

# Auf einen Blick

---

<b>Einleitung</b> .....	<b>17</b>
<b>Teil I: Einführung in die Mikrobiologie</b> .....	<b>21</b>
<b>Kapitel 1:</b> Mensch und Mikrobiologie .....	23
<b>Kapitel 2:</b> Mikrobiologie: die neue Wissenschaft .....	27
<b>Kapitel 3:</b> Mikroorganismen: sind überall und können (fast) alles .....	37
<b>Teil II: Mikrobielles Leben unter der Lupe</b> .....	<b>45</b>
<b>Kapitel 4:</b> Grundlagen der Zellstruktur und Funktion .....	47
<b>Kapitel 5:</b> Einblick in den Stoffwechsel .....	63
<b>Kapitel 6:</b> Genetik der Mikroorganismen .....	81
<b>Kapitel 7:</b> Mikrobielles Wachstum messen .....	103
<b>Teil III: Die Evolution des Mikrokosmos</b> .....	<b>117</b>
<b>Kapitel 8:</b> Evolution der Mikroorganismen .....	119
<b>Kapitel 9:</b> Energiegewinnung und CO <sub>2</sub> -Fixierung .....	133
<b>Kapitel 10:</b> Gärung und Atmung im Vergleich .....	151
<b>Kapitel 11:</b> Mikrobielle Lebensräume .....	165
<b>Teil IV: Mikroben in Hülle und Fülle</b> .....	<b>185</b>
<b>Kapitel 12:</b> Die Prokaryoten im Überblick .....	187
<b>Kapitel 13:</b> Bühne frei für die Eukaryoten .....	203
<b>Kapitel 14:</b> Die Welt der Viren .....	221
<b>Teil V: Mikroorganismen und menschliche Gesundheit</b> .....	<b>237</b>
<b>Kapitel 15:</b> Mikroben als Krankheitserreger .....	239
<b>Kapitel 16:</b> Mikroben im Einsatz: die Biotechnologie .....	259
<b>Kapitel 17:</b> Der Kampf gegen Infektionserreger .....	279
<b>Teil VI: Neue Herausforderungen meistern</b> .....	<b>293</b>
<b>Kapitel 18:</b> Mikrobielle Ökosysteme im Fokus .....	295
<b>Kapitel 19:</b> Synthetische Biochemie .....	307
<b>Teil VII: Der Top Ten-Teil</b> .....	<b>317</b>
<b>Kapitel 20:</b> (Fast) zehn gefährliche Krankheiten durch Mikroben .....	319
<b>Kapitel 21:</b> Zehn wichtige Anwendungen für Mikroorganismen .....	325
<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	<b>331</b>



# Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung</b> .....	<b>17</b>
Über dieses Buch .....	17
Törichte Annahmen über den Leser .....	18
Symbole in diesem Buch .....	18
Wie Sie dieses Buch für sich nutzen können .....	19
<b>TEIL I</b>	
<b>EINFÜHRUNG IN DIE MIKROBIOLOGIE</b> .....	<b>21</b>
<b>Kapitel 1</b>	
<b>Mensch und Mikrobiologie</b> .....	<b>23</b>
Wozu brauchen wir die Mikrobiologie? .....	23
Ein Blick auf die Welt der Mikroorganismen .....	24
Mikrobiologie aus verschiedenen Blickwinkeln .....	25
<b>Kapitel 2</b>	
<b>Mikrobiologie: die neue Wissenschaft</b> .....	<b>27</b>
Aberglaube und Fehleinschätzungen .....	28
Die Entdeckung der Mikroben .....	28
Der Mythos der Urzeugung wurde entlarvt .....	29
Gesundheit durch Hygiene, Antibiotika und Impfungen .....	30
Andere wichtige Entdeckungen der Mikrobiologie .....	32
Die Zukunft der Mikrobiologie .....	32
Viel Raum nach oben .....	33
Neue Herausforderungen meistern .....	33
<b>Kapitel 3</b>	
<b>Mikroorganismen: sind überall und können (fast) alles</b> .....	<b>37</b>
Die Diversität mikrobieller Lebensräume .....	38
Die metabolische Vielfalt .....	40
Woher stammt die Energie? .....	40
Woher stammt der Kohlenstoff? .....	41
Enzymatische Vielfalt .....	41
Sekundärstoffwechsel .....	42
Wenn Wirt und Mikroorganismus aufeinandertreffen .....	42
<b>TEIL II</b>	
<b>MIKROBIELLES LEBEN UNTER DER LUPE</b> .....	<b>45</b>
<b>Kapitel 4</b>	
<b>Grundlagen der Zellstruktur und Funktion</b> .....	<b>47</b>
Zellform ist Ansichtssache .....	47
Leben im Mikromaßstab .....	48

## 10 Inhaltsverzeichnis

Die Zelle im Überblick . . . . .	50
Innere Membran, Zellwand und äußere Membran . . . . .	50
Struktur und Funktion der inneren Membran . . . . .	51
Die bakterielle Zellwand . . . . .	53
Die äußere Membran gramnegativer Zellen . . . . .	55
Die Zellwand der Archaeen . . . . .	56
Weitere wichtige Zellbestandteile . . . . .	56
Zellstrukturen der Prokaryoten . . . . .	56
Aus eins mach zwei: Zellteilung . . . . .	58
Transportsysteme: rein wie raus . . . . .	59
Passiver Transport: immer entlang des Gradienten . . . . .	59
Aktiver Transport: Energie ist gefragt . . . . .	60
Aufräumen ist angesagt: Effluxpumpen . . . . .	61
Wir kommen rum: Fortbewegung . . . . .	61

### Kapitel 5

#### **Einblick in den Stoffwechsel . . . . . 63**

Mit Enzymen läuft's schneller . . . . .	63
Ohne Energie kein Leben: Oxidation und Reduktion . . . . .	65
Fast wie Billard – Elektronenübertragung . . . . .	66
Deals mit energiereichen Verbindungen . . . . .	68
Wenn die Zeiten schlechter werden: Energiespeicher . . . . .	68
Kurz und klein im Katabolismus . . . . .	69
Nicht schwer zu verdauen – die Glykolyse . . . . .	70
Schritt für Schritt weiter: die Atmung . . . . .	71
Bewegung im Spiel: die protonenmotorische Kraft . . . . .	72
Es geht rund: der Citratzyklus . . . . .	74
Sehr aufbauend – der Anabolismus . . . . .	75
Die Synthese von Aminosäuren . . . . .	75
Die Synthese von Nukleinsäuren . . . . .	76
Zucker- und Polysaccharidsynthese . . . . .	76
Fettsäure- und Lipidsynthese . . . . .	78

### Kapitel 6

#### **Genetik der Mikroorganismen . . . . . 81**

Die Organisation des genetischen Materials . . . . .	81
Ein Kochbuch fürs Leben: die DNA . . . . .	82
Perfekt outgesourct: die Plasmide . . . . .	84
Aus eins mach zwei: DNA-Replikation . . . . .	84
Von der DNA zum Protein . . . . .	89
Transkription: Synthese der mRNA . . . . .	89
Transfer- und ribosomale RNAs . . . . .	90
Translation: Ein Protein entsteht . . . . .	90
Regulation von Proteinsynthese und Proteinaktivität . . . . .	95
Transkriptionsregulation . . . . .	95
Regulation auf der Ebene der Proteinaktivität . . . . .	97
Kein Fortschritt ohne Veränderung . . . . .	97
Nobody is perfect – die Punktmutationen . . . . .	98

Umbau ist angesagt – nicht immer zum Vorteil. ....	99
Transformation und Konjugation .....	100
Viren im Spiel: die Transduktion .....	101
Wenn Gene springen: die Transposition .....	101

**Kapitel 7**  
**Mikrobielles Wachstum messen ..... 103**

Optimale Wachstumsbedingungen identifizieren .....	103
Physikalische Anforderungen. ....	103
Mikroorganismen im Labor kultivieren. ....	106
Mikroorganismen im Blickfeld. ....	108
Zählen im Mikrobenmaßstab. ....	108
Ziemlich bunt: die Färbeverfahren .....	110
Zellteilungsrate und Zellzunahme beurteilen .....	112
Mal so, mal so: die Zellteilung .....	112
Aus eins mach viele: die Wachstumsphase .....	112
Hemmung des mikrobiellen Wachstums. ....	114
Physikalische Methoden zur Entkeimung. ....	114
Desinfektionsmittel .....	115

**TEIL III**  
**DIE EVOLUTION DES MIKROKOSMOS ..... 117**

**Kapitel 8**  
**Evolution der Mikroorganismen ..... 119**

Erste Organismen auf der Bühne des Lebens. ....	119
Der Ursprung des Lebens. ....	119
Diversifikation der frühen Prokaryoten .....	120
Der Einfluss von Prokaryoten auf die frühe Erde .....	121
Untermieter gesucht: die Endosymbiose .....	122
Was ist Evolution? .....	124
Das Evolutionsgeschehen untersuchen .....	126
Geeignete Markergene auswählen .....	127
Die Richtung des Gentransfers in Prokaryoten .....	128
Klassifikation und Taxonomie von Mikroorganismen .....	128
Weit verzweigt - der Baum des Lebens .....	130

**Kapitel 9**  
**Energiegewinnung und CO<sub>2</sub>-Fixierung ..... 133**

Die Selbstversorger: autotrophe Organismen .....	133
Fixierung von anorganischem Kohlenstoff. ....	134
Die Energie des Lichts nutzen .....	137
Lichternte mit Chlorophyllen und Bakteriochlorophyllen .....	138
Akzessorische Pigmente: Carotinoide und Phycobiline .....	141
Sauerstoff erzeugen oder nicht: oxygene und anoxygene Photosynthese. ....	141
Energie aus anorganischen Verbindungen: Chemolithotrophie .....	146
Wasserstoff nutzen .....	146
Elektronen aus dem Schwefel .....	147

## 12 Inhaltsverzeichnis

Starke Sache: Eisen pumpen .....	148
Nitrat- und Ammoniakoxidation .....	148

### **Kapitel 10 Gärung und Atmung im Vergleich..... 151**

Lebensstile der Reichen und Fakultativen .....	151
Ein Überblick zum Einstieg .....	153
Einmal tief durchatmen: die Respiration .....	155
Wie im Kreisverkehr: der Citratzyklus .....	156
Immer schön treppab: die Elektronentransportkette .....	157
Anaerobe Atmung .....	158
Nitrat und Denitrifikation .....	159
Sulfat- und Schwefelreduktion .....	160
Acetogenese und Methanogenese .....	160
Abbau von Kohlenwasserstoffen und anderen Verbindungen .....	160
Bunte Vielfalt: die Gärungstypen .....	161

### **Kapitel 11 Mikrobielle Lebensräume .....**

Was genau ist ein Habitat? .....	166
Nährstoffkreisläufe verstehen .....	167
Der Kohlenstoffkreislauf .....	167
Der Stickstoffkreislauf .....	169
Der Schwefelkreislauf .....	171
Phosphorkreisläufe im Ozean .....	172
Mikroorganismen in Interaktion .....	172
Kommunikation durch Quorum Sensing .....	173
Das Leben im Biofilm .....	173
Mikrobielle Matten .....	174
Mikroorganismen in aquatischen und terrestrischen Lebensräumen .....	175
Aquatische Mikroorganismen .....	175
Oxygene versus anoxygene Phototrophe .....	176
Der Boden lebt .....	176
Mit Pflanzen und Tieren auskommen .....	177
In Interaktion mit Pflanzen .....	178
Mikroorganismen in Tieren .....	179
Symbiosen mit Insekten .....	181
Symbiosen mit Meeresbewohnern .....	181
Leben unter extremen Bedingungen .....	182
Mikroorganismen an unerwarteten Orten .....	183

## **TEIL IV MIKROBEN IN HÜLLE UND FÜLLE .....**

### **Kapitel 12 Die Prokaryoten im Überblick .....**

Prokaryoten, Teil 1: Die Bakterien .....	188
Die gramnegativen Bakterien: Proteobakterien .....	188

Heterotrophe Lebensweise .....	190
Interessante Formen und Lebenszyklen .....	191
Weitere gramnegative Bakterien .....	193
Die grampositiven Bakterien .....	195
Prokaryoten, Teil 2: Die Archaeen .....	197
Manche mögen's (sehr) heiß: extrem thermophile Archaeen .....	199
Mehr als sauer: extrem acidophile Archaeen .....	200
Supersalzig: extreme Halophile .....	201
Mesophile Archaeen .....	202

**Kapitel 13**  
**Bühne frei für die Eukaryoten ..... 203**

Pilze .....	203
Mal so, mal so – die Physiologie der Pilze .....	204
Ein kleiner Eindruck von der Pilzvielfalt .....	206
Interaktion mit Pflanzenwurzeln .....	208
Die Ascomyceten (Schlauchpilze) .....	209
Die Basidiomyceten (Ständerpilze) .....	210
Prosperierende Vielfalt: die Protisten .....	211
Die Apicomplexa (Sporozoen) .....	211
Pflanzenpathogene Peronosporomyzeten (Eipilze) .....	213
Die Mikro-Jäger: Ciliaten und Amöben .....	214
Begegnung mit den Algen .....	216

**Kapitel 14**  
**Die Welt der Viren ..... 221**

Die Zelle fest im Griff der Viren .....	221
Sehr spartanisch: der Aufbau der Viren .....	221
Im Schnelldurchgang: die Replikation der Viren .....	223
Von Kopf bis Schwanz: Bakteriophagen .....	225
Die Viren der Eukaryoten .....	229
Viren, die tierische Zellen infizieren .....	229
Pflanzenviren auf der Spur .....	232
Viroide .....	233
Kein leichtes Opfer: wie Wirtszellen sich wehren .....	234
Restriktionsenzyme .....	234
Das CRISPR/Cas-System .....	235
Funkstille für RNA-Viren: RNAi .....	236

**TEIL V**  
**MIKROORGANISMEN UND MENSCHLICHE GESUNDHEIT ..... 237**

**Kapitel 15**  
**Mikroben als Krankheitserreger ..... 239**

Bollwerk gegen Pathogene: die Immunantwort .....	239
Infektionsbarrieren aufbauen .....	240
Gleich die rote Fahne hissen: Entzündungen .....	240
Erst mal die Stellung halten: die angeborene Immunantwort .....	241

## 14 Inhaltsverzeichnis

Das adaptive Immunsystem rückt aus . . . . .	242
Antikörper in Aktion . . . . .	244
Antimikrobielle therapeutische Wirkstoffe . . . . .	246
Grundlegende Eigenschaften der Antibiotika . . . . .	246
Ziele der Zerstörung . . . . .	248
Mechanismen der Antibiotikaresistenz . . . . .	249
Dringend gesucht: neue Antibiotika . . . . .	251
Fahnden nach den »Superbugs« . . . . .	252
Vancomycin-resistenten Enterokokken einen Schritt voraus sein . . . . .	253
Kampf gegen Methicillin-resistente Staphylococcus aureus . . . . .	253
Der Konkurrenz unterlegen: <i>Clostridioides difficile</i> . . . . .	255
Beta-Lactamasen mit erweitertem Spektrum . . . . .	255
Präbiotika und Probiotika . . . . .	256
Antivirale Medikamente . . . . .	257

## Kapitel 16

### **Mikroben im Einsatz: die Biotechnologie . . . . . 259**

Rekombinante DNA-Technologie . . . . .	259
Welche Gene suche ich? . . . . .	260
Warum Plasmide so nützlich sind . . . . .	263
Schneiden mit Restriktionsenzymen . . . . .	264
Mikroorganismen dazu bringen, DNA aufzunehmen . . . . .	266
Promotoren zur Expressionssteigerung . . . . .	268
Von der DNA zum Protein: Expressionsvektoren . . . . .	268
Origami mit Proteinen: die korrekte Faltung . . . . .	269
Wenn fremde Gene lästig sind . . . . .	270
Klonierung großer DNA-Konstrukte mit zahlreichen Genen . . . . .	271
Therapien besser, schneller und billiger machen . . . . .	273
Noch Raum nach oben: Antibiotika verbessern . . . . .	273
Impfstoffe entwickeln . . . . .	274
Mikroorganismen industriell nutzen . . . . .	274
Mikrobiell produzierte Pflanzenschutzmittel . . . . .	275
Mikrobiell produzierte Biokraftstoffe . . . . .	276
Bioleaching von Metallen . . . . .	276
Umweltschutz mit Mikroorganismen . . . . .	277

## Kapitel 17

### **Der Kampf gegen Infektionserreger . . . . . 279**

Gesundheitsschutz in der Gesellschaft: Epidemiologie . . . . .	279
Wer ist infiziert und warum? . . . . .	279
Ausbrüche untersuchen . . . . .	280
Wo steckt der Erreger? . . . . .	281
Der Weg von Wirt zu Wirt . . . . .	281
Den Ausbruch unter Kontrolle halten . . . . .	282
Diagnostik mikrobieller Pathogene . . . . .	283
Charakterisierung anhand der Morphologie . . . . .	283
Nachweis mit biochemischen Verfahren . . . . .	284
Diagnostik mit einer Phagentypisierung . . . . .	286

Mit Serologie punkten . . . . .	287
Sensitivität gegenüber Antibiotika testen. . . . .	288
Infektionserkrankungen eindämmen. . . . .	289
Wie Impfstoffe wirken . . . . .	290
Mehr oder weniger sicher: Arten von Impfstoffen . . . . .	291

**TEIL VI  
NEUE HERAUSFORDERUNGEN MEISTERN . . . . . 293**

**Kapitel 18  
Mikrobielle Ökosysteme im Fokus . . . . . 295**

Untersuchung mikrobieller Gemeinschaften . . . . .	295
Aus der Ökologie entlehnt . . . . .	295
Warum mikrobielle Gemeinschaften anders sind. . . . .	296
Methoden der mikrobiellen Ökologie. . . . .	296
Mit Anreicherung locken . . . . .	296
Fluoreszenzfarbstoffe in der Mikroskopie . . . . .	297
Messung der mikrobiellen Aktivität. . . . .	299
Artbestimmung mit Markergenen. . . . .	299
Es geht ans Eingemachte: Sequenzierung & Co. . . . .	300
Genomsequenzierung. . . . .	300
Vom Einzelgenom zum Metagenom . . . . .	302
Mikrobielle Transkriptome lesen. . . . .	303
Es geht noch weiter: Proteomik und Metabolomik. . . . .	304
Die (mikrobielle) Spitze des Eisbergs. . . . .	305

**Kapitel 19  
Synthetische Biochemie . . . . . 307**

Regulation der Genexpression: das <i>lac</i> -Operon . . . . .	308
Nicht ganz so dicht .... . . . .	309
Ein gutes System optimieren . . . . .	309
Genetische Netzwerke entwickeln . . . . .	312
Von einem Zustand in den anderen wechseln . . . . .	312
Oszillieren zwischen Zuständen. . . . .	313
Die Toolbox des synthetischen Biologen . . . . .	315
Module für den Eigenbau . . . . .	315
Teilnahme am iGEM-Wettbewerb . . . . .	315

**TEIL VII  
DER TOP TEN-TEIL . . . . . 317**

**Kapitel 20  
(Fast) zehn gefährliche Krankheiten durch Mikroben . . . . . 319**

Ebola . . . . .	320
Milzbrand . . . . .	320
Grippe . . . . .	321

## 16 Inhaltsverzeichnis

Tuberkulose .....	321
HIV .....	322
Cholera .....	322
Pocken .....	323
Primäre Amöben-Menigoenzephalitis .....	323
Neue Gefahren im Anmarsch .....	324

## Kapitel 21

### **Zehn wichtige Anwendungen für Mikroorganismen ..... 325**

Bereicherung des Speiseplans .....	325
Biodüngen mit Hülsenfrüchten .....	326
Bier, Wein und Schnaps produzieren .....	326
Insektenschädlinge töten .....	326
Reinigung und Klärung von Abwasser .....	327
Beitrag zur Medizin und Schönheit .....	327
Starthilfe für Ihr Aquarium .....	328
Biobasierte Kunststoffe .....	328
Kompostierbare Abfälle .....	329
Die Balance des Körpers erhalten .....	329

### **Stichwortverzeichnis ..... 331**