

Inhalt

Liste Online-Links	11
Das Buch zum Lernen nutzen	12
Biologie — eine Einführung	14

Zellen

18

1

Die Makromoleküle des Lebens

21

1.1 Die Primärstruktur eines Proteins legt alle seine Eigenschaften fest	22
1.2 Die Polarität des Wassermoleküls ist eine Voraussetzung für irdisches Leben	25
1.3 Die Funktion eines Proteins hängt von seiner räumlichen Gestalt ab	26
1.4 Die Makromoleküle des Lebens basieren auf dem Element Kohlenstoff	29
1.5 Kohlenhydrate dienen als Energiespeicher, Baumaterial und Etiketten	31
1.6 Die Erbsubstanz DNA besteht aus nur vier verschiedenen Bausteinen	32
1.7 Lipide sind unpolar und stoßen Wasser ab	33

2

Die Zelle — Grundeinheit des Lebens

35

2.1 Mikroskope machen Zellen und deren Bestandteile sichtbar	36
2.2 Procyten sind klein und effizient	38
2.3 Eucyten verfügen über eine Vielfalt an Organellen für Spezialaufgaben	40
2.4 Der Zellkern ist die genetische Steuerzentrale der Zellaktivität	42
2.5 Im Cytoplasma laufen viele lebensnotwendige Reaktionen ab	44
2.6 Das Endomembransystem produziert, verpackt, verschickt und recycelt	45
2.7 Zellen werden durch eine Zellwand oder ein Cytoskelett stabilisiert	47
2.8 Die Mitose teilt Zellkerne von Eucyten in identische Tochterkerne	48

3

Biomembranen und Transportvorgänge

51

3.1 Biomembranen sind ein flüssiges Mosaik aus Lipiden und Proteinen	52
3.2 Proteine und Kohlenhydrate machen Zellen von außen erkennbar	55
3.3 Substanzen diffundieren entlang einem Konzentrationsgefälle durch die Membran	56
3.4 Durch Osmose können Zellen Wasser aufnehmen oder abgeben	58
3.5 Kanal- und Transportproteine erleichtern die Diffusion durch Membranen	60
3.6 Der Transport gegen ein Konzentrationsgefälle kostet Energie	62
3.7 Makromoleküle oder größere Partikel können selektiv durch Membranen aus- und eingeschleust werden	64

4

Energie und Enzyme

65

4.1 Lebewesen benötigen Energie, um leben zu können	66
4.2 Die Änderung der freien Energie ist ein Maß dafür, ob eine chemische Reaktion von selbst ablaufen kann	68
4.3 Enzyme beschleunigen chemische Reaktionen, indem sie Energiebarrieren senken	69
4.4 Fast jede chemische Reaktion in der Zelle wird von einem spezifischen Enzym katalysiert	71
4.5 Die Geschwindigkeit einer Enzymreaktion hängt von der Substratkonzentration ab	72
4.6 pH-Wert und Temperatur beeinflussen die Enzymaktivität	74
4.7 Enzyme werden durch andere Moleküle reguliert	76

Stoffwechsel 78

5 Stoff- und Energieaustausch bei Tieren 81

- 5.1 Die Konstanz des inneren Milieus ist für unsere Zellen lebenswichtig82
- 5.2 Der Energiebedarf großer Tiere ist relativ niedrig84
- 5.3 Tiere müssen sich Energie in Form von Nährstoffen und Wärme zuführen86
- 5.4 Verdauung zerlegt Makromoleküle in wasserlösliche Bausteine88
- 5.5 Energiereserven können im Körper gespeichert werden90
- 5.6 Ein Kreislaufsystem ermöglicht allen Zellen und Organen den Stoffaustausch93
- 5.7 Der Gasaustausch liefert Sauerstoff für die Zellatmung und beseitigt Kohlenstoffdioxid96
- 5.8 Die Niere filtriert Blut und holt aus dem Filtrat alles Nötige zurück100
- 5.9 Ein Muskel verkürzt sich, indem Proteinfilamente aneinander entlanggleiten103

6 Zellatmung — Energie aus Nährstoffen 105

- 6.1 Die Zellatmung stellt chemische Energie bereit106
- 6.2 Glucose wird im Cytoplasma zu Pyruvat abgebaut107
- 6.3 In den Mitochondrien wird Pyruvat zu Kohlenstoffdioxid oxidiert109
- 6.4 Die Atmungskette der Mitochondrien nutzt die Oxidationsenergie zur ATP-Bildung110
- 6.5 Gärung liefert auch bei Sauerstoffmangel Energie113
- 6.6 Der Citratzyklus ist die zentrale Drehscheibe des Stoffwechsels114
- 6.7 Die Zellatmung wird durch Rückkopplung fein reguliert115

7 Stoff- und Energieumwandlung bei Pflanzen 117

- 7.1 Pflanzen beziehen ihre Stoffwechselenergie aus dem Sonnenlicht118
- 7.2 Blätter haben für die Lichtabsorption und den Gasaustausch eine große Oberfläche120
- 7.3 Schließzellen sorgen für einen optimalen Kompromiss zwischen Gasaustausch und Transpiration122
- 7.4 Licht, CO₂-Gehalt der Luft und Temperatur beeinflussen die Fotosyntheseleistung der Pflanzen124
- 7.5 Mineralstoffe und Assimilate werden in Wasser gelöst durch unterschiedliche Leitungsbahnen transportiert126
- 7.6 Viele Mineralstoffe sind für Pflanzen essenziell128
- 7.7 Auch Pflanzen müssen atmen130

8 Fotosynthese — Solarenergie für das Leben 131

- 8.1 Die Fotosynthese ist die Umkehrung von Verbrennung und Zellatmung132
- 8.2 Die Fotosynthesefarbstoffe fangen blaues und rotes Licht ein133
- 8.3 Die Fotosynthesefarbstoffe sind an Membranproteine gebunden135
- 8.4 Der lichtabhängige Elektronentransport ermöglicht die Synthese von ATP136
- 8.5 In den lichtunabhängigen Reaktionen wird aus sechs CO₂-Molekülen ein Zuckermolekül aufgebaut139
- 8.6 Manche Bakterien können auch ganz ohne Licht oder organische Nährstoffe leben142

Genetik 144

9 DNA — Träger der Erbinformationen 147

- 9.1 Erbinformationen werden als Nucleinsäuren weitergegeben148
- 9.2 Im DNA-Molekül bilden zwei Nucleotidstränge eine Doppelhelix150
- 9.3 Die DNA wird im Verlauf des Zellzyklus abgelesen, verdoppelt und verteilt152
- 9.4 Die DNA wird durch komplementäre Ergänzung der Einzelstränge kopiert152
- 9.5 In der Eucyte wird die DNA mit Proteinen zu Chromosomen verpackt156
- 9.6 In der Procyte ist die DNA ringförmig, histonfrei und ohne Kernhülle157

10 Genetischer Code und Proteinbiosynthese 159

- 10.1 Eine Dreiergruppe der DNA-Basen A, T, G, C verschlüsselt eine Aminosäure160
- 10.2 Bei der Transkription wird ein DNA-Abschnitt in RNA umgeschrieben162
- 10.3 Bei der Translation wird die Basensequenz in die Aminosäuresequenz übersetzt164
- 10.4 Eukaryotische mRNA wird noch im Kern zerschnitten und neu zusammengefügt166
- 10.5 Durch Genregulation hat jede Zelle eine typische Proteinausstattung168
- 10.6 Viren nutzen den Proteinsyntheseapparat ihrer Wirtszelle171
- 10.7 Eukaryotische DNA enthält zu einem großen Teil nicht codierende Sequenzen173
- 10.8 Ein Gen ist ein DNA-Abschnitt, der für eine RNA codiert174
- 10.9 Der Erbinformationsfluss läuft nicht immer in Richtung DNA → RNA → Protein175

11 Neukombination von Genen bei der Fortpflanzung 177

- 11.1 Bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung entstehen genetische Kopien178
- 11.2 Meiose und Befruchtung kennzeichnen die geschlechtliche Fortpflanzung180
- 11.3 Die Rekombination von Genen führt zur Variabilität innerhalb der Art183
- 11.4 Vererbungsregeln beschreiben Merkmalsverteilungen in den Generationen184
- 11.5 Nicht alle Gene werden unabhängig voneinander vererbt187
- 11.6 Prokaryoten kennen keine Meiose, aber andere Wege der Rekombination189

12 Gene und Merkmalsbildung 191

- 12.1 Merkmale werden durch Gene und Umwelteinflüsse bestimmt192
- 12.2 Bestimmte Merkmale lassen sich auf ein einziges Gen zurückführen194
- 12.3 Vielen einzelnen Merkmalen liegen mehrere Gene zugrunde195
- 12.4 Genmutationen können Struktur und Funktion von Proteinen verändern196
- 12.5 Chromosomenmutationen haben unterschiedliche Folgen198
- 12.6 Viele Genommutationen wirken sich auf Stoffwechselrate und Meiose aus200
- 12.7 Bewegliche DNA-Abschnitte verändern ihre Position im Genom201

13 Entwicklungsgenetik 203

- 13.1 Zellen entwickeln sich zu unterschiedlichen Zell- und Gewebetypen204
- 13.2 Mütterliche Faktoren steuern die ersten Entwicklungsschritte des Embryos206
- 13.3 Die Zellentwicklung wird durch benachbarte Zellen und Signalstoffe beeinflusst207
- 13.4 Stammzellen behalten ihre Teilungs- und Differenzierungsfähigkeit209
- 13.5 Auch der Zelltod wird durch Gene gesteuert210
- 13.6 Krebs entsteht durch die Anhäufung von DNA-Fehlern in Körperzellen211

14 Anwendungen und Methoden der Gentechnik 213

14.1 Durch die Übertragung fremder Gene werden Arten gezielt verändert 214
 14.2 DNA-Spuren lassen sich eindeutig einer Person zuordnen 216
 14.3 Vergleichende Genomanalysen belegen die Verwandtschaft von Arten 217
 14.4 Lage und Funktion von Genen lassen sich in Genkarten einzeichnen 220
 14.5 Gentechnische Methoden ergänzen medizinische Diagnostik und Therapie 222

15 Humangenetik 223

15.1 Nur ein Bruchteil der Human-DNA legt die erblichen Merkmale des Menschen fest 224
 15.2 Genmutationen können Erkrankungen des Menschen verursachen 225
 15.3 Mutationen der Gonosomen wirken sich bei Mann und Frau verschieden aus 227
 15.4 Chromosomenanomalien können die Entwicklung stören 229
 15.5 Genomanalysen geben Auskunft über Erkrankungsrisiken 231

16 Die Immunabwehr 233

16.1 Das Immunsystem unterscheidet zwischen selbst und fremd 234
 16.2 Krankheitserreger aktivieren zunächst die angeborene, unspezifische Immunabwehr 236
 16.3 Bei der spezifischen Immunantwort kommunizieren weiße Blutzellen gezielt miteinander 237
 16.4 Die Anpassungsfähigkeit der Immunantwort beruht auf der Vielfalt möglicher Antikörper und Rezeptoren 240
 16.5 Impfstoffe stimulieren das immunologische Gedächtnis 242
 16.6 Das Immunsystem kann überreagieren, falsch reagieren oder versagen 243

Evolution 246

17 Mechanismen der Evolution 249

17.1 Genetische Variabilität und wiederholte Auslese führen zu Evolution 250
 17.2 Fortpflanzungserfolg ist das wichtigste Merkmal eines Lebewesens 251
 17.3 Genetische Variabilität steigt durch Mutation und sinkt durch Selektion 253
 17.4 Natürliche Selektion ist nicht zufällig und führt zur Anpassbarkeit 254
 17.5 Natürliche Selektion ist blind für die Zukunft 256
 17.6 Der Zufall bestimmt mal mehr mal weniger den Erfolg von Merkmalsvarianten 257
 17.7 Die Populationszusammensetzung zeigt, ob Evolution stattfindet 258
 17.8 Die Evolutionstheorie hat sich historisch entwickelt und wird weiter überprüft 260
 17.9 Schöpfungsmythen bieten nicht-wissenschaftliche Erklärungen für Evolution 261

18 Konsequenzen der Evolution 263

18.1 Natürliche Selektion fördert Kompromisse 264
 18.2 Lebensdauer ist ein durch Selektion angepasstes Merkmal 265
 18.3 Manche Formen der Selektion fördern genetische Vielfalt 267
 18.4 Sexuelle Fortpflanzung beschleunigt die Evolution 268
 18.5 Die Evolution von Geschlechtsmerkmalen wird durch sexuelle Selektion erklärt 269

18.6 Koevolution ist eine Quelle fortwährender Selektion 270
 18.7 Evolution findet auf jeder Ebene statt, die Vererbung und Vermehrung zeigt 271

19 Die Entstehung von Arten 273

19.1 Reproduktionsbarrieren trennen Arten voneinander 274
 19.2 Geographische Isolation kann zu Artbildung führen 275
 19.3 Neue Arten können sich im selben Gebiet wie die Elternart bilden 277
 19.4 Die Geschwindigkeit der Artbildung kann gleichmäßig oder sprunghaft sein 279
 19.5 Eine höhere Komplexität ist keine notwendige Konsequenz der Evolution 281

20 Evolution als historisches Ereignis 283

20.1 Spuren aus der Vergangenheit zeigen den Fußabdruck der Evolution 284
 20.2 Vor fast 4 Milliarden Jahren begann das Leben auf einer noch jungen Erde 285
 20.3 Die Fotosynthese der Prokaryoten veränderte die Erdatmosphäre 287
 20.4 Die eukaryotische Zelle entstand aus einer Gemeinschaft von Prokaryoten 288
 20.5 Vielzelligkeit bietet neue Optionen durch Arbeitsteilung 289
 20.6 Fossilien liefern starke Belege für das Evolutionsgeschehen 290
 20.7 Die Stammesgeschichte lässt sich durch Merkmalsvergleiche rekonstruieren 292

21 Evolution des Menschen 295

21.1 Der menschliche Zweig am Primatenstammbaum ist nur wenige Millionen Jahre alt 296
 21.2 Der aufrechte Gang entwickelte sich vor dem größeren Gehirn 298
 21.3 Großes Gehirn und Intelligenz kennzeichnen die Gattung Homo 299
 21.4 Der moderne Mensch breitete sich sehr schnell über die Erde aus 301
 21.5 Muster der Genaktivität geben Hinweise auf verwandtschaftliche Nähe 304
 21.6 Kulturelle Evolution ermöglicht es, Erfahrungen weiterzuleben und zu optimieren 305
 21.7 Die menschliche Population des 21. Jahrhunderts evolviert nach wie vor 306

Ökologie 308

22 Beziehungen zwischen Organismen und Umwelt 311

22.1 Das Vorkommen einer Art hängt von Umweltfaktoren ab 312
 22.2 Organismen zeigen gegenüber Umweltfaktoren eine weite oder enge Toleranz 314
 22.3 Landpflanzen sind im Körperbau an Temperatur und Feuchtigkeit ihres Lebensraums angepasst 315
 22.4 Vorkommen und Aktivität von Tieren hängen von der Umgebungstemperatur ab 317
 22.5 Die ökologische Nische ist ein Modell der Wechselbeziehungen einer Art zu ihrer Umwelt 319
 22.6 Nicht verwandte Arten können sehr ähnlich, verwandte Arten sehr unterschiedlich sein 320
 22.7 Der Körperbau ist an den Lebensraum angepasst 321

23 Wechselwirkungen innerhalb von Lebensgemeinschaften 323

23.1 Arten einer Lebensgemeinschaft hängen über fördernde oder hemmende Wechselbeziehungen voneinander ab 324

23.2 Das Nahrungsnetz einer Lebensgemeinschaft ist aus Produzenten, Konsumenten und Destruenten aufgebaut 325

23.3 Tarnen und täuschen, verletzen und vergiften sind Spezialisierungen in Räuber-Beute-Beziehungen 327

23.4 Parasiten schädigen ihren Wirt, töten ihn aber meist nicht 329

23.5 Symbiotische Arten profitieren voneinander 331

23.6 Konkurrierende Arten können einander verdrängen 333

23.7 Ressourcenaufteilung verringert die innerartliche Konkurrenz 335

24 Dynamik von Populationen 337

24.1 Die Umweltkapazität begrenzt das Wachstum einer Population 338

24.2 Besonderheiten im Lebenszyklus verursachen Populationsschwankungen 339

24.3 Zyklische Populationsschwankungen können durch das Nahrungsangebot und die Anwesenheit von Räubern bedingt sein 341

24.4 Schädlingspopulationen lassen sich durch Nützlinge regulieren 343

24.5 Struktur und Wachstum der menschlichen Bevölkerung ermöglichen Zukunftsprognosen 345

25 Stoff- und Energiefluss in Ökosystemen 347

25.1 Sonnenenergie treibt die Prozesse in Ökosystemen an 348

25.2 Der Kreislauf des Kohlenstoffs ist eng mit dem Energiefluss verknüpft 350

25.3 Bakterien sind die Motoren des Stickstoffkreislaufs 351

25.4 Böden sind die wichtigsten Orte des Recyclings 353

25.5 In tropischen Regenwäldern sind die Stoffkreisläufe kurzgeschlossen 355

26 Einblicke in Ökosysteme 357

26.1 Strahlung und Wasserhaushalt bestimmen die Lage der Großökosysteme 358

26.2 Ökosysteme sind nicht statisch, sondern verändern sich 359

26.3 Der Nährstoffgehalt beeinflusst die Lebensgemeinschaft im See 361

26.4 Fließgewässer sind zur Selbstreinigung fähig 363

26.5 Im offenen Meer sind Produktion und Verbrauch räumlich weit getrennt 365

26.6 In der Tiefsee existieren von der Sonnenenergie völlig unabhängige Ökosysteme 366

27 Die Biosphäre unter dem Einfluss des Menschen 367

27.1 Der natürliche Treibhauseffekt ermöglicht Leben auf der Erde 368

27.2 Der durch den Menschen verstärkte Treibhauseffekt verändert das Klima 369

27.3 Menschliche Aktivitäten bedrohen die Biodiversität 371

27.4 Effektiver Artenschutz gelingt nur in großflächigen Schutzgebieten 373

27.5 Nachhaltiges Wirtschaften entscheidet über die Zukunft der Biosphäre und der Menschheit 374

Neurobiologie 376

28 Reizaufnahme und Erregungsleitung 379

28.1 Nervenzellen sind spezialisiert auf die Leitung und Verarbeitung von Informationen 380

28.2 Gliazellen unterstützen Neuronen bei der Informationsverarbeitung 381

28.3 Ionenpumpen und Ionenkanäle machen die Membran durchlässig für bestimmte Ionen 382

28.4 In Ruhe zeigen Neurone ein Gleichgewichtspotenzial 383

28.5 An aktiven Neuronen treten kurzzeitige Potenzialveränderungen auf 385

28.6 Signale pflanzen sich selbst entlang dem Axon fort 387

28.7 Springende Aktionspotenziale beschleunigen die Erregungsleitung erheblich 388

28.8 Aktionspotenziale können Reizdauer und Reizstärke codieren 390

29 Neuronale Verschaltungen 391

29.1 Einfache Nervenverschaltungen erlauben schnelle Reaktionen 392

29.2 Neurone kommunizieren miteinander über spezielle Verbindungsstellen 393

29.3 Die Wirkung eines Neurotransmitters hängt vom Rezeptor ab 394

29.4 Chemische Synapsen ermöglichen eine Verrechnung von Information 395

29.5 Trotz wechselnder Codes bleibt die Information erhalten 396

29.6 Medikamente, Gifte und Drogen beeinflussen die synaptische Übertragung 397

29.7 Lernen beeinflusst die synaptische Übertragung 399

29.8 Elektrische Synapsen erlauben eine besonders schnelle Informationsübertragung 400

30 Sinne und Wahrnehmung 401

30.1 Sensorischer Eingang führt zu Erregung und Wahrnehmung im Gehirn 402

30.2 Rezeptoren setzen Reize in Potenziale um 403

30.3 Kameraaugen von Wirbeltieren werfen detaillierte Bilder auf die Netzhaut 405

30.4 Lichtempfindliche Zellen der Wirbeltiernetzhaut erzeugen elektrische Signale 407

30.5 Neuronale Verschaltungen in der Netzhaut führen zu verbesserter Bildauswertung 409

30.6 Sinnesempfindungen entstehen im Gehirn 411

30.7 Die Sinne erfassen nur einen Ausschnitt der verfügbaren Information 412

31 Nervensysteme 413

31.1 In der Evolution haben sich hoch spezialisierte Nervensysteme entwickelt 414

31.2 Das Zentralnervensystem ist unser Tor zur Welt 415

31.3 Zwei Gegenspieler regulieren das innere Milieu 416

31.4 Das limbische System ist an Gefühlen, Gedächtnis und Lernen beteiligt 418

31.5 Die Großhirnrinde ist ein Mosaik spezialisierter, interaktiver Regionen 419

31.6 Neuronale Störungen führen zu unterschiedlichen Erkrankungen 421

32 Hormonelle Regelung und Steuerung 423

32.1 Hormone wirken an Zielzellen an passenden Rezeptoren 424

32.2 Der Hypothalamus verbindet Nerven- und Hormonsystem 426

32.3 Die Schilddrüse reguliert durch Gegenspieler Entwicklung und Stoffwechsel 427

32.4 Durch negative Rückkopplung wird die Hormonsekretion kontrolliert 429

32.5 Hormone der Bauchspeicheldrüse regulieren den Blutzuckerspiegel 430

32.6 Hormone verändern Verhalten 431

Verhalten 432

33 Verhaltensforschung und Verhaltensweisen 435

33.1	Verhalten ermöglicht es Organismen, mit ihrer Umwelt zu interagieren	436
33.2	Die Verhaltensbiologie untersucht, wie und wozu ein Verhalten erfolgt	437
33.3	Wirkursachen erklären, wie Verhalten ausgelöst wird und wie es funktioniert	439
33.4	Zweckursachen erklären, wozu eine Verhaltensweise erfolgt	440
33.5	Verhalten resultiert aus einer Kombination von genetischen und Umweltfaktoren	441
33.6	Viele Verhaltensweisen werden von einfachen Reizen ausgelöst	443

34 Lernen 445

34.1	Reflexe sind beeinflussbar	446
34.2	Viele Tiere können Reize miteinander verknüpfen	447
34.3	Bestimmte Dinge werden nur während einer sensiblen Phase gelernt	448
34.4	Biologisch Relevantes wird leichter erlernt	450
34.5	Soziales Lernen umfasst Beobachtung von Artgenossen und Nachahmen	451
34.6	Einige Tiere können Probleme durch Nachdenken lösen	452
34.7	Lernen und Gedächtnis sind in bestimmten Gehirnarealen lokalisiert	454

35 Kommunikation und Sozialverhalten 455

35.1	Soziale Interaktion zwischen Tieren erfordert Kommunikation	456
35.2	Balzrituale und sexuelle Ornamente verbessern den Fortpflanzungserfolg	457
35.3	Kommunikation zwischen Artgenossen basiert meist auf ehrlichen Signalen	459
35.4	Kommunikation zwischen Arten kann betrügerisch sein	460
35.5	Das Leben in der Gruppe hat Vorteile, verursacht aber auch Kosten	461
35.6	Bei aggressivem Verhalten geht es oft um die Verteilung von Ressourcen	462
35.7	Einzel- und Gruppeninteressen bestimmen die Struktur der Gruppe	464
35.8	Altruistisches Handeln lässt sich durch das Konzept der Gesamtfitness erklären	466

Anhang 468

Glossar	xxx
Register	xxx
Lösungen	xxx
Bildquellen	xxx