

Neil A. Campbell

Biologie

Aus dem Englischen übersetzt von

Adriaan Dorresteijn, Andreas Held, Julia Karow, Ulrich Klinner,
Barbara Markl, Jürgen Markl, Marlis Peters-Hofmann, Ursula B. Priefer, Ina Raschke,
Alan J. Slusarenko, Thomas Teyke, Sebastian Vogel, Klaus Wolf

Deutsche Übersetzung herausgegeben von Jürgen Markl

Kurzinhalt

1. Einführung: Themen in der Erforschung des Lebens	1	17. Mikroben als Modellsysteme: Die Genetik der Viren und Bakterien	353
Teil I: Die Chemie des Lebens	23	18. Organisation und Expression des eukaryotischen Genoms	382
2. Der chemische Rahmen des Lebens	27	19. Gentechnologie	401
3. Wasser und die Lebenstauglichkeit der Umwelt	45	Teil IV: Die Mechanismen der Evolution	431
4. Kohlenstoff und die molekulare Vielfalt des Lebens	58	20. Evolution: Eine darwinistische Sicht des Lebens	435
5. Die Struktur und Funktion von Makromolekülen	69	21. Die Evolution von Populationen	453
6. Einführung in den Stoffwechsel	96	22. Die Entstehung der Arten	475
Teil II: Die Zelle	117	23. Auf den Spuren der Phylogenie: Makroevolution, Fossilbelege und Systematik	494
7. Ein Rundgang durch die Zelle	121	24. Die junge Erde und die Entstehung des Lebens	529
8. Membranen: Struktur und Funktion	153	25. Die Prokaryoten und die Entstehung ihrer physiologischen Vielfalt	546
9. Zellatmung: Gewinnung chemischer Energie	174	26. Die Entstehung der eukaryotischen Vielfalt	567
10. Photosynthese	199	27. Pflanzen und die Eroberung des Festlandes	598
11. Die Vermehrung der Zellen	223	28. Die Pilze	625
Teil III: Die Gene	243	29. Die Invertebraten und der Ursprung der Tierstämme	642
12. Meiose und sexuelle Entwicklungszyklen	247	30. Die Abstammung der Wirbeltiere	690
13. Mendel und der Genbegriff	261		
14. Die chromosomale Grundlage der Vererbung	286		
15. Die molekulare Grundlage der Vererbung	307		
16. Vom Gen zum Protein	324		

Teil VI: Form und Funktion der Pflanzen

	733
31. Pflanzenstruktur und Wachstum	737
32. Transport in Pflanzen	761
33. Pflanzenernährung	781
34. Fortpflanzung und Entwicklung der Pflanzen	798
35. Steuerungssysteme der Pflanzen	823

Teil VII: Form und Funktion der Tiere

	851
36. Eine Einführung in die Struktur und Funktion der Tiere	855
37. Ernährung bei Tieren	873
38. Kreislauf und Gasaustausch	898
39. Die Abwehrsysteme des Körpers	933
40. Die Kontrolle des inneren Milieus	962
41. Chemische Signale bei Tieren	997
42. Fortpflanzung der Tiere	1023
43. Entwicklung der Tiere	1050
44. Nervensysteme	1081
45. Sensorik und Motorik	1116

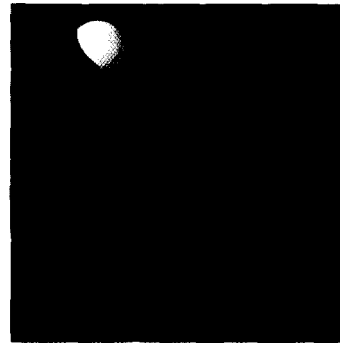
Teil VIII: Ökologie und Verhalten

	1151
46. Eine Einführung in die Ökologie: Verbreitung und Anpassung von Organismen	1157
47. Populationsökologie	1191
48. Ökologie der Biozönosen	1218
49. Ökosysteme	1246
50. Verhalten	1275

Inhalt

Über den Autor	VI
Vorwort zur ersten deutschen Auflage	VII
Vorwort zur amerikanischen Ausgabe	IX
Danksagung	XIV
Interviews mit Wissenschaftlern	XVIII

1. Einführung: Themen in der Erforschung des Lebens	1
Leben ist auf vielen Strukturebenen organisiert	2
Jede Ebene biologischer Organisation weist emergente Eigenschaften auf	4
Zellen sind die Basiseinheiten der Struktur und Funktion eines Organismus	6
Die Kontinuität des Lebens beruht auf vererbbarer Information in Form von DNA	7
Ein Gespür für die Organismen erleichtert die Erforschung des Lebens	8
Struktur und Funktion sind auf allen biologischen Organisationsebenen miteinander gekoppelt	9
Organismen sind offene Systeme, die kontinuierlich mit ihrer Umwelt in Wechselbeziehung stehen	10
Vielfalt und Einheitlichkeit sind die zwei Seiten des Lebens auf der Erde	12
Die Evolution ist das zentrale Thema der Biologie	13
Der naturwissenschaftliche Erkenntnisprozess verlangt hypothesisch-deduktives Denken	15
Wissenschaft und Technik sind tragende Säulen unserer Gesellschaft	20
Die Biologie ist ein fachübergreifendes Abenteuer	21



Teil I: Die Chemie des Lebens	23
2. Der chemische Rahmen des Lebens	27
Materie besteht aus chemischen Elementen, die in Reinform oder als Verbindungen vorliegen	28
Leben erfordert etwa 25 chemische Elemente	29
Das Verhalten eines Elements wird vom Aufbau seiner Atome bestimmt	30
Atome vereinigen sich über starke chemische Bindungen zu Molekülen	34
Schwache chemische Bindungen spielen für die Chemie des Lebens eine wichtige Rolle	38
Die biologische Funktion eines Moleküls ist mit seiner Struktur verknüpft	38
Die Zusammensetzung von Materie wird durch chemische Reaktionen verändert	39
Die chemischen Bedingungen auf der frühen Erde bereiteten den Boden für den Ursprung und die Evolution des Lebens	41
3. Wasser und die Lebenstauglichkeit der Umwelt	45
Die Polarität der Wassermoleküle führt zur Ausbildung von Wasserstoffbrücken	46
Organismen sind auf die Kohäsion (gegenseitige Anziehung) von Wassermolekülen angewiesen	46
Wasser trägt zur Bewohnbarkeit der Erde bei, indem es Temperaturen ausgleicht	47

Ozeane und Seen gefrieren nicht vollständig, da Eis oben schwimmt 49

Wasser ist das Lösungsmittel des Lebens 50

Organismen reagieren empfindlich auf pH-Änderungen 52

Säureniederschlag gefährdet die Lebenstauglichkeit der Umwelt 55

4. Kohlenstoff und die molekulare Vielfalt des Lebens 58

Die Organische Chemie ist die Lehre von den Kohlenstoffverbindungen 58

Kohlenstoffatome sind die vielseitigsten Bausteine von Molekülen 59

Variationen des Kohlenstoffgerüsts tragen zu der Vielfalt organischer Moleküle bei 61

Funktionelle Gruppen haben ebenfalls Anteil an der molekularen Vielfalt des Lebens 63

Die chemischen Elemente des Lebens: *Ein Rückblick* 66

5. Die Struktur und Funktion von Makromolekülen 69

Die meisten Makromoleküle sind Polymere 70

Eine grenzenlose Vielfalt von Polymeren kann aus einem kleinen Satz Monomeren gebildet werden 71

Organismen verwenden Kohlenhydrate als Betriebsstoff und Baustoff 71

Lipide sind hydrophobe Moleküle mit verschiedenartigen Funktionen 76

Proteine sind die molekularen Werkzeuge für die meisten zellulären Funktionen 80

Ein Polypeptid ist ein Polymer aus Aminosäuren, die in bestimmter Reihenfolge miteinander verknüpft sind 80

Die Funktion eines Proteins hängt von seiner spezifischen Konformation ab 82

Nucleinsäuren speichern und übertragen die Erbinformation 89

Ein DNA-Strang ist ein Polymer mit einer informationsreichen Nucleotidsequenz 91

Die Vererbung beruht auf der präzisen Replikation von DNA 92

DNA und Proteine können als Maßband der Evolution dienen 92

6. Einführung in den Stoffwechsel 96

Die Chemie des Lebens ist in Stoffwechselwegen organisiert 97

Organismen wandeln Energie um 97

Die Energieumwandlungen der Lebensprozesse gehorchen zwei Gesetzen der Thermodynamik 98

Organismen leben von freier Energie, die sie ihrer Umgebung entziehen 100

ATP treibt die zelluläre Arbeit an, indem es exergonische an endergonische Teilreaktionen koppelt 103

Enzyme beschleunigen Stoffwechselreaktionen, indem sie Energiebarrieren herabsetzen: .. *Ein Überblick* 105

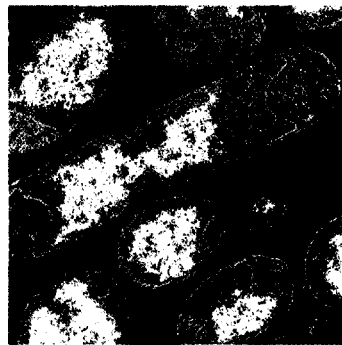
Enzyme sind substratspezifisch: *Eine nähere Betrachtung* 107

Das aktive Zentrum ist die katalytisch wirksame Region eines Enzyms: *Eine nähere Betrachtung* 107

Das chemische und physikalische Milieu einer Zelle beeinflusst die Enzymaktivität: *Eine nähere Betrachtung* 109

Die Ordnung des Stoffwechsels resultiert aus den Regulationssystemen und der strukturellen Organisation der Zelle 112

Die Moleküle des Lebens besitzen emergente Eigenschaften: *Eine Rekapitulation* 113



Teil II: Die Zelle 117

7. Ein Rundgang durch die Zelle 121

Mikroskope eröffnen Einblicke in das Innenleben der Zellen 122

Die Zellbiologen können Organellen isolieren und ihre Funktionen untersuchen 124

Die Zelle: Ein Panoramablick 125

Der Zellkern enthält die genetische Information der Zelle	127	Ionenpumpen erzeugen an der Plasmamembran ein elektrisches Potential	165
Ribosomen bauen die Proteinmoleküle einer Zelle auf	131	Beim Cotransport koppelt ein Membranprotein den Transport zweier gelöster Stoffe	167
Viele Organellen sind über das innere Membransystem verbunden	131	Makromoleküle passieren die Plasmamembran durch Exocytose und Endocytose	168
Das endoplasmatische Reticulum stellt Membranen her und erfüllt auch viele andere Biosynthesefunktionen	132	Spezialisierte Membranproteine übermitteln von außen kommende Signale ins Zellinnere	170
Der Golgi-Apparat stellt viele Zellprodukte fertig, sortiert sie und liefert sie an ihren Bestimmungsort	133	9. Zellatmung: Gewinnung chemischer Energie	174
Lysosomen verdauen zelleigenes und zellfremdes Material	134	Zellatmung und Gärung sind katabole (energie-liefernde) Stoffwechselwege	175
Vakuolen erfüllen im Haushalt der Zelle vielfältige Funktionen	136	Die Zellen müssen das ATP, das sie bei ihren Aktivitäten verbrauchen, regenerieren	176
Peroxisomen verbrauchen in vielfältigen Stoffwechselfunktionen Sauerstoff	137	Redoxreaktionen liefern Energie, indem Elektronen auf elektronegativere Atome übergehen	176
Mitochondrien und Chloroplasten sind die hauptsächlichen Energiewandler der Zellen	138	Während der Zellatmung fließen Elektronen von organischen Molekülen zum Sauerstoff	177
Das Cytoskelett dient als Stützstruktur und wirkt an den Bewegungen der Zelle mit	139	Der Elektronenfluss bei der Zellatmung verläuft kaskadenartig über NAD ⁺ und eine Elektronentransportkette	178
Pflanzenzellen sind von einer festen Zellwand umschlossen	146	Zellatmung ist der Funktionskomplex aus Glycolyse, Citratzyklus und Atmungskette: <i>Eine Übersicht</i>	180
Die extrazelluläre Matrix der Tiere beeinflusst Form, Beweglichkeit, Aktivität und Entwicklung der Zellen	147	In der Glycolyse wird Energie durch die Oxidation von Glucose zu Pyruvat freigesetzt: <i>Eine nähere Betrachtung</i>	181
Zellverbindungen verknüpfen Zellen zu höheren Struktur- und Funktionseinheiten	149	Der Citratzyklus vervollständigt die energieliefernde Oxidation organischer Moleküle: <i>Eine nähere Betrachtung</i>	184
Die Zelle ist als lebendiges Ganzes mehr als die Summe ihrer Einzelteile	149	Die innere Mitochondrienmembran koppelt Elektronentransport und ATP-Synthese: <i>Eine nähere Betrachtung</i>	186
8. Membranen: Struktur und Funktion	153	Durch die Zellatmung werden für jedes oxidierte Glucosemolekül zahlreiche ATP-Moleküle gebildet: <i>Eine Übersicht</i>	190
Membranmodelle wurden durch neue Befunde schrittweise verbessert: <i>Wie Forschung funktioniert</i>	154	Durch Gärung können manche Zellen auch ohne Sauerstoff ATP bilden	191
Eine Biomembran ist ein flüssiges Mosaik aus Lipiden, Proteinen und Kohlenhydraten	157	Glycolyse und Citratzyklus sind mit vielen anderen Stoffwechselwegen verknüpft	193
Der molekulare Aufbau einer Biomembran führt zu selektiver Permeabilität	160	Die Zellatmung wird durch Rückkopplungsmechanismen gesteuert	195
Passiver Transport ist Diffusion von Teilchen durch eine Membran	161	10. Photosynthese	199
Osmose ist passiver Transport von Wassermolekülen	162	Pflanzen und andere autotrophe Organismen sind die Primärproduzenten der Biosphäre	199
Das Überleben der Zelle hängt von einem ausgeglichenen Wasserhaushalt ab	163	Chloroplasten sind bei Pflanzen die Orte der Photosynthese	201
Spezifische Proteine erleichtern den passiven Transport ausgewählter gelöster Substanzen	164		
Aktiver Transport ist das Pumpen eines gelösten Stoffes entgegen seinem Konzentrationsgefälle	165		

Nachdem man wusste, Chloroplasten spalten Wassermoleküle, konnte man Atome durch die Photosynthese verfolgen: *Wie Forschung funktioniert* 201

Die Lichtreaktionen und der Calvin-Zyklus wirken zusammen und setzen Lichtenergie in die chemische Energie der Nährstoffe um: *Eine Übersicht* 203

Die Lichtreaktionen verwandeln Sonnenenergie in die chemische Energie von ATP und NADPH: *Eine nähere Betrachtung* 204

Im Calvin-Zyklus dienen ATP und NADPH dazu, Zucker aus CO₂ herzustellen: *Eine nähere Betrachtung* 214

In heißen und trockenen Lebensräumen haben sich alternative Mechanismen der Kohlenstoff-Fixierung entwickelt 214

Die Photosynthese ist die Stoffwechselgrundlage der Biosphäre: *Eine Übersicht* 218

11. Die Vermehrung der Zellen 223

Vermehrung, Wachstum und Wundheilung von Organismen erfolgen durch Zellteilung 224

Bakterien vermehren sich durch Zweiteilung 224

Das Genom einer Eukaryotenzelle ist auf mehrere Chromosomen verteilt 225

Im Zellzyklus wechseln Mitose und Interphase ab: *Eine Übersicht* 226

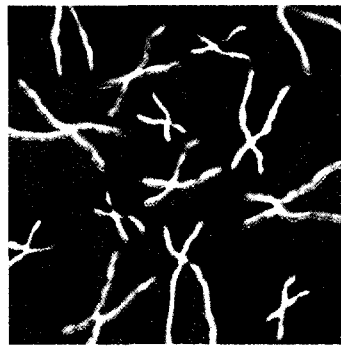
Die Mitosespindel verteilt die Chromosomen auf die Tochterzellen: *Eine nähere Betrachtung* 227

In der Cytokinese teilt sich das Cytoplasma: *Eine nähere Betrachtung* 231

Innere und äußere Signale steuern die Zellteilung 231

Als Zeitgeber der Mitose dienen zyklische Veränderungen von Regulatorproteinen 236

Krebszellen haben sich von der Kontrolle des Zellzyklus befreit 237



Teil III: Die Gene 243

12. Meiose und sexuelle Entwicklungszyklen 247

Die Nachkommen erhalten ihre Gene von den Eltern, indem sie deren Chromosomen erben 248

Gleiches bringt mehr oder weniger Gleiches hervor: Der Unterschied zwischen asexueller und sexueller Fortpflanzung 248

Befruchtung und Meiose wechseln im sexuellen Entwicklungszyklus ab: *Eine Übersicht* 249

In der Meiose wird der diploide Chromosomensatz zum haploiden Status reduziert: *Eine nähere Betrachtung* 252

Durch den sexuellen Entwicklungszyklus kommt die genetische Variabilität der Nachkommen zustande 257

Evolutionäre Anpassung beruht auf der genetischen Variabilität einer Population 258

13. Mendel und der Genbegriff 261

Mendel führte das Experiment und die quantitative Auswertung in die Genetik ein: *Wie Forschung funktioniert* 262

Nach der „Spaltungsregel“ gelangen die beiden Allele für ein bestimmtes Merkmal in getrennte Gameten 263

Nach der „Unabhängigkeitsregel“ segregieren bei der Gametenbildung die verschiedenen Allelpaare unabhängig voneinander 267

Die Mendelsche Genetik beruht auf den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit 268

Wie Mendel entdeckte, verhalten sich Erbmerkmale wie diskrete Teilchen: *Eine Übersicht* 271

Die Beziehung zwischen Genotyp und Phänotyp ist in der Regel nicht einfach 271

Stammbaumanalysen bestätigen Mendelsche Erbgänge beim Menschen 276

Viele menschliche Erbkrankheiten folgen den Mendelschen Regeln der Vererbung	278	Transkription und Translation sind die beiden entscheidenden Schritte vom Gen zum Protein: <i>Eine Übersicht</i>	326
Die Gentechnik entwickelt neue Methoden für genetische Tests und Familienberatung	281	Im genetischen Code steht ein bestimmtes Triplet von Nucleotiden für eine bestimmte Aminosäure: <i>Eine nähere Betrachtung</i>	328
14. Die chromosomale Grundlage der Vererbung	286	Transkription ist die DNA-gesteuerte RNA-Synthese: <i>Eine nähere Betrachtung</i>	331
Die strukturelle Grundlage der Mendelschen Genetik ist das Verhalten der Chromosomen während des sexuellen Entwicklungszyklus	287	Translation ist die RNA-gesteuerte Synthese eines Polypeptids: <i>Eine nähere Betrachtung</i>	334
Morgan lokalisierte Gene auf Chromosomen: <i>Wie Forschung funktioniert</i>	287	Viele Polypeptide tragen ein kurzes Signalpeptid, das sie zu ihrem jeweiligen Bestimmungsort in der Zelle dirigiert	341
Gekoppelte Gene werden in der Regel gemeinsam vererbt, weil sie auf demselben Chromosom liegen	289	Vergleich der Proteinsynthese bei Prokaryoten und Eukaryoten: <i>Eine Übersicht</i>	342
Die unabhängige Segregation von Chromosomen und das Crossing-over führen zur Neukombination von Genen	290	Eukaryotische Zellen modifizieren die RNA posttranskriptional	342
Genetiker nutzen Rekombinationsdaten, um Genkarten von Chromosomen zu erstellen	292	Eine Genmutation kann die Funktion eines Proteins verändern	345
Geschlechtsspezifische Chromosomen zeigen besondere Erbgänge	294	Was ist ein Gen?	347
Manche Erbkrankheiten beruhen auf Abänderungen (Aberrationen) der Chromosomenstruktur oder der Chromosomenzahl	298	17. Mikroben als Modellsysteme: Die Genetik der Viren und Bakterien	353
Die phänotypische Ausprägung einiger Gene hängt davon ab, ob sie von der Mutter oder vom Vater geerbt wurden	301	Beim Studium einer Pflanzenkrankheit entdeckten Forscher die Viren: <i>Wie Forschung funktioniert</i>	354
Extrachromosomale Gene zeigen ein von den Mendelschen Regeln abweichendes Vererbungsmuster	303	Die meisten Viren bestehen aus einem Genom, das von einer Proteinhülle umgeben ist	354
15. Die molekulare Grundlage der Vererbung	307	Viren können sich nur in einer Wirtszelle vermehren	356
Die Suche nach dem genetischen Material führte zur DNA: <i>Wie Forschung funktioniert</i>	307	Phagen zeigen zwei Vermehrungszyklen: den lytischen und den lysogenen	357
Watson und Crick entdeckten die Doppelhelix, indem sie zu Röntgenstrukturdaten der DNA passende Modelle bauten: <i>Wie Forschung funktioniert</i>	310	Tierische Viren zeigen vielfältige Infektions- und Replikationsmechanismen	359
Bei der DNA-Replikation dienen die vorhandenen DNA-Stränge durch Basenpaarung als Matrizen für neue, komplementäre DNA-Stränge	314	Pflanzenviren verursachen große Schäden in der Landwirtschaft	364
Ein Team von Enzymen und anderen Proteinen führt die DNA-Replikation durch	316	Viroide und Prionen sind infektiöse Partikel, die noch einfacher gebaut sind als Viren	364
Enzyme lesen während der Replikation Korrektur und reparieren Schäden in bereits fertiger DNA	320	Viren haben sich wahrscheinlich aus anderen mobilen genetischen Elementen entwickelt	365
16. Vom Gen zum Protein	324	Die kurze Generationszeit der Bakterien erleichtert ihre evolutionäre Anpassung an wechselnde Umweltbedingungen	365
Die Untersuchung von Stoffwechseldefekten lieferte den Beweis, dass Proteine durch Gene codiert werden: <i>Wie Forschung funktioniert</i>	325	Durch Rekombination und Transposition entstehen neue Bakterienstämme	366
		Die Kontrolle der Genexpression erlaubt es Bakterien, ihren Stoffwechsel an Milieuveränderungen anzupassen	374

18. Organisation und Expression des eukaryotischen Genoms 382

Jede Zelle eines vielzelligen Eukaryoten exprimiert nur einen kleinen Teil ihres Genoms 382

Die strukturelle Organisation des Chromatins erlaubt eine Grobkontrolle der Genexpression 383

Das eukaryotische Genom besteht zum großen Teil aus nichtcodierenden Sequenzen und Genduplikationen 385

Die Kontrolle der Genexpression kann bei jedem Schritt auf dem Wege vom Gen zum funktionellen Protein stattfinden 388

Hormone und andere chemische Signale wirken bei der Genkontrolle mit 391

Chemische Modifikation und Umlagerung von DNA-Stücken im Genom können zu Änderungen der Genexpression führen 393

Krebs ist eine Folge abnormer Expression von Genen, die Wachstum und Zellteilung regulieren 396

19. Gentechnologie 401

Mithilfe der Gentechnologie können Gene für Forschung und Industrie kloniert werden: *Eine Übersicht* 402

Das Handwerkszeug der Gentechnologie sind Restriktionsenzyme, Ligasen, DNA-Vektoren und Wirtsorganismen 403

Die Gentechnologie bietet die Möglichkeit, Gene einer Art in das Genom anderer Arten einzubauen 405

Methoden zur Analyse und Vermehrung von Nucleotidsequenzen erweitern die Möglichkeiten der Gentechnologie 409

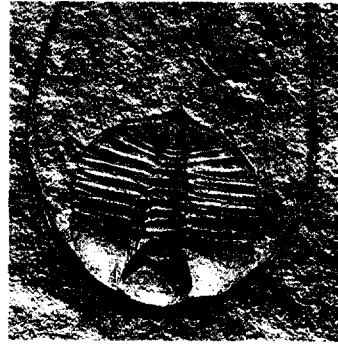
Die Gentechnologie führt auf vielen Gebieten der Biologie zu enormen Fortschritten 415

Das Humangenom-Projekt stellt eine enorme Gemeinschaftsleistung zur Kartierung und Sequenzierung unseres Genoms dar 417

Die Gentechnologie revolutioniert die Medizin und die pharmazeutische Industrie 418

Die Gentechnologie eröffnet neue Wege in der Gerichtsmedizin, im Umweltschutz und in der Landwirtschaft 421

Durch die Gentechnologie werden bedeutende Sicherheitsprobleme und ethische Probleme aufgeworfen 425



Teil IV: Die Mechanismen der Evolution 431

20. Evolution: Eine darwinistische Sicht des Lebens 435

Die westliche Kultur widersetzte sich evolutionären Sichtweisen des Lebens 436

Das Konzept des geologischen Gradualismus ebnete der Abstammungslehre den Weg 438

Lamarck brachte die Fossilien in einen evolutionären Zusammenhang 438

Feldforschungen brachten Darwin darauf, seine Sicht des Lebens zu entwickeln: *Wie Forschung funktioniert* 439

Darwins Werk *Die Entstehung der Arten* behandelt zweierlei: Die Evolution als historisches Ereignis und die natürliche Selektion als ihr Mechanismus 442

Indizien aus vielen Bereichen der Biologie bestätigen die evolutionäre Sicht des Lebens 446

Was ist theoretisch an der Evolutionstheorie? 449

21. Die Evolution von Populationen 453

Die Synthetische Evolutionstheorie integrierte den Darwinismus und den Mendelismus: *Wie Forschung funktioniert* 454

Eine Population weist eine genetische Struktur auf, die durch die Allel- und Genotypfrequenzen ihres Genpools definiert ist 455

Das Hardy-Weinberg-Gesetz beschreibt eine nicht evolvierende Population 455

Mikroevolution ist ein Wandel in den Allel- oder Genotypfrequenzen einer Population von Generation zu Generation: *Eine Übersicht* 458

Genetische Drift kann über zufällige Schwankungen im Genpool einer kleinen Population Evolution bewirken: *Eine nähere Betrachtung* 459

Genfluss kann durch Übertragung von Allelen zwischen Populationen Evolution bewirken: *Eine nähere Betrachtung* 461

Mutationen können Evolution auslösen, indem in einem Genpool ein Allel durch ein anderes ersetzt wird: *Eine nähere Betrachtung* 461

Nichtzufällige Paarungen können zu Evolution führen, indem sie die Häufigkeit von Genotypen in einem Genpool verschieben: *Eine nähere Betrachtung* 461

Die natürliche Selektion kann über einen unterschiedlichen Fortpflanzungserfolg verschiedener Mitglieder einer Population Evolution bewirken: *Eine nähere Betrachtung* 462

Genetische Variabilität ist die Grundlage für die natürliche Selektion 463

Die natürliche Selektion ist der Mechanismus der adaptiven Evolution 468

Bringt die Evolution vollkommene Lebewesen hervor? 470

22. Die Entstehung der Arten 475

Der biologische Artbegriff betont die reproduktive Isolation 476

Fortpflanzungsbarrieren trennen Arten 478

Geographische Separation kann zur Entstehung von Arten führen: Allopatrische Artbildung 481

Eine neue Art kann inmitten des geographischen Verbreitungsgebiets einer Ausgangsart entstehen: Sympatrische Artbildung 484

Mithilfe der Populationsgenetik lässt sich die Artbildung erklären 486

Das Konzept des Punktualismus regte Forschungen über die Geschwindigkeit der Artbildung an 489

23. Auf den Spuren der Phylogenie: Makroevolution, Fossilbelege und Systematik 494

Fossilien dokumentieren die Makroevolution 495

Paläontologen verfügen über eine Vielzahl von Methoden, um Fossilien zu datieren 497

Die wichtigsten Fragen zur Makroevolution: *Eine Übersicht* 500

Viele evolutionären Neuerungen sind abgewandelte Versionen älterer Strukturen 500

Gene, welche die Entwicklung steuern, spielen eine wichtige Rolle bei evolutionären Neuerungen 501

In Fossilienreihen erkennbare Trends bedeuten nicht, dass die Makroevolution zielgerichtet verläuft 503

Die Makroevolution hat eine biogeographische Triebfeder in der Kontinentalverschiebung 505

Die Geschichte des Lebens ist geprägt durch Massenaussterben gefolgt von adaptiver Radiation der überlebenden Arten 507

Die Systematik verbindet die biologische Mannigfaltigkeit zu einem phylogenetischen System 510

Die Molekularbiologie bietet effiziente neue Hilfsmittel für die Systematik 513

Die Kladistik ist eine phylogenetische Systematik, die nur monophyletische Taxa zulässt 516

Ist eine neue Synthetische Theorie der Evolution notwendig? 519



Eine Übersicht 525

24. Die junge Erde und die Entstehung des Lebens 529

Vor 3,5 bis 4 Milliarden Jahren entstand das Leben auf der Erde 530

Die ersten Zellen könnten durch chemische Evolution auf der jungen Erde entstanden sein: *Eine Übersicht* 531

Die spontane abiotische Entstehung von Biomonomeren ist eine überprüfbare Hypothese: *Wie Forschung funktioniert* 532

Bei experimenteller Simulation der Bedingungen auf der Ur-Erde kondensieren Biomonomere zu Makromolekülen 533

In Simulationsexperimenten assoziieren sich Makromoleküle spontan zu Modellen von Protobionten 533

Das erste genetische Material war vermutlich nicht DNA, sondern RNA 534

Die Zusammenarbeit von Nucleinsäuren und Proteinen ermöglichte die biologische Evolution 536

Die Diskussion über die Entstehung des Lebens geht weiter	537	27. Pflanzen und die Eroberung des Festlandes	598
Das Einteilen der Organismen in Reiche ist ein noch unvollendetes Werk	538	Die Anpassung der pflanzlichen Strukturen und der Reproduktion machte die Eroberung des Festlandes möglich: <i>Eine Darstellung der Evolution der Pflanzen</i>	599
25. Die Prokaryoten und die Entstehung ihrer physiologischen Vielfalt	546	Die Pflanzen stammen wahrscheinlich von bestimmten Grünalgen ab, den Charophyten	601
Prokaryoten gibt es (fast) überall: <i>Eine Übersicht</i>	546	Moose sind Embryophyten, denen Leitbündel meist fehlen, und die in ihrer Umgebung Wasser benötigen, um sich zu reproduzieren	604
Archaea und Bacteria bilden die beiden Hauptzweige der Prokaryotenevolution	547	Die Entstehung der Gefäßpflanzen war ein entwicklungsgeschichtlicher Durchbruch bei der Besiedlung des Festlandes	606
Der Erfolg der prokaryotischen Lebensformen beruht auf vielfältigen strukturellen und funktionellen Anpassungen	548	Farne und andere samenlose Pflanzen dominierten neben Samenfarne in den Wäldern des Karbon (Steinkohlenzeit)	607
Alle grundlegenden Ernährungsformen und Stoffwechselwege entwickelten sich bereits unter den Prokaryoten	553	Reproduktive Adaptationen ermöglichten den Erfolg der Samenpflanzen	608
Die Evolution des prokaryotischen Metabolismus war sowohl Ursache als auch Wirkung der sich verändernden Bedingungen auf der Erde	555	Die Gymnospermen begannen auf dem Festland zu dominieren, als das Klima am Ende des Paläozoikum trockener wurde	611
Die molekulare Systematik führt zu einer phylogenetischen Klassifizierung der Prokaryoten	557	Die Entwicklung der Blüten und Früchte ermöglichte die Radiation der Angiospermen	615
Prokaryoten sind von enormer ökologischer Bedeutung	558	Die Vielfalt der Pflanzen ist eine einmalige Ressource	620
26. Die Entstehung der eukaryotischen Vielfalt	567	28. Die Pilze	625
Eukaryoten entwickelten sich durch eine Symbiose zwischen Prokaryoten	568	Durch Struktur und Entwicklungszyklen sind die Pilze der absorptiven Lebensweise bestens angepasst	626
Mit den Archaezoa entwickelten sich die ersten Besonderheiten der Eukaryoten	569	Die drei Hauptabteilungen der Pilze unterscheiden sich in Einzelheiten der Reproduktion	628
Die Vielfalt der Protisten spiegelt eine „Experimentierphase“ der Evolution wider	571	Schimmelpilze, Hefen, Flechten und Mycorrhiza repräsentieren verschiedene Lebensformen, die sich unabhängig in allen Pilzabteilungen entwickelten	633
Die Taxonomie der Protisten ist ständig im Fluss	572	Pilze haben eine enorme ökologische Bedeutung	637
Innerhalb der Protozoen entwickelten sich verschiedene Fortbewegungs- und Ernährungsweisen	573	Pilze und Tiere entwickelten sich wahrscheinlich aus einem gemeinsamen Vorfahren, der zu den Protisten gehörte	638
Pilzähnliche Protisten besitzen morphologische Anpassungen und Entwicklungszyklen, die ihrer Lebensweise als Destruenten entsprechen	579	29. Die Invertebraten und der Ursprung der Tierstämme	642
Eukaryotische Algen sind wichtige Primärproduzenten der meisten aquatischen Ökosysteme	583	Was ist ein Tier?	643
Die Systematiker entwickeln die Hypothesen zur Phylogenie der Eukaryoten ständig weiter	592	Vergleiche der Morphologie und Embryonalentwicklung rezenter Tiere liefern Hinweise auf ihre Stammesgeschichte: <i>Eine Übersicht</i>	643
Die Vielzelligkeit entstand mehrmals unabhängig voneinander	594	Schwämme sind sessile Tiere ohne echte Gewebe	649

Nesseltiere und Rippenquallen sind radiär-symmetrische, zweikeimblättrige Tiere mit einem Gastrovaskularsystem 651

Plattwürmer sind bilaterale, dreikeimblättrige Tiere ohne Körperhöhle 655

Rädertiere, Fadenwürmer und andere Rundwürmer besitzen einen vollständigen Verdauungstrakt und ein Pseudocoel 658

Weichtiere und Ringelwürmer sind Varianten des Protostomierbauplans 660

Die Gliederfüßer sind in vieler Hinsicht der erfolgreichste aller Tierstämme 668

Zu den Deuterostomiern gehören vor allem die Stachelhäuter und die Chordatiere 680

Die Formenexplosion im Kambrium brachte alle Grundbaupläne des Tierreichs hervor. 683

30. Die Abstammung der Wirbeltiere 690

Wirbeltiere gehören zum Stamm Chordata (Chordatiere) 691

Wirbellose Chordaten liefern Hinweise auf den Ursprung der Wirbeltiere 691

Die Evolution von Wirbeltiermerkmalen steht im Zusammenhang mit der zunehmenden Größe und Aktivität 694

Diversität und Phylogenie der Wirbeltiere: *Eine Übersicht* 696

Agnathen sind kieferlose Wirbeltiere 696

Placodermen waren gepanzerte Fische mit Kiefern und paarigen Flossen 698

Haie und ihre Verwandten sind angepasst an ein kraftvolles Schwimmen 699

Knochenfische sind die zahlreichsten und vielfältigsten Wirbeltiere 701

Die Amphibien sind die älteste Klasse der Tetrapoden 703

Die Evolution des amniotischen Eies verbesserte den Erfolg der Wirbeltiere an Land 706

Die Abstammung aller Amnioten von den Reptilien ist offenkundig 707

Vögel nahmen ihren Ursprung als fliegende Reptilien 711

Die Aussterbewelle am Ende der Kreidezeit führte zu einer adaptiven Radiation der Säugetiere 714

Die Stammesgeschichte der Primaten liefert den Kontext, um den Ursprung des Menschen zu verstehen 717

Die Menschheit ist ein sehr junger Zweig am Stammbaum der Wirbeltiere 721



Teil VI: Form und Funktion der Pflanzen 733

31. Pflanzenstruktur und Wachstum 737

Die Biologie der Pflanzen spiegelt die Hauptthemen beim Studium des Lebens wider 737

Das Wurzel- und Spross-System einer Pflanze sind evolutionäre Anpassungen an das Leben auf dem Festland 739

Die große Zahl der Pflanzenzelltypen ist in drei Hauptgewebesysteme organisiert 744

Meristeme erzeugen während der gesamten Lebensspanne einer Pflanze Zellen für neue Organe: *Eine Übersicht* 748

Apikalmeristeme verlängern Wurzeln und Sprosse (Primärwachstum): *Eine nähere Betrachtung* 750

Laterale Meristeme erweitern den Umfang von Sprossachsen und Wurzeln (sekundäres Dickenwachstum): *Eine nähere Betrachtung* 755

32. Transport in Pflanzen 761

Der Transport von Wasser und gelösten Substanzen läuft auf der Ebene der Zelle, der Organe und der ganzen Pflanze ab: *Eine Übersicht* 761

Wurzeln absorbieren Wasser und Mineralstoffe aus dem Boden 767

Der Aufstieg des Xylemsaftes ist hauptsächlich von der Transpiration und den physikalischen Eigenschaften des Wassers abhängig 769

Schließzellen führen den Transpirations-Photosynthese-Kompromiss herbei 771

Ein Massenstrommechanismus verlagert den Phloemsaft von Zuckerquellen zu Orten des Zuckerverbrauchs 775

33. Pflanzenernährung	781	Die Abhängigkeit der Zelldifferenzierung von der Kontrolle der Genexpression: <i>Eine nähere Betrachtung</i>	817
Pflanzen benötigen mindestens siebzehn essenzielle Nährstoffe	781	Mechanismen in der Musterbildung bestimmen die Lage und Gewebeorganisation pflanzlicher Organe: <i>Eine nähere Betrachtung</i>	817
Die Symptomatik eines Mineralstoffmangels hängt von der Funktion und Mobilität des betreffenden Elements ab	783		
Bodeneigenschaften sind Schlüsselfaktoren in terrestrischen Ökosystemen	785	35. Steuerungssysteme der Pflanzen	823
Bodenerhaltung ist ein Schritt in Richtung nachhaltiger Landwirtschaft	787	Experimente zum lichtabhängigen Pflanzenwachstum führten zur Entdeckung von Pflanzenhormonen: <i>Wie Forschung funktioniert</i>	824
Der Metabolismus von Bodenbakterien macht Stickstoff für Pflanzen verfügbar	789	Pflanzenhormone koordinieren Wachstum, Entwicklung und Reaktionen einer Pflanze auf Reize aus der Umgebung	826
Die Verbesserung des Proteinetrags von Nutzpflanzen ist ein Hauptziel der landwirtschaftlichen Forschung	791	Tropismen sind gerichtete Wachstumsbewegungen von Pflanzenorganen. Die Pflanze reagiert damit positiv oder negativ auf einen Reiz	834
Parasitismus, Insektenfang und Symbiose sind evolutionäre Anpassungen zur Verbesserung der Pflanzenernährung	792	Pflanzenbewegungen, die auf Turgoränderungen basieren, laufen relativ schnell ab und sind reversibel	835
		Biologische Uhren steuern circadiane Rhythmen der Pflanzen und anderer Eukaryoten	836
34. Fortpflanzung und Entwicklung der Pflanzen	798	Photoperiodismus synchronisiert viele Reaktionen der Pflanzen auf den Wechsel der Jahreszeiten	837
Sporophyten und Gametophyten alternieren im Entwicklungszyklus der Pflanzen: <i>Eine Übersicht</i>	799	Phytochrom wirkt als Photorezeptor in vielen pflanzlichen Reaktionsabläufen, die durch Licht und die Photoperiode induziert werden	839
Männliche und weibliche Gametophyten entwickeln sich im Innern von Antheren beziehungsweise Fruchtknoten	802	Regulationssysteme ermöglichen es den Pflanzen, mit Stressfaktoren in der Umgebung fertig zu werden	841
Die Bestäubung führt weibliche und männliche Gametophyten zusammen	802	Die Reize, welche die Umwelt und Hormone auf Pflanzenzellen ausüben, werden über Signaltransduktionsketten weitergeleitet	844
Die Samenanlage entwickelt sich zum Samen mit dem sporophytischen Embryo und einem Nährstoffvorrat	805		
Der Fruchtknoten entwickelt sich zu einer der Samenverbreitung dienenden Frucht	807		
Evolutionäre Anpassungen im Keimungsprozess erhöhen die Überlebenschancen des Keimlings	808		
Viele Pflanzen können sich selbst durch asexuelle Vermehrung klonieren	809		
Die vegetative Vermehrung von Pflanzen ist in der Landwirtschaft weit verbreitet	811		
Sexuelle und asexuelle Reproduktion ergänzen sich im Entwicklungszyklus vieler Pflanzen: <i>Eine Übersicht</i>	813		
Eine Pflanze entwickelt sich durch Wachstum, Morphogenese und Differenzierung: <i>Eine Übersicht</i>	814		
Das Cytoskelett lenkt die Zellteilung und Zellstreckung: <i>Eine nähere Betrachtung</i>	815		



Teil VII: Form und Funktion der Tiere

36. Eine Einführung in die Struktur und Funktion der Tiere

Die Struktur jedes tierischen Gewebes oder Organs paßt zu seiner spezifischen Funktion 856

Grundlage aller tierischen Lebensvorgänge ist der Energieaustausch 862

Größe und Körperbau eines Tieres beeinflussen seine Wechselwirkungen mit der externen Umwelt 865

Mechanismen der Homöostase regulieren das interne Milieu eines Tieres 868

37. Ernährung bei Tieren

Art und Aufnahme der Nahrung sind im Tierreich sehr unterschiedlich 873

Tiere verwerten ihre Nahrung in vier Schritten: Aufnahme, Verdauung, Resorption und Ausscheidung 875

Verdauung findet in Nahrungsvakuolen, Darmsäcken und Darmkanälen statt 875

Eine Reise durch den Verdauungstrakt des Menschen 878

Je nach arttypischer Ernährung sind die Verdauungssysteme der Wirbeltiere unterschiedlich angepasst 886

Eine ausgewogene Ernährung versorgt den Körper mit Betriebsstoffen, Kohlenstoffgerüsten und essenziellen Nährstoffen 889

38. Kreislauf und Gasaustausch

Transportsysteme verbinden die Körperzellen funktionell mit den Austauschorganen: *Eine Übersicht* 899

Die meisten Invertebraten besitzen für den internen Transport einen Gastrovaskularraum oder ein Kreislaufsystem 899

Die Herz-Kreislaufsysteme der Wirbeltiere sind unterschiedlich angepasst 901

Das rhythmisch pumpende Säugerherz treibt Blut durch den Lungen- und den Körperkreislauf 903

Das Lymphsystem führt interstitielle Flüssigkeit in das Blut zurück und unterstützt die Abwehrmechanismen des Körpers 910

Blut ist ein flüssiges Bindegewebe aus Plasma und darin verteilten Zellen 910

Herz-Kreislaferkrankungen sind in Deutschland und vielen anderen Industrienationen die häufigste Todesursache 913

Der Gasaustausch liefert Sauerstoff für die Zellatmung und beseitigt Kohlendioxid: *Eine Übersicht* 915

Die Atemorgane der meisten Wassertiere sind Kiemen 916

Die Atemorgane der Insekten sind Tracheen 918

Die Atemorgane der meisten Landwirbeltiere sind Lungen 920

39. Die Abwehrsysteme des Körpers 933

Unspezifische, nichtadaptive Abwehrmechanismen bilden frühe Schranken gegen Infektionen 934

Das adaptive Immunsystem wirkt durch spezifisches Erkennen von Erregern: *Eine Übersicht* 938

Spezifität und Vielfalt der Immunantwort beruhen zellulär auf der klonalen Selektion von Lymphocyten 940

Die sekundäre Immunantwort basiert auf Gedächtniszellen 940

Das Erkennen von Selbst und Fremd erfolgt durch molekulare Marker auf der Zelloberfläche 942

Bei der humoralen Immunantwort bekämpfen B-Zellen Erreger in den Körperflüssigkeiten durch Bildung spezifischer Antikörper 942

Bei der zellvermittelten Immunantwort bekämpfen T-Zellen intrazelluläre Erreger 947

Komplement-Proteine sind an unspezifischen Abwehrmechanismen und am Immunsystem beteiligt 951

Die Fähigkeit des Immunsystems, zwischen Selbst und Fremd zu unterscheiden, ist ein Problem bei Bluttransfusionen und Organtransplantationen 952

Fehlfunktionen des Immunsystems führen zu Krankheiten 954

Wirbellose Tiere besitzen ein primitives Immunsystem 957

40. Die Kontrolle des inneren Milieus	962	Das endokrine System der Wirbeltiere ist für die Homöostase verantwortlich und reguliert Wachstum, Entwicklung und Fortpflanzung	1012
Mechanismen der Homöostase schützen das innere Milieu eines Tieres vor schädlichen Schwankungen: <i>Eine Übersicht</i>	963	Endokrines System und Nervensystem sind strukturell, chemisch und funktionell verbunden	1019
Zellen benötigen einen ausgeglichenen Wasserhaushalt	963		
Osmoregulation beruht auf den Eigenschaften von Transportepithelien	966	42. Fortpflanzung der Tiere	1023
Viele Wirbellose besitzen tubuläre Systeme zur Osmoregulation und Exkretion	968	Im Tierreich gibt es sexuelle und asexuelle Fortpflanzungsstrategien	1023
Die Nieren der meisten Wirbeltiere sind kompakte Organe mit zahlreichen exkretorischen Tubuli	970	Bei der sexuellen Fortpflanzung verschmelzen die Gameten im externen Milieu oder im weiblichen Genitaltrakt	1026
Die Transportepithelien der Niere regulieren die Zusammensetzung des Blutes	973	Im Tierreich haben sich zahlreiche alternative Geschlechtsapparate entwickelt	1028
Die Fähigkeit der Säugerniere zum Konservieren von Wasser ist eine entscheidende Anpassung an die terrestrische Lebensweise	976	Zur menschlichen Fortpflanzung gehören ein aufwendiger Geschlechtsapparat und komplexe Verhaltensweisen	1029
Die Wirbeltierniere ist an den Lebensraum ihres Besitzers angepasst	980	Spermatogenese und Oogenese erfolgen beide durch Meiose, unterscheiden sich aber in drei grundlegenden Aspekten	1034
Die Art der stickstoffhaltigen Ausscheidungsprodukte eines Tieres hängt von seiner Stammesgeschichte und seinem Lebensraum ab	981	Eine komplexe Wechselwirkung von Hormonen reguliert die Fortpflanzung	1034
Thermoregulation hält die Körpertemperatur in einem für den Stoffwechsel förderlichen Bereich	983	Die embryonale und fötale Entwicklung des Menschen und anderer placentaler Säuger findet im Uterus statt	1039
Ektotherme Tiere beziehen ihre Körperwärme hauptsächlich aus ihrer Umgebung, endotherme gewinnen sie vor allem aus ihrem Stoffwechsel	983	Kontrazeption verhindert Schwangerschaft	1043
Thermoregulation umfasst physiologische und Verhaltensanpassungen	984	Neue Technologien helfen bei Störungen der Fortpflanzung	1045
Die vergleichende Tierphysiologie kennt unterschiedliche Mechanismen der Thermoregulation	986	43. Entwicklung der Tiere	1050
Zahlreiche Regulationssysteme kooperieren beim Erhalt der Homöostase	992	Bei der Entwicklung vom Ei zum Organismus erhält das Tier schrittweise seine Gestalt: <i>Das Konzept der Epigenese</i>	1051
41. Chemische Signale bei Tieren	997	Die Embryonalentwicklung umfasst Zellteilung, Differenzierung und Morphogenese	1051
Eine Vielzahl chemischer Signale koordiniert die Körperfunktionen: <i>Eine Übersicht</i>	998	Die Besamung aktiviert das Ei und ermöglicht das Verschmelzen von männlichem und weiblichem Vorkern	1052
Die Bindung von Hormonen an spezifische Rezeptoren löst Signalmechanismen auf zellulärer Ebene aus	1001	Die Furchung zerteilt die Zygote in viele kleinere Zellen	1055
Viele chemische Signale werden durch sekundäre Messenger und Proteinkinasen übertragen und verstärkt	1002	Die Gastrulation reorganisiert die Blastula, wodurch der Embryo dreischichtig wird und ein Urdarm entsteht	1058
Bei Regulationsmechanismen von Invertebraten wirken Nervensystem und endokrines System oft eng zusammen	1006	Während der Organogenese entstehen aus den drei embryonalen Keimblättern die Organe des Tieres	1060
Hypothalamus und Hypophyse steuern zahlreiche Funktionen im endokrinen System der Wirbeltiere	1008		

Die Embryonen der Amnioten entwickeln sich in Eischale oder Uterus innerhalb einer flüssigkeitsgefüllten Blase 1062

Das Entwicklungsschicksal einer Zelle wird determiniert durch Faktoren im Cytoplasma sowie durch ihre räumliche Lage im Embryo und ihre Wechselwirkung mit anderen Zellen 1065

Die Musterbildung bei *Drosophila* wird durch eine hierarchische Kaskade von Genaktivierungen gesteuert 1073

Beim Vergleich der Entwicklungsgene so unterschiedlicher Tiere wie Fliegen und Säugern zeigen sich überraschenderweise Homologien 1076

44. Nervensysteme 1081

Sensorischer Eingang, Integration der Information und motorischer Ausgang sind die drei Hauptaufgaben von Nervensystemen: *Eine Übersicht* 1082

Das Nervensystem besteht aus Neuronen und Gliazellen 1082

Nervenimpulse (Aktionspotentiale) sind elektrische Signale, die entlang den Membranen der Neuronen fortgeleitet werden 1085

Chemische und elektrische Signalübertragung zwischen Nervenzellen findet an Synapsen statt 1091

Die Nervensysteme der Invertebraten sind äußerst vielgestaltig 1098

Nervensysteme von Wirbeltieren sind durch eine Hierarchie in Struktur und Funktion gekennzeichnet 1100

Das Gehirn des Menschen zu verstehen ist die wohl größte Herausforderung an die neurobiologische Forschung 1105

45. Sensorik und Motorik 1116

Sensorische Rezeptoren reagieren auf Veränderungen der externen und internen Umwelt: *Eine Übersicht* 1117

Photorezeptoren enthalten lichtabsorbierende Sehpigmente: *Eine nähere Betrachtung* 1121

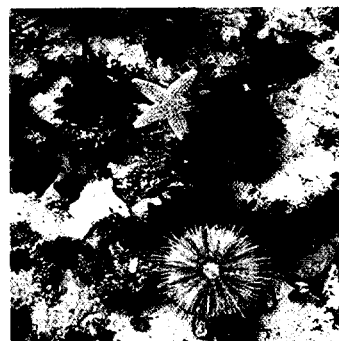
Gehör und Gleichgewichtssinn sind meist ähnlich aufgebaut: *Eine nähere Betrachtung* 1128

Geschmacks- und Geruchssinn interagieren und ermöglichen den Tieren die Unterscheidung einer großen Zahl von Substanzen: *Eine nähere Betrachtung* 1133

Bewegung ist ein Grundmerkmal der Tiere 1136

Skelette stützen und schützen den Körper der Tiere und sind für die Bewegung unverzichtbar 1137

Durch Kontraktion von Muskeln werden Teile des Skeletts gegeneinander bewegt 1139



Teil VIII: Ökologie und Verhalten 1151

46. Eine Einführung in die Ökologie: Verbreitung und Anpassung von Organismen 1157

Ökologie ist die Wissenschaft von den Wechselbeziehungen zwischen Organismen und ihrer Umwelt 1157

Ökologische Grundlagenforschung liefert einen wissenschaftlichen Rahmen zur Bewertung umweltrelevanter Fragestellungen 1158

Ökologische Forschung reicht von der Anpassung einzelner Organismen bis hin zur Dynamik von Ökosystemen 1158

Klimatische und andere abiotische Faktoren sind wichtige Determinanten für die Organismenverteilung in der Biosphäre 1160

Kosten und Nutzen der Homöostase beeinflussen die Reaktionen eines Organismus auf Umweltveränderungen 1166

Die Reaktionsmöglichkeiten der Organismen sind abhängig von der Struktur des Lebensraums und dem zeitlichen Rahmen der Umweltveränderung 1168

Die geographische Verteilung terrestrischer Biome basiert im Wesentlichen auf regionalen Klimaunterschieden 1170

Aquatische – also limnische und marine – Biome nehmen den größten Teil der Biosphäre ein 1179

47. Populationsökologie 1191

Jede Population ist durch zwei wichtige Parameter gekennzeichnet: Die Dichte (Abundanz) und die räumliche Verteilung (Dispersion) ihrer einzelnen Mitglieder 1192

Demographie ist die Untersuchung der Faktoren, die Geburten- und Sterberaten einer Population beeinflussen	1194	49. Ökosysteme	1246
Faktoren, die Fortpflanzung und Tod eines Organismus zeitlich beeinflussen, bestimmen seinen Lebenszyklus	1197	Der Weg des Energieflusses und die Form der Stoffkreisläufe in einem Ökosystem hängen von dessen Trophiestruktur ab	1247
Das exponentielle Wachstumsmodell beschreibt eine idealisierte Population in einem unbegrenzten Lebensraum	1202	Der Energiehaushalt eines Ökosystems ist von der Primärproduktion abhängig	1249
Das logistische Modell des Populationswachstums berücksichtigt das Konzept der Umweltkapazität	1205	Beim Fluss der Energie durch ein Ökosystem geht auf jeder Trophiestufe ein Großteil verloren	1252
Sowohl dichteabhängige als auch dichteunabhängige Faktoren beeinflussen das Populationswachstum	1208	Elemente zirkulieren innerhalb und zwischen Ökosystemen in Kreisläufen	1254
Auch das jahrhundertlang anhaltende exponentielle Wachstum der Menschheit hat seine Grenzen	1212	Die Stoffkreisläufe werden durch ein Zusammenwirken von biologischen und geologischen Prozessen angetrieben	1255
48. Ökologie der Biozöosen	1218	Freilandversuche zeigen, wie die Vegetation Stoffkreisläufe reguliert: <i>Wie Forschung funktioniert</i>	1260
Die interaktive und die individualistische Hypothese geben unterschiedliche Erklärungen für die Struktur von Lebensgemeinschaften: <i>Wie Forschung funktioniert</i>	1219	Der Mensch greift in der gesamten Biosphäre in Stoffkreisläufe ein	1261
Interaktionen innerhalb von Lebensgemeinschaften können starke Evolutivkräfte darstellen	1220	Menschliche Aktivitäten verändern die Verbreitung von Arten und reduzieren die biologische Vielfalt	1267
Interspezifische Wechselbeziehungen können sich positiv, negativ oder neutral auf die Populationsdichte auswirken: <i>Eine Übersicht</i>	1222	Die <i>Sustainable Biosphere Initiative</i> weist der ökologischen Forschung eine neue Richtung	1271
Prädation und Parasitismus sind (+-)-Interaktionen: <i>Eine nähere Betrachtung</i>	1222	50. Verhalten	1275
Interspezifische Konkurrenz ist eine (-)-Interaktion: <i>Eine nähere Betrachtung</i>	1226	Verhalten ist das, was ein Tier tut und wie es dies tut	1276
Karpose und Symbiose (Mutualismus) sind (+0)- beziehungsweise (++)-Beziehungen: <i>Eine nähere Betrachtung</i>	1229	In der Verhaltensökologie stehen evolutionsbiologische Hypothesen im Vordergrund: <i>Wie Forschung funktioniert</i>	1276
Die Struktur einer Lebensgemeinschaft wird durch die Aktivität und Abundanz ihrer Mitglieder bestimmt	1230	Jede Verhaltensweise hat sowohl eine ultimate als auch eine proximate Ursache	1278
Die strukturbestimmenden Faktoren einer Biozönose sind Konkurrenz, Prädation und die Heterogenität der Umwelt	1232	Bestimmte Reize lösen angeborene Verhaltensweisen aus, die man als Erbkoordinationen bezeichnet	1279
Sukzession ist die Abfolge biozönotischer Veränderungen nach einer Störung	1235	Lernen ist auf Erfahrung basierende Modifikation von Verhalten	1284
Die Biogeographie unterstützt die Biozönologie in der Analyse der Artenverteilung	1239	Rhythmische Verhaltensweisen synchronisieren die Aktivitäten von Tieren mit Veränderungen der Umwelt im Tages- und Jahresgang	1290
Erkenntnisse aus Biozönologie und Biogeographie können helfen, Konzepte zur Erhaltung der Biodiversität zu entwickeln	1242	Außenreize steuern die Bewegungen von Tieren	1292
		Verhaltensökologen untersuchen vor allem Ernährungsverhalten mit Hilfe von Kosten-Nutzen-Analysen	1294
		Die Soziobiologie untersucht Sozialverhalten im evolutionsbiologischen Kontext	1295
		Beim konkurrierenden Sozialverhalten geht es oft um die Verteilung von Ressourcen	1297

Zwischen dem Paarungsverhalten und der Fitness eines Tieres besteht ein direkter Zusammenhang	1299	Anhang 1: Lösungen des Quiz zur Selbstüberprüfung	1313
Bei sozialen Interaktionen werden verschiedene Kommunikationsweisen eingesetzt	1302	Anhang 2: Das metrische System	1315
Die meisten altruistischen Verhaltensweisen lassen sich durch den Begriff der Gesamtfitness erklären	1306	Anhang 3: Großgliederung der Organismenreiche	1316
Die Humansoziobiologie stellt eine Verbindung zwischen der Biologie und den Geistes- und Sozialwissenschaften her	1308	Anhang 4: Ein Vergleich von Lichtmikroskop und Elektronenmikroskop	1318
		Bildnachweise	1319
		Glossar	1325
		Index	1353