

TEIL I	Einführung in die Biologie rezenter Tiere	1
Kapitel 1	Das Leben: Biologische Grundprinzipien und Zoologie als wissenschaftliche Disziplin	3
Kapitel 2	Der Ursprung und die Chemie des Lebens	31
Kapitel 3	Die Zelle als Grundeinheit des Lebens	55
Kapitel 4	Zellstoffwechsel	87
TEIL II	Die Kontinuität und die Evolution der Tiere	113
Kapitel 5	Genetik: Eine Übersicht	115
Kapitel 6	Organismische Evolution	159
Kapitel 7	Die Fortpflanzung	203
Kapitel 8	Grundprinzipien der Individualentwicklung	235
TEIL III	Die Vielfalt tierischen Lebens	275
Kapitel 9	Der Bauplan eines Tieres	277
Kapitel 10	Klassifizierung und Stammesgeschichte der Tiere	299
Kapitel 11	Protozoen	327
Kapitel 12	Mesozoa und Parazoa	369
Kapitel 13	Radiärsymmetrische Tiere (Radiata)	391
Kapitel 14	Acoelomate Bilateria	431
Kapitel 15	Pseudocoelomaten	463
Kapitel 16	Weichtiere	495
Kapitel 17	Segmentierte Würmer	539
Kapitel 18	Arthropoda (Gliederfüßler)	565
Kapitel 19	Aquatische Mandibulaten	587
Kapitel 20	Terrestrische Mandibulaten	617
Kapitel 21	Kleinere Protostomierstämme	663
Kapitel 22	Echinodermata und Hemichordata (Stachelhäuter und Kragenwürmer) ...	689
Kapitel 23	Chordata (Chordatiere) – Allgemeine Merkmale, Protochordaten und der Ursprung der frühen Vertebraten	727
Kapitel 24	Fische	755
Kapitel 25	Frühe Tetrapoden und die modernen Amphibien	797
Kapitel 26	Der Ursprung der Amnioten und die Reptilien	827
Kapitel 27	Vögel (Aves)	857
Kapitel 28	Säugetiere	895

Kapitel 30	Homöostase	943
Kapitel 31	Innere Flüssigkeiten und Atmung	975
Kapitel 32	Verdauung und Ernährung	1005
Kapitel 33	Nervöse Steuerung	1039
Kapitel 34	Chemische Koordination	1067
Kapitel 35	Immunsystem	1109
Kapitel 36	Das Verhalten der Tiere	1137
		1161
TEIL V	Tiere und ihre Lebensräume	1193
Kapitel 37	Die Biosphäre und die geografische Verbreitung von Tieren	1195
Kapitel 38	Tierökologie	1223
Anhang	1253

TEIL I	Einführung in die Biologie rezenter Tiere	1
Kapitel 1	Das Leben: Biologische Grundprinzipien und Zoologie als wissenschaftliche Disziplin	3
1.1	Grundlegende Merkmale des Lebens	5
1.1.1	Hat das Leben Merkmale mit Definitionskraft?	5
1.1.2	Allgemeine Eigenschaften lebender Systeme	6
1.1.3	Das Leben gehorcht den Gesetzen der Physik	14
1.2	Die Zoologie als Teil der Biologie	15
1.3	Die Prinzipien der Wissenschaft	15
1.3.1	Das Wesen der Wissenschaft	15
1.3.2	Die wissenschaftliche Methode	17
1.3.3	Experimentelle und evolutive Wissenschaft	21
1.4	Evolutions- und Vererbungstheorien	22
1.4.1	Darwins Theorie der Evolution	22
1.4.2	Die Mendel'sche Vererbung und die Chromosomentheorie der Vererbung	27
1.4.3	Beiträge der Zellbiologie	27
Kapitel 2	Der Ursprung und die Chemie des Lebens	31
2.1	Der chemische Aufbau lebender Systeme	33
2.1.1	Kohlenhydrate: Die häufigsten organischen Substanzen in der Natur	34
2.1.2	Lipide: Treib-, Speicher- und Baustoffe	35
2.1.3	Aminosäuren und Proteine	37
2.1.4	Nucleinsäuren	39
2.2	Chemische Evolution	39
2.2.1	Die präbiotische Synthese niedermolekularer organischer Moleküle	40
2.2.2	Die Bildung von Polymeren	41
2.3	Der Ursprung lebender Systeme	45
2.3.1	Der Ursprung des Stoffwechsels	45
2.3.2	Photosynthese und oxidativer Stoffwechsel treten auf den Plan	46
2.4	Das Leben im Präkambrium	47
2.4.1	Prokaryonten und das Zeitalter der Cyanobakterien	47
2.4.2	Das Auftauchen der Eukaryonten	49
Kapitel 3	Die Zelle als Grundeinheit des Lebens	55
3.1	Das Zellkonzept	57
3.1.1	Wie Zellen untersucht werden	58
3.2	Der Aufbau von Zellen	60
3.2.1	Prokaryontische und eukaryontische Zellen	61
3.2.2	Die Komponenten eukaryontischer Zellen und ihre Funktionen	61
3.2.3	Die Oberflächen von Zellen und ihre Spezialisierungen	68
3.2.4	Die Funktionen der Zellmembranen	70

3.3	Mitose und Zellteilung	77
3.3.1	Der Aufbau der Chromosomen	77
3.3.2	Die Phasen der Mitose	78
3.3.3	Zellflux	82

Kapitel 4 Zellstoffwechsel 87

4.1	Energie und die Hauptsätze der Thermodynamik	89
4.2	Die freie Energie	90
4.3	Die Rolle der Enzyme	91
4.3.1	Enzyme und die Aktivierungsenergie	91
4.3.2	Die chemische Natur der Enzyme	92
4.3.3	Die Wirkungsweise von Enzymen	93
4.3.4	Die Spezifität von Enzymen	93
4.3.5	Enzymkatalysierte Reaktionen	94
4.4	Übertragung chemischer Energie durch ATP	95
4.5	Zellatmung	96
4.5.1	Wie der Transport von Elektronen genutzt wird, um chemische Bindungsenergie nutzbar zu machen	96
4.5.2	Aerober versus anaerober Stoffwechsel	97
4.5.3	Übersicht über die Zellatmung	97
4.5.4	Glycolyse	98
4.5.5	Acetyl-Coenzym A: Strategisches Zwischenprodukt der Zellatmung ..	99
4.5.6	Der Zitronensäurezyklus: Die Oxidation des Acetyl-Coenzym A	100
4.6	Die Atmungskette	101
4.6.1	Der Wirkungsgrad der oxidativen Phosphorylierung	102
4.6.2	Anaerobe Glycolyse: ATP-Erzeugung ohne Sauerstoff	104
4.7	Lipid (Fett-)Stoffwechsel	105
4.8	Proteinstoffwechsel	106
4.9	Die Regulation des Stoffwechsels	108

TEIL II Die Kontinuität und die Evolution der Tiere 113

Kapitel 5 Genetik: Eine Übersicht 115

5.1	Mendels Untersuchungen	115
5.2	Die chromosomale Grundlage der Vererbung	117
5.2.1	Meiose: Reduktionsteilung der Gameten	118
5.2.2	Geschlechtsfestlegung (Determination)	119
5.3	Die Mendel'schen Vererbungsregeln	121
5.3.1	Die 1. Mendel'sche Regel	123
5.3.2	Die 2. Mendel'sche Regel	123
5.3.3	Multiple Allele	126
5.3.4	Genwechselwirkungen	129
5.3.5	Geschlechtsgebundene Vererbung	129
5.3.6	Autosomale Koppelung und Crossing over	131
5.3.7	Chromosomenabberationen	133
5.4	Die Gentheorie	134
5.4.1	Das Genkonzept	136
5.5	Speicherung und Weitergabe der genetischen Information	136
5.5.1	Nucleinsäuren: Die molekulare Grundlage der Vererbung	137
5.5.2	Die Transkription und die Rolle der Boten-RNA	137
5.5.3	Die Translation: Der letzte Schritt der Informationsweitergabe	142
5.5.4	Regulation der Genexpression	144
5.5.5	Molekulargenetik	146

5.6	Die Quellen phänotypischer Variation	151
5.6.1	Genmutationen	152
5.7	Molekulare Krebsgenetik	153
5.7.1	Onkogene und Tumorsuppressorgene	153
Kapitel 6 Organismische Evolution		159
6.1	Der Ursprung der Darwin'schen Evolutionstheorie	161
6.1.1	Vordarwin'sche Vorstellung von der Evolution	161
6.1.2	Darwins große Entdeckungsreise	163
6.2	Die Darwin'sche Evolutionstheorie: Die Beweise	166
6.2.1	Beständiger Wandel	166
6.2.2	Gemeinsame Abstammung	171
6.2.3	Vermehrung der Artenzahl	175
6.2.4	Gradualismus	180
6.2.5	Natürliche Selektion	183
6.3	Erweiterungen der Darwin'schen Theorie	186
6.3.1	Der Neodarwinismus	186
6.3.2	Die Entstehung des modernen Darwinismus: Die synthetische Theorie	187
6.4	Mikroevolution: Genetische Variation und Veränderung innerhalb einer Art ...	187
6.4.1	Das genetische Gleichgewicht	188
6.4.2	Störungen des genetischen Gleichgewichtes	189
6.4.3	Die Messung genetischer Vielfalt in Populationen	193
6.4.4	Quantitative Variation	194
6.5	Makroevolution: Wesentliche evolutive Ereignisse	194
6.5.1	Artbildung und Aussterben über geologische Zeiträume	195
6.5.2	Massensterben	197
Kapitel 7 Die Fortpflanzung		203
7.1	Die Natur des Fortpflanzungsprozesses	205
7.1.1	Ungeschlechtliche Vermehrung: Fortpflanzung ohne Gameten	205
7.1.2	Geschlechtliche Vermehrung: Fortpflanzung mit Gameten	207
7.1.3	Warum pflanzen sich so viele Tiere geschlechtlich statt ungeschlechtlich fort?	210
7.2	Der Ursprung und die Reifung von Keimzellen	211
7.2.1	Die Keimzellwanderung	212
7.2.2	Die Festlegung des Geschlechtes	212
7.2.3	Die Gametogenese	213
7.3	Fortpflanzungsstrategien	217
7.4	Baupläne von Fortpflanzungssystemen	219
7.4.1	Fortpflanzungssysteme bei Invertebraten	219
7.4.2	Fortpflanzungssysteme bei Vertebraten	219
7.5	Endokrine Ereignisse bei der Fortpflanzung	222
7.5.1	Die hormonelle Steuerung des zeitlichen Verlaufs von Fortpflanzungszyklen	222
7.5.2	Gonadensteroidoide und ihre Kontrolle	223
7.5.3	Der Menstruationszyklus	224
7.5.4	Menschliche Schwangerschaftshormone und die Geburt	225
7.5.5	Mehrlingsgeburten	228

Kapitel 8 Grundprinzipien der Individualentwicklung 235

8.1	Frühe Konzepte: Präformation vs. Epigenese	237
8.2	Fertilisation	238
8.2.1	Eizellreifung	238
8.2.2	Befruchtung und Aktivierung	239
8.3	Furchung und Frühentwicklung	242
8.3.1	Was können wir aus der Entwicklung lernen?	243
8.4	Übersicht über die auf die Furchung folgenden Entwicklungsgänge	244
8.4.1	Die Blastulabildung	244
8.4.2	Die Gastrulation und die Bildung zweier Keimblätter	245
8.4.3	Bildung eines vollständigen Darms	245
8.4.4	Die Bildung des Mesoderms – eines dritten Keimblattes	245
8.4.5	Coelombildung	246
8.5	Merkmalsausstattungen	247
8.5.1	Die deuterostome Entwicklung	247
8.5.2	Die protostome Entwicklung	252
8.6	Entwicklungsmechanismen	254
8.6.1	Zellkernäquivalenz	254
8.6.2	Cytoplasmatische Spezifikation	255
8.6.3	Embryonale Induktion	255
8.7	Genexpression im Verlauf der Entwicklung	256
8.7.1	Musterbildung	257
8.7.2	Homöotische und <i>Hox</i> -Gene	258
8.7.3	Morphogenese der Gliedmaßen und der inneren Organe	259
8.7.4	Evolutionäre Entwicklungsbiologie	260
8.8	Wirbeltierentwicklung	262
8.8.1	Das gemeinsame Erbe der Vertebraten	262
8.8.2	Amnioten und das Amniotenei	263
8.8.3	Die Plazenta und die Frühentwicklung der Säugetiere	264
8.9	Die Entwicklung von Organsystemen	266
8.9.1	Derivate des Ektoderms: Nervensystem und Nervenwachstum	267
8.9.2	Derivate des Entoderms: Verdauungskanal und das Schicksal der Kiemenbögen	268
8.9.3	Derivate des Mesoderms: Stützapparat, Bewegung und das schlagende Herz	269

TEIL III Die Vielfalt tierischen Lebens 275

Kapitel 9 Der Bauplan eines Tieres 277

9.1	Die hierarchische Organisation des Aufbaus tierischer Körper	279
9.2	Tierische Baupläne	280
9.2.1	Tiersymmetrie	281
9.2.2	Leibeshöhlen und Keimblätter	282
9.3	Entwicklungsgänge bestimmen Baupläne	285
9.4	Baupläne wesentlicher Tiertaxa	286
9.5	Komponenten des Metazoenkörpers	288
9.5.1	Extrazelluläre Komponenten	288
9.5.2	Zelluläre Bestandteile: Gewebe	289
9.5.3	Epithelgewebe	289
9.5.4	Bindegewebe	291
9.5.5	Muskelgewebe	293
9.5.6	Nervengewebe	293
9.6	Komplexität und Körpergröße	293

Kapitel 10	Klassifizierung und Stammesgeschichte der Tiere	299
10.1	Linnaeus und Klassifikation	301
10.2	Arten	303
10.2.1	Das typologische Artkonzept	305
10.2.2	Das biologische Artkonzept	306
10.2.3	Das evolutive Artkonzept	306
10.2.4	Das phylogenetische Artkonzept	307
10.2.5	Der Dynamismus der Artkonzepte	307
10.3	Taxonomische Merkmale und phylogenetische Rekonstruktion	308
10.3.1	Die Verwendung von Merkmalsvariationen zur Rekonstruktion der Phylogenese	308
10.3.2	Quellen phylogenetischer Information	311
10.4	Taxonomische Theorien	311
10.4.1	Die traditionelle evolutionäre Taxonomie	312
10.4.2	Die phylogenetische Systematik oder Kladistik	317
10.4.3	Die gegenwärtige Situation in der Taxonomie der Tiere	319
10.5	Die Hauptabteilungen des Lebens	319
10.6	Hauptabteilungen des Tierreichs	321

Kapitel 11	Protozoen	327
11.1	Wie legt man die Protozoengruppen fest?	330
11.2	Form und Funktion	334
11.2.1	Lokomotion	334
11.2.2	Funktionelle Komponenten von Protozoenzellen	338
11.2.3	Ernährung	339
11.2.4	Exkretion und Osmoregulation	340
11.2.5	Fortpflanzung	342
11.2.6	Enzystierung und Exzystierung	343
11.3	Die wesentlichen Taxa der Protozoen	344
11.3.1	Stramenopili	344
11.3.2	Viridiplantae	345
11.3.3	Phylum Euglenozoa	346
11.3.4	Phylum Retortamonada und die Diplomonaden	348
11.3.5	Alveolata	349
11.3.6	Parabasalia	361
11.3.7	Amöben	361
11.4	Phylogenese und adaptive Radiation	365
11.4.1	Phylogenese	365
11.4.2	Adaptive Radiation	366

Kapitel 12	Mesozoa und Parazoa – Phylum Mesozoa, Phylum Placozoa, Phylum Porifera (Schwämme)	369
12.1	Ursprung der Metazoen	371
12.2	Phylum Mesozoa	372
12.2.1	Phylogenese der Mesozoen	374
12.3	Phylum Placozoa	374
12.4	Phylum Porifera: Die Schwämme	375
12.4.1	Form und Funktion	377
12.4.2	Classis Calcarea (Kalkschwämme)	383
12.4.3	Classis Hexactinellida (Hyalospongiae): Glasschwämme	383
12.4.4	Classis Demospongiae (Klasse der Hornkieselchwämme)	385
12.4.5	Phylogenese und adaptive Radiation	385

Kapitel 13 Radiärsymmetrische Tiere (Radiata) – Phylum Cnidaria, Phylum Ctenophora 391

13.1	Phylum Cnidaria	393
13.1.1	Form und Funktion	395
13.1.2	Classis Hydrozoa	400
13.1.3	Nahrungsaufnahme und Verdauung	402
13.1.4	Classis Scyphozoa (Schirm- oder Scheibenquallen)	406
13.1.5	Classis Cubozoa (Würfelquallen)	410
13.1.6	Classis Anthozoa (Blumentiere)	411
13.2	Phylum Ctenophora (Stamm der Rippenquallen)	421
13.2.1	Classis Tentaculata (Tentakeltragende Rippenquallen)	422
13.2.2	Andere Ctenophoren	424
13.3	Phylogenie und adaptive Radiation	425
13.3.1	Phylogenie	425
13.3.2	Adaptive Radiation	427

Kapitel 14 Acoelomate Bilateralia – Phylum Plathelminthes (Plattwürmer), Phylum Nemertea (Schnurwürmer), Phylum Gnathostomulida (Kiefernfüßer) 431

14.1	Phylum Plathelminthes	434
14.1.1	Form und Funktion	435
14.1.2	Classis Turbellaria	440
14.1.3	Classis Trematoda	441
14.1.4	Classis Monogenea (Saugwürmer)	448
14.1.5	Classis Cestoda (Bandwürmer)	449
14.2	Phylum Nemertea (Rhynchocoela; der Stamm der Schnurwürmer)	453
14.2.1	Form und Funktion	456
14.3	Phylum Gnathostomulida	457
14.4	Phylogenie und adaptive Radiation	458
14.4.1	Phylogenie	458
14.4.2	Adaptive Radiation	458

Kapitel 15 Pseudocoelomaten – Ecdysozoische Phylae: Nematoda, Nematomorpha, Kinorhyncha, Loricifera, Priapulida; Lophotrochozoische Phylae: Rotifera, Acanthocephala, Gastrotricha, Entoprocta 463

15.1	Pseudocoelomaten	465
15.2	Ecdysozoische Stämme	467
15.2.1	Phylum Nematoda (Stamm der Fadenwürmer)	467
15.2.2	Phylum Nematomorpha (Stamm der Saitenwürmer)	476
15.2.3	Phylum Kinorhyncha (Stamm der Hakenrüßler)	478
15.2.4	Phylum Loricifera (Stamm der Harnischtierchen)	479
15.2.5	Phylum Priapulida (Stamm der Priapswürmer)	479
15.3	Lophotrochozoische Stämme	480
15.3.1	Phylum Rotifera (Stamm der Rädertierchen)	480
15.3.2	Phylum Acanthocephala (Stamm der Kratzwürmer)	484
15.3.3	Phylum Gastrotricha	486
15.3.4	Phylum Entoprocta	487

15.4	Phylognese und adaptive Radiation	489
15.4.1	Phylognese	489
15.4.2	Adaptive Radiation	491
Kapitel 16 Weichtiere – Phylum Mollusca		495
16.1	Mollusken	497
16.2	Form und Funktion	499
16.2.1	Der Kopf-Fuß-Bereich	500
16.2.2	Der Eingeweidesack (Pallialkomplex)	501
16.2.3	Fortpflanzung und Lebenslauf	503
16.3	Klassen der Mollusken	504
16.3.1	Classis Caudofoveata	504
16.3.2	Classis Solenogastres	504
16.3.3	Classis Monoplacophora	505
16.3.4	Classis Polyplacophora: Die Klasse der Käferschnecken	505
16.3.5	Classis Scaphopoda: Die Klasse der Kahnfüßler	507
16.3.6	Classis Gastropoda: Die Klasse der Schnecken	507
16.3.7	Classis Bivalvia (= Pelecypoda): Die Klasse der Muscheln	517
16.3.8	Classis Cephalopoda: Die Klasse der Kopffüßler	525
16.4	Phylognese und adaptive Radiation	531
Kapitel 17 Segmentierte Würmer – Phylum Annelida		539
17.1	Bauplan	542
17.2	Classis Polychaeta	543
17.2.1	Form und Funktion	544
17.2.2	Die Meeresringelwürmer: Gattung <i>Nereis</i>	547
17.2.3	Weitere interessante Polychaeten	548
17.3	Classis Oligochaeta	550
17.3.1	Regenwürmer	550
17.3.2	Süßwasseroligochaeten	555
17.4	Classis Hirudinea: Egel	557
17.4.1	Form und Funktion	557
17.5	Die evolutive Bedeutung der Metamerie	559
17.6	Phylognese und adaptive Radiation	561
17.6.1	Phylognese	561
17.6.2	Adaptive Radiation	561
Kapitel 18 Arthropoda (Gliederfüßler) – Phylum Arthropoda, Subphylum Trilobita, Subphylum Chelicerata		565
18.1	Phylum Arthropoda	567
18.1.1	Warum haben die Arthropoden eine so gewaltige Diversität und Häufigkeit erreichen können?	569
18.2	Subphylum Trilobita	570
18.3	Subphylum Chelicerata	571
18.3.1	Classis Merostomata	571
18.3.2	Classis Pycnogonida: Die Asselspinnen	572
18.3.3	Classis Arachnida: Die Spinnentiere	573
18.4	Phylognese und adaptive Radiation	581
18.4.1	Phylognese	581
18.4.2	Adaptive Radiation	583

**Kapitel 19 Aquatische Mandibulaten – Phylum Arthropoda,
Subphylum Crustacea** 587

19.1	Subphylum Crustacea	589
19.1.1	Die allgemeine Natur eines Krustentieres	589
19.1.2	Form und Funktion	590
19.2	Eine kurze Übersicht über die Crustaceen	600
19.2.1	Classis Remipedia	601
19.2.2	Classis Cephalocarida	601
19.2.3	Classis Branchiopoda (Klasse der Blattfußkrebse = Kiemenfußkrebse)	601
19.2.4	Classis Ostracoda (Klasse der Muschelkrebse)	602
19.2.5	Classis Maxillopoda	603
19.2.6	Classis Malacostraca (Klasse der höheren Krebse)	605
19.3	Phylogenie und adaptive Radiation	609
19.3.1	Phylogenie	609
19.3.2	Adaptive Radiation	611

**Kapitel 20 Terrestrische Mandibulaten – Phylum Arthropoda,
Subphylum Uniramia, Classis Chilopoda, Classis Diplopoda,
Classis Pauropoda, Classis Symphyla, Classis Insecta** 617

20.1	Classis Chilopoda	619
20.2	Classis Diplopoda	620
20.3	Classis Pauropoda	621
20.4	Classis Symphyla	621
20.5	Classis Insecta (Kerbtiere)	622
20.5.1	Verteilung	622
20.5.2	Anpassungsfähigkeit	622
20.5.3	Äußere Form und Funktion	623
20.5.4	Innere Form und Funktion	629
20.5.5	Metamorphose und Wachstum	638
20.5.6	Diapause	641
20.5.7	Verteidigung	642
20.5.8	Verhalten und Kommunikation	643
20.6	Insekten und menschliches Wohlergehen	647
20.6.1	Nützliche Insekten	647
20.6.2	Schadinsekten	648
20.6.3	Insektenbekämpfung	650
20.7	Phylogenie und adaptive Radiation	655

**Kapitel 21 Kleinere Protostomierstämme –
Lophotrochozoische Stämme: Sipuncula, Echiura,
Pogonophora, Ectoprocta, Brachiopoda;
Ecdysozoische Stämme: Pentastomida, Onychophora,
Tardigrada, Chaetognatha** 663

21.1	Lophotrochozoenstämme	665
21.1.1	Phylum Sipuncula	665
21.1.2	Phylum Echiura	666
21.1.3	Phylum Pogonophora	668
21.1.4	Die Lophophoraten	670
21.1.5	Phylum Phoronida	671
21.1.6	Phylum Ectoprocta (= Bryozoa; Moostierchen)	672
21.1.7	Phylum Brachiopoda (Armfüßler)	675

21.2	Ecdysozoische Stämme	676
21.2.1	Phylum Pentastomida	676
21.2.2	Phylum Onychophora	677
21.2.3	Phylum Tardigrada	679
21.2.4	Phylum Chaetognatha	681
21.3	Phylogenese	682

Kapitel 22 Echinodermata und Hermichordata (Stachelhäuter und Kragenwürmer) – Phylum Echinodermata, Phylum Hemichordata

689

22.1	Phylum Echinodermata	691
22.1.1	Classis Asterozoidea (Klasse der Seesterne)	694
22.1.2	Classis Ophiurozoidea (Klasse der Schlangensterne)	702
22.1.3	Classis Echinozoidea (Klasse der Seeigel)	704
22.1.4	Classis Holothurozoidea (Klasse der Seegurken)	708
22.1.5	Classis Crinozoidea (Klasse der Haarsterne)	710
22.1.6	Form und Funktion	711
22.1.7	Classis Concentricyclozoidea (Klasse der Seegänseblümchen)	712
22.2	Phylogenese und adaptive Radiation	713
22.2.1	Phylogenese	713
22.2.2	Adaptive Radiation	715
22.3	Phylum Hermichordata	716
22.3.1	Classis Enteropneusta (Klasse der Eichelwürmer)	716
22.3.2	Classis Pterobranchia (Klasse der Flügelkiemer)	719
22.4	Phylogenese und adaptive Radiation	721
22.4.1	Phylogenese	721
22.4.2	Adaptive Radiation	722

Kapitel 23 Chordata (Chordatiere) – Allgemeine Merkmale, Protochordaten und der Ursprung der frühen Vertebraten

727

23.1	Die Chordaten	729
23.1.1	Traditionelle und kladistische Klassifizierung der Chordaten	730
23.2	Die fünf Hauptmerkmale der Chordaten	733
23.2.1	Die Chorda dorsalis	733
23.2.2	Der dorsale tubuläre Nervenstrang	734
23.2.3	Kiementaschen und -spalten	734
23.2.4	Endostyl oder Schilddrüse	734
23.2.5	Der postanale Schwanz	735
23.3	Ahnenreihe und Evolution	735
23.4	Subphylum Urochordata (Unterstamm der Tunikaten = Manteltiere)	736
23.5	Subphylum Cephalochordata (Unterstamm Schädellose)	739
23.6	Subphylum Vertebrata (= Craniata; Unterstamm Wirbeltiere = Schädeltiere)	741
23.6.1	Anpassungen, die für die frühe Evolution der Vertebraten maßgeblich waren	741
23.6.2	Die Suche nach dem Ursprung der Wirbeltiere	743
23.6.3	Die Ammocoeten-Larve der Neunaugen als Modell für den primitiven Wirbeltierbauplan	746
23.6.4	Die frühesten Vertebraten	748
23.6.5	Frühe, kiefertragende Wirbeltiere	749

Kapitel 24 Fische – Phylum Chordata, Classis Myxini, Classis Cephalaspidomorphi, Classis Chondrichthyes, Classis Actinopterygii, Classis Sarcopterygii 755

24.1	Ahnenreihe und Verwandtschaftsbeziehungen wesentlicher Fischgruppen . . .	757
24.2	Rezente kieferlose Fische	759
24.2.1	Classis Myxini: Schleimaale	760
24.2.2	Classis Cephalaspidomorphi (Petromyzontes): Neunaugen	761
24.3	Classis Chondrichthyes: Die Klasse der Knorpelfische	765
24.3.1	Subclassis Elasmobranchii: Die Unterklasse der Plattenkiemer (Haie und Rochen)	765
24.3.2	Subclassis Holocephali: Die Unterklasse der Chimären	770
24.4	Osteichthyes: Die Knochenfische	771
24.4.1	Ursprung, Evolution und Vielfalt	771
24.4.2	Classis Actinopterygii: Die Klasse der Strahlenflosser	771
24.4.3	Classis Sarcopterygii: Die Klasse der Muskelflosser	776
24.5	Bauliche und funktionelle Anpassungen der Fische	778
24.5.1	Lokomotion im Wasser	778
24.5.2	Nullauftrieb und Schwimmblase	780
24.5.3	Hören und Weber'scher Apparat	781
24.5.4	Respiration	782
24.5.5	Osmoregulation	783
24.5.6	Fressverhalten	785
24.5.7	Wanderungen	787
24.5.8	Fortpflanzung, Entwicklung und Wachstum	789

Kapitel 25 Frühe Tetrapoden und die modernen Amphibien – Phylum Chordata, Classis Amphibia 797

25.1	Vom Wasser ans Land	799
25.2	Die frühe Evolution der terrestrischen Vertebraten	799
25.2.1	Der devonische Ursprung der Tetrapoden	799
25.2.2	Die Radiation der Tetrapoden im Karbon	804
25.3	Moderne Amphibien	805
25.3.1	Blindwühlen: Die Ordnung Gymnophiona (Apoda)	805
25.3.2	Salamander: Die Ordnung Urodela (Caudata)	806
25.3.3	Frösche und Kröten: Die Ordnung Anura (Salientia)	810

Kapitel 26 Der Ursprung der Amnioten und die Reptilien – Phylum Chordata, Classis Reptilia 827

26.1	Ursprung und adaptive Radiation der Reptiliengruppen	829
26.1.1	Änderungen der traditionellen Klassifizierung der Reptiliengruppen . . .	832
26.2	Merkmale, die die Reptilien von den Amphibien unterscheiden	833
26.3	Merkmale und Naturgeschichte der Reptilienordnungen	836
26.3.1	Anapside Reptilien: Subclassis Anapsida	836
26.3.2	Diapside Reptilien: Subclassis Diapsida	838

Kapitel 27 Vögel (Aves) – Phylum Chordata, Classis Aves	857
27.1 Ursprung und Verwandtschaftsverhältnisse	859
27.2 Form und Funktion	865
27.2.1 Federn	865
27.2.2 Das Vogelskelett	867
27.2.3 Das Muskelsystem	869
27.2.4 Nahrung, Ernährung und Verdauung	871
27.2.5 Kreislaufsystem	873
27.2.6 Das Atmungssystem	873
27.2.7 Das Ausscheidungssystem	874
27.2.8 Nervensystem und Sinnesorgane	874
27.2.9 Der Vogelflug	876
27.3 Vogelzug und Navigation	880
27.3.1 Zugrouten	880
27.3.2 Auslöser des Vogelzuges	881
27.3.3 Richtungsfindung während des Zuges	881
27.4 Sozialverhalten und Fortpflanzung	883
27.4.1 Das Fortpflanzungssystem	884
27.4.2 Paarungsstrategien	884
27.4.3 Nestbau und Jungenaufzucht	886
27.5 Vogelpopulationen	887

Kapitel 28 Säugetiere (Phylum Chordata) – Classis Mammalis	895
28.1 Ursprung und Evolution der Säugetiere	898
28.2 Bauliche und funktionelle Anpassungen der Säugetiere	904
28.2.1 Das Integument und seine Derivate	904
28.2.2 Nahrung und Nahrungsaufnahme	908
28.2.3 Wanderungen (Migration)	914
28.2.4 Flug und Echoortung	915
28.2.5 Fortpflanzung	917
28.2.6 Territorium (Revier) und Streifgebiet	921
28.2.7 Säugetierpopulationen	922
28.3 Der Mensch und (andere) Säugetiere	923
28.4 Die Evolution des Menschen	925
28.4.1 Die evolutive Radiation der Primaten	925
28.4.2 Die ersten Hominiden	926
28.4.3 Das Erscheinen der Gattung <i>Homo</i> , der echten Menschen	929
28.4.4 <i>Homo sapiens</i> : Der moderne Mensch	929
28.4.5 Die einzigartige Stellung des Menschen	931

TEIL IV Lebensäußerungen 941

Kapitel 29 Halt, Schutz und Bewegung	943
29.1 Das Integument (Haut) bei verschiedenen Tiergruppen	945
29.1.1 Das Integument bei Invertebraten	945
29.1.2 Das Integument und seine Derivate bei Vertebraten	946
29.2 Skelettsysteme	950
29.2.1 Hydrostatische Skelette	950
29.2.2 Starre Skelette	951

29.3	Tierische Bewegungsvorgänge	957
29.3.1	Die amöboide Bewegung	958
29.3.2	Cilien- und Flagellenbewegung	958
29.3.3	Die muskuläre Bewegung	960
29.3.4	Muskelleistung	969

Kapitel 30 Homöostase – Osmotische Regulation, Exkretion und Temperaturregulierung 975

30.1	Das Wasser und die osmotische Regulation	977
30.1.1	Wie marine Invertebraten die Probleme des Salz- und Wasserhaushaltes bewältigen	977
30.1.2	Die Besiedelung des Süßwassers	979
30.1.3	Fische, die ins Meer zurückkehren	979
30.1.4	Wie terrestrische Tiere ihren Salz- und Wasserhaushalt aufrechterhalten	981
30.2	Ausscheidungsorgane von Wirbellosen	983
30.2.1	Kontraktile Vakuolen	983
30.2.2	Nephridien	984
30.2.3	Arthropodennieren	985
30.3	Die Wirbeltierner	986
30.3.1	Abstammung und Embryologie	986
30.3.2	Funktionsweise der Wirbeltierner	987
30.3.3	Glomeruläre Filtration	988
30.3.4	Tubuläre Reabsorption	989
30.3.5	Tubuläre Sekretion	991
30.3.6	Wasserausscheidung	991
30.4	Temperaturregulierung	994
30.4.1	Ektothermie und Endothermie	995
30.4.2	Wie ektotherme Tiere von der Temperatur unabhängig werden	995
30.4.3	Temperaturregulation bei Endothermen	996
30.4.4	Adaptive Hypothermie bei Vögeln und Säugetieren	999

Kapitel 31 Innere Flüssigkeiten und Atmung 1005

31.1	Das Milieu der inneren Flüssigkeiten	1007
31.1.1	Die Zusammensetzung der Körperflüssigkeiten	1008
31.2	Die Zusammensetzung des Blutes	1009
31.2.1	Hämostase: Die Verhinderung von Blutverlusten	1011
31.3	Kreislaufsysteme	1013
31.3.1	Offene und geschlossene Kreislaufsysteme	1013
31.3.2	Der Bauplan des Kreislaufsystems der Wirbeltiere	1015
31.3.3	Arterien	1020
31.3.4	Kapillaren	1021
31.3.5	Venen	1023
31.3.6	Das lymphatische System	1023
31.4	Atmung	1024
31.4.1	Probleme der aquatischen und der terrestrischen Atmung	1024
31.4.2	Atmungsorgane	1025
31.4.3	Bau und Funktionsweise des Atmungsapparates der Säugetiere	1029

Kapitel 32 Verdauung und Ernährung 1039

32.1	Ernährungsweisen	1041
32.1.1	Ernährung durch kleine organische Partikel	1041
32.1.2	Ernährung durch kompakte Nahrung	1042
32.1.3	Ernährung durch Flüssigkeiten	1045
32.2	Verdauung	1046
32.2.1	Die Wirkung der Verdauungsenzyme	1047
32.2.2	Bewegungen des Verdauungstraktes	1048
32.3	Aufbau und Funktionsweise der einzelnen Abschnitte des Verdauungstraktes	1048
32.3.1	Bereich der Nahrungsaufnahme	1048
32.3.2	Weiterleitung und Zwischenlagerung des Speisebreis	1050
32.3.3	Zermahlen und Frühverdauung des Speisebreis	1050
32.3.4	Bereich der Endverdauung und Absorption: Der Darm	1052
32.3.5	Wasserabsorption und der Aufkonzentrierung von Feststoffen	1057
32.4	Regulation der Nahrungsaufnahme	1057
32.5	Regulation der Verdauung	1059
32.6	Nährstoffbedarf	1060

Kapitel 33 Nervöse Steuerung 1067

33.1	Neuronen: Die funktionellen Baueinheiten des Nervensystems	1069
33.1.1	Die Natur eines Nervenaktionspotenzials	1071
33.2	Synapsen: Kontaktstellen zwischen Nerven	1075
33.3	Die Evolution von Nervensystemen	1078
33.3.1	Wirbellose: Die Entwicklung zentralisierter Nervensysteme	1078
33.3.2	Wirbeltiere: Die Früchte der Cephalisation	1079
33.4	Sinnesorgane	1088
33.4.1	Klassifizierung der Rezeptoren	1089
33.4.2	Chemorezeption	1089
33.4.3	Mechanorezeption	1093
33.4.4	Photorezeption: Das Sehen	1100

Kapitel 34 Chemische Koordination 1109

34.1	Mechanismen der Hormonwirkung	1112
34.1.1	Membranständige Rezeptoren und das Second-messenger-Konzept	1112
34.1.2	Zellkernrezeptoren	1113
34.1.3	Die Kontrolle der hormonellen Sekretionsraten	1113
34.2	Hormone wirbelloser Tiere	1114
34.3	Endokrine Drüsen und Hormone von Wirbeltieren	1116
34.3.1	Hormone des Hypothalamus und der Hypophyse	1116
34.3.2	Die Epiphyse (Zirbeldrüse)	1121
34.3.3	Neuropeptide des Gehirns	1121
34.3.4	Prostaglandine und Cytokine	1122
34.3.5	Stoffwechselformone	1123

Kapitel 35	Immunsystem	1137
35.1	Empfindlichkeit und Resistenz	1139
35.2	Angeborene Abwehrmechanismen	1139
35.2.1	Physische und chemische Barrieren	1139
35.2.2	Zelluläre Abwehr: Phagocytose	1141
35.2.3	Antimikrobiell wirkende Peptide	1142
35.3	Die erworbene Immunantwort bei Wirbeltieren	1143
35.3.1	Die Grundlagen der Selbst-/Nichtselbst-Unterscheidung	1143
35.3.2	Erkennungsmoleküle	1144
35.3.3	Cytokine	1147
35.3.4	Die Anregung einer humoralen Immunreaktion: Die T _H 2-Antwort	1147
35.3.5	Die zellvermittelte Reaktion: Die T _H 1-Antwort	1150
35.3.6	Entzündung	1151
35.3.7	Das erworbene Immunschwächesyndrom (AIDS)	1153
35.4	Blutgruppenantigene	1153
35.4.1	Die ABO-Blutgruppen	1153
35.4.2	Der Rhesusfaktor	1154
35.5	Immunität bei Invertebraten	1155

Kapitel 36	Das Verhalten der Tiere	1161
36.1	Beschreibung des Verhaltens: Prinzipien der klassischen Ethologie	1164
36.2	Verhaltenssteuerung	1166
36.2.1	Die Genetik des Verhaltens	1167
36.2.2	Lernen und Verhaltensvielfalt	1168
36.3	Sozialverhalten	1171
36.3.1	Selektionierende Konsequenzen des Sozialverhaltens	1172
36.3.2	Agonistisches (kämpferisches) oder Konkurrenzverhalten	1174
36.3.3	Revierverhalten	1176
36.3.4	Paarungsverhalten	1177
36.3.5	Kooperatives Verhalten, Altruismus und Sippen Selektion	1178
36.3.6	Tierische Kommunikation	1182

TEIL V Tiere und ihre Lebensräume 1193

Kapitel 37	Die Biosphäre und die geografische Verbreitung von Tieren	1195
37.1	Die Verteilung des Lebens auf der Erde	1197
37.1.1	Die Biosphäre und ihre Untergliederung	1197
37.1.2	Terrestrische Umwelten: Biome	1199
37.1.3	Süßgewässer	1204
37.1.4	Ozeanische Umwelten	1205
37.2	Zoogeografie: Die Verteilung und Verbreitung der Tiere auf der Erde	1211
37.2.1	Fragmentierte Verbreitung	1212
37.2.2	Verbreitung durch Dispersion	1213
37.2.3	Verbreitung durch Vikarianz	1213
37.2.4	Wegeners Theorie der Kontinentaldrift	1216
37.2.5	Temporäre Landbrücken	1217

Kapitel 38 Tierökologie	1223
38.1 Die Hierarchie der Ökologie	1225
38.1.1 Umwelt und ökologische Nische	1226
38.1.2 Populationen	1227
38.1.3 Gemeinschaftsökologie	1233
38.1.4 Ökosysteme	1239
38.2 Aussterben und biologische Vielfalt	1245
Anhang	1253
A Glossar	1254
B Bildnachweis	1309
C Index	1312