

# Inhaltsverzeichnis

<b>I</b>	<b>Das Abwasserproblem, seine Ursachen und Ansätze zur Lösung . . .</b>	<b>1</b>
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
<b>II</b>	<b>Organismen . . . . .</b>	<b>19</b>
1	Einführung. . . . .	19
2	Bakterien . . . . .	20
2.1	Allgemeines . . . . .	20
2.2	Größe, Form und Zellaufbau . . . . .	20
2.3	Vermehrung und Sexualität . . . . .	22
2.4	Physiologie. . . . .	22
2.5	Chemische Zusammensetzung . . . . .	23
2.6	Systematik . . . . .	23
3	Protozoen . . . . .	25
3.1	Allgemeines . . . . .	25
3.2	Ernährung . . . . .	25
3.3	Der Zellaufbau . . . . .	26
3.4	Fortpflanzung und Sexualität . . . . .	26
3.5	Systematik . . . . .	28
4	Niedere Pflanzen . . . . .	30
4.1	Allgemeines . . . . .	30
4.2	Systematik . . . . .	36
5	Mehrzellige tierische und pflanzliche Formen . . . . .	38
<b>III</b>	<b>Nährstoffe und Stoffwechsel. . . . .</b>	<b>39</b>
1	Sinn der Ernährung und Ernährungsweisen . . . . .	39
2	Die Chemoorganotrophie . . . . .	41

2.1	Die Nährstoffe . . . . .	41
2.2	Die Nutzung der Nährstoffe . . . . .	47
2.2.1	Abbaureaktionen . . . . .	47
2.2.2	Der Energiestoffwechsel . . . . .	49
2.2.3	Gärung . . . . .	52
3	Die Photolithotrophie . . . . .	53
4	Die Chemolithotrophie . . . . .	55
5	Das Gemeinsame der Ernährungsweisen . . . . .	57
6	Die Energieverwertung . . . . .	58
<b>IV</b>	<b>Kinetik des Stoffwechsels . . . . .</b>	<b>59</b>
1	Das System und die Faktoren . . . . .	59
2	Die Diffusion . . . . .	62
3	Sorptionsvorgänge . . . . .	64
4	Enzymatische Reaktionen . . . . .	66
4.1	Grundlagen . . . . .	66
4.2	Die Grundreaktion . . . . .	67
4.3	Die Bestimmung der Reaktionsparameter . . . . .	71
4.4	Einfluß des pH-Wertes . . . . .	73
4.5	Einfluß der Temperatur . . . . .	73
5	Gehemmte enzymatische Reaktionen . . . . .	76
6	Die Wirkung der Aktivatoren . . . . .	81
7	Allosterische Enzyme . . . . .	82
8	Methoden der kinetischen Analyse und Bestimmung der geschwindigkeitsbestimmenden Reaktion . . . . .	82
<b>V</b>	<b>Kinetik mikrobieller Systeme . . . . .</b>	<b>83</b>
1	Einführung. . . . .	83
2	Einfache Einstoffsysteme ohne Organismenzuwachs . . . . .	84
3	Komplexe Systeme ohne Vermehrung . . . . .	88
4	Einfache Systeme mit Zusatznährstoffen . . . . .	90
5	Hemmungen durch systemimmanente Faktoren . . . . .	91
6	Hemmung durch toxische Substanzen . . . . .	91
7	Adaptationen. . . . .	94
8	Systeme mit Organismenzuwachs . . . . .	95
9	Kinetik in mikrobiellen Verbundsystemen . . . . .	98
<b>VI</b>	<b>Kinetik und Reaktortechnik . . . . .</b>	<b>99</b>
1	Einführung. . . . .	99
2	Klassifizierung von Reaktortypen mit kontinuierlicher Beschickung . . . . .	99
3	Der kontinuierlich beschickte offene Fermenter . . . . .	101
4	Der kontinuierlich beschickte Fermenter mit Organismenrückführung . . . . .	104

5	Der diskontinuierlich beschickte Reaktor mit Organismenspeicherung . . . . .	106
6	Kontinuierlich beschickte Reaktoren mit Fixierung der Organismen auf festen Flächen (Festbettreaktor) . . . . .	106
<b>VII</b>	<b>Die natürliche Selbstreinigung . . . . .</b>	<b>109</b>
1	Einführung . . . . .	109
2	Lebensraum und Lebensgemeinschaft . . . . .	109
3	Störungen und Sukzession . . . . .	111
4	Die örtliche Fixierung von Selbstreinigungsstadien . . . . .	114
5	Die Nische . . . . .	116
6	Das Saprobiensystem . . . . .	116
7	Der biochemische Sauerstoffverbrauch (BSV) . . . . .	117
8	Übergeordnete Gesichtspunkte und technologische Folgerungen . . . . .	120
<b>VIII</b>	<b>Abwasser und Abwasseranalyse . . . . .</b>	<b>122</b>
1	Einführung . . . . .	122
2	Was ist Abwasser? . . . . .	122
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 . . . . .	124
3.4.1	Physikalische Eigenschaften . . . . .	124
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 . . . . .	126
3.4.6	Der Phosphor . . . . .	127
3.4.7	Der biochemische Sauerstoffbedarf (BSB <sub>5</sub> ) . . . . .	127
3.4.8	Hygienische Parameter . . . . .	128
3.4.9	Gifte . . . . .	128
4	Abwasser als Nährlösung . . . . .	129
4.1	Kinetische Größen . . . . .	129
4.2	Der Plateau-BSB (BSB <sub>P1</sub> ) . . . . .	130
4.3	Das C:N:P-Verhältnis . . . . .	130
5	Beurteilung von Umweltchemikalien . . . . .	132
5.1	Eigenschaften und Verhalten . . . . .	132
5.2	Meßmethodik für Abbau und Toxizität . . . . .	133
5.3	Anreicherung von Umweltchemikalien in Organismen . . . . .	135
<b>IX</b>	<b>Das Belebtschlammverfahren . . . . .</b>	<b>136</b>
1	Charakterisierung . . . . .	136
2	Der Reinigungsträger . . . . .	138
2.1	Größe und Zusammensetzung . . . . .	138

2.2	Der Schlammvolumenindex . . . . .	140
2.3	Der Schlammgehalt im Reaktor . . . . .	142
3	Das biologische System und seine Variabilität . . . . .	142
3.1	Die Schlammbelastung als bestimmende Größe . . . . .	142
3.2	Schlammbelastung und Reinigungseffekt . . . . .	142
3.3	Schlammbelastung und Schlammzuwachs . . . . .	144
3.4	Schlammbelastung und Organismen . . . . .	144
3.5	Schlammbelastung und Schlammindex . . . . .	145
4	Sauerstoffverbrauch . . . . .	145
5	Schlammrückführung . . . . .	147
6	Bemessung von Belebtschlammanlagen . . . . .	147
7	Bemessung des Nachklärbeckens . . . . .	148
8	Reaktortypen und Gestaltung . . . . .	150
9	Modifikationen der Verfahrensweise . . . . .	150
9.1	Der Oxidationsgraben . . . . .	150
9.2	Das A-B-Verfahren . . . . .	150
9.3	Verfahren ohne Vorklärung . . . . .	151
9.4	Kaskadenreaktoren . . . . .	151
9.5	Reinsauerstoff-Verfahren . . . . .	151
9.6	Stufenbelüftung . . . . .	151
9.7	Automatisierung . . . . .	152
9.8	Verfahren mit thermophilen Bakterien . . . . .	152
10	Schlammbehandlung . . . . .	152
<b>X</b>	<b>Tropfkörper . . . . .</b>	<b>154</b>
1	Einführung . . . . .	154
2	Systeme . . . . .	155
2.1	Der Schwachlasttropfkörper . . . . .	156
2.2	Spültropfkörper . . . . .	159
2.3	Turmtropfkörper . . . . .	159
2.4	Rückspülung und Wechsellropfkörper . . . . .	161
2.5	Kunststofftropfkörper . . . . .	162
2.6	Tropfkörper als zweite Reinigungsstufe . . . . .	162
3	Theorie des Tropfkörpers . . . . .	163
<b>XI</b>	<b>Verfahren der Landbehandlung . . . . .</b>	<b>165</b>
1	Einführung . . . . .	165
2	Das ökologische System . . . . .	165
2.1	Der Boden . . . . .	165
2.2	Das Klima . . . . .	167
2.3	Die Pflanze . . . . .	167
3	Methoden der Landbehandlung von Abwasser . . . . .	169
3.1	Bewässerung landwirtschaftlicher Nutzflächen . . . . .	169
3.2	Abwasserversickerung zur Grundwasseranreicherung . . . . .	175
3.3	Die Oberflächenbehandlung . . . . .	177
3.4	Verwandte Verfahren . . . . .	178
4	Zusammenfassung . . . . .	178

<b>XII</b>	<b>Oberflächengewässer</b> . . . . .	179
1	Problematik . . . . .	179
2	Stehende Gewässer . . . . .	179
2.1	Die Ökologie stehender Gewässer . . . . .	179
2.2	Die Nährstoffe und der Nährstoffaustausch, die chemischen und physiochemischen Komponenten des ökologischen Systems . . . . .	184
2.3	Die Produktivität stehender Gewässer . . . . .	186
2.4	Schutz stehender Gewässer . . . . .	189
2.5	Nutzung stehender Gewässer zur Abwasserbehandlung . . . . .	189
2.5.1	Abwasserteiche . . . . .	189
2.5.2	Fischteiche . . . . .	191
2.5.3	Schönungsteiche . . . . .	193
2.5.4	Wasserpflanzenfilter . . . . .	194
3	Fließgewässer . . . . .	194
3.1	Die ökologische Situation . . . . .	194
3.2	Fließgewässer und Abwasser . . . . .	197
3.2.1	Grundsätzliches . . . . .	197
3.2.2	Die Sauerstoffganglinie . . . . .	197
<b>XIII</b>	<b>Anaerobe technische Verfahren</b> . . . . .	201
1	Einführung . . . . .	201
2	Mikrobiologie und Biochemie der Methangärung . . . . .	201
3	Produktmengen der Methangärung . . . . .	205
4	Kinetik . . . . .	206
5	Technologie der Verfahren . . . . .	206
5.1	Schlammbehandlung . . . . .	209
5.1.1	Schlammfall und Ziele der Behandlung . . . . .	209
5.1.2	Technologie der Schlammbehandlung . . . . .	209
5.1.3	Behandlung der Produkte . . . . .	212
5.2	Kontinuierlich betriebene Reaktoren zur anaeroben Abwasserbehandlung . . . . .	213
5.2.1	Geschlossene Systeme mit kontinuierlicher Beschickung . . . . .	214
5.2.2	Anaerobe Festbettreaktoren . . . . .	215
5.2.3	Das anaerobe Belebtschlammverfahren . . . . .	215
5.3	Weitergehende Behandlung . . . . .	215
<b>XIV</b>	<b>Klärsysteme</b> . . . . .	216
1	Grundlagen . . . . .	216
2	Klärelemente und ihre Verwendbarkeit innerhalb von Systemen . . . . .	217
2.1	Aerobe biologische Klärelemente . . . . .	217
2.2	Anaerobe biologische Klärelemente . . . . .	218
3	Physikalische Klärelemente . . . . .	213
4	Chemisch-physikalische und chemische Verfahren . . . . .	219
5	Beispiele für Verfahrenskombinationen . . . . .	221
5.1	Großstadt in gemäßigten Klimazonen . . . . .	221
5.2	Industrieabwasser organischer Natur . . . . .	221

5.3	Industrieabwasser in den Trockentropen . . . . .	222
5.4	Kommunalabfälle in den Trockentropen . . . . .	222
5.5	Abwasser in den Feuchttropen . . . . .	222
6	Schlußbetrachtung . . . . .	222
<b>Literaturverzeichnis . . . . .</b>		<b>224</b>
<b>Sachverzeichnis . . . . .</b>		<b>227</b>