

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Bedeutung der Physiologie</b>	1	<b>3 Enzyme und Energetik</b>	38
Warum Tierphysiologie?	1	Energie: Begriffe und Definitionen	38
Physiologie und Medizin	1	Übertragung chemischer Energie durch gekoppelte	
Physiologie und menschliche Erkenntnis	2	Reaktionen	41
Zentrale Themen der Physiologie	2	ATP und die energiereiche Phosphatgruppe	43
Struktur als Basis der Funktion	2	Temperatur und Reaktionsgeschwindigkeit	45
Genetik und Physiologie	3	Enzyme	47
Grundlagen der Homöostase	4	Enzymspezifität	47
Literatur über die physiologische Forschung	5	Katalytische Aktivität	48
Schaukasten 1.1 Feedback-Prinzip	6	Temperatur und Reaktionsgeschwindigkeit	49
Zusammenfassung	7	pH-Empfindlichkeit	49
		Steuerung der Enzymaktivität	49
<b>2 Physikalische und chemische Grundlagen</b>	8	Cofaktoren	50
Atome, Bindungen und Moleküle	9	Enzymkinetik	51
Eignung von H, O, N und C für das Leben	11	Enzym-Substrat-Affinität	52
Wasser	12	Enzymhemmung	54
Das Wassermolekül	13	Metabolische Regulationsmechanismen	55
Eigenschaften des Wassers	14	Genetische Kontrolle der Enzymsynthese	55
Wasser als Lösungsmittel	14	Metabolische Rückkopplungshemmung	57
Lösungen und ihre kolligativen Eigenschaften	17	Enzymaktivierung	57
Lösungen von Elektrolyten	18	ATP-Produktion im Stoffwechsel	57
Ionisation des Wassers	18	Oxidation, Phosphorylierung und	
Säuren und Basen	18	Energieübertragung	60
Biologische Bedeutung des pH-Wertes	20	Elektronenübertragende Coenzyme	61
Henderson-Hasselbalch-Gleichung	21	Elektronentransportkette	63
Puffersysteme	21	Glykolyse	65
Elektrischer Strom in wässrigen Lösungen	22	Citronensäurecyclus (Krebs- oder	
Schaukasten 2.1 Elektrische Terminologie und		Tricarbonsäurecyclus)	69
Konventionen	24	Leistungsfähigkeit des Energiestoffwechsels	70
Ionenselektivität	25	Sauerstoffschuld	70
Biologische Moleküle	26	Zusammenfassung	71
Lipide	27		
Kohlenhydrate	28	<b>4 Permeabilität und Transport</b>	72
Proteine	29	Aufbau der Membran	73
Nucleinsäuren	35	Organisation der Membran	75
Zusammenfassung	36	Einfache Doppelschichtmodelle	75
		Flüssigmosaikmodell	76
		Schaukasten 4.1 Beweise für die	
		Lipiddoppelschichtmembran	77
		Subunit-Modelle	78

Physikalische Faktoren der Membranpermeation . . .	80	Hodgkin-Cyclus . . . . .	137
Diffusion . . . . .	80	Schaukasten 5.4 Strom-Spannungs- Beziehungen . . . . .	139
Membrandurchfluß . . . . .	81	K <sup>+</sup> -Strom . . . . .	140
Osmose . . . . .	82	Zusammenfassung der ionalen Ereignisse während des Aktionspotentials . . . . .	142
Osmolarität und Spannkraft . . . . .	83	Änderung der Ionenkonzentration während einer Erregung . . . . .	143
Elektrische Einflüsse auf die Ionenverteilung . . . .	83	Andere elektrisch erregbare Kanäle . . . . .	143
Donnan-Gleichgewicht . . . . .	84	Schrittmacherpotential . . . . .	145
Osmotische Eigenschaften von Zellen . . . . .	85	Zusammenfassung . . . . .	146
Ionales Fließgleichgewicht . . . . .	85		
Zellvolumen . . . . .	87	<b>6 Fortleitung und Übertragung von Signalen . .</b>	<b>148</b>
Passive Permeationsmechanismen . . . . .	88	Nervenzellen . . . . .	148
Einfache Diffusion durch die Lipiddoppelschicht . .	89	Zwei Klassen elektrischer Signale in Neuronen . . .	151
Schaukasten 4.2 Künstliche Doppelschichten . .	90	Passive Ausbreitung elektrischer Signale . . . . .	151
Diffusion durch Membrankanäle . . . . .	91	Fortleitung von Nervenimpulsen . . . . .	154
Erleichterter Transport . . . . .	92	Leitungsgeschwindigkeit . . . . .	156
Aktiver Transport . . . . .	93	Schaukasten 6.1 Extrazelluläre Signale der Impulsleitung . . . . .	157
Ionengradienten als Energiequelle für die Zelle . . . .	95	Saltatorische Erregungsleitung . . . . .	158
Cotransport . . . . .	97	Schaukasten 6.2 Axondurchmesser und Leitungsgeschwindigkeit . . . . .	159
Gegentransport . . . . .	98	Die Idee der Synapse . . . . .	160
Membranselektivität . . . . .	99	Übertragung an elektrischen Synapsen . . . . .	161
Selektivität für Elektrolyte . . . . .	99	Übertragung an chemischen Synapsen . . . . .	163
Selektivität für Nichtelektrolyte . . . . .	100	Morphologie der chemischen Synapse . . . . .	164
Endocytose und Exocytose . . . . .	100	Synaptische Potentiale . . . . .	166
Zell-Zell-Verbindungen . . . . .	102	Schaukasten 6.3 Pharmakologisch wirksame Substanzen für Synapsenuntersuchungen . . . . .	167
Gap junctions . . . . .	102	Synaptische Ströme . . . . .	167
Tight junctions . . . . .	102	Schaukasten 6.4 Berechnung des Umkehrpotentials . . . . .	169
Epitheltransport . . . . .	105	Umkehrpotential . . . . .	169
Aktiver Ionentransport durch Epithelien . . . . .	105	Postsynaptische Hemmung . . . . .	171
Wassertransport . . . . .	109	Präsynaptische Hemmung . . . . .	174
Zusammenfassung . . . . .	110	Postsynaptische Rezeptoren und Kanäle . . . . .	174
		Der Acetylcholinrezeptor-Kanal . . . . .	174
<b>5 Ionen und Erregung . . . . .</b>	<b>112</b>	Verminderte postsynaptische Leitfähigkeit . . . . .	177
Membranerregung . . . . .	112	Präsynaptische Transmitterfreisetzung . . . . .	177
Passive elektrische Membraneigenschaften . . . . .	117	Quantennatur der Transmitterfreisetzung . . . . .	177
Membranleitfähigkeit . . . . .	117	Kopplung zwischen Transmitterfreisetzung und Depolarisation . . . . .	179
Membrankapazität . . . . .	119	Synaptische Integration . . . . .	182
Elektrotonische Potentiale . . . . .	120	Summation . . . . .	182
Elektrochemische Potentiale . . . . .	121	Synaptische Plastizität . . . . .	186
Nernstsche Gleichung . . . . .	122	Homosynaptische Modulation . . . . .	187
Schaukasten 5.1 Ladungstrennung durch Membranen . . . . .	123	Bahnung . . . . .	187
Schaukasten 5.2 Ableitung der Nernstschen Gleichung . . . . .	123	Posttetanische Potenzierung . . . . .	188
Ruhepotential . . . . .	124	Heterosynaptische Modulation . . . . .	189
Ionengradienten und Ionenkanäle . . . . .	125		
Bedeutung des aktiven Transports . . . . .	125		
Aktive elektrische Antworten . . . . .	127		
Ionale Grundlagen des Aktionspotentials . . . . .	128		
Allgemeine Merkmale . . . . .	128		
Natriumhypothese . . . . .	130		
Schaukasten 5.3 Voltage-clamp-Methode . . . .	133		
Na <sup>+</sup> -Kanal . . . . .	134		

Transmitter . . . . .	190	Autonomes oder vegetatives Nervensystem . . . . .	252
Biogene Amine . . . . .	192	Neurale Schaltsysteme . . . . .	256
Aminosäuren . . . . .	193	Sensorische Filternetzwerke . . . . .	259
Neuropeptide . . . . .	193	Laterale Hemmung . . . . .	261
Endogene Opiate . . . . .	195	Visuelle Verarbeitung in der Vertebratenretina . . . . .	263
Zusammenfassung . . . . .	195	Informationsverarbeitung im visuellen Cortex . . . . .	268
 		Schaubkasten 8.1 Spezifität neuraler Verschaltungen und Wechselwirkungen . . . . .	271
<b>7 Sensorische Mechanismen . . . . .</b>	<b>197</b>	Neuromotorische Netzwerke . . . . .	272
Rezeptorzellen als Überträger sensorischer Information . . . . .	197	Dehnungsreflex . . . . .	272
Verarbeitungsschritte zwischen sensorischer Transduktion und sensorischem Output . . . . .	199	Efferente Kontrolle durch die $\gamma$ -Schleife . . . . .	274
Intensitätscodierung . . . . .	202	Golgi-Sehnenreflex . . . . .	275
Input-Output-Beziehungen . . . . .	202	Beugereflex und reziproke Innervation . . . . .	277
Aufteilung des Antwortbereiches . . . . .	203	Programmiertes Verhalten . . . . .	278
Determination der Rezeptorsensitivität . . . . .	204	Zentral gesteuerte motorische Rhythmen . . . . .	278
Rezeptoradaptation . . . . .	204	Fixed Action Pattern . . . . .	280
Empfindlichkeitserhöhende Mechanismen . . . . .	207	Verhalten bei Tieren ohne Nervensystem . . . . .	281
Efferente Kontrolle der Rezeptorempfindlichkeit . . . . .	208	Instinktverhalten . . . . .	285
Rückkopplungshemmung . . . . .	208	Verhaltensmodifikationen . . . . .	286
Chemorezeption . . . . .	209	Orientierung der Tiere . . . . .	290
Mechanorezeption . . . . .	213	Taxien und Korrekturreaktionen . . . . .	290
Haarsinneszellen . . . . .	214	Vibrationsorientierung . . . . .	290
Gleichgewichtsorgane . . . . .	216	Echolocation . . . . .	293
Säugerohr . . . . .	218	Tierische Navigation . . . . .	295
Aufbau und Funktion der Cochlea . . . . .	218	Kompaßuhren . . . . .	295
Erregung cochleärer Haarzellen . . . . .	221	Geomagnetische Merkmale . . . . .	295
Frequenzanalyse durch die Cochlea . . . . .	221	Zusammenfassung . . . . .	296
Elektrorezeption . . . . .	222	 	
Thermorezeption . . . . .	223	<b>9 Chemische Botenstoffe und Regulatoren . . . . .</b>	<b>298</b>
Photorezeption . . . . .	225	Die Idee der „ersten“ und „zweiten“ Botenstoffe . . . . .	301
Photorezeptor des Limulus . . . . .	225	Cyclische Nucleotide als Second messenger . . . . .	303
Sehrezeptoren bei Vertebraten . . . . .	227	Cyclisches Adenosinmonophosphat als Second messenger . . . . .	303
Schaubkasten 7.1 Subjektive Korrelate primärer Photorezeptorreaktionen . . . . .	228	Multiple Effekte des cAMP . . . . .	307
Schaubkasten 7.2 Elektroretinogramm . . . . .	229	Schaubkasten 9.1 Verstärkung der Hormonwirkung – Enzymkaskade . . . . .	308
Sehpigmente . . . . .	233	Glucosemobilisierung: ein biochemisches Modell für die Rolle der cAMP . . . . .	309
Photochemie der Sehpigmente . . . . .	234	Cyclisches Guanosinmonophosphat . . . . .	310
Farbsehen . . . . .	236	Membranlipide als Botenstoffe . . . . .	313
Abbildungseigenschaften des Auges . . . . .	238	$\text{Ca}^{2+}$ als intrazellulärer Messenger . . . . .	314
Komplexaugen . . . . .	238	Calmodulin und andere calciumbindende Proteine . . . . .	317
Vertebratenaugen . . . . .	241	Intrazelluläre Wirkungen der Steroidhormone . . . . .	319
Zusammenfassung . . . . .	242	Einteilung der Hormone . . . . .	322
 		Merkmale endokriner Drüsen und Hormone . . . . .	322
<b>8 Neurale Verarbeitung und Verhalten . . . . .</b>	<b>244</b>	Regulation der Hormonsekretion . . . . .	323
Evolution von Nervensystemen . . . . .	245	Rückkopplungskontrolle . . . . .	323
Nervensystem der Vertebraten . . . . .	248	Intrazellulärer Einschluß und Speicherung von Hormonen . . . . .	324
Wichtige Abschnitte des Zentralnervensystems . . . . .	250	Sekretionsmechanismen . . . . .	326
		Neuroendokrine Beziehungen . . . . .	328

Neurosekretion . . . . .	328	Kraft-Geschwindigkeits-Beziehungen . . . . .	392
Endokrines System der Vertebraten . . . . .	329	Serienelastische Komponenten . . . . .	392
Hypothalamus und Hypophyse . . . . .	330	Aktiver Zustand . . . . .	393
Hormone der Neurohypophyse . . . . .	330	Einzelzuckung und Tetanusspannung . . . . .	394
Schaukasten 9.2 Peptidhormone . . . . .	332	Energie, Wärme und Arbeit . . . . .	395
Hormone der Adenohypophyse . . . . .	334	Metabolische Untertypen quergestreifter Muskula- tur . . . . .	396
Kontrolle der Adenohypophyse durch den Hypothalamus . . . . .	335	Neurale Kontrolle der Muskelkontraktion . . . . .	397
Stoffwechsel- und Entwicklungshormone . . . . .	337	Neuromotorische Organisation bei Vertebraten . . . . .	398
Glucocorticoide . . . . .	337	Schaukasten 10.2 Trophische Effekte von Ner- ven auf Muskeln . . . . .	399
Schilddrüsenhormone . . . . .	341	Neuromuskuläre Organisation bei Arthropoden . . . . .	400
Catecholamine . . . . .	344	Asynchrone Flugmuskeln . . . . .	402
Schaukasten 9.3 Multiple Rezeptoren: konvergente und divergente Leitungsbahnen . . . . .	345	Herzmuskel . . . . .	405
Insulin und Glucagon . . . . .	347	Glatte Muskulatur . . . . .	406
Wachstumshormon . . . . .	347	Muskel-Skelett-Mechanik . . . . .	407
Hormonelle Regulation des Wasser- und Elektrolytgleichgewichtes . . . . .	350	Zusammenfassung . . . . .	411
Prostaglandine . . . . .	352		
Sexualhormone . . . . .	353	<b>11 Motilität von Zellen . . . . .</b>	<b>413</b>
Fortpflanzungszyklen . . . . .	356	Die an einer Bewegung beteiligten Moleküle . . . . .	413
Endokrines System der Insekten . . . . .	360	Cytoskelettproteine . . . . .	414
Regulation der Insektenentwicklung . . . . .	360	Actin . . . . .	414
Schaukasten 9.4 Sexualhormone und Verhalten . . . . .	362	Intermediäre Filamentproteine . . . . .	414
Zusammenfassung . . . . .	367	Tubulin . . . . .	414
		Molekulare Motoren . . . . .	415
<b>10 Muskel und Bewegung . . . . .</b>	<b>369</b>	Myosin . . . . .	415
Strukturelle Grundlagen der Kontraktion . . . . .	369	Dynein . . . . .	416
Feinstruktur der Myofilamente . . . . .	370	Kinesin . . . . .	416
Gleitfilamenttheorie . . . . .	374	Regulatorproteine . . . . .	416
Längen-Spannungs-Kurve . . . . .	375	Tropomyosin . . . . .	416
Funktion der Querbrücken und Kraftentwicklung . . . . .	376	Troponin . . . . .	416
Chemische Grundlagen des Querbrückenmecha- nismus . . . . .	376	Calmodulin . . . . .	416
Querbrückenaktivität und Muskelkontraktion . . . . .	376	$\alpha$ -Actinin . . . . .	416
Ca <sup>2+</sup> und Muskelkontraktion . . . . .	379	Andere actinbindende Proteine . . . . .	416
Querbrückenaktivierung . . . . .	379	Chemische Grundlagen der cytoplasmatischen Motilität . . . . .	416
Schaukasten 10.1 Extrahiertes Zellmodell . . . . .	380	Amöboide Lokomotion . . . . .	417
Querbrückeninaktivierung und Muskelrelaxation . . . . .	381	Cilien und Flagellen . . . . .	418
Elektromechanische Kopplung . . . . .	382	Bewegungstypen . . . . .	419
Membranpotential und Kontraktion . . . . .	382	Feinstruktur . . . . .	422
Sarkotubuläres System . . . . .	383	Chemie der Cilien und Flagellen . . . . .	424
Sarkoplasmatisches Reticulum . . . . .	386	Mechanismus der Flagellenbiegung . . . . .	424
Freisetzung des Ca <sup>2+</sup> aus dem sarkoplasmatischen Reticulum . . . . .	386	Gleittubulushypothese . . . . .	425
Zusammenfassung von Kontraktion und Relaxation . . . . .	389	Fortleitung der Biegung entlang des Axonems . . . . .	427
Mechanische Eigenschaften des sich kontrahieren- den Muskels . . . . .	390	Koordination der Cilienbewegung . . . . .	428
Sarkomerlänge und kontraktile Eigenschaften . . . . .	391	Metachronismus . . . . .	428
Latenzzeit . . . . .	391	Spontaneität und Schlagfrequenz . . . . .	429
		Umkehr des Cilienschlags . . . . .	430
		Zusammenfassung . . . . .	432

<b>12 Osmoregulation und Exkretion</b> . . . . .	434	<b>13 Zirkulation des Blutes</b> . . . . .	488
Probleme der Osmoregulation . . . . .	435	Allgemeiner Bauplan des Kreislaufsystems . . . . .	488
Faktoren, die den obligatorischen Austausch be- einflussen . . . . .	438	Säugerherz . . . . .	491
Osmoregulierer und Osmokonformer . . . . .	439	Elektrische Aktivität des Herzens . . . . .	491
Epithel als osmoregulatorisches Gewebe . . . . .	440	Schrittmacherregion . . . . .	492
Osmoregulatorische Organe . . . . .	441	Neurogene Schrittmacher . . . . .	492
Die Vertebratenniere . . . . .	441	Myogene Schrittmacher . . . . .	492
Anatomie der Säugerniere . . . . .	441	Herzschrittmacherpotentiale . . . . .	492
Übersicht über die Harnbildung . . . . .	443	Herzmuskelaktionspotentiale . . . . .	494
Glomeruläre Filtration . . . . .	444	Erregungsausbreitung im Herzen . . . . .	494
Tubuläre Reabsorption . . . . .	446	Mechanische Eigenschaften des Herzens . . . . .	496
Schaukasten 12.1 Renale Clearance . . . . .	447	Änderungen von Druck und Strömung während eines einzelnen Herzschlages . . . . .	496
Tubuläre Sekretion . . . . .	450	Arbeit des Herzens . . . . .	497
Sekretion von $K^+$ . . . . .	451	Schlagvolumen, Herzfrequenz und Herzausstoß . . . . .	498
pH-Regulierung durch die Niere . . . . .	451	Schaukasten 13.1 Potentielle Energie, Druck und kinetische Energie . . . . .	499
Reabsorption von Bicarbonat . . . . .	452	Pericard . . . . .	501
Exkretion von Säure . . . . .	452	Funktionelle Morphologie des Vertebratenherzens . . . . .	502
Konzentrierungsmechanismus des Nephrons . . . . .	452	Fische . . . . .	502
Schaukasten 12.2 Gegenstromsysteme . . . . .	455	Amphibien . . . . .	503
Renale Regulationsmechanismen . . . . .	458	Reptilien . . . . .	504
Kontrolle der glomerulären Filtrationsrate . . . . .	458	Fötales Säugerherz . . . . .	505
Kontrolle der tubulären $Na^+$ -Reabsorption . . . . .	459	Vogelembryo . . . . .	506
Kontrolle der tubulären Wasserreabsorption . . . . .	461	Hämodynamik . . . . .	506
Evolution des Vertebratennephrons . . . . .	462	Laminare und turbulente Strömung . . . . .	506
Extrarenale osmoregulatorische Organe bei Verte- braten . . . . .	463	Druck und Strömung – das Poiseuillesche Gesetz . . . . .	508
Osmoregulatorische Funktionen der Fischkieme . . . . .	463	Strömungswiderstand . . . . .	509
Extrarenale Sekretion über die Salzdrüsen der Vö- gel und Reptilien . . . . .	465	Blutviskosität . . . . .	509
Osmoregulatorische Organe der Evertibraten . . . . .	468	Compliance der Gefäßwände . . . . .	510
Organe zur Filtration und Reabsorption . . . . .	468	Arteriell Gefäßsystem . . . . .	510
Osmoregulatorische Organe vom Sekretionstyp . . . . .	470	Blutdruck . . . . .	513
Osmoregulation in wässrigem Milieu . . . . .	472	Schwerkraft und Körperhaltung . . . . .	514
Tiere des Süßwassers . . . . .	472	Blutströmung . . . . .	515
Tiere des Meeres . . . . .	473	Venöses Gefäßsystem . . . . .	515
Osmoregulation in terrestrischer Umwelt . . . . .	476	Rete mirabile . . . . .	516
Wasserbewegung durch das Integument . . . . .	477	Kapillaren . . . . .	516
Wasserverlust während der Luftatmung . . . . .	478	Lymphsystem . . . . .	521
Absorption von Wasser aus der Luft . . . . .	479	Regulation der Kapillardurchblutung . . . . .	522
Wasserverlust während der Exkretion und Ionen- regulation . . . . .	480	Nervöse Kontrolle der Kapillardurchblutung . . . . .	522
Känguruhratte – integrierte Spezialisierungen für das Leben in der Wüste . . . . .	481	Lokale Kontrolle der Kapillardurchblutung . . . . .	523
Exkretion stickstoffhaltiger Abfallprodukte . . . . .	482	Cardiovasculäre Kontrolle durch das Zentralnerven- system . . . . .	524
Zusammenfassung . . . . .	486	Barorezeptoren . . . . .	524
		Herzrezeptoren . . . . .	526
		Vorhofrezeptoren . . . . .	526
		Ventrikelrezeptoren . . . . .	527
		Afferente Skelettmuskelfasern . . . . .	527
		Arterielle Chemorezeptoren . . . . .	527
		Cardiovasculäre Antworten auf Arbeit . . . . .	528
		Cardiovasculäre Antworten auf Tauchen . . . . .	529
		Zusammenfassung . . . . .	531

<b>14 Gasaustausch</b> . . . . .	532	Gifte zum Beutefang . . . . .	593
Allgemeine Betrachtungen . . . . .	532	Nahrungsbedarf . . . . .	594
Sauerstoff und Kohlendioxid im Blut . . . . .	533	Nährstoffmoleküle . . . . .	594
Atmungspigmente . . . . .	533	Proteine und Aminosäuren . . . . .	594
Schaukasten 14.1 Die Gasgesetze . . . . .	534	Kohlenhydrate . . . . .	594
Sauerstofftransport . . . . .	536	Fette und Lipide . . . . .	594
Kohlendioxidtransport . . . . .	539	Nucleinsäuren . . . . .	596
Vertebratenlunge – Luftatmung . . . . .	543	Anorganische Ionen . . . . .	596
Funktionelle Anatomie der Lunge . . . . .	543	Vitamine . . . . .	596
Schaukasten 14.2 Lungenvolumina . . . . .	547	Wasser . . . . .	596
Blutkreislauf zur Lunge . . . . .	549	Übersicht über Verdauungssysteme . . . . .	596
Ventilationsmechanismen . . . . .	551	Region zur Nahrungsresorption . . . . .	598
Problem des alveolären Kollabierens . . . . .	555	Transport und Speicherung . . . . .	598
Wärme- und Wasserverlust bei der Atmung . . . . .	556	Verdaungsregion . . . . .	598
Vertebratenkieme – Wasseratmung . . . . .	557	Monogastrischer Magen . . . . .	598
Regelung des Gasaustausches und der Atmung . . . . .	559	Digastrischer Magen . . . . .	600
Verhältnis zwischen Ventilation und Durchblutung . . . . .	560	Dünndarm . . . . .	601
Schaukasten 14.3 Verhältnis Ventilation/Durchblutung . . . . .	561	Darmepithel . . . . .	601
Neurale Regelung der Atmung . . . . .	564	Region der Wasserresorption und Ausscheidung . . . . .	602
Integrierte Reaktionen auf Änderungen im Sauerstoff- und Kohlendioxidspiegel . . . . .	568	Motilität des Darmkanals . . . . .	602
Verminderte Sauerstoffverfügbarkeit – Hypoxie . . . . .	568	Peristaltik . . . . .	604
Erhöhter Kohlensäurespiegel – Hyperkapnie . . . . .	569	Kontrolle der Motilität . . . . .	605
Respiratorische Anpassungen an das Tauchen . . . . .	570	Gastrointestinale Sekretion . . . . .	607
Respiratorische Antworten während körperlicher Aktivität . . . . .	570	Exokrine Drüsen . . . . .	608
Regulierung des pH-Werts des Körpers . . . . .	572	Wasser und Elektrolyte . . . . .	610
Bildung und Ausscheidung von Wasserstoff-Ionen . . . . .	572	Galle und Gallensalze . . . . .	610
Verteilung von Wasserstoff-Ionen zwischen Kompartimenten . . . . .	573	Verdauungsenzyme . . . . .	612
Faktoren, die den intrazellulären pH-Wert beeinflussen . . . . .	575	Proteasen . . . . .	612
Faktoren, die den pH-Wert des Körpers beeinflussen . . . . .	575	Carbohydrasen . . . . .	612
Andere Gastransportsysteme . . . . .	576	Lipasen . . . . .	613
Tracheensystem der Insekten . . . . .	576	Proenzyme . . . . .	613
Gastransport im Vogelei . . . . .	578	Andere Verdauungsenzyme . . . . .	613
Sauerstoffspeicherung in der Schwimmblase . . . . .	581	Kontrolle der Verdauungsekretion . . . . .	613
Zusammenfassung . . . . .	582	Speicheldrüsen- und Magensekretion . . . . .	614
		Schaukasten 15.1 Verhaltenskonditionierung bei Nahrungsaufnahme und Verdauung . . . . .	614
		Darm- und Pankreassekretion . . . . .	616
		Resorption . . . . .	617
		Intestinaler Transport . . . . .	617
		Wasser- und Elektrolytgleichgewicht im Darm . . . . .	618
		Zusammenfassung . . . . .	621
<b>15 Ernährung, Verdauung und Resorption</b> . . . . .	585		
Verdauung durch Hydrolyse . . . . .	586	<b>16 Energiehaushalt und Körpertemperatur</b> . . . . .	623
Ernährungsstrategien . . . . .	587	Konzept des Energiehaushalts . . . . .	623
Nahrungsaufnahme durch die Körperoberfläche . . . . .	587	Einteilungsmöglichkeit der Tiere nach ihrer Körpertemperatur . . . . .	624
Endocytose . . . . .	588	Messung der Stoffwechselraten . . . . .	626
Filtrieren . . . . .	588	Messung von Nahrungsaufnahme und Ausscheidung . . . . .	628
Stechen und Saugen . . . . .	590	Direkte Kalorimetrie . . . . .	628
Kiefer, Schnäbel und Zähne . . . . .	590	Schaukasten 16.1 Energieeinheiten . . . . .	630

Indirekte Kalorimetrie . . . . .	630	Verdunstungskühlung . . . . .	657
Respiratorischer Quotient . . . . .	630	Thermostatische Regulation der Körpertemperatur . . . . .	659
Kohlenhydrate . . . . .	631	Säugerthermostat . . . . .	661
Fette . . . . .	631	Thermoregulatorische Zentren bei Nichtsäugern . . . . .	663
Proteine . . . . .	631	Fieber . . . . .	664
Spezifisch dynamische Wirkung . . . . .	632	Thermoregulation während körperlicher Betätigung . . . . .	665
Energiespeicherung . . . . .	632	Schlafzustände . . . . .	667
Körpergröße und Stoffwechselrate . . . . .	632	Schlaf . . . . .	667
Schaukasten 16.2 Physikalischer Zusammenhang zwischen Wärme und Temperatur . . . . .	635	Torpor . . . . .	667
Temperaturwirkungen auf Tiere . . . . .	638	Winterschlaf und Winterruhe . . . . .	667
Temperaturabhängigkeit des Stoffwechsels . . . . .	638	Sommerschlaf . . . . .	668
Wärmeakklimatisation . . . . .	638	Energieverbrauch bei Bewegung . . . . .	669
Determinanten der Körperwärme und Temperatur . . . . .	640	Tiergröße, Geschwindigkeit und Bewegungsenergie . . . . .	669
Wärmeproduktion . . . . .	641	Bewegungsbeeinflussende physikalische Faktoren . . . . .	670
Wärmeaustausch . . . . .	641	Bewegung in Wasser, Luft und auf dem Boden . . . . .	672
Temperaturbeziehungen bei Ektothermen . . . . .	642	Schwimmen . . . . .	672
Ektotherme in kalter Umgebung . . . . .	642	Schaukasten 16.3 Reynolds-Zahl . . . . .	673
Ektotherme in heißer Umgebung . . . . .	643	Fliegen . . . . .	675
Kosten und Vorteile der ektothermalen Lebensweise . . . . .	645	Rennen . . . . .	675
Temperaturstrategien bei Heterothermen . . . . .	646	Vergleich des Energieverbrauchs bei Bewegung zwischen Ektothermen und Endothermen . . . . .	677
Temperaturbeziehungen der Endothermen . . . . .	648	Zusammenfassung . . . . .	679
Thermoneutralzone . . . . .	651	<b>Literatur</b> . . . . .	681
Thermogenese . . . . .	652	<b>Sachverzeichnis</b> . . . . .	690
Endothermie in kalter Umgebung . . . . .	653		
Gegenstromwärmeaustausch . . . . .	654		
Niedertemperaturlipide . . . . .	655		
Endothermie in heißer Umgebung – Abgabe von Körperwärme . . . . .	656		