108	4.4	<b>Ökotoxikologische Bewertung von Umweltsystemen: Sedimente</b>
4.2.3	Krebstiere (Crustacea)	108		125
4.2.4	Wimpertierchen (Ciliaten) und Rädertierchen (Rotatorien)	111	4.5	<b>Chemikalienmischungen</b>
4.2.5	Fische	111		127
			4.6	<b>Grenzen der Aussagekraft von Toxizitätstests</b>
				129
			4.7	<b>Literatur</b>
			4.7.1	Internetadressen 131
<b>5</b>	<b>Bioverfügbarkeit und Faktoren, welche die Ökotoxizität beeinflussen</b>	<b>132</b>		
5.1	<b>Ökotoxikologische und toxikologische Bioverfügbarkeit</b>	132	5.3	<b>Bioverfügbarkeit in Umweltsystemen</b>
5.2	<b>Ökotoxikologische Bioverfügbarkeit und Einflussfaktoren in aquatischen Systemen</b>	133		144
5.2.1	Bedeutung des pH-Wertes: Ammoniak, Ammonium, Cyanid und Schwefelwasserstoff	133	5.3.1	Sediment 144
5.2.2	Metalle	135	5.3.2	Boden 144
5.2.3	Organische und Organometall-Verbindungen	143	5.4	<b>Einfluss von Umweltfaktoren: Temperatur, Salinität und UV-Strahlung</b>
				147
			5.5	<b>Biologische Einflussgrößen</b>
			5.5.1	Anpassung (Adaptation) an Umweltchemikalien 149
			5.6	<b>Literatur</b>
				155
<b>6</b>	<b>Schicksal von Umweltchemikalien im Organismus</b>	<b>158</b>		
6.1	<b>Aufnahme</b>	158	6.3	<b>Stoffwechsel von Umweltchemikalien: Biotransformation und Metabolismus</b>
6.1.1	Aufnahmewege und Transportprozesse	159		166
6.1.2	Einfluss des Mediums: pH-Wert	162	6.3.1	Phase-I-Reaktionen 170
6.1.3	Aufnahmeorgane	163	6.3.2	Cytochrom P <sub>450</sub> -abhängige Monooxygenasen (CYP)
6.2	<b>Verteilung</b>	166		170
			6.3.3	Bioaktivierung von Fremdstoffen 183

6.3.4	Phase-II-Reaktionen .....	186	6.4	Ausscheidung (Elimination) ....	191
6.3.5	Einflussfaktoren und ökotoxikologische Bedeutung .....	188	6.5	Literatur .....	194
<b>7</b>	<b>Bioakkumulation .....</b>	<b>197</b>			
7.1	Bioakkumulation in aquatischen Systemen .....	197	7.3	Determinierende Faktoren und Beeinflussung der Bioakkumulation .....	204
7.1.1	Bioakkumulationsprozess .....	198	7.3.1	Physikalisch-chemische Stoffeigenschaften .....	205
7.1.2	Pharmakokinetik und Bioakkumulation .....	199	7.3.2	Umweltfaktoren .....	207
7.2	Modellmäßige Beschreibung der Bioakkumulation .....	201	7.3.3	Biologische Faktoren .....	211
7.2.1	Ein-Kompartiment-Modell: Prozess erster Ordnung .....	201	7.4	Biomagnifikation .....	214
7.2.2	Zwei-Kompartiment-Modell .....	202	7.5	Umwelt- und ökotoxikologische Bedeutung .....	216
7.2.3	Mehr-Kompartiment-Modell .....	204	7.5.1	Organische Fluorverbindungen ...	220
			7.6	Literatur .....	221
			7.6.1	Internetadressen .....	223
<b>8</b>	<b>Molekulare Wirkungsmechanismen und Wirkungen auf die Zelle ...</b>	<b>224</b>			
8.1	Struktur und Funktion der Zelle .	224	8.6	Entgiftungs-, Reparatur- und Schutzprozesse .....	248
8.2	Beeinträchtigung zentraler zellulärer Prozesse und Funktionen .....	226	8.6.1	Metallothioneine und Schwermetalle .....	248
8.2.1	Störung des Calcium- Gleichgewichts .....	226	8.6.2	Stressproteine .....	252
8.2.2	Hemmung der Energiebildung (oxidative Phosphorylierung) .....	228	8.7	Wirkungen auf die Zelle .....	253
8.2.3	Hemmung von Enzymen .....	230	8.7.1	Nervenzellen .....	253
8.2.4	Freie Radikale und reaktive Sauerstoffspezies: oxidativer Stress	231	8.7.2	Cytotoxizität: Apoptose und Nekrose .....	255
8.3	Wirkungen auf zelluläre Strukturen .....	234	8.7.3	Cytologische Veränderungen .....	256
8.3.1	Biologische Membranen .....	235	8.8	Nanopartikel .....	257
8.3.2	Organellen .....	236	8.8.1	Ökotoxizität .....	257
8.4	Änderung der Genexpression ...	236	8.8.2	Molekulare und zelluläre Wirkungen sowie Wirkungsmechanismen .....	259
8.5	Zellkern .....	242	8.8.3	Bioakkumulation .....	261
8.5.1	Gentoxizität .....	242	8.9	Literatur .....	261
8.5.2	Chemische Cancerogenese .....	245			

<b>9</b>	<b>Wirkungen auf Individuen und Populationen</b> .....	<b>264</b>		
9.1	Wirkungen sind ökologisch vernetzt .....	264	9.4.5	Niere .....
			9.4.6	Immunsystem .....
9.2	Effekte auf die Individualentwicklung: Empfindlichkeit früher Lebensstadien .....	267	9.5	Negative Wirkungen von Umweltchemikalien auf die Reproduktion: Hormonaktive Stoffe .....
9.2.1	Missbildungen und Entwicklungsstörungen .....	269	9.5.1	DDT und andere Organochlorpestizide: Wirkungen bei Vögeln .....
9.3	Chronische Wirkungen auf Gewebe und Organe .....	273	9.5.2	Polychlorierte Biphenyle (PCB) ....
9.3.1	Unspezifische chronische Wirkungen .....	273	9.5.3	Vermännlichung durch androgene Umweltchemikalien .....
			9.5.4	Amphibien: Globaler Populationsrückgang und hormonaktive Stoffe .....
9.4	Wirkungen auf Organe und Verhalten .....	274	9.5.5	Verweiblichung durch estrogene Umweltchemikalien .....
9.4.1	Kiemen .....	274		
9.4.2	Nervensystem .....	274	9.6	Literatur .....
9.4.3	Verhalten .....	274		
9.4.4	Leber .....	275		
<b>10</b>	<b>Wirkungen auf Lebensgemeinschaften und Ökosysteme</b> .....	<b>324</b>		
10.1	Veränderung und Schädigung von Lebensgemeinschaften und Ökosystemen .....	324	10.3	Experimentelle Modell-Ökosysteme und Wirkungen ausgewählter Umweltchemikalien .....
10.2	Wirkungsparameter auf der Stufe von Gemeinschaften und Ökosystemen .....	328	10.3.1	Mikrokosmen .....
10.2.1	Funktion des Ökosystems .....	329	10.3.2	Mesokosmen: Ausschnitte, Behälter und natürliche Ökosysteme .....
10.2.2	Struktur des Ökosystems .....	331	10.4	Wirkung der Versauerung auf Gemeinschaften und Ökosysteme
				341
			10.5	Literatur .....
				345

<b>11</b>	<b>Praktische Aspekte der Ökotoxikologie. Risikoabschätzung und -beurteilung</b> .....	<b>347</b>
<b>11.1</b>	<b>Behördliche und gesetzliche Regelungen</b> .....	<b>347</b>
11.1.1	EU-Chemikalienrecht REACH und Schweizer Chemikalienrecht .....	347
11.1.2	Pharmazeutika .....	353
11.1.3	Qualitätsziele und Grenzwerte .....	353
<b>11.2</b>	<b>Umweltrisikoaabschätzung und -beurteilung</b> .....	<b>354</b>
11.2.1	Expositionsabschätzung .....	355
11.2.2	Gefährlichkeitsabschätzung und Gefahrenbeurteilung .....	356
11.2.3	Ökotoxikologische Risikoanalyse und -beurteilung .....	357
<b>11.3</b>	<b>Literatur</b> .....	<b>362</b>
	Internetseiten .....	362
<b>12</b>	<b>Glossar</b> .....	<b>363</b>
	<b>Sachverzeichnis</b> .....	<b>373</b>