

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b> . . . . .	5
<b>Häufig gebrauchte Abkürzungen</b> . . . . .	7
<b>1. Einleitung: Entwicklung und Bedeutung der Mikrobiologie.</b> . . . .	15
1.1. Mikrobiologie als Wissenschaftsdisziplin . . . . .	15
1.2. Historische Entwicklung . . . . .	16
1.3. Bedeutung der Mikrobiologie . . . . .	22
<b>Teil I. Cytologie und Taxonomie: Einheit und Mannigfaltigkeit</b>	<b>29</b>
<b>2. Wesen der Mikroorganismen</b> . . . . .	29
2.1. Pro- und Eukaryoten . . . . .	29
2.2. Kleine Zelldimensionen — große Leistungen . . . . .	32
2.3. Anpassungsfähigkeit . . . . .	34
2.4. Mannigfaltigkeit biochemischer Leistungen . . . . .	35
<b>3. Struktur und Funktion der prokaryotischen Zelle.</b> . . . .	39
3.1. Aufbau und Zusammensetzung . . . . .	39
3.2. Kern und Plasmide . . . . .	43
3.3. Cytoplasma und Ribosomen . . . . .	46
3.4. Zellmembran . . . . .	48
3.5. Zellwand . . . . .	50
3.6. Kapseln und Schleime . . . . .	55
3.7. Geißeln, Fimbrien und Pili . . . . .	57
3.8. Reservestoffe . . . . .	59
<b>4. Struktur und Funktion der eukaryotischen Mikrobenzelle</b> . . . .	61
4.1. Wesen der Pilze . . . . .	61
4.2. Bau der Pilzzelle . . . . .	62
4.3. Zellkern . . . . .	63
4.4. Cytoplasma, intrazelluläre Membranen und Mitochondrien . . . .	66
4.5. Zellmembran . . . . .	67
4.6. Zellwand . . . . .	68
<b>5. Hauptgruppen der Bakterien</b> . . . . .	70
5.1. Taxonomie und Phylogenie . . . . .	70
5.2. Eubakterien . . . . .	73
5.2.1. Phototrophe anaerobe Bakterien: Grüne und Purpurbakterien . . . .	73

5.2.2.	Cyanobakterien . . . . .	77
5.2.3.	Rhizobakterien: Agrobakterien, Azospirillen, Rhizobien . . . . .	78
5.2.4.	Chemolithotrophe Bakterien: Nitrifikanten, Thiobacillen und Eisen oxidierende Bakterien . . . . .	82
5.2.5.	Pseudomonaden und Enterobakterien . . . . .	85
5.2.6.	Sulfat reduzierende Bakterien . . . . .	89
5.2.7.	Myxobakterien . . . . .	90
5.2.8.	Gram-positive Coccen und Stäbchen . . . . .	91
5.2.9.	Coryneforme Bakterien und Actinomyceten . . . . .	96
5.2.10.	Spirochaeten . . . . .	99
5.2.11.	Chlamydien, Rickettsien und Mycoplasmen . . . . .	100
5.2.12.	Extrem thermophile Eubakterien . . . . .	100
5.3.	Archaeobakterien . . . . .	101
<b>6.</b>	<b>Hauptgruppen der Pilze und Hefen . . . . .</b>	<b>106</b>
6.1.	Myxomycota (Schleimpilze) . . . . .	106
6.2.	Eumycota (Echte Pilze) . . . . .	108
6.2.1.	Oomycetes und Chytridiomycetes . . . . .	108
6.2.2.	Zygomycetes (Jochpilze) . . . . .	111
6.2.3.	Ascomycetes (Schlauchpilze) . . . . .	113
6.2.4.	Basidiomycetes (Ständerpilze) . . . . .	117
6.2.5.	Deuteromycetes (Fungi imperfecti) . . . . .	119
<b>7.</b>	<b>Viren: Struktur, Vermehrung und Hauptgruppen . . . . .</b>	<b>123</b>
7.1.	Wesen der Viren . . . . .	123
7.2.	Bacteriophagen . . . . .	126
7.3.	Pflanzenviren . . . . .	129
7.4.	Insektenviren . . . . .	130
7.5.	Viren des Menschen . . . . .	130

## **Teil II. Physiologie und Biochemie: Stoffwechselaktivitäten** 133

<b>8.</b>	<b>Grundprozesse des mikrobiellen Stoffwechsels . . . . .</b>	<b>133</b>
8.1.	Katabolismus, Anabolismus und Wachstum . . . . .	133
8.2.	Energieumwandlung . . . . .	135
8.3.	Haupttypen des Stoffwechsels . . . . .	139
<b>9.</b>	<b>Atmungsprozesse . . . . .</b>	<b>144</b>
9.1.	Atmung . . . . .	144
9.1.1.	Embsden-Meyerhof-Parnas-Weg (Fructose-1,6-bisphosphat-Weg) . . . . .	146
9.1.2.	Oxidative Pyruvat-Decarboxylierung . . . . .	149
9.1.3.	Tricarbonsäure-Cyclus . . . . .	151
9.1.4.	Atmungskette . . . . .	153
9.1.5.	Entner-Doudoroff-Weg (2-Keto-3-desoxy-6-phosphogluconat-Weg) . . . . .	158
9.1.6.	Pentosephosphat-Cyclus . . . . .	158
9.2.	Unvollständige Oxidation der Essigsäurebakterien . . . . .	162

<b>10</b>	<b>Inhaltsverzeichnis</b>	
9.3.	Nitratatmung (Denitrifikation) . . . . .	163
9.4.	Sulfatreduktion . . . . .	165
<b>10.</b>	<b>Gärungen</b> . . . . .	<b>168</b>
10.1.	Alkohol-Gärung . . . . .	169
10.2.	Milchsäure-Gärung . . . . .	170
10.3.	Propionsäure-Gärung . . . . .	174
10.4.	Gemischte Säure-Gärung und 2,3-Butandiol-Gärung . . . . .	176
10.5.	Buttersäure- und Butanol-Aceton-Gärung . . . . .	180
<b>11.</b>	<b>Chemolithotrophie und Phototrophie</b> . . . . .	<b>182</b>
11.1.	Chemolithotrophie . . . . .	182
11.1.1.	Oxidation von Schwefelverbindungen . . . . .	182
11.1.2.	Eisen-II-Oxidation . . . . .	184
11.1.3.	Nitrifikation . . . . .	185
11.1.4.	Wasserstoff- und Kohlenmonoxid-Oxidation . . . . .	187
11.2.	CO <sub>2</sub> -Assimilation über den Calvin-Cyclus . . . . .	188
11.3.	Bakterielle Photosynthese . . . . .	191
11.3.1.	Anoxigene Photosynthese . . . . .	191
11.3.2.	Oxigene Photosynthese . . . . .	195
<b>12.</b>	<b>Acetogenese, Methanogenese und Methylothrophie</b> . . . . .	<b>198</b>
12.1.	Acetogenese und Methanogenese . . . . .	198
12.1.1.	Anaerobe Acetogenese . . . . .	199
12.1.2.	Methanogenese . . . . .	201
12.2.	Methylothrophie . . . . .	205
12.2.1.	Ribulosemonophosphat-Cyclus . . . . .	205
12.2.2.	Serin-Weg . . . . .	206
12.2.3.	Xylulosemonophosphat-Cyclus . . . . .	208
<b>13.</b>	<b>Stickstoff-Fixierung</b> . . . . .	<b>210</b>
13.1.	Stickstoffbindung der freilebenden Bakterien . . . . .	210
13.1.1.	Biochemie der Stickstoffbindung . . . . .	210
13.1.2.	Schutz der Nitrogenase vor Sauerstoff . . . . .	213
13.2.	Symbiotische Stickstoffbindung der Rhizobien . . . . .	215
<b>14.</b>	<b>Abbau von Natur- und Fremdstoffen</b> . . . . .	<b>219</b>
14.1.	Abbau der Polysaccharide . . . . .	220
14.1.1.	Cellulose . . . . .	220
14.1.2.	Xylan . . . . .	223
14.1.3.	Pectin und Agar . . . . .	223
14.1.4.	Chitin . . . . .	224
14.1.5.	Stärke . . . . .	227
14.2.	Lipide . . . . .	227
14.3.	Aliphatische Kohlenwasserstoffe . . . . .	228
14.4.	Lignin . . . . .	229
14.5.	Aromatische Kohlenwasserstoffe . . . . .	231
14.6.	Abbau und Cometabolismus ausgewählter Fremdstoffe . . . . .	234

14.7.	Proteinabbau . . . . .	236
<b>15.</b>	<b>Biosynthese von Zellkomponenten und Stoffwechselregulation . . . . .</b>	<b>238</b>
15.1.	Stoffaufnahme . . . . .	238
15.2.	Glyoxylsäure-Cyclus und Gluconeogenese . . . . .	241
15.3.	Anaplerotische Reaktionen und Aminosäuresynthese . . . . .	242
15.4.	Biosynthese von Makromolekülen: Peptidoglykane und Proteine . . . . .	244
15.4.1.	Peptidoglykansynthese . . . . .	244
15.4.2.	Proteinsynthese . . . . .	246
15.5.	Stoffwechselregulation . . . . .	248
<b>16.</b>	<b>Wachstum und Differenzierung . . . . .</b>	<b>254</b>
16.1.	Zellteilung der Bakterien . . . . .	254
16.2.	Endosporenbildung der Bakterien . . . . .	256
16.3.	Wachstum von Bakterienpopulationen . . . . .	258
16.4.	Kontinuierliche Kultur . . . . .	264
16.5.	Wachstum und Differenzierung der Pilze . . . . .	267
<b>17.</b>	<b>Einfluß von Umweltfaktoren auf das Wachstum und Leben unter extremen Bedingungen . . . . .</b>	<b>269</b>
17.1.	Temperatur . . . . .	269
17.1.1.	Wachstumsförderung . . . . .	269
17.1.2.	Wachstumshemmung: Hitzesterilisation . . . . .	272
17.2.	Wasseraktivität und osmotische Effekte . . . . .	273
17.3.	Wasserstoffionen-Konzentration . . . . .	275
17.4.	Chemische Konservierungs- und Desinfektionsmittel . . . . .	276
17.5.	Strahlungen . . . . .	277
<b>Teil III. Mikrobengenetik: Stabilität und Variabilität</b>		<b>279</b>
<b>18.</b>	<b>Vom Gen zum Protein . . . . .</b>	<b>280</b>
18.1.	Transcription . . . . .	280
18.2.	Translation . . . . .	285
18.2.1.	Komponenten der Translation . . . . .	286
18.2.2.	Ablauf der Translation . . . . .	288
<b>19.</b>	<b>Mutationen und Rekombinationen . . . . .</b>	<b>291</b>
19.1.	Mutationen . . . . .	291
19.2.	Reparatur von DNA-Schäden . . . . .	293
19.3.	Rekombinationen . . . . .	293
19.3.1.	Rekombinationen bei Bakterien . . . . .	294
19.3.2.	Rekombinationen bei eukaryotischen Mikroorganismen . . . . .	302
<b>20.</b>	<b>Gentechnik . . . . .</b>	<b>304</b>
20.1.	Herstellung rekombinanter DNA . . . . .	304
20.2.	Weitere Enzyme und Vektoren, die in der Gentechnik Anwendung finden . . . . .	309
20.3.	Klonierung eukaryotischer Gene . . . . .	310

12	Inhaltsverzeichnis	
20.4.	Chemische DNA-Synthese und DNA-Sequenzierung . . . . .	313
20.5.	Expression eukaryotischer Gene in Bakterien . . . . .	314
<b>Teil IV. Ökologie: Interaktionen und Integration</b>		<b>319</b>
<b>21.</b>	<b>Prinzipien der Mikrobenökologie</b> . . . . .	<b>321</b>
21.1.	Integration in die Umwelt . . . . .	321
21.2.	Evolutionäre Anpassung . . . . .	324
21.3.	Phänotypische Anpassung . . . . .	326
21.4.	Interaktionen . . . . .	328
<b>22.</b>	<b>Wechselwirkungen zwischen Mikroorganismen</b> . . . . .	<b>330</b>
22.1.	Successionen . . . . .	330
22.2.	Antagonismen: Amensalismus und Parasitismus . . . . .	333
22.3.	Mutualistische Symbiosen . . . . .	334
<b>23.</b>	<b>Wechselwirkungen zwischen Mikroorganismen und Pflanzen</b> . . . . .	<b>339</b>
23.1.	Phytopathogene Mikroorganismen . . . . .	340
23.2.	Mutualistische Symbiosen in der Rhizosphäre . . . . .	347
<b>24.</b>	<b>Wechselwirkungen zwischen Mikroorganismen, Mensch und Tieren</b> . . . . .	<b>352</b>
24.1.	Antagonistische Interaktionen . . . . .	352
24.1.1.	Humanpathogene Mikroorganismen . . . . .	352
24.1.2.	Insektenpathogene Mikroorganismen . . . . .	358
24.2.	Mutualistische Interaktionen . . . . .	361
24.2.1.	Mikrobielle Prozesse im Pansen . . . . .	361
24.2.2.	Insekten-Symbiosen . . . . .	362
24.2.3.	Symbiosen mit Meerestieren . . . . .	363
<b>25.</b>	<b>Boden-Mikrobiologie</b> . . . . .	<b>365</b>
25.1.	Mineralisierung: Kohlenstoff- und Energiefluß . . . . .	367
25.2.	Stickstoffkreislauf . . . . .	371
25.3.	Phosphatkreislauf . . . . .	372
<b>26.</b>	<b>Gewässer-Mikrobiologie</b> . . . . .	<b>375</b>
26.1.	Seen als Ökosysteme . . . . .	375
26.2.	Mikrobielle Abbauleistungen in Seen und Meeren . . . . .	377
26.3.	Schwefel- und Phosphatkreislauf . . . . .	379
26.4.	Selbstreinigungspotential der Fließgewässer . . . . .	383
<b>27.</b>	<b>Mikroorganismen und globale Stoffkreisläufe</b> . . . . .	<b>386</b>
27.1.	Der globale Kohlenstoffkreislauf der Natur- und Fremdstoffe . . . . .	386
27.2.	Methankreislauf und Quecksilberumsetzungen . . . . .	391
27.3.	Der globale Stickstoffkreislauf . . . . .	393
<b>Teil V. Mikrobielle Biotechnologie: Anwendungen</b>		<b>395</b>
<b>28.</b>	<b>Prinzipien der Technischen Mikrobiologie</b> . . . . .	<b>396</b>
28.1.	Spezifische StoffwechsellLeistungen: Funktion der Produkte . . . . .	397

28.2.	Hohe Stoffwechselaktivitäten: Produktivität und Ertrag . . . . .	398
28.3.	Leistungen im technischen System: Bioprozeßtechnik . . . . .	400
<b>29.</b>	<b>Gärungsprodukte . . . . .</b>	<b>404</b>
29.1.	Ethanol-Gärung . . . . .	404
29.1.1.	Regulation von Gärung und Atmung — Backhefeproduktion . . . . .	404
29.1.2.	Ethanolproduktion und Bierherstellung . . . . .	408
29.2.	Milchsäure-Gärung . . . . .	410
29.3.	Butanol-Aceton-Gärung . . . . .	413
<b>30.</b>	<b>Primärmetabolite, Zellkomponenten und Zellbiomasse . . . . .</b>	<b>414</b>
30.1.	Primärmetabolite: Citronensäure, Aminosäuren, Vitamine . . . . .	414
30.2.	Reservestoffe: Poly- $\beta$ -Hydroxybuttersäure . . . . .	421
30.3.	Extrazelluläre Polysaccharide und Biotenside . . . . .	423
30.4.	Zellbiomasse: Einzellerproteine . . . . .	426
<b>31.</b>	<b>Sekundärmetabolite: Produkte des organismenspezifischen Stoffwechsels . . . . .</b>	<b>429</b>
31.1.	Beziehungen zwischen Primär- und Sekundärstoffwechsel . . . . .	430
31.2.	Antibiotika . . . . .	432
31.3.	Medizinische Wirkstoffe: Enzyminhibitoren, Immunregulatoren, Mutterkornalkaloide . . . . .	440
31.4.	Wirkstoffe für die Landwirtschaft: Ergotropika, Biopestizide, pflanzliche Wachstumsregulatoren . . . . .	443
<b>32.</b>	<b>Enzymproduktion und Biotransformationen . . . . .</b>	<b>446</b>
32.1.	Extra- und intrazelluläre Enzyme . . . . .	446
32.2.	Biotransformationen von Steroiden . . . . .	449
32.3.	Biotransformationen zur Herstellung von chemischen Zwischenprodukten . . . . .	452
<b>33.</b>	<b>Anorganische Mikrobiologie: Metallgewinnung, Kohleentschwefelung, Korrosion . . . . .</b>	<b>455</b>
33.1.	Chemolithotrophie: Metallaugung und Kohleentschwefelung . . . . .	455
33.2.	Heterotrophe Metallaugung und Rohstoffaufbereitung . . . . .	458
33.3.	Mikrobielle Akkumulation und Sorption von Metallen . . . . .	459
33.4.	Korrosion von Eisen und mineralischen Baustoffen . . . . .	460
<b>34.</b>	<b>Abbauleistungen: Abwasserreinigung und Umweltschutz . . . . .</b>	<b>462</b>
34.1.	Aerober Abbau und Abwasserreinigung . . . . .	463
34.2.	Anaerober Abbau und Biogasbildung . . . . .	466
34.3.	Denitrifikation und Phosphatakkumulation . . . . .	469
34.4.	Rezirkulation und Umweltschutz . . . . .	470
<b>Literatur . . . . .</b>		<b>472</b>
<b>Sachregister . . . . .</b>		<b>480</b>