

# Inhalt

	<b>Eine neue Sicht auf das Phänomen Leben</b> . . . . .	XI
<b>1</b>	<b>Leben – was ist das?</b> . . . . .	1
	Wir kennen nur ein Beispiel für Leben. . . . .	1
	Eine Checkliste soll helfen, Leben zu erkennen. . . . .	3
	<b>Gratwanderungen und Grenzfälle stellen die Regeln auf die Probe</b> . . . . .	15
	Tiere können das Leben vorübergehend anhalten . . . . .	15
	Bakterien überstehen schlechte Zeiten in einer Rettungskapsel . . . . .	16
	Manche Viren stehen an der Grenze zum Leben . . . . .	17
<b>2</b>	<b>Leben ist konzentriert und verpackt</b> . . . . .	21
	<b>Leben muss konzentriert und beweglich sein.</b> . . . . .	21
	Wasser hat besondere Eigenschaften . . . . .	22
	Zufallsbewegungen verteilen Biomoleküle . . . . .	26
	<b>Lebewesen müssen verpackt sein</b> . . . . .	26
	Lipide haben zwei Gesichter. . . . .	26
	Lipide bilden spontan Schichten. . . . .	29
	Fettsäuren bestimmen die Beweglichkeit von Membranen . . . . .	32
	Membranen schaffen Funktionsräume. . . . .	33
<b>3</b>	<b>Leben ist geformt und geschützt</b> . . . . .	41
	<b>Proteine sind die Universalwerkzeuge der Zelle.</b> . . . . .	41
	Seitenketten geben Aminosäuren Vielfalt . . . . .	41
	Trotz starrer Bindungen sind Peptidketten flexibel . . . . .	47
	Proteine sind auf vier Ebenen strukturiert . . . . .	48
	<b>Zellen werden von inneren Skeletten gestützt</b> . . . . .	52
	Mikrofilamente machen die Membran zäher . . . . .	53
	Intermediärfilamente sorgen für Zugfestigkeit . . . . .	56
	Mikrotubuli fangen Druck auf und sind Transportwege. . . . .	56
	<b>Ein erhöhter Innendruck gibt Zellen Form.</b> . . . . .	58
	Membranen lassen selektiv Wasser durch . . . . .	58
	Eingeströmtes Wasser drückt von innen auf die Membran . . . . .	59
	<b>Das Baumaterial für Zellwände sind Kohlenhydrate</b> . . . . .	62
	Die räumliche Anordnung macht Monosaccharide vielfältig . . . . .	63
	Zwei Monosaccharide können unterschiedliche Disaccharide ergeben . . . . .	65
	Polysaccharide können geradlinig oder verzweigt sein . . . . .	66

	Saccharide sind oft mit anderen Verbindungen verknüpft . . . . .	67
	<b>Cellulose ist der Hauptbestandteil pflanzlicher Zellwände</b> . . . . .	68
	<b>Kapseln und Schleime schaffen eine kontrollierte Umgebung</b> . . . . .	70
<b>4</b>	<b>Leben tauscht aus</b> . . . . .	75
	<b>Zellen transportieren selektiv Stoffe durch ihre Membranen</b> . . . . .	76
	<b>Konzentrationsgefälle sorgen für einen Nettofluss</b> . . . . .	77
	Kleine neutrale Moleküle diffundieren ohne Hilfe durch Membranen . . . . .	78
	Hilfsproteine in der Membran erleichtern die Diffusion. . . . .	79
	Kanäle bieten Schlupflöcher für passende Teilchen . . . . .	81
	Transportproteine binden ihre Passagiere . . . . .	86
	<b>Aktiver Transport wirkt gegen Konzentrationsgradienten</b> . . . . .	86
	Primärer Transport baut Gradienten auf . . . . .	88
	Sekundärer Transport trickst einen Gradienten aus . . . . .	91
	<b>Transportvesikel und Membranen gehen ineinander über</b> . . . . .	92
	Die Endocytose schluckt wahllos oder sehr gezielt. . . . .	92
	Exocytose räumt auf, kippt aus und liefert nach . . . . .	94
	Transcytose ist zellulärer Durchgangsverkehr . . . . .	95
	<b>Zellen tauschen sich mit ihren Nachbarn im Gewebe aus</b> . . . . .	96
	Tight Junctions und Desmosomen halten Zellen zusammen . . . . .	97
	Gap Junctions und Plasmodesmen sind Kanäle zwischen den Zellen . . . . .	98
<b>5</b>	<b>Leben transportiert</b> . . . . .	103
	<b>Diffusion reicht nur für kleine Moleküle.</b> . . . . .	103
	<b>Das Cytoskelett dient als Schienensystem für Motorproteine</b> . . . . .	104
	Kinesin und Dynein laufen in entgegengesetzte Richtungen . . . . .	105
	Myosin und Actin stellen ein zweites System . . . . .	107
	<b>Signalsequenzen wirken als Adressaufkleber.</b> . . . . .	108
	<b>Vesikel übernehmen den Massentransport von Proteinen</b> . . . . .	111
	<b>Tiere und Pflanzen setzen auf Druck und Sog.</b> . . . . .	112
	Herzen sind der zentrale Antrieb beim Kreislauf . . . . .	112
	Pflanzen haben zwei getrennte Leitungssysteme. . . . .	112
<b>6</b>	<b>Leben wandelt um</b> . . . . .	117
	<b>Der Metabolismus ist ein Netz zahlreicher Abbau- und Aufbauvorgänge</b> . . . . .	117
	<b>Enzyme erleichtern biochemische Reaktionen</b> . . . . .	119
	Reaktionen werden durch die Aktivierungsenergie gehemmt. . . . .	119
	Enzyme wirken doppelt . . . . .	120
	Die Namen der Enzyme verraten ihre Funktionen . . . . .	123
	Manche Enzyme nutzen Hilfsmoleküle . . . . .	124
	<b>Im Katabolismus gibt es vier Typen von Reaktionen</b> . . . . .	125
	<b>Glucose wird in drei Reaktionsblöcken abgebaut.</b> . . . . .	125
	Die Glykolyse knackt Glucose auf . . . . .	127
	Pyruvat wird in Mitochondrien oxidiert. . . . .	130
	Der Citratzyklus oxidiert Kohlenstoffverbindungen bis zum Kohlendioxid. . . . .	131
	Beim Glucoseabbau entsteht ein Überschuss an Redoxäquivalenten . . . . .	133
	<b>Andere Abbauewege fließen in den Glucosestoffwechsel ein</b> . . . . .	134
	<b>Der Anabolismus baut komplexe Moleküle auf</b> . . . . .	135
	Die Gluconeogenese startet mit Pyruvat . . . . .	135
	Pflanzen und Mikroorganismen fixieren Kohlenstoff aus der Luft. . . . .	138
	Der Citratzyklus ist eine zentrale Drehscheibe des Stoffwechsels . . . . .	140
	<b>Die Aktivität von Enzymen ist streng reguliert</b> . . . . .	141

	Es gibt langsam und schnell arbeitende Enzyme . . . . .	142
	Enzyme können gehemmt und aktiviert werden . . . . .	144
	Der Glucosekatabolismus wird an mehreren Stellen reguliert . . . . .	146
<b>7</b>	<b>Leben ist energiegeladen . . . . .</b>	<b>153</b>
	<b>Lichtenergie treibt die gesamte Photosynthese an . . . . .</b>	<b>154</b>
	Die Komplexe der Photosynthese befinden sich in den internen Membranen der Chloroplasten . . . . .	155
	Chlorophyll fängt das Sonnenlicht ein . . . . .	156
	Farbmoleküle reichen die Energie weiter, und das Reaktionszentrum gibt ein Elektron ab . . . . .	157
	Elektronen wandern vom Wasser zum NADP <sup>+</sup> . . . . .	159
	Der Fluss von Elektronen und Protonen baut einen elektrochemischen Gradienten auf . . . . .	163
	Bei der Photophosphorylierung treiben Protonen die Synthese von ATP an. . . . .	163
	Der zyklische Elektronentransport sorgt für ausgeglichene Verhältnisse . . . . .	165
	<b>Der chemische Abbau von Nährstoffen liefert Energie . . . . .</b>	<b>167</b>
	Die oxidative Phosphorylierung ähnelt der Elektronentransportkette der Photosynthese . . . . .	167
	Die Atmungskette hat zwei Einstiegspunkte für Elektronen . . . . .	168
	Die Atmungskette liefert beim Glucoseabbau am meisten ATP . . . . .	170
<b>8</b>	<b>Leben sammelt Informationen . . . . .</b>	<b>175</b>
	<b>Informationen werden in drei Schritten verarbeitet . . . . .</b>	<b>175</b>
	<b>Chemische Signale lösen in Zellen Reaktionskaskaden aus . . . . .</b>	<b>176</b>
	Zellen besitzen im Wesentlichen vier Typen von Signalrezeptoren . . . . .	178
	Verschiedene Wege geben das Signal in der Zelle weiter. . . . .	180
	Die Zellantwort auf ein Signal kann unterschiedlich schnell und dauerhaft sein . . . . .	184
	<b>Nerven reagieren schnell und bilden komplexe Verarbeitungszentralen . . . . .</b>	<b>185</b>
	Das Auge ist ein optisches Meisterwerk mit Konstruktionsmängeln . . . . .	185
	Die Moleküle des Sehens heißen Rhodopsin und Photopsin . . . . .	189
	Nervenzellen stehen unter Spannung . . . . .	191
	Axone sind die ausgehenden Kommunikationskanäle von Nervenzellen . . . . .	194
	Neurotransmitter übertragen das Signal zur nächsten Zelle . . . . .	196
	Nervenzellen entscheiden rechnerisch über ihre Reaktion auf eingehende Signale. . . . .	197
	Das periphere Nervensystem übernimmt eine Vorverarbeitung der Signale . . . . .	198
	Der Thalamus kontrolliert, was wir zu sehen bekommen . . . . .	199
	<b>Die Sinne sammeln eine Vielzahl unterschiedlicher Informationen . . . . .</b>	<b>202</b>
	Mechanorezeptoren reagieren auf Verformungen . . . . .	202
	Temperatursensoren schützen vor Überhitzung . . . . .	205
	Elektrische Sinne verraten die Beute. . . . .	205
	Magnetsinne helfen bei der Orientierung . . . . .	207
<b>9</b>	<b>Leben schreitet voran . . . . .</b>	<b>211</b>
	<b>Bakterien haben einen rotierenden Flagellenmotor. . . . .</b>	<b>211</b>
	<b>Eukaryoten schlagen mit aktiven Geißeln und Cilien . . . . .</b>	<b>214</b>
	<b>Actin und Myosin sind die Akteure vieler Bewegungen. . . . .</b>	<b>216</b>
	Zellen ohne feste Form gleiten amöboid . . . . .	216
	Muskeln sorgen für kräftige Bewegungen . . . . .	217
	Skelette sind der Ansatzpunkt für die Kraft . . . . .	219
	Quallen und Kopffüßer schießen mit dem Rückstoßprinzip durchs Wasser . . . . .	220
	Regenwürmer ändern gezielt ihren Durchmesser . . . . .	221
	Wer auf Beinen geht, vermindert den Reibungswiderstand. . . . .	221
	Tiere verzichten (fast) auf rollende Räder . . . . .	226
	Fliegen und Schwimmen sind Spiele mit Strömung und Auftrieb . . . . .	226

<b>10</b>	<b>Leben greift an und verteidigt sich</b> . . . . .	231
	<b>Die Dramen auf Leben und Tod haben meist drei Akte</b> . . . . .	231
	<b>Krankheitserreger gehen im Körper ihrer Wirte auf Jagd</b> . . . . .	233
	Viren erkennen Oberflächenproteine der Zielzelle . . . . .	234
	Viren, Bakterien, Einzeller und kleine Vielzeller infizieren Wirtsorganismen. . . . .	235
	<b>Die Immunabwehr kämpft auf vielfältige Weise gegen Infektionen</b> . . . . .	238
	Mechanische und chemische Barrieren verwehren den Zugang . . . . .	241
	Oberflächen machen den Unterschied zwischen „selbst“ und „fremd“ aus . . . . .	241
	Nur Immunzellen, die den eigenen Körper schonen, überstehen die Auswahl . . . . .	244
	Wer den Eindringling entdeckt, schlägt Alarm . . . . .	247
	Mit Zellen und Molekülen geht das Immunsystem zum Gegenangriff über . . . . .	248
	Das Immunsystem kann außer Kontrolle geraten . . . . .	255
	<b>Pflanzen wehren sich mechanisch und chemisch</b> . . . . .	255
	Pflanzen begrenzen Infektionen . . . . .	256
	Signalmoleküle warnen entfernte Pflanzenteile und Nachbarn . . . . .	258
	Herbivoren werden mit den gleichen Prinzipien abgewehrt wie Pathogene . . . . .	258
	<b>Beutetiere kämpfen mit raffinierten Tricks ums Überleben</b> . . . . .	262
	Sinne lassen sich täuschen . . . . .	262
	Eine Beute zu sehen, ist leichter, als sie zu erlegen . . . . .	264
	<b>Die Populationen von Räuber und Beute hängen voneinander ab</b> . . . . .	266
<b>11</b>	<b>Leben speichert Wissen</b> . . . . .	271
	<b>Nucleinsäuren bilden Ketten, Helices und Chromosomen</b> . . . . .	272
	DNA ist ein doppelter Molekülstrang. . . . .	273
	Die DNA ist in der Zelle dicht gepackt . . . . .	275
	<b>Gene bestimmen den Bau von Proteinen</b> . . . . .	277
	<b>Die Zelle erstellt Arbeitskopien der Baupläne</b> . . . . .	278
	Bakterien achten bei der Transkription auf Effizienz . . . . .	280
	Unterschiedliche Zelltypen und deren Entwicklung verlangen bei Eukaryoten eine genaue Kontrolle der Gene . . . . .	281
	Eukaryoten gestalten die RNA nach der Transkription um . . . . .	284
	<b>Proteine wachsen genau nach Plan</b> . . . . .	287
	Der genetische Code hat vier Buchstaben . . . . .	287
	Transfer-RNAs sind das Bindeglied zwischen Nucleotiden und Aminosäuren . . . . .	288
	Ribosomen sind universelle Proteinfabriken . . . . .	289
	Proteine wachsen schrittweise heran . . . . .	290
	Nach der Translation erhalten Proteine den Feinschliff. . . . .	292
	<b>Der Genotyp bestimmt weitgehend den Phänotyp</b> . . . . .	294
	<b>Die DNA wird in der Replikation verdoppelt</b> . . . . .	296
	DNA-Polymerasen verdoppeln beide DNA-Stränge . . . . .	296
	Die Zelle korrigiert Fehler . . . . .	299
	<b>Mutationen verändern Gene und Proteine</b> . . . . .	301
	<b>Gentechnik greift gezielt ins Erbgut ein</b> . . . . .	305
	Zielsequenzen werden aus dem DNA-Strang geschnitten . . . . .	305
	Vektoren bringen Fremd-DNA in die Zelle . . . . .	306
	Marker verraten den Erfolg . . . . .	307
	Gentechnik ist in vielen Bereichen zu finden . . . . .	307
<b>12</b>	<b>Leben pflanzt sich fort</b> . . . . .	311
	<b>Aus eins werden zwei</b> . . . . .	312
	Teilungsbereite Zellen durchlaufen einen Zyklus . . . . .	312
	In der Mitose werden die Chromatiden voneinander getrennt . . . . .	314

Während der Cytokinese teilt sich die Zelle . . . . .	316
<b>Bakterien haben zaghafte Vorformen von Sex</b> . . . . .	316
Transformation ist eine Art von zellulärer Leichenfledderei. . . . .	317
Bei der Transduktion sind Viren unfreiwillige Helfer . . . . .	318
Die Konjugation kennt fast schon bakterielle Geschlechter . . . . .	319
<b>Geschlechtliche Fortpflanzung bringt doppelte Erbschaft</b> . . . . .	321
Die Meiose mischt und halbiert das Erbgut . . . . .	321
Begattung und Befruchtung spiegeln sich im Verhalten wider . . . . .	323
Mit der Befruchtung beginnt das Individuum. . . . .	327
<b>Es geht auch ohne Partner</b> . . . . .	329
<b>Gene oder Umwelt legen das Geschlecht fest.</b> . . . . .	333
Oft haben die Chromosomen das Sagen . . . . .	333
Manchmal entscheiden die Umstände . . . . .	334
<b>13 Leben entwickelt sich</b> . . . . .	339
<b>Entwicklung ist ein zeitlich abgestimmtes Aktivieren von Genen</b> . . . . .	339
Zellen vermehren sich durch Mitosen . . . . .	339
Für die Differenzierung schalten chemische Signalstoffe Gene an und ab . . . . .	340
Bei der Morphogenese werden mit Signalgradienten Positionen und Achsen festgelegt . . . . .	342
<b>Tiere bilden Haufen mit wandernden Zellen.</b> . . . . .	346
Die Eizelle bringt fast alles für den Start mit . . . . .	346
Furchungen machen aus der Eizelle kugelige Zellhaufen . . . . .	348
Drei Keimblätter sind Ursprung aller Gewebe . . . . .	349
Die Organe separieren sich von ihrer Umgebung. . . . .	350
<b>Bei Pflanzen müssen die Zellwände mitwachsen</b> . . . . .	352
Pflanzen legen eine Pause ein . . . . .	354
Keimung bricht die Samenruhe . . . . .	356
Phytohormone steuern das Wachstum der Pflanze. . . . .	357
<b>14 Leben breitet sich aus</b> . . . . .	361
<b>Lebewesen passen sich an.</b> . . . . .	361
Die ökologischen Potenzen bestimmen die Größe der Nische . . . . .	361
Umweltfaktoren gestalten sehr unterschiedliche Lebensräume . . . . .	363
<b>Neue Umgebungen fordern neue Lösungen.</b> . . . . .	368
Variabilität bietet Auswahl für neue Herausforderungen . . . . .	369
Mit der Population verändert sich der Genpool . . . . .	371
Trennung schafft neue Arten. . . . .	372
Stammbäume zeigen Verwandtschaftsverhältnisse an . . . . .	374
<b>Abbildungsnachweis</b> . . . . .	379
<b>Index</b> . . . . .	383