

# 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 Abbauwege 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 Leben ist energiegeladen</b> . . . . .	153
<b>Lichtenergie treibt die gesamte Photosynthese an</b> . . . . .	154
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> . . . . .	167
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 Leben sammelt Informationen</b> . . . . .	175
<b>Informationen werden in drei Schritten verarbeitet</b> . . . . .	175
<b>Chemische Signale lösen in Zellen Reaktionskaskaden aus</b> . . . . .	176
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> . . . . .	185
Das Auge ist ein optisches Meisterwerk mit Konstruktionsmängeln . . . . .	185
Die Moleküle des Sehens heißen Rhodopsin und Photopsin . . . . .	187
Nervenzellen stehen unter Spannung . . . . .	189
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 . . . . .	199
Der Thalamus kontrolliert, was wir zu sehen bekommen . . . . .	200
<b>Die Sinne sammeln eine Vielzahl unterschiedlicher Informationen</b> . . . . .	201
Mechanorezeptoren reagieren auf Verformungen . . . . .	201
Temperatursensoren schützen vor Überhitzung . . . . .	204
Elektrische Sinne verraten die Beute. . . . .	204
Magnetsinne helfen bei der Orientierung . . . . .	206
<b>9 Leben schreitet voran</b> . . . . .	211
<b>Bakterien haben einen rotierenden Flagellenmotor.</b> . . . .	211
<b>Eukaryoten schlagen mit aktiven Geißeln und Cilien</b> . . . . .	214
<b>Actin und Myosin sind die Akteure vieler Bewegungen.</b> . . . .	216
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
	Dichte Packungen schalten große Abschnitte von Chromosomen ab . . . . .	282
	Methylierte DNA unterdrückt die Transkription. . . . .	283
	Regulationssequenzen steuern die Aktivität der Gene aus der Ferne . . . . .	284
	RNA-Interferenz schaltet Gene nach der Transkription ab . . . . .	285
	Eukaryoten gestalten die RNA nach der Transkription um . . . . .	287
	<b>Proteine wachsen genau nach Plan</b> . . . . .	289
	Der genetische Code hat vier Buchstaben . . . . .	289
	Transfer-RNAs sind das Bindeglied zwischen Nucleotiden und Aminosäuren . . . . .	290
	Ribosomen sind universelle Proteinfabriken . . . . .	291
	Proteine wachsen schrittweise heran . . . . .	292
	Nach der Translation erhalten Proteine den Feinschliff. . . . .	295
	<b>Der Genotyp bestimmt weitgehend den Phänotyp</b> . . . . .	296
	<b>Die DNA wird in der Replikation verdoppelt</b> . . . . .	298
	DNA-Polymerasen verdoppeln beide DNA-Stränge . . . . .	298
	Die Zelle korrigiert Fehler . . . . .	302
	<b>Mutationen verändern Gene und Proteine</b> . . . . .	303
	<b>Gentechnik greift gezielt ins Erbgut ein</b> . . . . .	307
	Zielsequenzen werden aus dem DNA-Strang geschnitten . . . . .	308
	Vektoren bringen Fremd-DNA in die Zelle . . . . .	309
	Marker verraten den Erfolg . . . . .	309
	Gentechnik ist in vielen Bereichen zu finden . . . . .	310

<b>12</b>	<b>Leben pflanzt sich fort</b>	<b>315</b>
	<b>Aus eins werden zwei</b>	<b>316</b>
	Teilungsbereite Zellen durchlaufen einen Zyklus	316
	In der Mitose werden die Chromatiden voneinander getrennt	318
	Während der Cytokinese teilt sich die Zelle	320
	<b>Bakterien haben zaghafte Vorformen von Sex</b>	<b>320</b>
	Transformation ist eine Art von zellulärer Leichenfledderei	321
	Bei der Transduktion sind Viren unfreiwillige Helfer	322
	Die Konjugation kennt fast schon bakterielle Geschlechter	323
	<b>Geschlechtliche Fortpflanzung bringt doppelte Erbschaft</b>	<b>325</b>
	Die Meiose mischt und halbiert das Erbgut	325
	Begattung und Befruchtung spiegeln sich im Verhalten wider	327
	Mit der Befruchtung beginnt das Individuum	331
	<b>Es geht auch ohne Partner</b>	<b>333</b>
	<b>Gene oder Umwelt legen das Geschlecht fest</b>	<b>337</b>
	Oft haben die Chromosomen das Sagen	337
	Manchmal entscheiden die Umstände	338
<b>13</b>	<b>Leben entwickelt sich</b>	<b>343</b>
	<b>Entwicklung ist ein zeitlich abgestimmtes Aktivieren von Genen</b>	<b>343</b>
	Zellen vermehren sich durch Mitosen	343
	Für die Differenzierung schalten chemische Signalstoffe Gene an und ab	344
	Bei der Morphogenese werden mit Signalgradienten Positionen und Achsen festgelegt	348
	<b>Tiere bilden Haufen mit wandernden Zellen</b>	<b>350</b>
	Die Eizelle bringt fast alles für den Start mit	351
	Furchungen machen aus der Eizelle kugelige Zellhaufen	352
	Drei Keimblätter sind Ursprung aller Gewebe	354
	Die Organe separieren sich von ihrer Umgebung	355
	<b>Bei Pflanzen müssen die Zellwände mitwachsen</b>	<b>356</b>
	Pflanzen legen eine Pause ein	359
	Keimung bricht die Samenruhe	360
	Phytohormone steuern das Wachstum der Pflanze	361
<b>14</b>	<b>Leben breitet sich aus</b>	<b>365</b>
	<b>Lebewesen passen sich an</b>	<b>365</b>
	Die ökologischen Potenzen bestimmen die Größe der Nische	365
	Umweltfaktoren gestalten sehr unterschiedliche Lebensräume	367
	<b>Neue Umgebungen fordern neue Lösungen</b>	<b>372</b>
	Variabilität bietet Auswahl für neue Herausforderungen	373
	Mit der Population verändert sich der Genpool	375
	Trennung schafft neue Arten	376
	Stammbäume zeigen Verwandtschaftsverhältnisse an	378
	<b>Abbildungsnachweis</b>	<b>383</b>
	<b>Index</b>	<b>387</b>