

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 Reaktorteknik	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_{P1})	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 Anreicherung 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 Belebtschlamm Anlagen	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 Wechseltropfkörper	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 Schlammfaulung	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 Belebtschlamm Anlagen	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 Trockentropen	249
6.5	Kommunalabfälle in den Trockentropen	249
6.6	Abwasser in den Feuchttropen	250
7	Schlußbetrachtung	250
	Literaturverzeichnis	251
	Sachverzeichnis	255