

David Sadava, David M. Hillis,
H. Craig Heller, May R. Berenbaum

Purves **Biologie**

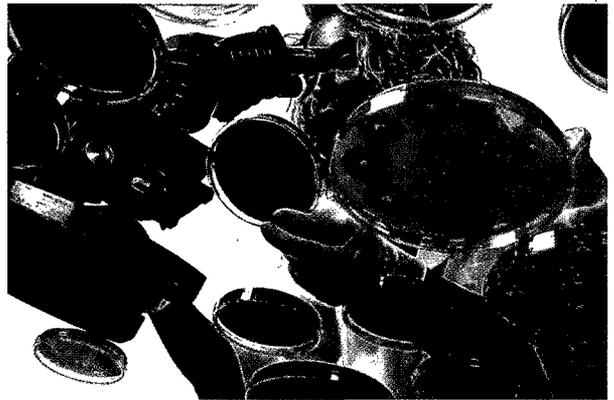
9. Auflage

Aus dem Englischen übersetzt von
Andreas Held, Birgit Jarosch, Monika Niehaus-Osterloh,
Lothar Seidler, Coralie Wink

Deutsche Übersetzung herausgegeben von Jürgen Markl

Inhaltsverzeichnis

Teil I Die Biowissenschaften und ihre chemischen Grundlagen



1	Die Erforschung des Lebens.	2		
1.1	Was ist Biologie?	3		
	Zellen sind die Grundeinheiten des Lebens.	5		
	Alle Lebewesen haben eine gemeinsame Stammesgeschichte	6		
	Die biologische Information ist in einer genetischen Sprache verschlüsselt, die alle Organismen verstehen	7		
	Zellen nutzen Nährstoffe zur Energieversorgung und zum Aufbau neuer Strukturen	8		
	Lebewesen regulieren ihr inneres Milieu	9		
	Lebewesen stehen miteinander in Wechselbeziehung	9		
	Biologische Erkenntnisse lassen sich oft übertragen	11		
1.2	Wie sind die Lebewesen der Erde miteinander verwandt?	11		
	Leben entstand durch chemische Evolution aus abiotischem Material.	12		
	Der gemeinsame Vorfahre aller Lebewesen entwickelte eine zelluläre Struktur	12		
	Die Photosynthese veränderte den Verlauf der Evolution	13		
	Aus Prokaryoten entstanden eukaryotische Zellen	14		
	Mit der Entstehung der Vielzelligkeit kam es zu einer Spezialisierung der Zellen	15		
	Biologen können den Stammbaum des Lebens rekonstruieren	15		
	Der Stammbaum des Lebens erlaubt Vorhersagen	16		
	1.3 Wie erforschen Biologen das Leben?	17		
	Beobachten und Messen sind ganz wesentliche Komponenten.	17		
	Naturwissenschaftliches Arbeiten ist eine Kombination aus Beobachten, Experimentieren und Schlussfolgern	18		
	Mit den richtigen Experimenten lassen sich Hypothesen widerlegen.	19		
	Statistische Methoden sind für die Biowissen- schaften grundlegend wichtig	20		
	Nicht alle Fragestellungen sind naturwissen- schaftlich	20		
	1.4 Wie beeinflusst die Biologie politisches Handeln?	22		
2	Leben und Chemie: kleine Moleküle	26		
2.1	Wie beeinflusst der atomare Aufbau die Eigenschaften der Materie?	27		
	Ein chemisches Element besteht nur aus einem einzigem Typ von Atomen	28		
	Die chemischen Elemente unterscheiden sich in der Anzahl der Protonen	29		
	Isotope unterscheiden sich in der Anzahl ihrer Neutronen	29		

	Die Verteilung der Elektronen bestimmt die chemischen Eigenschaften eines Atoms	30		In der Quartärstruktur eines Proteins können die Untereinheiten kooperieren	
2.2	Wie verbinden sich Atome zu Molekülen?	32		Raumstruktur und Oberflächenchemie tragen zur Proteinfunktion bei	
	Kovalente Bindungen bestehen aus gemeinsamen Elektronenpaaren	32		Das umgebende Milieu beeinflusst die Raumstruktur von Proteinen	
	Ionenbindungen bilden sich durch elektrische Anziehung	36		Molekulare Chaperone helfen mit, Proteine korrekt zu falten	
	Wasserstoffbrücken können sich innerhalb oder zwischen Molekülen mit polaren kovalenten Bindungen ausbilden	37	3.3	Welche chemische Struktur besitzen Kohlenhydrate und was können sie?	
	Polare und unpolare Substanzen interagieren am besten mit ihresgleichen	37		Monosaccharide sind strukturell sehr vielfältig. Glykosidische Bindungen verknüpfen Monosaccharide	
2.3	Wie läuft der Partnerwechsel bei Atomen in chemischen Reaktionen ab?	38		Polysaccharide dienen als Energiespeicher oder Strukturmaterial	
2.4	Weshalb hat Wasser für das Leben eine so große Bedeutung?	40		Chemisch modifizierte Kohlenhydrate enthalten weitere funktionelle Gruppen.	
	Wasser besitzt eine einzigartige Struktur und spezielle Eigenschaften	40	3.4	Welche chemische Struktur besitzen Lipide und warum sind sie biologisch wichtig?	
	Wasser ist ein exzellentes Lösungsmittel – das Medium des Lebens	41		Fette und Öle sind hydrophob	
	Wässrige Lösungen können sauer oder basisch sein	42		Phospholipide bilden biologische Membranen . Lipide dienen auch als Lichtsammler, Botenstoffe und Schutzschicht	
3	Proteine, Kohlenhydrate und Lipide	50	4	Nucleinsäuren und die Entstehung des Lebens	
3.1	Welche Makromoleküle kommen in Lebewesen vor?	51	4.1	Welche chemische Struktur haben Nucleinsäuren und wie speichern sie Information?	
	Funktionelle Gruppen verleihen Biomolekülen spezifische Eigenschaften	52		Nucleotide sind die Bausteine der Nucleinsäuren	
	Isomere weisen eine unterschiedliche Anordnung der gleichen Atome auf	52		Sowohl in DNA als auch in RNA findet eine Basenpaarung statt	
	Die Strukturen der Makromoleküle spiegeln ihre Funktionen wider	53		DNA speichert Information in Form der Gene, RNA ist die Abschrift eines Gens	
	Die meisten Makromoleküle bilden sich durch Kondensation und werden durch Hydrolyse gespalten	54		Die DNA-Sequenz als Schlüssel zu evolutionärer Verwandtschaftsbeziehungen	
3.2	Welche chemische Struktur besitzen Proteine und wie funktionieren sie?	55	4.2	Wie und wo entstanden die Bausteine des Lebens, die Biomonomere?	
	Aminosäuren sind die Grundbausteine von Proteinen	56		Experimente widerlegten die Urzeugung	
	Peptidbindungen bilden das Rückgrat eines Proteins	58		Das Leben entstand im Wasser	
	Die Primärstruktur eines Proteins legt alle seine Eigenschaften fest	58		Das Leben könnte von außerirdischen Systemen stammen	
	Die Sekundärstruktur eines Proteins beruht auf Wasserstoffbrücken	60		Experimente zur präbiotischen Synthese von Molekülen stellen die Bedingungen auf der frühen Erde nach	
	Die Tertiärstruktur eines Proteins entsteht durch Biegung und Faltung	60	4.3	Wie entstanden die für das Leben typischen Makromoleküle?	

Die chemische Evolution könnte zu einer Polymerisation geführt haben 90
 Für die Entstehung von Nucleinsäuren, Proteinen und eines Stoffwechsels wurden zwei konträre Hypothesen formuliert 90
 RNA war möglicherweise der erste Biokatalysator 92
4.4 Wie entstanden die ersten Zellen? 93
 Experimente simulieren Schritte der Entstehung von Zellen 93
 Einige ursprüngliche Zellen haben fossile Spuren hinterlassen. 95



Teil II Zellen

5 Zellen: die kleinsten Einheiten des Lebens 100

5.1 Welche Eigenschaften machen Zellen zu den Grundeinheiten des Lebens? . . 101
 Die Zellgröße wird durch das Oberfläche/Volumen-Verhältnis begrenzt. 102
 Das Mikroskop dient zum Sichtbarmachen von Zellen und deren Inhalt 103
 Zellen sind von einer Plasmamembran umgeben 106
 Es gibt prokaryotische und eukaryotische Zellen 106

5.2 Welche Merkmale kennzeichnen prokaryotische Zellen? 107
 Prokaryotische Zellen weisen bestimmte gemeinsame Merkmale auf. 107
 Prokaryotische Zellen unterscheiden sich in speziellen Merkmalen. 108

5.3 Welche Merkmale kennzeichnen eukaryotische Zellen? 110
 Die Kompartimentierung ist für die eukaryotische Zellfunktion unentbehrlich 110
 Organellen können mikroskopisch untersucht oder für biochemische Analysen isoliert werden 111
 Ribosomen sind die Orte der Proteinsynthese . 111
 Der Zellkern enthält den Großteil der genetischen Information 114
 Das Endomembransystem ist eine Gruppe von miteinander verbundenen Organellen 116

Bestimmte Organellen wandeln Energie um . . 119
 Weitere von Membranen umschlossene Organellen 123
 Das Cytoskelett ist für die Form und Bewegung der Zelle wichtig 124

5.4 Welche Funktionen haben extrazelluläre Strukturen? 129
 Die pflanzliche Zellwand ist eine extrazelluläre Struktur 130
 In Tierzellen unterstützt die extrazelluläre Matrix Zusammenhalt und Funktion des Gewebes 130

5.5 Wie sind eukaryotische Zellen entstanden? 131
 Endomembransystem und Kernhülle stammen wahrscheinlich von der Plasmamembran ab . . 132
 Einige Organellen sind durch Endosymbiose entstanden 133

6 Zelluläre Membranen 138

6.1 Welche Struktur haben Biomembranen? 139
 Lipide bilden den hydrophoben Kern der Biomembran 140
 Membranproteine sind asymmetrisch verteilt . 142
 Membranen unterliegen einer stetigen Veränderung 144

	Der erste Hauptsatz der Thermodynamik: Energie kann weder erzeugt noch vernichtet werden . . .	197			
	Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik: Die Unordnung strebt einem Maximum zu	197			
	Chemische Reaktionen setzen Energie frei oder verbrauchen sie	199			
	Chemisches Gleichgewicht und freie Energie sind eng miteinander verknüpft	200			
8.2	Welche Rolle spielt ATP bei der biochemischen Energieübertragung?	201			
	Die Hydrolyse von ATP setzt Energie frei	201			
	ATP koppelt exergonische und endergonische Reaktionen	202			
8.3	Was sind Enzyme?	204			
	Damit eine Reaktion ablaufen kann, muss eine Energieschwelle überwunden werden	204			
	Enzyme binden in ihrem aktiven Zentrum spezifisch Reaktanden	205			
	Enzyme erniedrigen die Energieschwelle, beeinflussen aber nicht das chemische Gleichgewicht.	206			
8.4	Wie funktionieren Enzyme?	207			
	Enzyme richten Substrate korrekt aus	207			
	Enzyme setzen Substrate unter Spannung	208			
	Enzyme fügen dem Substrat zeitweilig chemische Gruppen hinzu	208			
	Die Molekülstruktur bestimmt die Enzymfunktion	208			
	Viele Enzyme benötigen für ihre Funktion weitere Komponenten	209			
	Die Substratkonzentration beeinflusst die Reaktionsgeschwindigkeit	210			
8.5	Wie wird die Enzymaktivität reguliert?	210			
	Die Enzymaktivität wird durch Inhibitoren reguliert	211			
	Allosterische Enzyme kontrollieren ihre Aktivität durch eine Veränderung der Konformation	213			
	Allosterische Effekte regulieren den Stoffwechsel	214			
	Enzyme werden durch ihre Umgebung beeinflusst	214			
	Stoffwechselwege zur Gewinnung chemischer Energie. 220				
9.1	Wie wird bei der Oxidation von Glucose Energie freigesetzt?	221			
	Während des Glucoseabbaus speichern Zellen freie Energie	222			
	Redoxreaktionen übertragen Elektronen und Energie	223			
	Das Coenzym NAD ⁺ spielt eine Schlüsselrolle bei der Elektronenübertragung in Redoxreaktionen	223			
	Die Freisetzung von Energie aus Glucose im Überblick	224			
9.2	Welches sind die aeroben Stoffwechselwege des Glucoseabbaus?	225			
	Energieinvestitionsphase: Die Reaktionen 1 bis 5 der Glykolyse benötigen ATP	227			
	Energiegewinnungsphase: Die Reaktionen 6 bis 10 der Glykolyse liefern NADH und ATP	227			
	Die Pyruvatoxidation verbindet Glykolyse und Citratzyklus	229			
	Der Citratzyklus vollendet die Oxidation der Glucose zu CO ₂	229			
	Der Citratzyklus wird durch die Konzentrationen der Ausgangssubstanzen reguliert	231			
9.3	Wie entsteht durch oxidative Phosphorylierung ATP?	231			
	Die Atmungskette transportiert Elektronen und setzt Energie frei	232			
	Die Protonendiffusion wird mit der ATP-Synthese gekoppelt	233			
9.4	Wie läuft die anaerobe Energiegewinnung aus Glucose ab?	237			
	Die Zellatmung liefert wesentlich mehr ATP als die Gärung	238			
	Der Ertrag an ATP wird durch die Undurchlässigkeit mancher Mitochondrienmembranen für NADH reduziert	239			
9.5	Wie sind Stoffwechselwege miteinander verknüpft und wie werden sie reguliert?	239			
	Katabolismus und Anabolismus sind miteinander verknüpft	239			
	Katabolismus und Anabolismus sind eng miteinander verzahnt	241			
	Stoffwechselwege werden reguliert	241			
10	Photosynthese: Energie aus dem Sonnenlicht	246			
10.1	Was ist Photosynthese?	247			
	Wie Experimente mit Isotopen zeigten, stammt das in der Photosynthese gebildete O ₂ aus dem H ₂ O	248			
	Die Photosynthese lässt sich in zwei Abschnitte teilen	249			
10.2	Wie wird in der Photosynthese Lichtenergie in chemische Energie umgewandelt?	250			



Licht verhält sich gleichzeitig als Partikel und Welle	250
Moleküle werden angeregt, wenn sie Photonen absorbieren	250
Absorbierte Wellenlängen korrelieren mit biologischer Aktivität	251
Die Photosynthese nutzt die von zahlreichen Pigmenten absorbierte Energie	252
Die Lichtabsorption führt zu photochemischen Veränderungen	253
Die angeregten Chlorophyllmoleküle im Reaktionszentrum wirken als Elektronendonatoren	254
Die Reduktion führt zum Elektronentransport	254
Im nicht-zyklischen Elektronentransport werden ATP und NADPH gebildet	254
Beim zyklischen Elektronentransport wird ATP, aber kein NADPH gebildet	256
Chemiosmose führt zur ATP-Bildung durch Photophosphorylierung	257
10.3 Wie werden mithilfe chemischer Energie Kohlenhydrate gebildet?	258
Die Schritte des Calvin-Zyklus wurden durch Isotopenmarkierung aufgeklärt	259
Der Calvin-Zyklus besteht aus drei Abschnitten	260
Der Calvin-Zyklus wird durch Licht stimuliert	262

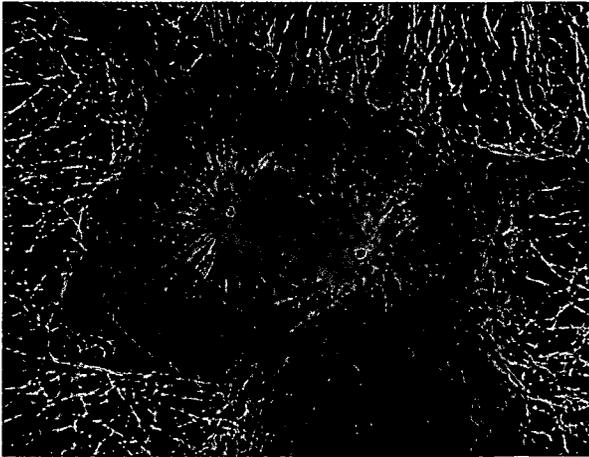
10.4 Wie kompensieren Pflanzen die funktionellen Defizite der Photosynthese?	262
Die Rubisco katalysiert die Reaktion von RuBP sowohl mit O ₂ als auch mit CO ₂	263
In C ₃ -Pflanzen findet Photorespiration statt, in C ₄ -Pflanzen nicht	264
Auch CAM-Pflanzen verwenden die PEP-Carboxylase	266
10.5 Wie tritt die Photosynthese mit anderen Stoffwechselwegen in Wechselwirkung?	267

Teil IV

Gene und Vererbung

11 Zellzyklus und Zellteilung	274
11.1 Wie teilen sich prokaryotische und eukaryotische Zellen?	275
Prokaryoten teilen sich durch binäre Spaltung	276
Eukaryotische Zellen teilen sich durch Mitose oder Meiose, an die sich die Cytokinese anschließt	277
11.2 Wie wird die Zellteilung bei den Eukaryoten kontrolliert?	278
Spezifische Signale lösen die Ereignisse des Zellzyklus aus	279
Wachstumsfaktoren können Zellen zur Teilung stimulieren	281
11.3 Was geschieht bei der Mitose?	282
Vor der Mitose wird die eukaryotische DNA in sehr kompakte Chromosomen verpackt	282
Überblick: Die Mitose trennt Kopien der genetischen Information	284
Die Centrosomen bestimmen die Zellteilungsebene	284
Die Spindelbildung beginnt bereits in der Prophase	284
Die Trennung der Chromosomen und ihre Bewegung sind hochgradig organisiert	285
Die Cytokinese ist die Teilung des Cytoplasmas	286
11.4 Welche Funktion besitzt die Zellteilung bei einem geschlechtlichen Lebenszyklus?	288
Die ungeschlechtliche Fortpflanzung durch die Mitose führt zu genetischer Unveränderlichkeit	289

	Die geschlechtliche Fortpflanzung über die Meiose führt zu genetischer Vielfalt	289		Punnett-Quadrat oder Wahrscheinlichkeitsrechnung: Was geht schneller?	318
	Die Anzahl, Formen und Größen der Metaphasechromosomen machen den Karyotyp aus	291		Mendels Regeln lassen sich in menschlichen Stammbäumen beobachten	321
11.5	Was geschieht während der Meiose?	292	12.2	Welche Wechselwirkungen gibt es zwischen den Allelen?	322
	Durch die meiotische Teilung verringert sich die Anzahl der Chromosomen	292		Neue Allele entstehen durch Mutation	323
	Durch den Austausch zwischen den Chromatiden in der Meiose I wird genetische Vielfalt erzeugt	293		Bei vielen Genen gibt es mehrere Allele	323
	Während der Meiose trennen sich die homologen Chromosomen durch unabhängige Verteilung	293		Dominanz ist nicht immer vollständig	323
	Fehler bei der Meiose führen zu Anomalien in Struktur und Anzahl der Chromosomen	296		Bei der Codominanz werden beide Allele eines Genorts exprimiert	324
	Polyploide Organismen besitzen mehr als zwei vollständige Chromosomensätze	298		Einige Allele zeigen mehrere phänotypische Effekte	325
11.6	Wie können in einem lebenden Organismus Zellen sterben?	299	12.3	Welche Wechselwirkungen gibt es zwischen den Genen?	326
11.7	Wie führt eine nicht regulierte Zellteilung zu Krebs?	300		Die Stärke von Hybriden entsteht durch neue Kombinationen und Wechselwirkungen von Genen	326
	Krebszellen unterscheiden sich von normalen Zellen	300		Die Umgebung beeinflusst die Genaktivität	327
	Krebszellen verlieren die Kontrolle über den Zellzyklus und die Apoptose	301		Die meisten komplexen Phänotypen werden durch mehrere Gene und die Umgebung bestimmt	328
	Behandlungsmethoden gegen Krebs zielen auf den Zellzyklus ab	302	12.4	Welche Beziehung besteht zwischen Genen und Chromosomen?	329
12	Vererbung, Gene und Chromosomen	308		Gene auf demselben Chromosom sind gekoppelt	329
12.1	Wie lauten die Mendel'schen Vererbungsregeln?	309		Gene können zwischen den Chromatiden ausgetauscht werden	330
	Mendel führte in die Versuche zur Vererbung neue Methoden ein	310		Genetiker können Chromosomenkarten erstellen	331
	Mendel entwickelte einen sorgfältigen Experimentierplan	311		Geschlechtsbestimmung und geschlechtsgekoppelte Vererbung	331
	Mendel führte in seinen ersten Experimenten Monohybridenkreuzungen durch	312		Die Gene auf den Geschlechtschromosomen werden auf besondere Weise vererbt	334
	Allele sind verschiedene Formen eines Gens	314		Beim Menschen gibt es zahlreiche geschlechtsgekoppelte Merkmale	336
	Nach Mendels erster Regel sind im monohybriden Erbgang die Individuen der F ₁ -Generation gleich (Uniformitätsregel)	315	12.5	Welche Auswirkungen haben die Gene außerhalb des Zellkerns?	337
	Nach Mendels zweiter Regel trennen sich die beiden Allele eines Gens in der F ₂ -Generation in einem bestimmten Zahlenverhältnis auf (Spaltungsregel)	315	12.6	Wie werden Gene bei Prokaryoten übertragen?	338
	Mendel verifizierte seine Hypothese, indem er eine Rückkreuzung durchführte	316		Bakterien tauschen Gene durch Konjugation aus	338
	Nach Mendels dritter Regel verteilen sich Allele von verschiedenen Genen unabhängig voneinander (Unabhängigkeitsregel)	317		Plasmide übertragen Gene zwischen Bakterien	339
			13	DNA und ihre Funktion bei der Vererbung	346
			13.1	Wie lässt sich nachweisen, dass Gene aus DNA bestehen?	347



	Bakterielle DNA kann ein anderes Bakterium genetisch transformieren	348	14 Von der DNA zum Protein: Genexpression.	376	
	Das transformierende Prinzip ist DNA	349	14.1 Wie fand man heraus, dass Gene Proteine codieren?	377	
	Replikationsexperimente mit Viren bestätigten die DNA als das genetische Material	350	Untersuchungen beim Menschen führten zu der Hypothese, dass Gene über Enzyme bestimmen	377	
	Auch eukaryotische Zellen können durch DNA genetisch transformiert werden	352	Experimente mit Schimmelpilzen zeigten: Enzyme werden durch Gene bestimmt	378	
13.2 Welche Struktur hat die DNA?	353		Ein Gen bestimmt ein Polypeptid	380	
Die chemische Zusammensetzung der DNA war bekannt	353	14.2 Wie fließt die Information von den Genen zu den Proteinen?	381		
Watson und Crick haben die Doppelhelix beschrieben	354	RNA unterscheidet sich von DNA und spielt bei der Genexpression eine entscheidende Rolle . .	381	Um den Informationsfluss von der DNA zum Protein zu erklären, wurden zwei Hypothesen formuliert	381
Vier grundlegende Eigenschaften bestimmen die DNA-Struktur	355	RNA-Viren bilden eine Ausnahme des zentralen Dogmas	382		
Die Doppelhelixstruktur der DNA ist für ihre Funktion essenziell	357	14.3 Wie wird der Informationsgehalt in der DNA zu RNA transkribiert?	383		
13.3 Wie wird die DNA repliziert?	357	RNA-Polymerasen besitzen gemeinsame Merkmale	383	Die Transkription erfolgt in drei Schritten . . .	384
Für die DNA-Replikation gab es drei denkbare Mechanismen	357	Die Information für die Proteinsynthese liegt im genetischen Code	384		
Ein gut durchdachtes Experiment zeigte: Die DNA-Replikation erfolgt semikonservativ . . .	358	14.4 Wie wird eukaryotische DNA transkribiert, und wie wird die RNA prozessiert?	388		
Die DNA-Replikation erfolgt in zwei Schritten .	360	Eukaryotische Gene enthalten nicht-codierende Sequenzen	388	Eukaryotische Gentranskripte werden vor der Translation prozessiert	391
DNA-Polymerasen hängen die Nucleotide an die wachsende Kette	361	14.5 Wie wird RNA zu Proteinen translatiert?	393		
An der DNA-Replikation wirken zahlreiche weitere Proteine mit	362	Die Transfer-RNAs tragen spezifische Aminosäuren und binden an spezifische Codons	393	Die Aktivierungsenzyme koppeln die richtigen tRNAs und Aminosäuren miteinander	394
Die Telomere werden nicht vollständig repliziert und unterliegen bestimmten Reparaturmechanismen	366	Das Ribosom ist die Werkbank der Translation .	394	Die Translation erfolgt in drei Schritten	396
13.4 Wie werden Fehler in der DNA repariert?	368	Die Bildung von Polysomen erhöht die Proteinsyntheserate	398		
13.5 Wie lässt sich mit der Polymerasekettenreaktion (PCR) DNA vervielfältigen?	369	14.6 Was geschieht mit den Polypeptiden nach der Translation?	400		
Die Polymerasekettenreaktion (PCR) erzeugt zahlreiche Kopien von DNA-Sequenzen	369	Signalsequenzen in den Proteinen lenken sie zu ihren Bestimmungsorten	400	Zahlreiche Proteine werden nach der Translation modifiziert	402

15	Genmutationen und molekulare Medizin	408			
15.1	Was sind Mutationen?	409			
	Mutationen haben unterschiedliche phänotypische Effekte	410			
	Punktmutationen verändern einzelne Nucleotide	411			
	Chromosomenmutationen sind umfangreiche Veränderungen des genetischen Materials	413			
	Mutationen können spontan oder induziert entstehen	414			
	Einige Basenpaare sind gegenüber Mutationen empfindlicher als andere	415			
	Mutagene können einen natürlichen oder künstlichen Ursprung haben	416			
	Mutationen bringen sowohl Vorteile als auch Nachteile mit sich.	416			
15.2	Wie werden DNA-Moleküle und Mutationen analysiert?	417			
	Restriktionsenzyme spalten die DNA an spezifischen Sequenzen.	417			
	DNA-Fragmente lassen sich mit der Gelelektrophorese auftrennen	418			
	Genetische Fingerabdrücke basieren auf einer Restriktionsanalyse mit Elektrophorese.	420			
	Das DNA-Barcoding-Projekt zielt darauf ab, alle Organismen auf der Erde zu identifizieren	421			
15.3	Wie können defekte Proteine Krankheiten verursachen?	422			
	Genmutationen führen oft zur Funktionslosigkeit von Proteinen	423			
	Prionkrankheiten beruhen auf Störungen der Proteinkonformation	424			
	Die meisten Krankheiten werden von mehreren Genen und durch Umwelteinflüsse verursacht.	426			
15.4	Welche DNA-Veränderungen führen zu genetisch bedingten Krankheiten?	426			
	Genetische Marker können den Weg zu wichtigen Genen weisen	427			
	Mutationen, die Krankheiten hervorrufen, können eine beliebige Anzahl von Basenpaaren umfassen	429			
	Sich ausdehnende Triplettwiederholungen markieren Bruchstellen in einigen menschlichen Genen	430			
15.5	Wie setzt man genetische Reihentests ein, um Krankheiten zu erkennen?	431			
	Bei Reihenuntersuchungen auf Phänotypen von Krankheiten werden Proteine analysiert	431			
					DNA-Tests sind die beste Methode, um anormale Gene festzustellen
					432
			15.6	Wie lassen sich genetisch bedingte Krankheiten behandeln?	434
				Genetisch bedingte Krankheiten können durch Veränderung des Phänotyps behandelt werden	435
				Eine Gentherapie kann eine spezifische Behandlung ermöglichen	436
			16	Regulation der Genexpression	442
			16.1	Wie regulieren Viren ihre Genexpression?	443
				Bakteriophagen durchlaufen einen lytischen Zyklus	444
				Einige Bakteriophagen können bakterielle Gene von einer Zelle zur nächsten tragen	445
				Manche Bakteriophagen können einen lyso-genen Zyklus durchlaufen	445
				Eukaryotische Viren verfügen über komplexe Regulationsmechanismen.	447
			16.2	Wie wird bei Prokaryoten die Genexpression reguliert?	449
				Die Regulation der Transkription von Genen spart Energie	450
				Operons sind Einheiten der Transkriptions-regulation bei Prokaryoten	451
				Wechselwirkungen zwischen Operator und Repressor kontrollieren die Transkription des <i>lac</i> - und des <i>trp</i> -Operons	452
				Die Proteinsynthese kann durch Erhöhung der Promotoreffizienz reguliert werden.	453
			16.3	Wie wird die eukaryotische Gentranskription reguliert?	454
				Transkriptionsfaktoren wirken auf eukaryotische Promotoren	454
				Weitere Proteine können DNA-Sequenzen erkennen und daran binden und so die Transkription regulieren.	456
				Die Bindung erfolgt aufgrund spezifischer Wechselwirkungen zwischen Protein und DNA	456
				Die Expression von Gengruppen kann durch Transkriptionsfaktoren koordiniert werden	458
			16.4	Wie regulieren epigenetische Veränderungen die Genexpression?	459
				Die DNA-Methylierung tritt bei Promotoren auf und schaltet die Transkription ab	459
				Die Modifikation der Histonproteine beeinflusst die Transkription	460

Epigenetische Veränderungen, die durch die Umgebung ausgelöst wurden, können vererbt werden 460

Die DNA-Methylierung kann zu einer genomischen Prägung führen 461

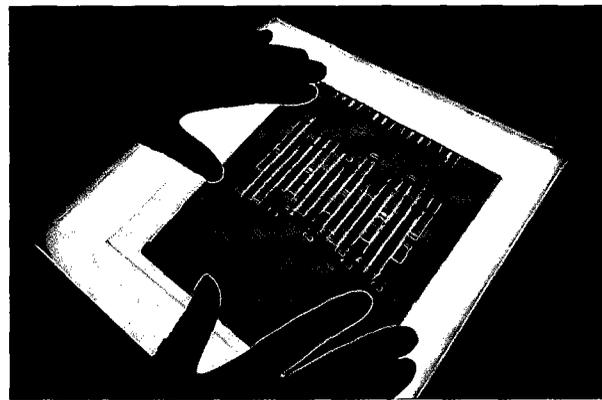
Bei umfassenden Veränderungen der Chromosomen spielt die DNA-Methylierung eine Rolle. 462

16.5 Wie wird die eukaryotische Genexpression nach der Transkription reguliert? 464

Durch alternatives Spleißen können von demselben Gen verschiedene mRNAs entstehen 464

Mikro-RNAs sind wichtige Regulatoren der Genexpression 464

Die Translation der mRNA kann reguliert werden 465



Teil V Genome

17 Genome 472

17.1 Wie werden Genome sequenziert? 473

Die Sequenzierung des menschlichen Genoms wurde mit zwei Verfahren durchgeführt 473

Die Nucleotidsequenz der DNA lässt sich bestimmen 475

Für große Genome hat man Sequenzierungsverfahren mit hohem Durchsatz entwickelt. 477

Genomsequenzen liefern mehrere Arten von Information 479

17.2 Welche Erkenntnisse haben wir durch die Sequenzierung prokaryotischer Genome gewonnen? 480

Die Sequenzierung von prokaryotischen Genomen führte zum neuen Wissenschaftsgebiet Genomik 480

Einige DNA-Sequenzen können sich durch das Genom bewegen 481

Die Sequenzierung prokaryotischer und viraler Genome ist potenziell von großem Nutzen. 482

Durch die Metagenomik ist es möglich, neue Organismen und Ökosysteme zu beschreiben 482

Lässt sich durch die Identifizierung der lebensnotwendigen Gene künstliches Leben erzeugen? 483

17.3 Welche Erkenntnisse haben wir durch die Sequenzierung eukaryotischer Genome gewonnen? 485

An Modellorganismen lassen sich viele Merkmale eukaryotischer Genome aufzeigen 485

Bei den Eukaryoten gibt es Genfamilien 488

Eukaryotische Genome enthalten zahlreiche Wiederholungssequenzen. 489

17.4 Welche besonderen Merkmale besitzt das menschliche Genom? 492

Die Sequenz des menschlichen Genoms enthielt einige Überraschungen 492

Die Genomik des Menschen bringt potenziellen medizinischen Nutzen mit sich 493

17.5 Welche Erkenntnisse können Transkriptomik, Proteomik und Metabolomik liefern? 495

Das Transkriptom zeigt, welche Gene zurzeit aktiv sind 495

Das Proteom ist komplexer als das Genom. 495

Metabolomik ist die Untersuchung des chemischen Phänotyps 496

18 Rekombinante DNA und Gentechnik 500

18.1 Was ist rekombinante DNA? 501

18.2 Wie werden neue Gene in Zellen eingeschleust? 503

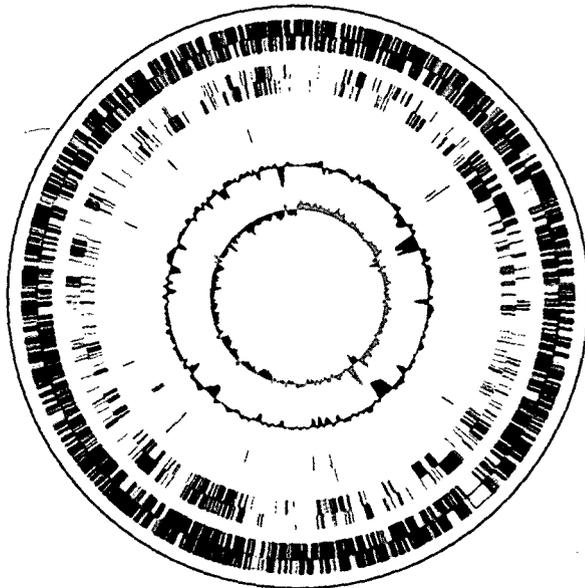
Gene können in prokaryotische oder eukaryotische Zellen eingeschleust werden 503

Die rekombinante DNA kann auf verschiedene Weise in Wirtszellen gelangen 504

Reportergene dienen dazu, Wirtszellen zu identifizieren, die rekombinante DNA enthalten 505



18.3 Welche DNA-Quellen werden für eine Klonierung verwendet?	507	Pluripotente Stammzellen lassen sich auf zwei Wegen gewinnen	533
Genbibliotheken enthalten Sammlungen von DNA-Fragmenten	507	19.3 Welche Rolle spielt die Genexpression für die Differenzierung der Zelle?	535
cDNA-Bibliotheken werden aus mRNA-Transkripten hergestellt.	508	Die differenzielle Genexpression ist ein Kennzeichen der Zelldifferenzierung	535
Künstliche DNA kann durch PCR oder organisch-chemische Synthese hergestellt werden	508	19.4 Wie wird das Schicksal einer Zelle festgelegt?	536
DNA-Mutationen können im Labor erzeugt werden	509	Die asymmetrische Verteilung von Faktoren kann die Polarität und das Zellschicksal festlegen	537
18.4 Welche weiteren Methoden eignen sich zur funktionellen Untersuchung der DNA?	509	Zwischen Zellen ausgetauschte Induktoren bestimmen das Zellschicksal	538
Gene können durch homologe Rekombination inaktiviert werden	510	19.5 Wie bestimmt die Genexpression die Musterbildung?	541
Komplementäre RNA kann die Expression spezifischer Gene verhindern	511	Durch die Expression einer Reihe von Genen wird während der Entwicklung das Ausmaß des programmierten Zelltods festgelegt	541
Mithilfe von DNA-Mikroarrays lassen sich RNA-Expressionsmuster ermitteln	512	Pflanzen haben Organidentitätsgene	542
18.5 Was ist Biotechnologie?	514	Morphogengradienten liefern Positionsinformation	544
Durch Expressionsvektoren verwandeln sich Zellen in Proteinfabriken	514	Eine Kaskade von Genaktivierungen ist für die Körpersegmentierung der Tauflye verantwortlich	544
18.6 Wie verändert die Biotechnologie die Medizin, die Landwirtschaft und die Umwelt?	515	Homöobox-enthaltende Gene codieren Transkriptionsfaktoren	548
Mithilfe der roten Biotechnologie können Proteine für medizinische Zwecke hergestellt werden	515	20 Entwicklung und evolutionärer Wandel	554
Die künstliche Manipulation von DNA verändert die Landwirtschaft	516	20.1 Was ist Evo-Devo?	555
Die Biotechnologie kann dazu genutzt werden, Umweltverschmutzungen zu beseitigen	521	<i>Entwicklungssteuernde Gene ähneln sich, auch wenn die Organismen nur entfernt miteinander verwandt sind</i>	556
Es gibt in der Öffentlichkeit erhebliche Bedenken gegen die grüne Biotechnologie	521	20.2 Warum wirken sich Mutationen nur auf einen bestimmten Körperteil aus?	557
19 Differenzielle Genexpression in der Entwicklung	526	Genetische Schalter steuern die Verwendung des entwicklungs-genetischen Werkzeugkastens	558
19.1 Welche Prozesse laufen bei der Entwicklung ab?	527	Durch Modularität sind Veränderungen des zeitlichen und räumlichen Ablaufs der Genexpression möglich	558
Entwicklung besteht aus abgegrenzten, sich jedoch überlappenden Prozessen	527	20.3 Wie können sich Unterschiede zwischen verschiedenen Arten entwickeln?	561
Mit fortschreitender Entwicklung wird das Schicksal einer Zelle immer stärker festgelegt	529	20.4 Wie modulieren Umwelteinflüsse die Entwicklung?	562
19.2 Ist die Differenzierung von Zellen irreversibel?	530	Die Temperatur kann das Geschlecht bestimmen	563
Pflanzenzellen können totipotent sein	530	Organismen nutzen Informationen, die zukünftige Lebensbedingungen ankündigen	565
Transplantation des Zellkerns ermöglicht das Klonen von Tieren.	530	Eine Vielzahl von Umweltsignalen beeinflusst die Entwicklung.	565
Multipotente Stammzellen differenzieren sich als Reaktion auf Signale aus der Umgebung.	532		



20.5 Inwiefern begrenzen Entwicklungsgene die Evolution? 567
 Die Evolution schreitet voran, indem bereits Vorhandenes verändert wird 567
 Konservierte Entwicklungsgene können zu einer parallelen Evolution führen 568

Teil VI Prozesse und Muster der Evolution

21 Belege für die Evolution und ihre Mechanismen 574
 21.1 Welche Fakten bilden die Grundlage für unser Verständnis der Evolution? 575
 Charles Darwin formulierte das Prinzip der natürlichen Selektion 576
 Anpassung hat zwei Bedeutungen 579
 Die Populationsgenetik untermauert Darwins Theorie 579
 Die meisten Populationen sind genetisch variabel 580
 Evolutionäre Veränderungen lassen sich anhand von Allel- und Genotypfrequenzen messen . . . 581

Die genetische Struktur einer Population verändert sich im Laufe der Zeit, sofern nicht bestimmte einschränkende Bedingungen herrschen 582
 Abweichungen vom Hardy-Weinberg-Gleichgewicht zeigen: Es findet eine Evolution statt . . 584
 21.2 Welche Mechanismen bewirken evolutionäre Veränderungen? 585
 Mutationen erzeugen genetische Variabilität . . 585
 Genfluss kann Allelfrequenzen ändern 585
 Genetische Drift kann in kleinen Populationen große Veränderungen hervorrufen 586
 Durch nicht-zufällige Paarungen kann sich die Häufigkeit von Genotypen ändern 588
 21.3 Wie führt die natürliche Selektion zu Evolution? 589
 Die natürliche Selektion kann verändernd oder stabilisierend auf Populationen einwirken . . . 589
 Sexuelle Selektion beeinflusst den Fortpflanzungserfolg 592
 21.4 Wie wird in Populationen die genetische Variabilität aufrechterhalten? . . . 595
 Neutrale Mutationen sammeln sich mit der Zeit in Populationen an 595
 Sexuelle Rekombination erhöht die Zahl möglicher Genotypen 595
 Durch häufigkeitsabhängige Selektion wird die genetische Variabilität innerhalb von Populationen aufrechterhalten 59
 Durch den Heterozygotenvorteil bleiben polymorphe Loci erhalten 59
 Ein Großteil der genetischen Variabilität von Arten bleibt in geographisch getrennten Populationen erhalten 59
 21.5 Welchen Beschränkungen unterliegt die Evolution? 59
 Entwicklungsprozesse schränken die Evolution ein 59
 Kompromisse (*trade-offs*) schränken die Evolution ein 6
 Evolution über kurze und lange Zeiträume führt bisweilen zu unterschiedlichen Ergebnissen . . 6
 22 Die Rekonstruktion der Phylogenie und ihre Anwendungsmöglichkeiten
 22.1 Was ist Phylogenie?
 Sämtliche Organismen sind durch ihre Stammesgeschichte miteinander verbunden . .

	Vergleiche zwischen Arten müssen aus evolutionärer Sicht gezogen werden	610		Postzygotische Fortpflanzungsbarrieren können Arten nach der Befruchtung isolieren	643
22.2	Wie werden phylogenetische Bäume erstellt?	611		Bei unvollständiger reproduktiver Isolation können sich Hybridzonen bilden	643
	Das Parsimonie-Prinzip liefert die einfachste Erklärung für phylogenetische Daten	612	23.4	Warum gibt es unterschiedliche Artbildungsraten?	645
	Zur Rekonstruktion von Phylogenien werden Daten aus vielerlei Quellen herangezogen . . .	613			
	Mathematische Modelle erweitern die Möglichkeiten bei der Rekonstruktion von Stammbäumen	616	24	Die Evolution von Genen und Genomen.	652
	Die Exaktheit phylogenetischer Methoden lässt sich überprüfen	616	24.1	Wie kann man Evolution anhand von Genomen erforschen?	653
22.3	Wie verwenden Biologen phylogenetische Bäume?	618		Durch die Evolution von Genomen entsteht biologische Vielfalt	654
	Mit Phylogenien lässt sich die Vergangenheit rekonstruieren	618		Der Vergleich von Genen und Proteinen erfolgt durch Sequenzalignment	654
	Mithilfe von Phylogenien lassen sich lebende Organismen vergleichen und gegenüberstellen	620		Mithilfe von Modellen zur Evolution von Sequenzen lässt sich die stammesgeschichtliche Divergenz berechnen	656
	Ursprüngliche Zustände lassen sich rekonstruieren	620		Mit Laborexperimenten lässt sich die molekulare Evolution direkt beobachten	657
	Mithilfe molekularer Uhren lassen sich evolutionäre Ereignisse datieren	621	24.2	Was lässt sich an Genomen über Evolutionsprozesse ablesen?	659
22.4	Wie stehen Phylogenie und Taxonomie miteinander in Zusammenhang?	623		Evolution verläuft größtenteils neutral	661
	Die Stammesgeschichte bildet die Grundlage für die moderne Klassifizierung der Organismen . .	624		Positive und stabilisierende Selektion lassen sich im Genom nachweisen	662
	Die Vergabe wissenschaftlicher Namen unterliegt mehreren Regeln für die biologische Nomenklatur	625		Größe und Organisation des Genoms evolvieren ebenfalls	664
23	Arten und ihre Entstehung	630	24.3	Wie erlangen Genome neue Funktionen und wie erhalten sie Funktionen aufrecht?	666
23.1	Was sind Arten?	631		Horizontaler Gentransfer kann zum Erwerb neuer Funktionen führen	666
	Viele Arten kann man an ihrem Aussehen erkennen	631		Die meisten neuen Funktionen entstehen durch Genduplikation	666
	Arten sind reproduktiv isolierte Zweige am Stammbaum des Lebens	632		Einige Genfamilien evolvieren durch konzertierte Evolution	668
23.2	Wie entstehen neue Arten?	633	24.4	Wie lassen sich die Prinzipien der molekularen Evolution praktisch anwenden?	670
	Inkompatibilität von Genen kann zur reproduktiven Isolation zweier Tochterarten führen .	634		Mithilfe von Sequenzdaten lässt sich die Evolution von Genen aufklären	670
	Reproduktive Isolation entsteht mit zunehmender genetischer Divergenz	635		Anhand der Evolution von Genen kann man die Proteinfunktion analysieren.	671
	Geographische Barrieren bewirken eine allopatrische Artbildung	636		Durch <i>in vitro</i> -Evolution werden neue Makromoleküle hergestellt	672
	Sympatrische Artbildung erfolgt ohne physikalische Barrieren	637		Die molekulare Evolution macht man sich auch für die Erforschung und Bekämpfung von Krankheiten zunutze	672
23.3	Was passiert, wenn neu entstandene Arten aufeinandertreffen?	640			
	Präzygotische Barrieren verhindern die Befruchtung	640			

25 Die Geschichte des Lebens auf der Erde 678

25.1 Wie datieren Wissenschaftler Ereignisse in der Vergangenheit? 679

Radioaktive Isotope bieten eine Möglichkeit, Gesteine zu datieren 680

Die Methoden der radiometrischen Datierung wurden erweitert und verbessert 680

25.2 Wie haben sich die Kontinente und die klimatischen Verhältnisse auf der Erde im Laufe der Zeit verändert? 681

Der Sauerstoffgehalt der Erdatmosphäre war im Laufe der Zeit Veränderungen unterworfen. . . 683

Das Klima auf der Erde schwankte zwischen feucht-heiß und trocken-kalt 686

Gelegentlich haben Vulkane die Geschichte des Lebens verändert 687

Ereignisse von außen haben ebenfalls Veränderungen auf der Erde ausgelöst. 688

25.3 Welches waren die bedeutendsten Ereignisse in der Geschichte des Lebens? 689

Mehrere Prozesse tragen dazu bei, dass die Fossilbelege lückenhaft sind 689

Im Präkambrium waren die Lebewesen klein und lebten im Wasser. 690

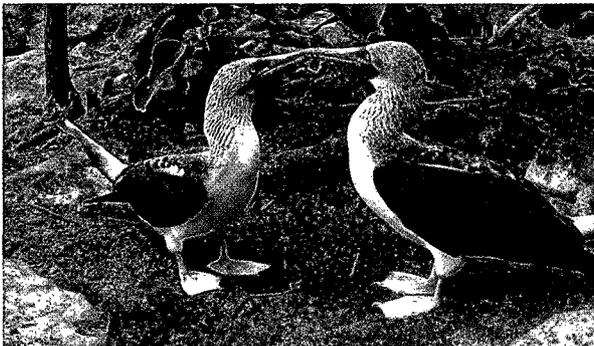
Im Kambrium entwickelte sich das Leben rasch weiter. 690

Viele Organismengruppen, die im Kambrium auftauchen, machten später eine Radiation durch. 691

Während des Mesozoikums verstärkten sich die geographischen Unterschiede 696

Die modernen Biota entwickelten sich im Känozoikum. 697

Der Stammbaum des Lebens dient dazu, Ereignisse der Evolutionsgeschichte zu rekonstruieren 698



Teil VII

Die Evolution der biologischen Vielfalt

26 Bacteria und Archaea: die prokaryotischen Domänen. 702

26.1 Wie begann die Diversifizierung der Organismen? 703

Die drei Domänen weisen signifikante Unterschiede auf 704

26.2 Welche Eigenschaften waren entscheidend für den Erfolg der Prokaryoten? 706

Prokaryoten bilden meist komplexe Lebensgemeinschaften 706

Prokaryoten besitzen charakteristische Zellwände. 708

Bei Prokaryoten gibt es charakteristische Fortbewegungsweisen 709

Prokaryoten pflanzen sich asexuell fort, doch auch genetische Rekombination kommt vor . . 710

Prokaryoten können kommunizieren 710

Bei Prokaryoten findet sich eine erstaunliche Vielfalt an Stoffwechselwegen 710

26.3 Wie lässt sich die Phylogenie der Prokaryoten entschlüsseln? 713

Die geringe Größe von Prokaryoten hat die Erforschung ihrer Phylogenie erschwert 713

Die Nucleotidsequenzen von Prokaryoten bringen ihre evolutionären Verwandtschaftsbeziehungen ans Licht 713

Durch horizontalen Gentransfer kann es zu widersprüchlichen Genstammbäumen kommen 714

Die große Mehrzahl der Prokaryotenarten wurde noch gar nicht erforscht. 715

26.4 In welche Großgruppen werden die Prokaryoten unterteilt? 716

Spirochäten bewegen sich mithilfe von Axialfilamenten fort 716

Chlamydien sind extrem kleine Parasiten. . . . 717

Einige grampositive Bakterien mit hohem GC-Gehalt sind wertvolle Quellen für Antibiotika . 717

Cyanobakterien sind wichtige Photoautotrophe 718

Unter den grampositiven Bakterien mit niedrigem GC-Gehalt finden sich die kleinsten zellulären Organismen. 718

	Die Proteobakterien bilden eine große und vielfältige Gruppe.	720		Protisten weisen ganz unterschiedliche Zelloberflächen auf	744
	Archaeen unterscheiden sich in vielen wichtigen Aspekten von den Bakterien	721	27.3 Wie wirken sich Protisten auf ihre Umwelt aus?	745	
	Die meisten Crenarchaeota leben in heißen und/oder sauren Habitaten	723	Einige Protisten leben als Endosymbionten. . .	745	
	Die Euryarchaeota findet man an vielen erstaunlichen Stellen	723	Von manchen mikrobiellen Protisten geht eine tödliche Gefahr aus.	746	
	Über die Korarchaeota und Nanoarchaeota ist weniger bekannt	724	Wir sind nach wie vor auf die Produkte längst abgestorbener mariner Protisten angewiesen .	748	
26.5	Wie wirken sich Prokaryoten auf ihre Umwelt aus?	724	27.4 Wie pflanzen sich Protisten fort?	749	
	Prokaryoten spielen eine wichtige Rolle im Kreislauf der Elemente	725	Manche Protisten vermehren sich asexuell und haben Sex, ohne sich zu vermehren	750	
	Prokaryoten leben auf und in anderen Organismen.	725	Viele Protisten haben Entwicklungszyklen mit einem Generationswechsel	750	
	Eine kleine Minderheit von Bakterien sind Krankheitserreger.	726	Bei den Chlorophyta finden sich Beispiele für unterschiedliche Entwicklungszyklen	751	
26.6	Wie lassen sich Viren in den Stammbaum der Organismen einordnen? . . .	727	Einige Protisten benötigen für ihren Entwicklungszyklus mehr als eine Wirtsart . . .	753	
	Viele RNA-Viren stellen wahrscheinlich freigeordnete Bestandteile von Genomen dar . . .	727	27.5 Welche evolutionären Verwandtschaftsbeziehungen bestehen innerhalb der Eukaryoten?	753	
	Einige DNA-Viren könnten aus reduzierten zellulären Organismen hervorgegangen sein . .	729	Alveolata besitzen unter ihrer Plasmamembran kleine Aussackungen	754	
27	Die Entstehung und Diversifikation der Eukaryoten	734	Heterokonta besitzen zwei ungleich lange Geißeln, von denen eine behaart ist	756	
27.1	Wie entstand die eukaryotische Zelle?	735	Rotalgen besitzen ein charakteristisches akzessorisches Photosynthesepigment	759	
	Die Diversität der Protisten spiegelt sich sowohl in ihrer Morphologie als auch in ihrer Phylogenie wider.	735	Grünalgen und Landpflanzen enthalten Chlorophyll <i>a</i> und <i>b</i>	760	
	Zelluläre Eigenschaften stützen die Monophylie der Eukaryoten	736	Diplomonadida und Parabasalia sind Excavata ohne Mitochondrien	761	
	Die moderne eukaryotische Zelle entstand in mehreren Schritten	736	Bei den Heterolobosea erfolgt ein Wechsel zwischen amöboiden und begeißelten Formen .	762	
	Chloroplasten sind ein Paradebeispiel einer Endosymbiose.	740	Euglenoiden und Kinetoplastiden besitzen charakteristische Mitochondrien und Geißeln .	762	
	Durch horizontalen Gentransfer lässt sich das Vorhandensein einiger prokaryotischer Gene bei Eukaryoten erklären	741	Foraminiferen haben gewaltige Kalkablagerungen gebildet	764	
27.2	Welche Merkmale sind der Grund für die Vielfalt der Protisten?	741	Radiolarien besitzen dünne, steife Pseudopodien.	764	
	Protisten nehmen viele verschiedene ökologische Nischen ein	742	Die Amoebozoa bewegen sich mithilfe von lappenförmigen Pseudopodien fort.	765	
	Protisten zeigen unterschiedliche Fortbewegungsweisen	742			
	Protisten machen sich auf unterschiedliche Weise Vakuolen zunutze	743	28 Samenlose Pflanzen: Übergang vom Wasser ans Land	772	
			28.1 Wie entstanden die Landpflanzen? . . .	773	
			Es gibt unterschiedliche Großgruppen von Landpflanzen	775	
			Die Landpflanzen gingen aus einem Monophylum der Grünalgen hervor	775	

- 28.2 Wie gelang es den Pflanzen, das Land zu besiedeln und dort zu gedeihen?** . . . 776
 Anpassungen an ein Leben an Land unterscheiden die Landpflanzen von den Grünalgen. 776
 Moose leben in Gebieten, in denen eine ausreichende Versorgung mit Wasser gewährleistet ist 777
 Die Entwicklungszyklen der Landpflanzen sind durch einen Generationswechsel gekennzeichnet 777
 Die Sporophyten der Moose sind von den Gametophyten abhängig 779
- 28.3 Welche charakteristischen Merkmale sind kennzeichnend für die Gefäßpflanzen?** 780
 Leitgewebe transportieren Wasser und gelöste Stoffe 780
 Die Evolution der Gefäßpflanzen begann vor fast einer halben Milliarde Jahren 781
 Die ersten Gefäßpflanzen besaßen weder Wurzeln noch Blätter 782
 Die Gefäßpflanzen spalteten sich auf. 783
 Wurzeln könnten aus Ästen hervorgegangen sein 783
 Farnartige und Samenpflanzen besitzen echte Blätter 783
 Bei den Gefäßpflanzen entwickelte sich eine Heterosporie 784
- 28.4 Welche großen monophyletischen Gruppen haben die samenlosen Pflanzen hervorgebracht?** 786
 Lebermoose sind wahrscheinlich das älteste Monophylum der Landpflanzen, das bis heute überlebt hat. 786
 Bei den Laubmoosen entstanden erstmals Mechanismen zum Transport von Wasser und Kohlenhydraten 787
 Hornmoose zeichnen sich durch charakteristische Chloroplasten und ungestielte Sporophyten aus 788
 Manche Gefäßpflanzen besitzen zwar Leitgewebe, bilden aber keine Samen aus 789
 Die Bärlappgewächse bilden die Schwestergruppe der übrigen Gefäßpflanzen 789
 Schachtelhalme, Gabelblattgewächse und Echte Farne bilden eine monophyletische Gruppe . . . 790
- 29 Die Evolution der Samenpflanzen** 798
- 29.1 Wie haben sich die Samenpflanzen zum dominanten Vegetationselement der Gegenwart entwickelt?** 799
 Der Entwicklungszyklus der Samenpflanzen ist durch geschützte Gameten und Embryonen gekennzeichnet 800
 Der Samen ist ein komplexes, gut geschütztes Paket 802
 Durch eine anatomische Veränderung konnten die Samenpflanzen erstaunlich in die Höhe wachsen 802
- 29.2 Welche Gruppen umfassen die Gymnospermen?** 804
 Koniferen bilden Zapfen, aber keine frei beweglichen Gameten 805
- 29.3 Welche Merkmale trugen zum Erfolg der Angiospermen bei?** 808
 Die Geschlechtsorgane der Angiospermen sind die Blüten 809
 Der Blütenbau hat sich im Verlauf der Evolution weiterentwickelt 810
 Zwischen Angiospermen und Tieren hat eine Koevolution stattgefunden 812
 Kennzeichnend für den Entwicklungszyklus der Angiospermen ist eine doppelte Befruchtung . 813
 Angiospermen bilden Früchte. 814
 Bei neueren Analysen kam die älteste Aufspaltung innerhalb der Angiospermen ans Licht . . 815
- 29.4 Welchen Nutzen zieht der Mensch aus Pflanzen?** 816
 Samenpflanzen bilden unsere primären Nahrungsquellen 817
 Schon seit alters her sind Samenpflanzen wichtige Lieferanten von medizinischen Wirkstoffen 818
- 30 Chitinpilze: Zersetzer, Parasiten, Symbionten und Pathogene** 822
- 30.1 Was ist ein Chitinpilz?** 823
 Einzellige Chitinpilze nennt man Hefen. 824
 Der Körper eines vielzelligen Chitinpilzes besteht aus Hyphen. 825
 Pilze stehen in engem Kontakt mit ihrer Umgebung 826
 Chitinpilze pflanzen sich sowohl asexuell als auch sexuell fort 827



30.2 Wie stehen Chitinpilze mit anderen Organismen in Wechselbeziehung? . . . 828
 Saprobiontische Pilze sind von wesentlicher Bedeutung für den Kohlenstoffkreislauf der Erde. 828
 Pilze können als Parasiten und sogar als Räuber auftreten 829
 Manche Pilze gehen für beide Partner vorteilhafte Lebensgemeinschaften ein. 831
 Endophytische Pilze schützen manche Pflanzen vor Pathogenen, Herbivoren und Stress. 834

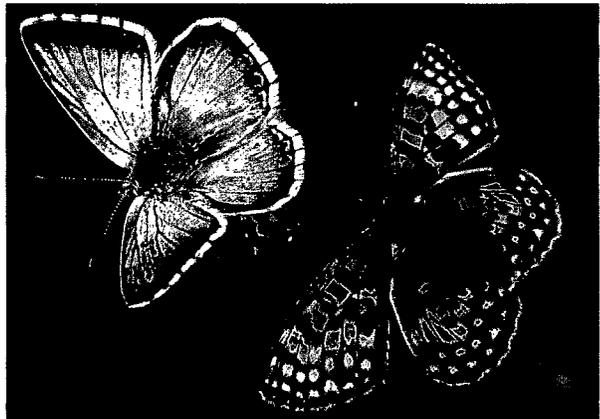
30.3 Wie unterscheiden sich die Entwicklungszyklen der Chitinpilze? . . 834
 Einige aquatische Flagellatenpilze weisen einen Generationswechsel auf 835
 Bei terrestrischen Pilzen erfolgen Plasmogamie und Karyogamie zeitlich getrennt 835
 Der dikaryotische Zustand ist eine Synapomorphie von Schlauchpilzen und Ständerpilzen 835

30.4 Wie entwickelte sich die Vielfalt der Chitinpilze? 838
 Mikrosporidien sind stark reduzierte parasitische Pilze 838
 Flagellatenpilze sind die einzigen Chitinpilze mit begeißeltem Stadium. 839
 Jochpilze leben terrestrisch als Saprobionten, Parasiten oder Symbionten 840
 Arbuskuläre Mykorrhizapilze bilden Symbiosen mit Pflanzen 840
 Die sexuelle Fortpflanzungsstruktur der Schlauchpilze ist der Ascus 840
 Die sexuelle Fortpflanzungsstruktur der Ständerpilze ist das Basidium. 843

31 Die Entstehung der Tiere und die Evolution ihrer Körperbaupläne. 848

31.1 Welche Merkmale sind kennzeichnend für Tiere? 849
 Die Monophylie der Tiere wird durch Gensequenzen und morphologische Merkmale gestützt 850
 Die großen Tiergruppen unterscheiden sich durch einige wenige grundlegende Entwicklungsmuster 850

31.2 Welche Merkmale kennzeichnen die Körperbaupläne von Tieren? 853
 Die meisten Tiere weisen eine Symmetrie auf 853
 Der Bau der Leibeshöhle hat Einfluss auf die Art der Fortbewegung 854



Segmentierung des Körpers ermöglicht eine bessere Kontrolle der Bewegungen. 855
 Körperanhänge erfüllen viele verschiedene Funktionen 856

31.3 Wie erlangen Tiere ihre Nahrung? . . . 857
 Filtrierer filtern Nahrung aus dem Wasser . . . 857
 Herbivoren ernähren sich von Pflanzen. 857
 Carnivoren erbeuten und überwältigen kleine und große Beutetiere 859
 Parasiten leben in oder auf anderen Organismen. 860
 Detritivoren leben von den Überresten anderer Organismen. 860

31.4 Welche Unterschiede bestehen zwischen den verschiedenen Entwicklungszyklen von Tieren? 861
 In den meisten Entwicklungszyklen von Tieren gibt es mindestens ein Ausbreitungsstadium . . 862
 Kein Entwicklungszyklus kann sämtliche Vorteile maximieren 862
 Die Entwicklungszyklen von Parasiten sind daran angepasst, die Nachkommen zu verbreiten und die Abwehr des Wirts zu überwinden. 864
 Koloniebildende Organismen bestehen aus genetisch identischen, physiologisch aufeinander abgestimmten Individuen. 865

31.5 Welche großen Tiergruppen gibt es? . . 865
 Schwämme sind Tiere mit lockerer Organisation 867
 Placozoen sind häufig, werden aber nur selten beobachtet 868
 Rippenquallen sind biradialsymmetrisch und diploblastisch 869
 Nesseltiere sind radiärsymmetrische Angler . . 869

32 Protostomier 878

32.1 Was ist ein Protostomier? 879
 Bei den Lophotrochozoa haben sich Lophophore (Tentakelträger) und Trochophora-Larven entwickelt. 881
 Ecdysozoa müssen ihre Cuticula abstoßen . . . 882
 Bei Pfeilwürmern sind einige ursprüngliche Entwicklungsmerkmale erhalten geblieben. . . 884

32.2 In welchen Merkmalen unterscheiden sich die Großgruppen der Lophotrochozoa? 884
 Moostierchen leben in Kolonien 885
 Plattwürmer und Rädertiere sind Verwandte mit unterschiedlichem Körperbau. 885
 Schnurwürmer besitzen ein langes, ausstülpbares Organ zur Nahrungsaufnahme. 887
 Hufeisenwürmer und Armfüßer filtern mithilfe ihres Lophophors Nahrung aus dem Wasser . . 888
 Ringelwürmer haben einen segmentierten Körper. 889
 Weichtiere haben eine bemerkenswerte Radiation durchgemacht 892

32.3 Durch welche Merkmale sind die Großgruppen der Ecdysozoa gekennzeichnet? 895
 Mehrere marine Großgruppen enthalten nur relativ wenige Arten 895
 Fadenwürmer und ihre Verwandten zeichnen sich durch einen hohen Individuen- und Artenreichtum aus 897

32.4 Warum entwickelten die Gliederfüßer eine so große Artenvielfalt? 898
 Einige Verwandte der Gliederfüßer haben ungliederte, fleischige Extremitäten 899
 Bei den Trilobiten traten erstmals gegliederte Beine auf 899
 Tausendfüßer haben viele Beine 900
 Die meisten Cheliceraten besitzen vier Beinpaare 901
 Die Krebstiere sind eine artenreiche, weit verbreitete Gruppe 903
 Insekten sind heute die vorherrschenden terrestrischen Arthropoden 905

Ein Überblick über die Evolution der Protostomier. 910

33 Deuterostomier 914

33.1 Was ist ein Deuterostomier? 915

33.2 Welche Großgruppen umfassen die Stachelhäuter und Hemichordaten? . . 917
 Echinodermen sind durch einzigartige Baupläne gekennzeichnet 917

Hemichordaten sind wurmförmige marine Deuterostomier 920

33.3 Welche neuen Merkmale entwickelten sich bei den Chordaten? 921
 Die Adulten der meisten Cephalochordaten und Tunicaten leben sessil 922
 Bei den Wirbeltieren wird die Chorda durch eine andere dorsale Stützstruktur ersetzt. . . . 923
 Der Körperbauplan der Wirbeltiere ermöglicht die Entwicklung großer, aktiver Tiere 925
 Flossen und eine Schwimmblase sorgten für mehr Stabilität und eine bessere Steuerung der Fortbewegung 925

33.4 Wie eroberten die Wirbeltiere das Festland? 929
 Durch gelenkige Flossen verbesserte sich die Stützfunktion 929
 Die Amphibien haben sich an ein Leben an Land angepasst. 930
 Amnioten besiedelten trockene Lebensräume . 932
 Sauropsiden haben sich an ein Leben in vielen unterschiedlichen Lebensräumen angepasst . . 934
 Krokodile, Vögel und Dinosaurier haben einen gemeinsamen Vorfahren 935
 Die Evolution von Federn ermöglichte es den Vögeln zu fliegen 936
 Nach dem Aussterben der Dinosaurier machten die Säugetiere eine adaptive Radiation durch . 938
 Die meisten Säugetiere sind Vertreter der Theria 939

33.5 Welche Merkmale charakterisieren die Primaten? 942
 Bei den Vorfahren des Menschen evolvierte der bipede Gang 942
 Mit der Verkleinerung der Kiefer vergrößerte sich das Gehirn der Hominiden 944
 Die Menschen entwickelten Sprache und Kultur 946

Teil VIII Blütenpflanzen: Form und Funktion

34 Der Pflanzenkörper 952

34.1 Was ist der Grundbauplan des Pflanzenkörpers? 953

	Das Wurzelsystem verankert die Pflanze und nimmt Wasser und gelöste Mineralstoffe auf . . .	954		Wasser und Ionen passieren auf ihrem Weg ins Xylem den Apoplasten und den Symplasten . . .	983
	Die Sprossachse trägt Blätter und Blüten. . . .	955	35.2	Wie werden Wasser und Mineralionen im Xylem transportiert?	985
34.2	Wie unterstützt die Zellwand Wachstum und Gestalt der Pflanze?	957		Der Aufstieg des Xylemsafts erfordert keine lebenden Zellen	985
	Auch Zellwand und Vakuolen beeinflussen die Festlegung der Pflanzengestalt	957		Xylemtransport ist nur durch Wurzeldruck nicht zu bewerkstelligen	985
	Die Struktur der Zellwand ermöglicht das Wachstum der Pflanze	957	35.3	Wie kontrollieren die Spaltöffnungen den Wasserverlust und die CO₂-Aufnahme?	988
34.3	Wie entstehen pflanzliche Gewebe und Organe?	960		Die Schließzellen kontrollieren den Öffnungszustand der Spaltöffnung	989
	Der Pflanzenkörper wird aus drei Gewebesystemen gebildet	960	35.4	Wie erfolgt der Substanztransport im Phloem?	991
	Xylemzellen transportieren Wasser und gelöste Mineralstoffe	963		Die Druckstromtheorie liefert eine Erklärung für den Phloemtransport	993
	Phloemzellen transportieren die Photosyntheseprodukte.	964		Die Druckstromtheorie wurde experimentell untersucht	993
34.4	Wie erzeugen Meristeme einen kontinuierlich wachsenden Pflanzenkörper?	964	36	Pflanzenernährung	998
	Pflanzen vergrößern sich durch primäres und sekundäres Wachstum	964	36.1	Wie erfolgt der Nährstoffwerb bei Pflanzen?	999
	Der Pflanzenkörper wird durch eine Hierarchie von Meristemen erzeugt	965		Wie gelangt ein sessiler Organismus an seine Nährstoffe?	999
	Das unbegrenzte primäre Wachstum nimmt seinen Ausgang in Apikalmeristemen.	966	36.2	Welche mineralischen Nährelemente benötigt die Pflanze?	1000
	Aus dem Wurzelapikalmeristem entstehen die Wurzelhaube und die Primärmeristeme. . .	966		Mangelercheinungen zeigen eine ungenügende Ernährung an	1000
	Die Produkte der primären Wurzelmeristeme werden zu den Wurzelgeweben	967		Die essenziellen Nährelemente wurden mithilfe von Hydrokulturrexperimenten bestimmt	1002
	Die Produkte der primären Sprossmeristeme werden zu Sprossgeweben	968			
	Blätter sind Organe mit determiniertem Wachstum, die vom Sprossapikalmeristem gebildet werden	968			
	Sprossachse und Wurzel von Eudikotylen weisen häufig ein sekundäres Dickenwachstum auf . .	970			
34.5	Wie hat die Domestikation die Gestalt des Pflanzenkörpers verändert?	973			
35	Transport in Pflanzen	978			
35.1	Wie nehmen Pflanzen Wasser und gelöste Stoffe auf?	979			
	Unterschiede im Wasserpotenzial bestimmen die Richtung der Wasserbewegung	979			
	Aquaporine erleichtern die Bewegung von Wasser durch Membranen	982			
	Zur Aufnahme von Mineralionen werden Membran-Transportproteine benötigt	982			



36.3	Wie wirkt sich die Bodenstruktur auf Pflanzen aus?	1003			
	Böden haben eine komplexe Struktur	1003			
	Boden bildet sich durch die Verwitterung von Gestein	1004			
	Böden sind die Basis der Pflanzenernährung	1005			
	In der Landwirtschaft werden Dünger und Kalk eingesetzt	1005			
	Der Einfluss von Pflanzen auf Bodenfruchtbarkeit und pH-Wert	1006			
36.4	Wie verbessern Pilze und Bakterien die Nährstoffaufnahme durch Pflanzenwurzeln?	1007			
	Mykorrhizen vergrößern das Wurzelsystem von Pflanzen	1007			
	Ohne Bodenbakterien kann Luftstickstoff nicht seinen Weg in Pflanzenzellen finden	1008			
	Kein Leben ohne Stickstoff fixierende Bakterien	1009			
	Die Nitrogenase katalysiert die Stickstofffixierung	1009			
	Einige Pflanzen und Bakterien arbeiten zusammen, um Stickstoff zu fixieren	1009			
	Leguminosen und Rhizobien kommunizieren mithilfe von Signalstoffen	1010			
	Die biologische Stickstofffixierung entspricht nicht immer dem landwirtschaftlichen Bedarf	1011			
	Pflanzen und Bakterien nehmen am globalen Stickstoffkreislauf teil	1012			
36.5	Wie erreichen carnivore und parasitische Pflanzen eine ausgeglichene Ernährung?	1013			
	Tierfangende (carnivore) Pflanzen ergänzen ihre Mineralstoffernährung	1013			
	Parasitische Pflanzen machen sich andere Pflanzen zunutze	1014			
	Die Beziehung Pflanze–Parasit ähnelt der Assoziation Pflanze–Pilz beziehungsweise Pflanze–Bakterium	1015			
37	Regulation des Pflanzenwachstums	1020			
37.1	Wie verläuft die pflanzliche Entwicklung?	1021			
	Am Beginn der Entwicklung stehen die Samenkeimung und der wachsende Keimling	1022			
	Umweltsignale können die Samenkeimung auslösen	1022			
	Die Keimruhe bietet adaptive Vorteile	1022			
	Samenkeimung beginnt mit Wasseraufnahme	1023			
	Der Embryo muss seine Reserven mobilisieren	1024			
	Verschiedene Phytohormone und Photorezeptoren regulieren das Pflanzenwachstum	1024			
	Signaltransduktionswege spielen bei allen Stadien der pflanzlichen Entwicklung eine Rolle	1025			
	Durch Untersuchungen an <i>Arabidopsis thaliana</i> verstehen wir die Signaltransduktion bei Pflanzen jetzt besser	1026			
37.2	Wie wirken Gibberelline?	1027			
	Gibberelline sind Phytohormone	1027			
	Gibberelline beeinflussen Wachstum und Entwicklung von Pflanzen auf vielfältige Weise	1028			
	Gibberelline induzieren den Abbau von Transkriptionsrepressoren	1029			
37.3	Wie wirkt Auxin?	1030			
	Der Auxintransport ist gerichtet und erfordert Carrierproteine	1032			
	Der Auxintransport vermittelt die Antworten der Pflanze auf Licht und Schwerkraft	1033			
	Auxin beeinflusst das Pflanzenwachstum auf verschiedene Weise	1034			
	Auxin und Gibberelline wirken auf molekularer Ebene ähnlich	1035			
37.4	Wie wirken Cytokinine, Ethylen und Brassinosteroide?	1037			
	Cytokinine sind vom Samen bis zur Seneszenz aktiv	1037			
	Ethylen ist ein Phytohormon, das Blattseneszenz und Fruchtreife beschleunigt	1038			
	Brassinosteroide sind pflanzliche Steroidhormone	1040			
37.5	Welche Rolle spielen Photorezeptoren bei der Regulation des Pflanzenwachstums?	1041			
	Phototropine, Cryptochrome und Zeaxanthin sind Blaulichtrezeptoren	1042			
	Phytochrome vermitteln die Rot- und Dunkelrotlichteffekte	1042			
	Phytochrom stimuliert die Gentranskription	1044			
	Circadiane Rhythmen werden durch die Lichtrezeption synchronisiert	1045			
38	Fortpflanzung bei Blütenpflanzen	1050			
38.1	Wie verläuft die sexuelle Fortpflanzung bei Angiospermen?	1051			
	Die Blüte ist die Struktur, die bei Angiospermen der sexuellen Fortpflanzung dient	1051			
	Die Gametophyten der Blütenpflanzen sind mikroskopisch klein	1053			

Die Bestäubung in Abwesenheit von Wasser ist eine evolutionsbiologische Anpassung 1053

Blütenpflanzen verhindern Inzucht 1055

Ein Pollenschlauch bringt Spermazellen zum Embryosack. 1056

Die Angiospermen führen eine doppelte Befruchtung durch 1056

Embryonen entwickeln sich innerhalb von Samen 1057

Die Samenkeimung wird hormonell kontrolliert 1059

Früchte unterstützen die Samen- ausbreitung. 1059

38.2 Wodurch wird der Übergang vom vegetativen zum blühenden Stadium reguliert? 1060

Apikalmeristeme können sich in Infloreszenz- meristeme umwandeln 1061

Eine Kaskade von Genexpressionen führt zur Blüte 1062

Photoperiodische Signale können die Blüte induzieren. 1062

Pflanzen reagieren unterschiedlich auf photoperiodische Signale 1063

Die Länge der Nacht legt fest, ob eine photoperiodische Pflanze blühen wird 1063

Der Blühstimulus entsteht in einem Blatt. 1064

Flörigen ist ein kleines Protein 1066

Der Blühvorgang kann durch Temperatur oder Gibberelline induziert werden 1067

Manche Pflanzenarten benötigen kein Umwelt- signal zur Blühinduktion 1068

38.3 Wie erfolgt die asexuelle Fortpflanzung von Angiospermen? 1068

Es existieren viele Formen von asexueller Fortpflanzung. 1069

Vegetative Fortpflanzung hat auch Nachteile. 1071

Die vegetative Fortpflanzung ist für Land- wirtschaft und Gartenbau von Bedeutung 1071

39 Reaktionen der Pflanze auf Umweltstress. 1076

39.1 Wie werden Pflanzen mit Pathogenen fertig? 1077

Zur mechanischen Verteidigung gehören auch physische Barrieren 1078

Pflanzen können infizierte Teile zur Schadensbegrenzung abriegeln. 1078

Die Antwort von Pflanzen auf Pathogene kann genetisch gesteuert sein 1079

Die Rezeptor-Elicitor-Bindung führt zur hypersensitiven Reaktion 1080

Die systemisch erworbene Resistenz ist eine Form von „Langzeit-Immunität“ 1081

Pflanzen entwickeln eine spezifische Immunität gegen RNA-Viren 1081

39.2 Wie werden Pflanzen mit Herbivoren fertig? 1082

Herbivorie erhöht bei manchen Pflanzen das Wachstum. 1082

Mechanische Abwehrmethoden gegen Herbivoren sind verbreitet 1083

Pflanzen bilden chemische Abwehrstoffe gegen Herbivoren. 1083

Einige Sekundärmetaboliten haben multiple Funktionen 1084

Pflanzen reagieren mit (induzierter) fakultativer Abwehr auf Herbivoren. 1085

Warum vergiften Pflanzen sich nicht selbst? 1086

Die Pflanze gewinnt nicht immer 1087

39.3 Wie werden Pflanzen mit Klima- extremen fertig? 1088

Wüstenpflanzen sind speziell an trockene Lebensräume angepasst 1088

Sauerstoff ist in staunassen Böden Mangelware 1090

Pflanzen können sich an Trockenstress akklimatisieren 1091

Pflanzen haben Mittel und Wege, um mit Temperaturextremen fertig zu werden 1092

39.4 Wie werden Pflanzen mit Salz und Schwermetallen fertig? 1093

Die meisten Halophyten reichern Salz an. 1093

Einige Pflanzen können Schwermetalle tolerieren 1094



Teil IX

Die Physiologie der Tiere

40 Physiologie, Homöostase und Temperaturregulation 1100

40.1 Wie erfüllen Tiere als Vielzeller die Bedürfnisse ihrer Zellen? 1101

Ein inneres Milieu ermöglicht die Existenz komplexer vielzelliger Tiere 1101

Physiologische Systeme halten die Homöostase aufrecht 1102

Zellen, Gewebe, Organe und Organsysteme sind darauf spezialisiert, homöostatische Bedürfnisse zu erfüllen 1104

Organe bestehen aus mehreren Geweben . . . 1106

40.2 Wie beeinflusst die Temperatur lebende Systeme? 1108

Der Q_{10} -Wert ist ein Maß für die Temperaturabhängigkeit 1108

Tiere passen sich an den jahreszeitlichen Wechsel der Temperaturen an 1109

40.3 Wie beeinflussen Tiere ihren Temporaustausch mit der Umgebung? . . . 1109

Endotherme erzeugen Stoffwechselwärme . . . 1109

Ektotherme und Endotherme reagieren unterschiedlich auf Temperaturveränderungen . 1110

Energiebudgets spiegeln Anpassungen zur Regulierung der Körpertemperatur wider. . . . 1111

Sowohl Ektotherme als auch Endotherme kontrollieren ihre Hautdurchblutung 1112

Einige Fische erhöhen regional ihre Körpertemperatur durch Wärmerückgewinnung. . . . 1113

Einige Ektotherme regulieren ihre Wärmeproduktion 1115

40.4 Wie regulieren Säuger ihre Körpertemperatur? 1115

Der Grundsatz von Endothermen ist mit der Körpergröße und der Umgebungstemperatur korreliert 1116

Endotherme reagieren auf Kälte mit Wärme-
produktion und vermindern als Anpassung an
die Kälte ihren Wärmeverlust. 1117

Wasserverdunstung bringt Kühlung, hat aber
ihren Preis 1118

Der Thermostat von Säugern arbeitet mit
Feedback-Information. 1118

Fieber hilft dem Körper bei der Bekämpfung
von Infektionen 1119

Der Thermostat kann heruntergedreht werden . 1120

41 Hormone der Tiere 1124

41.1 Was sind Hormone und wie wirken sie? 1125

Chemische Signale können lokal oder über
Distanzen wirken 1126

Hormonelle Kommunikation hat eine lange
evolutionäre Geschichte 1127

Hormone lassen sich in drei chemische
Gruppen einteilen. 1130

Hormonrezeptoren befinden sich auf der
Zelloberfläche oder im Zellinneren 1130

Die Hormonwirkung hängt vom Typ der
Zielzelle und deren Rezeptoren ab 1131

41.2 Wie interagieren Nerven- und Hormonsystem? 1132

Die Hypophyse verbindet Nervensystem und
Hormonsystem 1132

Die Adenohypophyse wird von hypothalamischen Neurohormonen kontrolliert. 1135

Negative Rückkopplungsschleifen kontrollieren
die Hormonsekretion 1136

41.3 Die wichtigsten Hormondrüsen und Hormone der Säuger. 1136

Die Schilddrüse sezerniert Thyroxin 1137

Drei Hormone regulieren die Calciumkonzentration im Blut. 1138

Parathyrin senkt die Phosphatkonzentration
im Blut 1140

Insulin und Glucagon regulieren den Zuckerspiegel im Blut 1140

Die Nebenniere ist ein Verbund zweier
Hormondrüsen 1141

Die Sexualhormone werden von den
Geschlechtsorganen produziert. 1143

Melatonin spielt bei biologischen Rhythmen
und Photoperiodismus eine Rolle. 1145

Viele chemische Verbindungen können als
Hormone wirken 1145

41.4 Wie untersucht man die Wirkweise von Hormonen? 1146

Hormone lassen sich mithilfe von Immunoassays auffinden und messen. 1146

Ein Hormon kann durch viele Rezeptoren
wirken 1146

42 Immunologie: Abwehrsysteme der Tiere 1152

42.1 Welche wichtigen Abwehrsysteme gibt es bei Tieren? 1153

Das Blut und die lymphatischen Gewebe spielen bei den Abwehrsystemen eine wichtige Rolle . 1154

Weiße Blutzellen übernehmen viele Abwehrfunktionen 1155

Proteine des Immunsystems binden an Krankheitserreger oder übermitteln Signale an andere Zellen 1155

42.2 Welche Eigenschaften besitzt die angeborene unspezifische Immunabwehr? 1157

Barrieren und lokale Faktoren verteidigen den Körper gegen Eindringlinge 1157

Andere unspezifische Abwehrsysteme umfassen spezialisierte Proteine und zelluläre Vorgänge 1158

Eine Entzündung ist eine koordinierte Reaktion auf eine Infektion oder Verletzung 1159

Eine Entzündung kann medizinische Probleme hervorrufen 1159

Zelluläre Signalwege stimulieren die Abwehrreaktionen des Körpers 1160

42.3 Wie entwickelt sich die erworbene Immunität? 1161

Die adaptive Immunität besitzt vier entscheidende Merkmale 1162

Wie spezifische humorale und zelluläre Immunantworten interagieren: ein Überblick 1163

Genetische Veränderungen und die klonale Selektion bringen die spezifische Immunantwort hervor 1164

Immunität und immunologisches Gedächtnis sind das Ergebnis der klonalen Selektion 1165

Impfstoffe sind eine Anwendung des immunologischen Gedächtnisses 1165

Tiere unterscheiden zwischen körpereigenen und körperfremd und tolerieren ihre eigenen Antigene 1166

42.4 Was ist die humorale Immunantwort? 1166

Manche B-Zellen entwickeln sich zu Plasmazellen 1166

Die verschiedenen Antikörper besitzen eine gemeinsame Struktur 1167

Es gibt fünf Klassen von Immunglobulinmolekülen 1169

Für monoklonale Antikörper gibt es zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten 1169



42.5 Was ist die zelluläre Immunantwort? 1171

T-Zell-Rezeptoren binden an Antigene auf Zelloberflächen 1171

MHC-Proteine präsentieren den T-Zellen die Antigene 1171

T-Helferzellen und MHC-Klasse-II-Proteine tragen zur humoralen Immunantwort bei 1172

An der zellulären Immunantwort sind cytotoxische T-Zellen und MHC-Klasse-I-Proteine beteiligt 1173

Regulatorische T-Zellen unterdrücken die humorale und die zelluläre Immunantwort 1173

MHC-Proteine sind bei Gewebetransplantationen von großer Bedeutung 1175

42.6 Wie können Tiere so viele verschiedene Antikörper hervorbringen? 1176

Die konstante Region spielt beim Klassenwechsel der Immunglobuline eine Rolle 1178

42.7 Was geschieht bei einer Fehlfunktion des Immunsystems? 1179

Allergische Reaktionen sind das Ergebnis einer Hypersensitivität 1179

Autoimmunkrankheiten werden durch Reaktionen gegen körpereigene Antigene ausgelöst 1180

Aids ist eine Immunschwächekrankheit 1181

43 Fortpflanzung der Tiere 1186

43.1 Wie vermehren sich Tiere ohne Sex? 1187

Knospung und Regeneration erzeugen neue Individuen durch Mitosen 1188

Unter Parthenogenese versteht man die Entwicklung unbefruchteter Eier 1188

43.2 Wie pflanzen sich Tiere sexuell fort? 1189

Eizellen und Samenzellen entstehen durch Gametogenese 1190

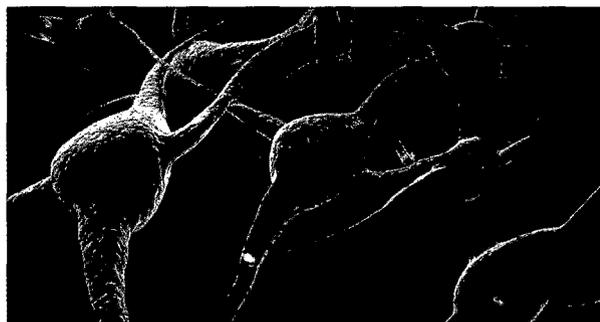
Besamung ist die Fusion der beiden Gameten, Befruchtung die Fusion ihrer Kerne 1192
 Wie Eier und Spermien zusammenkommen . . . 1195
 Manchmal kann dasselbe Individuum als Männchen und als Weibchen fungieren 1197
 Die Evolution des Fortpflanzungssystems der Wirbeltiere verlief parallel zur Eroberung des Festlands 1197
 Tiere mit innerer Befruchtung unterscheiden sich je nachdem, wo sich der Embryo entwickelt. 1198

43.3 Wie funktioniert das menschliche Fortpflanzungssystem? 1199
 Die männlichen Sexualorgane produzieren Samen und geben ihn ab 1199
 Die männliche Sexualfunktion wird von Hormonen kontrolliert 1202
 Die weiblichen Geschlechtsorgane produzieren Eizellen, nehmen Spermien auf und ernähren den Embryo. 1203
 Der Ovarialzyklus erzeugt eine reife Eizelle. . . 1204
 Der Menstruationszyklus bereitet eine geeignete Umgebung für die befruchtete Eizelle vor. 1206
 Hormone steuern und koordinieren Ovarial- und Menstruationszyklus 1207
 In der Schwangerschaft übernehmen Hormone aus den extraembryonalen Membranen die Kontrolle 1208
 Die Geburt wird von hormonellen Signalen und mechanischen Reizen ausgelöst 1208

43.4 Wie lässt sich die menschliche Fruchtbarkeit kontrollieren? 1210
 Der sexuelle Reaktionszyklus des Menschen weist vier Phasen auf. 1210
 Menschen nutzen eine ganze Reihe von Techniken, um ihre Fruchtbarkeit zu kontrollieren 1211
 Reproduktionstechnologien helfen bei der Lösung von Fertilitätsproblemen 1214

44 Entwicklung der Tiere 1220

44.1 Wie aktivieren Besamung und Befruchtung die Entwicklung? 1221
 Spermium und Eizelle liefern unterschiedliche Beiträge zur Zygote. 1222
 Die Reorganisation des Ooplasmas schafft die Voraussetzungen für die Determination 1222
 Furchung: Das Cytoplasma wird neu verpackt . 1223
 Die Furchung bei Säugern ist einzigartig 1225



Bestimmte Blastomeren generieren bestimmte Gewebe und Organe 1226

44.2 Wie erzeugt die Gastrulation mehrfache Gewebelagen? 1228
 Die Gastrulation beim Seeigel ist durch die Invagination des vegetativen Pols charakterisiert 1228
 Die Gastrulation beginnt beim Frosch am grauen Halbmond. 1229
 Die dorsale Urmundlippe organisiert die Bildung des Embryos 1230
 Die Wirkungen des Organisators basieren auf Transkriptionsfaktoren 1232
 Während sich der Organisator von der dorsalen Urmundlippe wegbewegt, verändert er seine Aktivität. 1232
 Die Gastrulation von Reptilien und Vögeln ist eine Anpassung an dotterreiche Eier 1233
 Placentale Säuger besitzen ein Gastrulationsmuster wie Sauropsiden, obwohl ihren Eiern der Dotter fehlt 1235

44.3 Wie entwickeln sich Organe und Organsysteme? 1236
 Die dorsale Urmundlippe hat den Boden für die Organogenese bereitet 1236
 Die Körpersegmentierung entwickelt sich im Verlauf der Neurulation. 1237
 Hox-Gene kontrollieren die Entwicklung längs der anterior-posterioren Achse 1237

44.4 Wie wird der heranwachsende Embryo versorgt? 1239
 An der Bildung der extraembryonalen Membranen sind alle drei Keimblätter beteiligt 1239
 Bei Säugern bilden die extraembryonalen Membranen die Placenta 1240

44.5 Welche Stadien durchläuft die menschliche Entwicklung? 1241
 Die Organentwicklung beginnt im ersten Trimester 1241
 Im Laufe des zweiten und dritten Trimesters wachsen und reifen die Organsysteme heran . 1242

	Entwicklungsprozesse setzen sich das ganze Leben fort.	1243			
45	Nervenzellen und Nervensysteme	1248			
45.1	Welche Zellen kommen nur im Nervensystem vor?	1249			
	Neuronale Netze unterscheiden sich in ihrer Komplexität.	1250			
	Neuronen sind die funktionellen Einheiten des Nervensystems	1251			
	Auch Gliazellen sind wichtige Bestandteile des Nervensystems	1252			
45.2	Wie erzeugen Neuronen elektrische Signale und leiten sie weiter?	1254			
	Der Nervenfunktion liegen einfache elektrische Vorgänge zugrunde.	1254			
	Membranpotenziale lassen sich mit Elektroden messen	1254			
	Ionentransporter und Ionenkanäle erzeugen das Membranpotenzial	1255			
	Ionenkanäle und ihre Eigenschaften lassen sich nun direkt untersuchen.	1258			
	Ionenkanäle können das Membranpotenzial verändern.	1258			
	Graduierte Veränderungen des Membranpotenzials können Information integrieren.	1259			
	Plötzliche Veränderungen in Ionenkanälen lösen Aktionspotenziale aus	1260			
	Aktionspotenziale werden ohne Signalabschwächung am Axon fortgeleitet	1261			
	Aktionspotenziale können an Axonen entlang springen	1264			
45.3	Wie kommunizieren Neuronen mit anderen Zellen?	1264			
	Die motorische Endplatte ist eine klassische chemische Synapse	1265			
	Das Eintreffen eines Aktionspotenzials führt zur Freisetzung von Neurotransmitter	1265			
	An synaptischen Funktionen sind viele Proteine beteiligt	1265			
	Die postsynaptische Membran reagiert auf Neurotransmitter	1265			
	Synapsen zwischen Neuronen können erregend oder hemmend wirken	1267			
	Die postsynaptische Zelle summiert erregende und hemmende Eingangssignale	1267			
	Synapsen können schnell oder langsam sein	1268			
	Elektrische Synapsen sind sehr schnell, zur Integration von Information aber kaum geeignet	1268			
	Die Wirkung eines Neurotransmitters hängt von dem Rezeptor ab, an der er bindet.	1269			
	Vermutlich spielen Glutamatrezeptoren für Lernen und Gedächtnis eine Rolle	1269			
	Um die synaptische Reaktion abzustellen, muss der Neurotransmitter wieder von der Synapse entfernt werden.	1270			
	Die Vielfalt der Rezeptoren ermöglicht eine spezifische Wirkung von Medikamenten	1271			
46	Sensorische Systeme	1276			
46.1	Wie wandeln Sinneszellen Reize in Aktionspotenziale um?	1277			
	Sensorische Rezeptorproteine wirken auf Ionenkanäle ein.	1277			
	Bei der sensorischen Transduktion kommt es zu Veränderungen des Membranpotenzials	1278			
	Sinnesempfindungen hängen davon ab, welche Neuronen Aktionspotenziale von Sinneszellen empfangen	1279			
	Viele Rezeptoren adaptieren bei wiederholter Reizung	1280			
46.2	Wie nehmen sensorische Systeme chemische Reize wahr?	1280			
	Arthropoden eignen sich gut zur Untersuchung der Chemorezeption	1280			
	Der Geruchssinn	1281			
	Das Vomeronasalorgan nimmt Pheromone wahr	1282			
	Der Geschmackssinn	1283			
46.3	Wie nehmen sensorische Systeme mechanische Kräfte wahr?	1285			
	Viele verschiedene Sinneszellen reagieren auf Berührung und Druck	1285			
	Dehnungsrezeptoren findet man in Muskeln, Sehnen und Bändern	1286			
	Gehörsysteme verwenden Haarzellen zur Wahrnehmung von Schallwellen	1286			
	Haarzellen reagieren empfindlich auf Abbiegen	1289			
	Haarzellen nehmen die Richtung der Schwerkraft und Drehbeschleunigungen wahr	1290			
	Haarzellen sind in der Evolution konserviert worden	1291			
46.4	Wie nehmen sensorische Systeme Licht wahr?	1292			
	Rhodopsine sind für die Lichtempfindlichkeit verantwortlich	1292			
	Stäbchen reagieren auf Licht	1293			
	Bei Wirbellosen gibt es eine Vielzahl visueller Systeme	1295			

	Bei Wirbeltieren und Cephalopoden haben sich unabhängig voneinander scharf abbildende Linsenaugen entwickelt.	1295			
	Die Wirbeltierretina empfängt und verarbeitet visuelle Information.	1297			
47	Das Nervensystem von Säugern: Struktur und höhere Funktionen	1304			
47.1	Wie ist das Nervensystem von Säugern organisiert?	1305			
	Eine funktionelle Organisation des Nervensystems basiert auf Informationsfluss und Informationstyp.	1305			
	Das ZNS von Wirbeltieren entwickelt sich aus dem embryonalen Neuralrohr	1306			
	Das Rückenmark leitet Information weiter und verarbeitet sie.	1307			
	Das retikuläre System aktiviert das Endhirn	1309			
	Das limbische System im Zentrum des Vorderhirns kontrolliert physiologische Triebe, Instinkte und Emotionen	1309			
	Großhirnregionen wechselwirken miteinander, um Bewusstsein zu erzeugen und das Verhalten zu kontrollieren	1310			
	Das menschliche Gehirn fällt aus dem Rahmen	1313			
47.2	Wie wird Information in neuronalen Netzwerken verarbeitet?	1314			
	Das autonome Nervensystem kontrolliert unwillkürliche physiologische Funktionen	1314			
	Lichtmuster, die auf die Netzhaut fallen, werden von der Sehrinde integriert	1316			
	Zellen im visuellen Cortex empfangen Input von beiden Augen	1318			
47.3	Wie lassen sich höhere Gehirnfunktionen auf Zellniveau verstehen?	1321			
	Schlafen und Träumen produziert elektrische Muster im Gehirn	1321			
	Sprachliche Fähigkeiten sind in der linken Großhirnhemisphäre lokalisiert.	1322			
	Lernen und Gedächtnis lassen sich zum Teil in bestimmten Gehirnarealen lokalisieren.	1324			
	Die Frage „Was ist Bewusstsein?“ können wir noch immer nicht beantworten.	1325			
48	Muskeln und Skelette	1330			
48.1	Wie kontrahieren sich Muskeln?	1331			
	Gleitende Filamente bewirken, dass sich die Skelettmuskulatur kontrahiert	1331			
	Wechselwirkungen zwischen Actin und Myosin bewirken das Gleiten der Filamente	1334			
	Die Wechselwirkung zwischen Actin und Myosin wird von Calciumionen kontrolliert.	1334			
	Die Herzmuskulatur ist der Skelettmuskulatur ähnlich, mit einigen wesentlichen Unterschieden	1337			
	Die glatte Muskulatur bewirkt langsame Kontraktionen vieler innerer Organe	1337			
	Einzelne Skelettmuskelzuckungen summieren sich zu abgestuften Kontraktionen.	1340			
48.2	Was bestimmt die Muskelleistung?	1341			
	Die Muskelfasertypen bestimmen Ausdauer und Kontraktionskraft.	1341			
	Die Kontraktionskraft eines Muskels hängt von seiner Vordehnung ab	1342			
	Training erhöht Muskelkraft und Ausdauer	1342			
	Der ATP-Vorrat begrenzt die Leistungsfähigkeit des Muskels.	1343			
	Insektenmuskeln erreichen die höchsten Kontraktionsfrequenzen	1344			
48.3	Wie arbeiten Skelettsysteme und Muskeln zusammen?	1345			
	Ein Hydroskelett besteht aus Flüssigkeit in einem von Muskeln umgebenen Hohlraum.	1345			
	Exoskelette sind feste Außenstrukturen.	1345			
	Das Endoskelett der Wirbeltiere besteht aus Knorpel und Knochen.	1346			
	Knochen entwickelt sich aus Bindegewebe oder aus Knorpel	1348			
	Knochen, die ein gemeinsames Gelenk haben, können als Hebel wirken	1349			
49	Gasaustausch bei Tieren	1354			
49.1	Welche physikalischen Faktoren bestimmen den Atemgasaustausch?	1355			
	Die Diffusion wird von Konzentrationsunterschieden angetrieben	1355			
	Das Diffusionsgesetz gilt für alle gasaustauschenden Systeme.	1356			
	Luft ist ein besseres Atemmedium als Wasser	1356			
	Hohe Temperaturen bringen Atemprobleme für Wassertiere mit sich.	1357			
	Mit zunehmender Höhe sinkt der Sauerstoffpartialdruck der Luft	1358			
	CO ₂ geht durch Diffusion verloren	1358			
49.2	Welche Anpassungen verbessern den Atemgasaustausch?	1359			
	Atemorgane haben eine große Oberfläche.	1359			
	Gastransport zu und von den Austauschflächen erhöht die Partialdruckgefälle	1359			

Der Körper von Insekten ist von Luftwegen durchzogen 1360

Fischkiemen nutzen das Gegenstromprinzip, um den Gasaustausch zu maximieren 1360

Vögel nutzen eine unidirektionale Ventilation, um den Gasaustausch zu maximieren 1361

Die bidirektionale Ventilation führt zu Totraum, der die Effizienz des Gasaustauschs mindert . . 1363

49.3 Wie funktioniert die menschliche Lunge? 1365

Sekrete im Atmungstrakt unterstützen die Ventilation 1365

Die Lunge wird durch Druckänderungen in der Brusthöhle ventiliert 1367

49.4 Wie transportiert das Blut Atemgase? 1369

Hämoglobin kann Sauerstoff reversibel binden 1369

Myoglobin hält eine Sauerstoffreserve bereit . 1371

Die Sauerstoffaffinität von Hämoglobin ist variabel 1371

Kohlenstoffdioxid wird von Hydrogencarbonationen im Blut transportiert 1372

49.5 Wie wird die Atmung reguliert? 1373

Die Atmung wird vom Hirnstamm kontrolliert . 1373

Zur Regulation der Atmung ist Feedback-Information nötig 1374

50 Kreislaufsysteme 1380

50.1 Warum brauchen Tiere ein Kreislaufsystem? 1381

Manche Tiere kommen ohne Kreislaufsystem aus 1381

Kreislaufsysteme können offen oder geschlossen sein 1382

Offene Kreislaufsysteme bewegen extrazelluläre Flüssigkeit 1382

Geschlossene Kreislaufsysteme lassen Blut durch Gewebe zirkulieren 1382

50.2 Wie haben sich die Kreislaufsysteme von Wirbeltieren im Laufe der Evolution entwickelt? 1384

Fische haben ein zweikammeriges Herz 1384

Amphibien haben ein dreikammeriges Herz . . 1385

Sauropsiden können Lungen- und Körperkreislauf ausgezeichnet kontrollieren 1386

Bei Vögeln und Säugern sind Lungen- und Körperkreislauf vollständig getrennt 1386

50.3 Wie funktioniert das Säugerherz? . . . 1387

Blut wird vom rechten Ventrikel in die Lunge

und vom linken Ventrikel in den übrigen Körper gepumpt 1387

Der Herzschlag wird im Herzmuskel generiert . 1390

Ein Erregungsleitungssystem koordiniert die Kontraktion des Herzmuskels 1391

Die elektrischen Eigenschaften der Ventrikelmuskulatur erhalten die Herzkontraktion aufrecht 1392

Das EKG registriert die elektrische Aktivität des Herzens 1393

50.4 Wodurch zeichnen sich Blut und Blutgefäße aus? 1394

Erythrocyten transportieren die Atemgase . . . 1394

Blutplättchen spielen bei der Blutgerinnung eine Schlüsselrolle 1395

Blut zirkuliert in einem System von Adern durch den Körper 1396

Der Materialaustausch in Kapillarbetten erfolgt durch Druckfiltration, Osmose und Diffusion . . 1397

Blut fließt durch Venen zurück zum Herzen . . 1399

Lymphgefäße führen interstitielle Flüssigkeit in den Blutkreislauf zurück 1400

Gefäßerkrankungen sind Killer 1400

50.5 Wie wird das Kreislaufsystem kontrolliert und reguliert? 1401

Durch Autoregulation wird die lokale Durchblutung den lokalen Bedürfnissen angepasst . 1402

Der arterielle Blutdruck wird von hormonellen und neuronalen Mechanismen kontrolliert und reguliert 1403

51 Ernährung, Verdauung und Resorption 1410

51.1 Was muss die Nahrung Tieren liefern? 1411

Energiebedarf und Energieausgaben lassen sich messen 1411



- Energiereserven können im Körper gespeichert werden 1412
- Nahrung liefert die Kohlenstoffgerüste für die Biosynthese 1414
- Für zahlreiche Funktionen brauchen Tiere Mineralstoffe 1415
- Tiere müssen Vitamine mit der Nahrung aufnehmen 1417
- Nährstoffmängel führen zu Erkrankungen . . . 1418
- 51.2 Wie nehmen Tiere Nahrung auf und verdauen sie?** 1419
- Die Nahrung von Herbivoren ist häufig energiearm und schwer verdaulich 1419
- Carnivoren müssen Beute entdecken, fangen und töten 1420
- Wirbeltierarten haben unterschiedliche Zähne . 1420
- Die Verdauung findet gewöhnlich in einer nach außen offenen Körperhöhle statt 1421
- Ein durchgehender Verdauungstrakt ist an beiden Enden offen 1421
- Verdauungsenzyme bauen komplexe Nahrungsmoleküle ab 1422
- 51.3 Wie funktioniert der Verdauungstrakt von Wirbeltieren?** 1423
- Der Wirbeltierdarm besteht aus konzentrischen Gewebsschichten 1424
- Mechanische Aktivität bewegt die Nahrung durch den Darm und unterstützt die Verdauung 1425
- Die chemische Verdauung beginnt in Mund und Magen 1426
- Magengeschwüre können von einem Bakterium hervorgerufen werden 1426
- Der Magen lässt seinen Inhalt nach und nach in den Dünndarm übertreten 1428
- Der größte Teil der Verdauung findet im Dünndarm statt 1428
- Nährstoffe werden im Dünndarm resorbiert . . 1430
- Resorbierte Nährstoffe werden zur Leber transportiert 1431
- Wasser und Ionen werden im Dickdarm resorbiert 1432
- Pflanzenfresser verlassen sich bei der Celluloseverdauung auf Mikroorganismen 1432
- 51.4 Wie wird der Nährstofffluss kontrolliert und reguliert?** 1433
- Viele Verdauungsfunktionen werden von Hormonen kontrolliert 1433
- Die Leber reguliert den Umsatz energiereicher Moleküle 1434
- Die Regulation der Nahrungsaufnahme ist wichtig 1436
- Die Leber entgiftet den Körper 1437
- 52 Salzhushalt, Wasserhushalt und Stickstoffausscheidung** 1442
- 52.1 Wie erhalten Exkretionssysteme die Homöostase aufrecht?** 1443
- Wasser gelangt durch Osmose in Zellen hinein und aus Zellen heraus 1443
- Exkretionsorgane kontrollieren die Osmolarität der Gewebeflüssigkeit durch Druckfiltration, Sekretion und Reabsorption 1444
- Tiere können Osmokonformer oder Osmoregulierer sein 1444
- Tiere können Ionenkonformer oder Ionenregulierer sein 1445
- 52.2 Wie scheiden Tiere Stickstoff aus?** . . . 1446
- Tiere scheiden Stickstoff in unterschiedlicher Form aus 1446
- Die meisten Arten erzeugen mehr als nur ein einziges stickstoffhaltiges Abfallprodukt 1447
- 52.3 Wie funktionieren die Exkretionssysteme von Wirbellosen?** 1448
- Die Protonephridien von Plattwürmern scheiden Wasser aus und konservieren Salze. 1448
- Die Metanephridien von Ringelwürmern verarbeiten Coelomflüssigkeit 1448
- Die Malpighi-Gefäße von Insekten arbeiten mit aktivem Transport. 1449
- 52.4 Wie erhalten Wirbeltiere ihren Salz- und Wasserhushalt aufrecht?** 1450
- Marine Fische müssen Wasser sparen 1451
- Landlebende Amphibien und Reptilien müssen Austrocknung vermeiden 1451
- Säuger können einen hoch konzentrierten Harn produzieren 1452
- Das Nephron ist die funktionelle Einheit der Wirbeltiere 1452
- Blut wird in die Bowman-Kapsel gefiltert . . . 1452
- Die Nierentubuli wandeln das glomeruläre Ultrafiltrat in Harn um 1453
- 52.5 Wie erzeugt die Säugerniere einen konzentrierten Harn?** 1454
- Die Nieren produzieren Harn, der in der Harnblase gespeichert wird. 1454
- Die Nephrene sind in der Niere regelmäßig angeordnet 1454
- Der größte Teil des glomerulären Ultrafiltrats wird in den proximalen Tubuli zurückgewonnen. 1456
- Die Henle-Schleife erzeugt im Nierenmark einen Konzentrationsgradienten 1456
- Die Wasserpermeabilität der Nierentubuli hängt von Wasserkanälen ab 1458

Der distale Tubulus ist für die Feinzusammensetzung des Harns verantwortlich 1458
 Harn wird im Sammelrohr konzentriert 1459
 Die Nieren unterstützen die Regulation des Säure-Basen-Gleichgewichts 1459
 Nierenversagen wird mit einer Dialyse behandelt 1461

52.6 Wie wird die Nierenfunktion reguliert? 1462
 Die glomeruläre Filtrationsrate wird reguliert 1462
 Blutosmolarität und Blutdruck werden von ADH reguliert 1463
 Das Herz produziert ein Hormon, das zur Senkung des Blutdrucks beiträgt 1465

53 Verhalten von Tieren 1470

53.1 Auf welchen Ursprüngen basiert die Verhaltensbiologie? 1471
 Im Zentrum des Behaviorismus stand Konditionierung 1471
 Die Ethologen konzentrierten sich auf fixierte Handlungsmuster 1472
 Ethologen fragen nach den Ursachen von Verhalten 1474

53.2 Wie können Gene das Verhalten beeinflussen? 1475
 Kreuzungsexperimente können zeigen, ob Verhaltensphänotypen genetisch determiniert sind 1475
 Knock-out-Experimente können die Rolle spezifischer Gene enthüllen 1475
 Verhalten werden von Genkaskaden kontrolliert 1477

53.3 Wie entwickelt sich Verhalten? 1478
 Hormone können Möglichkeit und Zeitpunkt eines Verhaltens bestimmen 1478
 Einige Verhaltensweisen können nur zu bestimmten Zeiten erworben werden 1478

Das Erlernen des Vogelgesangs beruht auf Vererbung, Prägung und hormonell gesteuerter Zeitwahl 1480
 Zeitwahl und Expression des Vogelgesangs stehen unter hormoneller Kontrolle. 1481

53.4 Wie evolviert Verhalten? 1482
 Tiere müssen wählen, wie sie sich verhalten 1482
 Eine Kosten-Nutzen-Analyse lässt sich auf den Nahrungserwerb anwenden 1485

53.5 Welche physiologischen Mechanismen liegen dem Verhalten zugrunde? 1487
 Biologische Rhythmen koordinieren Verhalten mit Umweltzyklen 1488
 Tiere finden sich in ihrer Umwelt zurecht. 1489
 Tiere setzen zahlreiche Sinnesmodalitäten zur Kommunikation ein 1493

53.6 Wie hat sich soziales Verhalten entwickelt? 1495
 Paarungssysteme maximieren die Fitness beider Partner 1496
 Fitness kann mehr als die Produktion von Nachwuchs umfassen. 1497
 Eusozialität ist das Ergebnis extremer Verwandtenselektion 1498
 Gruppenleben bringt Vor- und Nachteile mit sich 1499

Teil X Ökologie

54 Ökologie und die Verbreitung der Organismen 1506

54.1 Was ist Ökologie? 1507
 Ökologie ist nicht gleich Ökologismus 1508
 Ökologen erforschen sowohl die biotischen als auch die abiotischen Bestandteile von Ökosystemen 1508

54.2 Warum variieren die klimatischen Bedingungen je nach geographischer Breite? 1508
 Treibende Kraft für das weltweite Klima ist die Zufuhr an Sonnenenergie 1509
 Die Zufuhr an Sonnenenergie bestimmt die Zirkulationsmuster in der Atmosphäre 1509
 Die Windströmungen bilden die treibende Kraft für die globale ozeanische Zirkulation 1510



	Organismen passen sich an klimatische Herausforderungen an	1511
54.3	Was ist ein Biom?	1513
	Tundra findet sich in hohen Breiten und in großen Höhen.	1515
	In den borealen Wäldern dominieren immergrüne Bäume.	1516
	Die sommergrünen Wälder der gemäßigten Zone verändern sich mit den Jahreszeiten . . .	1517
	Grasländer der gemäßigten Zonen sind weit verbreitet	1518
	Hitzewüsten bilden sich im Bereich des 30. Breitengrads	1519
	Die trockenen Kältewüsten finden sich in größeren Höhen	1520
	In der Hartlaubzone sind die Sommer heiß und trocken, die Winter kühl und feucht . . .	1521
	In Dornwäldern und Savannen herrscht ein ähnliches Klima	1522
	Laubabwerfende tropische Wälder kommen in heißen Tiefländern vor	1523
	Immergrüne tropische Wälder sind sehr artenreich	1524
	Die Verteilung der Biome wird nicht nur von der Temperatur bestimmt	1525
54.4	Was versteht man unter einer biogeographischen Region?	1525
	Die Erdgeschichte hat sich auf die Verbreitung von Organismen ausgewirkt	1525
	Zwei wissenschaftliche Fortschritte veränderten das Gebiet der Biogeographie	1527
	Nach der Vereinigung von Landmassen kommt es zu einem Austausch von Fauna und Flora . .	1529
	Vikarianzen beeinflussen die Verbreitungsmuster	1529
	Der Mensch übt einen mächtigen Einfluss auf biogeographische Verbreitungsmuster aus . . .	1531
54.5	Wie sind Organismen in aquatischen Lebensräumen verbreitet?	1532
	Die Ozeane können in mehrere Lebenszonen unterteilt werden	1532
	Limnische Lebensräume können sehr artenreich sein	1534
	Ästuarie weisen Merkmale limnischer und mariner Lebensräume auf.	1534
55	Populationsökologie	1538
55.1	Wie erforschen Ökologen Populationen?	1539
	Ökologen wenden verschiedene Methoden zum Identifizieren und Zählen von Individuen an . .	1540
	Die Populationsdichte lässt sich anhand von Stichproben abschätzen	1540
	Populationen weisen eine bestimmte Altersstruktur und ein charakteristisches Verteilungsmuster auf	1541
	Durch wiederholte Ermittlung der Populationsdichte lassen sich Veränderungen der Populationsgröße abschätzen.	1542
	Mit Lebensstafeln lassen sich demographische Ereignisse aufzeichnen	1543
55.2	Wie wirken sich die Umweltbedingungen auf Lebenszyklen aus?	1546
	Überlebenswahrscheinlichkeit und Fruchtbarkeit bestimmen die intrinsische Wachstumsrate einer Population	1546
	Lebenszyklusmerkmale variieren mit den Umweltbedingungen	1546
	Lebenszyklusmerkmale werden durch interspezifische Wechselbeziehungen beeinflusst . .	1547
55.3	Welche Faktoren begrenzen die Populationsdichte?	1548
	Alle Populationen haben das Potenzial für ein exponentielles Wachstum.	1548
	Logistisches Wachstum tritt auf, wenn eine Population ihre Umweltkapazität erreicht . . .	1549
	Das Populationswachstum kann durch dichteabhängige oder dichteunabhängige Faktoren begrenzt werden	1550
	Unterschiedliche Regulationsfaktoren führen zur Entstehung verschiedener Lebenszyklen . .	1550





Mehrere Faktoren erklären, warum einige Arten eine höhere Populationsdichte erreichen als andere 1550

Die Häufigkeit von Arten lässt sich durch ihre Evolutionsgeschichte erklären 1552

55.4 Wie wirken sich Habitatvariationen auf die Populationsdynamik aus? 1553

Viele Populationen leben in isolierten Habitatinseln 1553

Korridore können den Fortbestand von Subpopulationen ermöglichen 1554

55.5 Wie lässt sich ein wissenschaftlich abgesichertes Populationsmanagement durchführen? 1555

Pläne für ein Populationsmanagement müssen Lebenszyklusstrategien berücksichtigen 1555

Die Prinzipien der Populationsdynamik müssen die Richtschnur für Maßnahmen zum Populationsmanagement bilden 1555

Der Anstieg der menschlichen Bevölkerung verlief exponentiell 1557

56 Wechselbeziehungen zwischen Arten und Koevolution 1562

56.1 Welche Formen von Wechselbeziehungen erforschen Ökologen? 1563

Die Wechselbeziehungen zwischen Arten lassen sich in mehrere Kategorien einordnen 1563

Manche Formen von Wechselbeziehungen bewirken eine Koevolution 1566

56.2 Wie evolvieren antagonistische Wechselbeziehungen? 1566

Interaktionen zwischen Räuber und Beute führen zu vielfältigen Anpassungen 1567

Herbivorie ist eine sehr verbreitete Wechselbeziehung. 1570

Interaktionen zwischen Mikroparasiten und ihren Wirten können pathogen sein 1572

Die meisten Ektoparasiten verfügen über Anpassungen, mit denen sie sich an ihren Wirten Halt verschaffen. 1572

56.3 Wie evolvieren symbiotische Wechselbeziehungen? 1573

Zwischen Pflanzen und Bestäubern erfolgt ein Austausch von Nahrung für die Übertragung von Pollen. 1574

Zwischen Pflanzen und Fruchtfressern findet ein Tausch von Nahrung gegen den Transport von Samen statt 1576

Manche Symbiosepartner tauschen Nahrung gegen Fürsorge oder Transport 1577

Manche Symbiosepartner bieten Nahrung als Austausch gegen Behausung und Schutz. 1577

56.4 Wozu kann interspezifische Konkurrenz führen? 1579

Konkurrenz ist weit verbreitet, weil alle Arten sich Ressourcen teilen 1579

Interferenzkonkurrenz kann die Habitatnutzung einschränken 1580

Ausbeutungskonkurrenz kann zu einer Koexistenz führen. 1580

Arten können auch indirekt um eine Ressource konkurrieren 1581

Konsumenten können den Ausgang einer Konkurrenzsituation beeinflussen. 1581

Konkurrenz kann die Nische einer Art festlegen 1581

57 Ökologie von Biozönosen 1586

57.1 Was sind Biozönosen? 1587

Energie gelangt durch die Primärproduzenten in Biozönosen. 1588

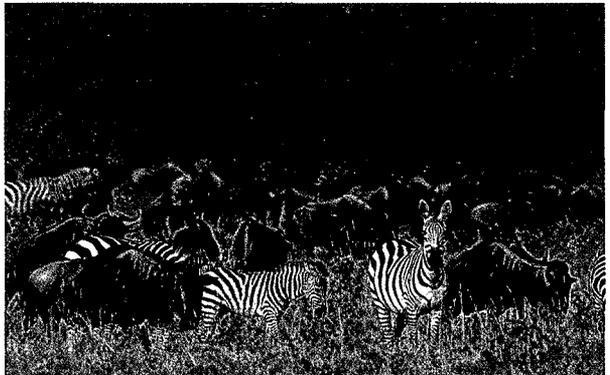
Konsumenten nutzen unterschiedliche Energiequellen 1588

Auf höheren trophischen Ebenen können weniger Individuen ernährt und weniger Biomasse produziert werden 1589

Produktivität und Artenreichtum sind miteinander verknüpft 1590

57.2 Wie wirken sich interspezifische Wechselbeziehungen auf die Struktur einer Biozönose aus? 1592

Durch interspezifische Wechselbeziehungen können trophische Kaskaden entstehen 1592



	Schlüsselarten haben weitreichende Auswirkungen	1593		Anthropogene Einflüsse verändern den Energiefluss	1618
57.3	Welche Muster der Artenvielfalt haben Ökologen beobachtet?	1594	58.3	Wie gehen die Stoffkreisläufe durch das globale Ökosystem vonstatten?	1619
	Der Diversitätsindex ist ein Maß für die Biodiversität einer Lebensgemeinschaft	1595		Durch Wasser werden Stoffe zwischen den Kompartimenten übertragen	1620
	In beiden Hemisphären sind Breitengradabhängige Diversitätsgradienten zu beobachten	1596		Feuer ist eine wesentliche Antriebskraft für die Kreisläufe der Elemente.	1620
	Nach der Theorie der Inselbiogeographie erreicht der Artenreichtum irgendwann ein Gleichgewicht	1597		Der Kohlenstoffkreislauf wurde durch menschliche Aktivitäten verändert	1621
57.4	Wie wirken sich Störungen auf Biozönosen aus?	1600		Störungen des Stickstoffkreislaufs haben sich in jüngerer Zeit nachteilig auf Ökosysteme ausgewirkt	1625
	Eine ökologische Sukzession ist ein vorhersehbarer Ablauf von Veränderungen in einer Biozönose nach einer Störung	1600		Die Verbrennung fossiler Brennstoffe wirkt sich auf den Schwefelkreislauf aus	1627
	Die Sukzession wird durch Förderung und Hemmung beeinflusst.	1602		Dem globalen Phosphorkreislauf fehlt eine nennenswerte atmosphärische Komponente	1628
	Eine zyklische Sukzession erfordert eine Anpassung an periodische Störungen	1602		Auch andere biogeochemische Kreisläufe sind von Bedeutung	1630
	Heterotrophe Sukzession erzeugt charakteristische Biozönosen	1603	58.4	Welche Dienstleistungen liefern Ökosysteme?	1632
57.5	Wie wirkt sich der Artenreichtum auf die Stabilität von Biozönosen aus?	1604	58.5	Welche Möglichkeiten für ein nachhaltiges Management von Ökosystemen gibt es?	1633
	In artenreichen Biozönosen werden die Ressourcen effizienter genutzt	1604			
	Natürliche und vom Menschen beeinflusste Biozönosen unterscheiden sich in ihrer Diversität, Produktivität und Stabilität	1604	59	Naturschutzbiologie	1640
58	Ökosysteme und globale Ökologie	1610	59.1	Was ist Naturschutzbiologie?	1641
58.1	Aus welchen Kompartimenten besteht das globale Ökosystem?	1611		Naturschutzbiologie hat zum Ziel, die biologische Vielfalt durch entsprechende Managementmaßnahmen zu bewahren	1642
	In Ökosystemen finden Energiefluss und Stoffkreisläufe statt.	1611		Die biologische Vielfalt ist für die menschliche Gesellschaft von hohem Wert.	1643
	Die Atmosphäre reguliert die Temperatur an der Erdoberfläche.	1613	59.2	Wie prognostizieren Biologen Veränderungen der biologischen Vielfalt?	1643
	Die Meere erhalten Stoffe aus den anderen Kompartimenten	1615		Unser Wissen über die biologische Vielfalt ist noch sehr unvollständig	1644
	Durch Seen und Flüsse erfolgt ein rascher Durchfluss des Wassers	1615		Die Auswirkungen menschlicher Aktivitäten auf die Biodiversität lassen sich vorhersagen	1644
	Etwa ein Viertel der Erdoberfläche ist von Land bedeckt	1617	59.3	Welche Faktoren bedrohen die Existenz von Arten?	1646
58.2	Wie erfolgt der Energiefluss durch das globale Ökosystem?	1617		Arten geraten durch Degradation, Zerstörung und Fragmentierung ihrer Habitate in Gefahr, auszusterben	1646
	Der Energiefluss ist geographisch ungleichmäßig verteilt.	1617		Viele Arten wurden durch Übernutzung ausgerottet	1648
				Zahlreiche Arten sind durch invasive Räuber, Konkurrenten und Krankheitserreger bedroht	1649

Ein rapider Klimawandel kann das Aussterben von Arten bewirken	1650
59.4 Mit welchen Strategien versuchen Biologen die Biodiversität zu bewahren?	1651
Schutzgebiete bewahren Habitate und verhindern eine Übernutzung.	1651
Vom Menschen veränderte Ökosysteme können wieder restauriert werden	1652
Bisweilen müssen auch Störungsmuster wiederhergestellt werden.	1654
Für die Erhaltung mancher Arten ist ein Handelsverbot unabdingbar	1654
Invasionen gebietsfremder Arten müssen kontrolliert oder verhindert werden	1656
Biodiversität kann einen Marktwert besitzen	1657
Schon einfache Veränderungen können zu einer Erhaltung der Biodiversität beitragen	1659
Manche Arten können auch durch	

Erhaltungszuchtprogramme vor dem Aussterben bewahrt werden	1660
Das Vermächtnis von Samuel Plimsoll	1661

Anhang A

Der Stammbaum des Lebens

Anhang B

Einige in der Biologie gebräuchliche Einheiten

Glossar

Bildnachweise

Index