

Ludwig Hartmann

Biologische Abwasserreinigung

Zweite, überarbeitete Auflage

Mit 144 Abbildungen

Springer-Verlag Berlin Heidelberg NewYork
London Paris Tokyo HongKong 1989

Inhaltsverzeichnis

I	Das Abwasserproblem, seine Ursachen und Ansätze zur Lösung	1
1	Einführung	1
2	Das ökologische Problem	2
2.1	Die Gesamtschau	2
2.2	Unterschiede zwischen aquatischen und terrestrischen Produktionsräumen	5
2.3	Produktion und Abbau	7
2.4	Die biocoenotische Differenzierung	8
2.5	Der Mensch als Element der Biocoenose	11
3	Das Abwasserproblem	13
3.1	Die quantitative Seite	13
3.2	Die qualitative Seite	16
4	Ansätze zur Lösung	16
II	Organismen	23
1	Einführung	23
2	Bakterien	24
2.1	Allgemeines	24
2.2	Größe, Form und Zellaufbau	24
2.3	Vermehrung und Sexualität	25
2.4	Physiologie	26
2.5	Chemische Zusammensetzung	26
2.6	Systematik	26
3	Protozoen	27
3.1	Allgemeines	27
3.2	Ernährung	28
3.3	Der Zellaufbau	28
3.4	Fortpflanzung und Sexualität	29
3.5	Systematik	29
4	Niedere Pflanzen	31
4.1	Allgemeines	31
4.2	Systematik	32
5	Mehrzellige tierische und pflanzliche Formen	36
III	Nährstoffe und Stoffwechsel	37
1	Sinn der Ernährung und Ernährungsweisen	37
2	Die Chemoorganotrophie	39

2.1	Die Nährstoffe	39
2.2	Die Nutzung der Nährstoffe	45
2.2.1	Abbaureaktionen	45
2.2.2	Der Energiestoffwechsel	47
2.2.3	Gärung	50
3	Die Photolithotrophie	51
4	Die Chemolithotrophie	54
5	Das Gemeinsame der Ernährungsweisen	55
6	Die Energieverwertung	56
IV	Kinetik des Stoffwechsels	57
1	Das System und die Faktoren	57
2	Die Diffusion	60
3	Sorptionsvorgänge	62
4	Enzymatische Reaktionen	64
4.1	Grundlagen	64
4.2	Die Grundreaktion	65
4.3	Die Bestimmung der Reaktionsparameter	69
4.4	Einfluß des pH-Wertes	71
4.5	Einfluß der Temperatur	72
5	Gehemmte enzymatische Reaktionen	74
6	Die Wirkung der Aktivatoren	79
7	Allosterische Enzyme	79
8	Methoden der kinetischen Analyse und Bestimmung der geschwindigkeitsbestimmenden Reaktion	80
V	Kinetik mikrobieller Systeme	81
1	Einführung	81
2	Einfache Einstoffsysteme ohne Organismenzuwachs	82
3	Komplexe Systeme ohne Vermehrung	86
4	Einfache Systeme mit Zusatznährstoffen	88
5	Hemmungen durch systemimmanente Faktoren	89
6	Hemmung durch toxische Substanzen	89
7	Adaptationen	92
8	Systeme mit Organismenzuwachs	93
9	Kinetik in mikrobiellen Verbundsystemen	96
10	Grenzen der Verwendbarkeit kinetischer Ansätze	96
VI	Kinetik und Reaktortechnik	98
1	Einführung	98
2	Klassifizierung von Reaktortypen mit kontinuierlicher Beschickung	98
3	Der kontinuierlich beschickte offene Fermenter	100
4	Der kontinuierlich beschickte Fermenter mit Organismenrückführung	103
5	Der diskontinuierlich beschickte Reaktor mit Organismenspeicherung	105
6	Kontinuierlich beschickte Reaktoren mit Fixierung der Organismen auf festen Flächen (Festbettreaktor)	105

VII Die natürliche Selbstreinigung . . . . .	.107
1 Einführung . . . . .	.107
2 Lebensraum und Lebensgemeinschaft . . . . .	.107
3 Störungen und Sukzession . . . . .	.109
3.1 Mechanismen. . . . .	.109
3.2 Massenbilanz. . . . .	.113
3.3 Der biologische Sauerstoffverbrauch (BSV). . . . .	.113
3.4 Sauerstoffverbrauch und Sauerstoffbedarf. . . . .	.115
4 Die örtliche Fixierung von Selbstreinigungsstadien . . . . .	.116
5 Die Nische. . . . .	.118
6 Das Saprobienystem . . . . .	.118
7 Übergeordnete Gesichtspunkte und technologische Folgerungen . . . . .	.119
VIII Abwasser und Abwasseranalyse . . . . .	.122
1 Ziel der Abwasseranalyse . . . . .	.122
2 Was ist Abwasser?. . . . .	.123
3 Abwasser und seine Inhaltsstoffe . . . . .	.123
3.1 Menge und Verteilung. . . . .	.123
3.2 Probenahme. . . . .	.123
3.3 Auswertung der gewonnenen Daten. . . . .	.124
3.4 Parameter der Abwasserverschmutzung. . . . .	.125
3.4.1 Physikalische Eigenschaften. . . . .	.125
3.4.2 Der pH-Wert . . . . .	.125
3.4.3 Die chemische Oxidierbarkeit . . . . .	.125
3.4.4 Der organische Kohlenstoff. . . . .	.126
3.4.5 Der Stickstoff. . . . .	.127
3.4.6 Der Phosphor. . . . .	.128
3.4.7 Der biochemische Sauerstoffbedarf (BSB ₅). . . . .	.128
3.4.8 Hygienische Parameter. . . . .	.129
3.4.9 Gifte. . . . .	.129
4 Abwasser als Nährlösung . . . . .	.130
4.1 Kinetische Größen. . . . .	.130
4.2 Der Plateau-BSB (BSB_∞). . . . .	.131
4.3 Das C:N:P-Verhältnis. . . . .	.131
5 Beurteilung von Umweltchemikalien . . . . .	.133
5.1 Eigenschaften und Verhalten . . . . .	.133
5.2 Meßmethodik für Abbau und Toxizität . . . . .	.134
5.3 Verankerung von Umweltchemikalien in Organismen. . . . .	.136
6 Verfahrenskonzepte zur Abwasserbehandlung . . . . .	.137
6.1 Elimination der gelösten organischen Substanz. . . . .	.137
6.2 Elimination von Stickstoff. . . . .	.138
6.3 Elimination von Phosphor. . . . .	.139
6.4 Elimination von pathogenen Keimen und Parasiten. . . . .	.141

IX	Das Belebtschlammverfahren	.142
1	Charakterisierung	.142
2	Der Reinigungsträger	.144
2.1	Größe und Zusammensetzung	.144
2.2	Der Schlammvolumenindex	.147
2.3	Der Schlammgehalt im Reaktor	.148
3	Das biologische System und seine Variabilität	.148
3.1	Die Schlammbelastung als bestimmende Größe	.148
3.2	Schlammbelastung und Reinigungseffekt	.149
3.3	Schlammbelastung und Schlammzuwachs	.151
3.4	Schlammbelastung und Organismen	.151
3.5	Schlammbelastung und Schlammindex	.152
4	Sauerstoffverbrauch	.152
5	Schlammrückführung	.153
6	Bemessung von Belebtschlammanlagen	.154
7	Bemessung des Nachklärbeckens	.155
8	Reaktortypen und Gestaltung	.155
9	Schlammbehandlung	.162
X	Festbettreaktoren	.164
1	Systeme	.164
2	Theorie des Stoffübergangs	.164
3	Tropfkörper	.166
3.1	Der Schwachlasttropfkörper	.169
3.2	Spültropfkörper	.170
3.3	Turmtropfkörper	.172
3.4	Rückspülung und Wechsellropfkörper	.172
3.5	Kunststofftropfkörper	.173
3.6	Tropfkörper als zweite Reinigungsstufe	.174
4	Submerse Festbettreaktoren	.176
XI	Verfahren der Landbehandlung	.180
1	Einführung	.180
2	Das ökologische System	.180
2.1	Der Boden	.180
2.2	Das Klima	.182
2.3	Die Pflanze	.182
3	Methoden der Landbehandlung von Abwasser	.184
3.1	Bewässerung landwirtschaftlicher Nutzflächen	.184
3.2	Abwasserversickerung zur Grundwasseranreicherung	.190
3.3	Die Oberflächenbehandlung	.191
3.4	Verwandte Verfahren	.192
4	Zusammenfassung	.192

XII	Oberflächengewässer	193
1	Problematik	193
2	Stehende Gewässer	193
2.1	Die Ökologie stehender Gewässer	193
2.2	Die Nährstoffe und der Nährstoffaustausch, die chemischen und physiochemischen Komponenten des ökologischen Systems	198
2.3	Die Produktivität stehender Gewässer	202
2.4	Schutz stehender Gewässer	203
2.5	Nutzung stehender Gewässer zur Abwasserbehandlung	203
2.5.1	Abwasserteiche	203
2.5.2	Fischteiche	205
2.5.3	Schönungsteiche	207
2.5.4	Wasserpflanzenfilter	207
3	Fließgewässer	208
3.1	Die ökologische Situation	208
3.2	Fließgewässer und Abwasser	210
3.2.1	Grundsätzliches	210
3.2.2	Die Sauerstoffganglinie	211
XIII	Anaerobe technische Verfahren	215
1	Einführung	215
2	Mikrobiologie und Biochemie der Methangärung	217
3	Kinetik	219
4	Produktmengen der Methangärung	222
5	Temperatur und pH-Wert	223
6	Anaerobe alkalische Schlammfäulung	225
6.1	Schlammanfall und Ziele der Behandlung	225
6.2	Technologie der Schlammbehandlung	226
6.3	Behandlung der Produkte	229
7	Anaerobe Behandlung konzentrierter Abwässer	229
7.1	Reaktorsysteme	229
7.2	Betrieb anaerober Belebtschlammanlagen	232
7.2.1	Schlammbelastung und Reinigungsleistung	232
7.2.2	Schlammbelastung und Schlammalter	235
7.2.3	Stickstoffbilanzen und Biomassenzuwachs	235
7.2.4	Schlammbelastung und Gaszusammensetzung	236
7.2.5	Aktivität der anaeroben Biocoenose	237
8	Weitergehende Behandlung	238
XIV	Klärsysteme	239
1	Grundlagen	239
2	Einzelziele der Abwasserbehandlung	240
3	Möglichkeiten der biologischen Klärelemente	240
3.1	Die Belebtschlammtechnologie	240
3.2	Aerobe Festbettreaktoren	242

3.2.1	Brockentropfkörper.	242
3.2.2	Kunststofftropfkörper.	243
3.2.3	Tauchkörper.	243
3.2.4	Scheibentauchkörper.	243
3.3	Ökologisch geprägte Systeme.	243
3.3.1	Terrestrische Systeme.	243
3.3.2	Aquatische Systeme.	244
3.4	Anaerobe Verfahren.	244
4	Physikalische Klärelemente.	245
5	Chemisch-physikalische und chemische Verfahren.	245
6	Beispiele für Verfahrenskombinationen.	247
6.1	Die klassische Kombination von Klärelementen für kommunale Abwässer.	247
6.2	Anlagen mit Denitrifikation.	248
6.3	Anlagen mit Phosphatelimination.	249
6.4	Industrieabwasser in den Trockentropfen.	249
6.5	Kommunalabfälle in den Trockentropfen.	249
6.6	Abwasser in den Feuchttropfen.	250
7	Schlußbetrachtung.	250
	Literaturverzeichnis.	251
	Sachverzeichnis.	255