

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Biologische Stoffwandlung als eine der Grundoperationen im technischen Umweltschutz (Einführung)</b>	<b>1</b>
1.1	Grundoperationen der Verfahrenstechnik und Besonderheiten der biologischen Stoffwandlung	2
1.2	Bioreaktoren als technische Ökosysteme	5
1.3	Umweltrechtliche Anforderungen als Zielgrößen für die Entwicklung und den Einsatz umwelttechnischer Verfahren	9
<b>2</b>	<b>Mikroorganismen und Grundzüge ihres Stoffwechsels</b>	<b>15</b>
2.1	Besondere Merkmale und Lebensweise von Mikroorganismen	15
2.2	Grundzüge des Stoffwechsels von Mikroorganismen	23
2.2.1	Allgemeine thermodynamische Aspekte des mikrobiellen Zellstoffwechsels	25
2.2.2	Enzyme als hochselektive Biokatalysatoren	28
2.2.3	Energetische Kopplung von exergonen und endergonen Stoffwechselreaktionen über das ATP-ADP-System	37
2.2.4	Redox-Reaktionen und membran-gebundener Elektronentransport	41
2.2.5	Protonenpotential der Cytoplasma-Membran und membran-gebundene ATP-Synthese (Elektronentransport-Phosphorylierung)	46
2.2.6	Substratstufen-Phosphorylierung	48
2.3	Chemotrophie	50
2.3.1	Chemoorganotrophie	50
2.3.2	Chemolithotrophie	61
2.4	Phototrophie	63
2.4.1	Oxygene Photosynthese	66
2.4.2	Anoxygene Photosynthese	68
2.5	Aufnahme von Nährstoffen in die Zelle	69
<b>3</b>	<b>Rolle der Mikroorganismen im Stoffhaushalt der Natur</b>	<b>75</b>
3.1	Ökosysteme und biozönotisches Grundelement	75
3.2	Wechselwirkung von Mikroorganismen mit ihrer belebten und unbelebten Umwelt	77
3.2.1	Die „ökologische Nische“ - Genotypische Anpassung der Mikroorganismen an ihre Umwelt	78
3.2.2	Phänotypische Anpassung der Mikroorganismen an wechselnde Umwelteinflüsse	80
3.2.3	Interaktionen der Mikroorganismen mit anderen Lebewesen	82
3.3	Beitrag der Mikroorganismen zum globalen C-Kreislauf	88
3.3.1	Oxidativer Endabbau von organischer Substanz (Mineralisierung)	91
3.3.2	Abbau von organischer Substanz unter Luftabschluss (Methanisierung)	92
3.3.3	Mikrobielle Fixierung von CO <sub>2</sub>	95
3.3.4	Destabilisierender Einfluss des Menschen auf den globalen C-Kreislauf	97
3.3.5	Mikrobieller Abbau anthropogener organischer Kohlenstoffverbindungen	99
3.4	Beitrag der Mikroorganismen zum globalen N-Kreislauf	103
3.4.1	Proteolyse und Ammonifikation	106
3.4.2	Mikrobielle Oxidation von Ammonium	106
3.4.3	Mikrobielle Nitratreduktion	109
3.4.4	Bindung von Luftstickstoff (N <sub>2</sub> -Fixierung)	112
3.5	S-Kreislauf	115
3.6	Mikrobielle Prozesse im Boden	118
3.6.1	Boden als Lebensraum von Mikroorganismen	121

3.6.2	Mikrobielle Prozesse bei der Humifizierung von abgestorbenem organischem Material	123
3.6.3	Beitrag der Mikroorganismen zur Umwandlung von Schwefel- und Phosphorverbindungen im Boden	126
3.7	Rolle der Mikroorganismen in limnischen Gewässern	128
3.7.1	Schichtungsvorgänge in limnischen Gewässern	129
3.7.2	Stoffumwandlungsprozesse in stehenden Gewässern	131
3.7.3	Gewässergüte und „natürliche Selbstreinigung“ in Fließgewässern	135
<b>4</b>	<b>Kinetik mikrobieller Stoffwandlungsprozesse</b>	<b>139</b>
4.1	Nährstofftransport im Medium	143
4.2	Wachstum einzelliger Mikroorganismen	144
4.2.1	MONOD-Modell	146
4.2.2	Mikrobielles Wachstum mit zelltoxischen Substraten	149
4.3	Modell für einen kontinuierlich geführten mikrobiellen Prozess	151
4.4	Modell für einen kontinuierlich geführten mikrobiellen Prozess mit partieller Biomasserückführung	155
4.5	Erhaltungsstoffwechsel von Mikroorganismen	158
<b>5</b>	<b>Grundtypen von Bioreaktoren</b>	<b>161</b>
5.1	Bioreaktoren mit suspendierter Biomasse (Suspensionsreaktoren)	162
5.2	Biofilm-Reaktoren	168
<b>6</b>	<b>Biologische Abwasserreinigung</b>	<b>171</b>
6.1	Erfassung von Abwasserinhaltsstoffen	174
6.2	Umweltrechtliche Anforderungen	182
6.3	Genereller Aufbau von Kläranlagen und mechanische Vorbehandlung von Rohabwässern	185
6.4	Klassisches Belebungsverfahren	189
6.4.1	Belebtschlamm als „Reinigungsträger“	191
6.4.2	Schlammalter und Schlammbelastung	194
6.4.3	Bildung von Überschuss-Schlamm	196
6.4.4	Nitrifikation in Belebungsanlagen	198
6.4.5	Energieverbrauch und Kosten konventioneller Belebungsanlagen	199
6.4.6	Weitergehende Abwasserreinigung (N- und P-Elimination)	200
6.4.7	Umwelthygienische Risiken im Zusammenhang mit der biologischen Reinigung von kommunalem Abwasser	209
6.5	Sonderformen und Modifikationen des klassischen Belebungsverfahrens	214
6.5.1	Bio-Hochreaktoren	214
6.5.2	A+B-Verfahren	215
6.5.3	SBR-Verfahren	216
6.5.4	Membranbelebungsverfahren	217
6.6	Aerobe Festbett-Verfahren	223
6.6.1	Tropfkörper-Anlagen	223
6.6.2	Scheibentauchkörper-Anlagen	227
6.6.3	Aerob-Anlagen mit getauchtem Festbett	229
6.7	Anaerobe Verfahren der biologischen Abwasserreinigung	229
6.7.1	Besonderheiten der anaeroben Abwasserbehandlung	229
6.7.2	Gebräuchliche Reaktorsysteme	232
6.8	Naturnahe Verfahren der Abwasserbehandlung	235
6.8.1	Teichkläranlagen	236
6.8.2	Pflanzenkläranlagen	237

<b>7</b>	<b>Behandlung und Entsorgung von RohschlÄmmen aus KlÄranlagen</b>	<b>239</b>
7.1	Umweltrechtliche Anforderungen an die Entsorgung von KlÄrschlÄmmen	240
7.2	Grundoperationen der Behandlung von kommunalem Rohschlamm	244
7.3	Biologische Schlammstabilisierung	247
<b>8</b>	<b>Biologische Behandlung von organischen SiedlungsabfÄllen</b>	<b>253</b>
8.1	Rechtliche Anforderungen an den Umgang mit Abfallstoffen	254
8.2	Biologische Behandlung von getrennt erfassten BioabfÄllen	257
8.2.1	Kompostierung	258
8.2.2	VergÄrung von BioabfÄllen und energetische Nutzung des gebildeten Biogases	264
8.3	Biologische Trocknung von RestabfÄllen aus Hausmüll (Stabilat-Verfahren)	267
<b>9</b>	<b>Biologische Abluftreinigung</b>	<b>269</b>
9.1	Luftverunreinigende organische Stoffe und deren Erfassung	270
9.2	Umweltrechtliche Anforderungen	272
9.3	Verfahren zur Abluftreinigung nach dem Stand der Technik	278
9.4	Biologische Verfahren	280
9.4.1	BiowÄscher-Verfahren	281
9.4.2	Biofilter-Verfahren	289
9.4.3	Biorieselbett-Reaktoren	297
<b>10</b>	<b>Biologische Bodensanierung</b>	<b>299</b>
10.1	Umweltrechtliche Anforderungen an die Altlastensanierung	300
10.2	Sanierungsrelevante Bodeneigenschaften und –parameter	305
10.3	Schadstoff-Wirkungspfade und GefÄhrdungsabschÄtzung	308
10.4	Verfahren zur Bodensanierung nach dem Stand der Technik und Kriterien der Verfahrensauswahl	314
10.5	Biologische Bodensanierung	319
<b>11</b>	<b>Betriebstechnik und Kosten von umweltbiotechnischen Verfahren</b>	<b>327</b>
11.1	Grundlagen der Steuerungs- und Regelungstechnik	327
11.2	Ermittlung der Kosten von umweltbiotechnischen Verfahren	332
<b>12</b>	<b>Lösungsansätze zur Vermeidung von Umweltproblemen mittels produktions- bzw. prozessintegrierter Biotechnik (Ausblick)</b>	<b>337</b>
	Literatur	347
	Sachwortverzeichnis	349