

Heribert Cypionka

# Grundlagen der Mikrobiologie

Zweite, überarbeitete und erweiterte Auflage

Mit 106 Abbildungen, 31 Tafeln und 5 Tabellen



Springer

# Inhaltsverzeichnis

1 Mikrobiologie - Wissenschaft von unsichtbaren Lebewesen.....	1
Mikroorganismen und Viren.....	2
Wissenschaftliche Basis der Mikrobiologie.....	2
Teilgebiete.....	2
Auswirkungen auf andere Disziplinen.....	4
Kleine und große Zahlen.....	4
Oberflächen-Volumen-Verhältnis.....	5
Sind die Mikroben primitiv?.....	7
2 Aufbau der Zelle - der Grundbedarf des Lebendigen.....	9
Weshalb ist der Frosch grün?.....	9
Kennzeichen von Leben.....	10
Aufbau einer Prokaryotenzelle.....	11
Zellwand.....	12
Zellmembran.....	12
DNA.....	13
Mechanismen der Genübertragung bei Prokaryoten.....	15
DNA-Replikation.....	15
Transkription und Translation.....	17
Stoffwechsellkatalyse.....	18
Unterschiede zwischen Prokaryoten und Eukaryoten.....	18
Einheit der Biochemie.....	20
Chemische Zusammensetzung der Zelle.....	22
Makro- und Spurenelemente.....	23
3 Spezielle Morphologie von Prokaryoten.....	27
Murein.....	28
Lysozym und Penicillin.....	28
Gram-negative und Gram-positive Bakterien.....	29
Kapseln und Schleime.....	30
Geißeln und Pili.....	30
Bewegungsmechanismen.....	30
Chemotaxis.....	32
Zelleinschlüsse.....	33
4 Eukaryotische Mikroorganismen.....	37
Algen.....	37
Pilze.....	39
Protozoen.....	42

## X Inhaltsverzeichnis

Bedeutung von Protozoen an verschiedenen Standorten.....	45
5 Viren.....	47
Aufbau von Viren.....	47
Klassifikation der Viren.....	49
Lytischer Cyclus eines Bakteriophagen.....	50
Lysogenie.....	52
Transduktion.....	53
Der Phage Q $\beta$ .....	53
6 Mikrobiologische Methoden.....	55
Mikroben sichtbar machen.....	55
Strahlengang des Mikroskops.....	57
Hellfeld-Mikroskopie und Färb/ingen.....	58
Transmissions-Elektronenmikroskopie.....	59
Phasenkontrast-Verfahren.....	59
Polarisation und Interferenz-Kontrast.....	60
Dunkelfeld.....	62
Fluoreszenz-Mikroskopie.....	63
Konfokales Laser-Scanning-Mikroskop.....	63
Raster-Elektronenmikroskopie.....	64
Sterilisation.....	65
Teilentkeimung.....	66
Kulturmedium.....	67
Anreicherungskultur.....	67
Vereinzelung von Zellen.....	67
Direktisolierung.....	70
7 Klassifizierung und Grundstruktur des phylogenetischen Stammbaums ...	73
Taxonomie.....	73
Artenvielfalt.....	74
Einordnung einer Reinkultur.....	74
PCR - Polymerase-Kettenreaktion.....	76
Sequenzierung von DNA.....	77
Die ribosomale 16 S-RNA.....	79
Grundstruktur des phylogenetischen Stammbaums.....	81
Nachweis von Mikroorganismen mit molekularbiologischen Verfahren.....	83
8 Wachstum von Mikroben.....	87
Potenzielle Unsterblichkeit und der Traum der Bakterien.....	87
Wachstum und binäre Teilung einer Zelle.....	88
Exponentielles Wachstum einer Kultur.....	88
Wachstumsexperiment.....	90
Wachstumsphasen.....	91

Kontinuierliche Kultur.....	92
Erhaltungsstoffwechsel.....	93
Substrat-Affinität und $K_s$ -Wert.....	94
Turbidostat.....	95
9 Allgemeine Bioenergetik.....	97
Energieformen.....	97
Thermodynamische Grundlagen.....	98
Entropie und Ordnung.....	100
Widerspricht Leben dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik?.....	100
Freie Energie.....	101
Freie Energie von Transportprozessen.....	101
Freie Energie chemischer Reaktionen.....	102
Berücksichtigung der tatsächliche <sup>^</sup> Konzentration der Reaktionspartner.....	103
Freie Energie von Redoxreaktionen.....	103
Energiekopplung - der Umweg als biologisches Prinzip.....	104
ATP als Energiewährung.....	105
Energieladungszustand der Zelle.....	106
Mechanismen der ATP-Nutzung.....	106
Mechanismen der ATP-Regenerierung.....	107
Bildungsenthalpien.....	109
10 Transport.....	111
Semipenneabilität.....	111
Aufnahme von partikulärer Substanz.....	112
Aufnahme von Eisen.....	114
Sekundärer Transport.....	114
Primärer Transport.....	116
Zucker-Transport durch Gruppentranslokation.....	117
11 Abbau eines Zuckermoleküls.....	119
Kopplung zwischen Anabolismus und Katabolismus.....	119
Wachstum mit Glucose als Substrat.....	120
Energiebedarf für die Assimilation.....	120
Energieausbeute der Dissimilation.....	121
Berechnung des zu erwartenden Ertrages.....	121
Transport und Aktivierung von Glucose.....	121
Glykolyse.....	122
Reduktionsequivalente.....	125
Pyruvat-Oxidation.....	125
Tricarbonsäure-Cyclus.....	127
Bilanz der Oxidation von Glucose.....	128

12 Regulation.....	131
Die Bedeutung irreversibler Schritte.....	131
Regulation der Genexpression.....	132
Das / $\phi$ -Operon von <i>Escherichia coli</i> .....	134
Katabolit-Repression.....	134
Regulation anabolischer Prozesse.....	134
Attenuation.....	136
Regulation der Aktivität von Enzymen.....	136
Pasteur-Effekt.....	137
Regulation der Enzymaktivität durch chemische Modifikation.....	137
Beispiel Chemotaxis.....	137
13 Elektronentransport und chemiosmotische Energiekonservierung.....	141
Bilanz der Verarmung von Glucose.....	143
Prinzip des Elektronentransports.....	144
Komponenten der Atmungskette.....	146
Ablauf des Elektronentransports.....	146
Charakterisierung der Atmungskette.....	146
Chemiosmotische Energiekonservierung.....	148
Aufbau von chemiosmotischen Gradienten durch alternative Mechanismen.....	150
Chemiosmotische Gradienten in Bakterien, Mitochondrien, Chloroplasten.....	151
Energetische Bewertung des Protonen-Gradienten.....	152
ATP-Konservierung durch die membrangebundene ATPase.....	152
Energiebilanz von Atmung und chemiosmotischer ATP-Konservierung.....	154
14 Gärungen.....	157
Prinzip der Gärungen.....	157
Rolle von Pyruvat bei den Gärungen.....	159
Milchsäure-Gärung.....	159
Alkoholische Gärung.....	161
Pyruvat-Ferredoxin-Oxidoreduktase.....	162
Pyruvat-Formiat-Lyase.....	163
Buttersäure-Gärung.....	163
Propionsäure-Gärung.....	164
Gemischte Säure-Gärung.....	166
Vergärung von Substratgemischen.....	166
15 Anaerobe Atmungsprozesse.....	169
Nitrat-Reduktion.....	171
Denitrifikation.....	172
Dissimilatorische Nitrat-Ammonifikation.....	173
Sulfat-Reduktion.....	174
Biochemie und Energiekonservierung bei der Sulfat-Reduktion.....	177
Vergärung von anorganischen Schwefelverbindungen.....	178

Schwefel-Atmung.....	178
Anaerobe Atmung mit Metall-Ionen als Elektronenakzeptoren.....	179
Reduktion von Kohlendioxid.....	179
Carbonat-Atmung.....	181
Methanogenese.....	181
Biochemie der Kohlendioxid-Reduktion zu Methan.....	182
Methanogene Acetat-Spaltung.....	183
Homoacetat-Gärung.....	185
16 Lithotrophie - Verwertung anorganischer Elektronendonatoren.....	187
Lithotrophie und das Dogma der biologischen Unfehlbarkeit.....	187
Biochemie und Bnergiekonservierung aus lithotropen Prozessen.....	189
Autotrophie.....	190
Photosynthese..... /.....	190
Reaktionen der Photosynthese.....	192
Assimilatorischer Elektronentransport zur CO <sub>2</sub> -Fixierung.....	194
Besonderheiten der oxygenen Photosynthese.....	195
Nutzung von Lichtenergie durch Halobakterien.....	195
17 Mikrobielle Ökologie und Biogeochemie.....	197
Wechselbeziehungen in der mikrobiellen Ökologie.....	198
Konkurrenz um limitierende Ressourcen.....	198
Methoden der mikrobiellen Ökologie.....	200
Bestimmung von Anzahl und Biomasse.....	201
Analyse mikrobieller Lebensgemeinschaften.....	201
Messung mikrobieller Aktivitäten.....	203
Aktivitätsberechnung aus Gradienten.....	203
Kohlenstoff-Kreislauf.....	204
Effizienz der biogeochemischen Kreisläufe.....	206
Abbau organischer Substanz.....	207
Anaerober Abbau.....	208
Abbau der wichtigsten organischen Verbindungen.....	210
Xenobiotika.....	211
Stickstoff-Kreislauf.....	212
N <sub>2</sub> -Fixierung.....	213
Assimilation von Stickstoff.....	213
Nitrifikation, Denitrifikation und dissimilatorische Nitrat-Ammonifikation.....	214
Schwefel-Kreislauf.....	214
Kreisläufe von Metallen.....	216
Phosphor-Kreislauf.....	216
Marine Mikrobiologie.....	217
Beispiel Nordsee.....	218
Rolle der Bakterien im Nahrungsnetz der Wassersäule.....	219
Sedimentation.....	220

## XIV Inhaltsverzeichnis

Stoffkreisläufe im Sediment.....	220
Biosphäre in marinen Sedimenten.....	222
Mikrobenmatten.....	222
Süßwasser-Seen.....	223
Sommer Stagnation eines Sees.....	224
Wirkung von Phosphat auf die Sauerstoffkonzentration.....	225
Mikrobielle Ökologie des Bodens.....	225
Beispiel Wiese.....	226
Mikroflora tierischer Verdauungssysteme.....	227
Extremophile Bakterien - Standorte und Anpassungen.....	227
Stoffwechsel hyperthermophiler Prokaryoten.....	229
Leben an heißen Tiefseequellen.....	230
18 Wie das Leben angefangen haben könnte.....	235
Entstehung der Erde.....	235
Spurendes frühen Lebens.....	236
Urzeugung und primäre Biogenese.....	237
Uratmosfera der Erde.....	237
Molekulare Evolution.....	238
Gab es zuerst Proteine oder Nucleinsäuren?.....	238
Organische und anorganische Kohlenstoffquellen.....	239
Waren die ersten Lebewesen Viren oder Bakterien?.....	240
Ein plausibles Szenarium.....	240
Entwicklung größerer Organismen.....	241
19 Biotechnologie und Umweltmikrobiologie.....	243
Biotechnologie.....	243
Lebensmittelmikrobiologie.....	244
Industrielle Mikrobiologie.....	245
Herstellung und Klonierung gentechnisch veränderter Organismen.....	245
Produkte der industriellen Mikrobiologie.....	246
Mikrobielle Erzeugung.....	248
Umweltmikrobiologie.....	248
Bodensanierung.....	249
Behandlung von Abluft.....	250
Abwasserbehandlung.....	250
Schritte der Abwasserreinigung.....	252
Stickstoff-Eliminierung.....	253
Phosphat-Eliminierung.....	254
Bei der Abwasserbehandlung nicht entfernte Stoffe.....	254
Faulturm und Faulschlamm-Entsorgung.....	254
20 Humanpathogene Mikroben und Viren.....	257
Sind die Mikroben unsere Feinde?.....	257

Mikroflora des Menschen.....	258
Resistenz und Immunität.....	259
Infektionsverlauf.....	259
Bakterien-Ruhr.....	260
Lebensmittelvergiftung.....	261
Legionärskrankheit.....	262
HIV.....	262
Viroide und Prionen.....	263
Pathogene Pilze.....	264
Pathogene Protozoen.....	264
Behandlung von Infektionskrankheiten.....	264
21 Hundert Namen, die man kennen könnte.....	267
Empfohlene Lehrbücher.....	273
Weiter führende Literatur.....	273
Index.....	275