

Inhaltsverzeichnis

1 Die Bedeutung der Physiologie	1	Zusammenfassung	37
Warum Tierphysiologie?	1	Literatur	39
Physiologie und Medizin	2	3 Enzyme und Energetik	40
Physiologie und menschliche Erkenntnis	2	Energie: Begriffe und Definitionen	40
Zentrale Themen der Physiologie	2	Übertragung chemischer Energie durch gekoppelte Reaktionen	43
Struktur als Basis der Funktion	2	ATP und die energiereiche Phosphatgruppe	45
Genetik und Physiologie	3	Temperatur und Reaktionsgeschwindigkeit	47
Grundlagen der Homöostase	4	Enzyme	49
Literatur über die physiologische Forschung	5	Enzymspezifität	49
Schaukasten 1.1 Das Feedback-Prinzip	6	Katalytische Aktivität	50
Zusammenfassung	7	Temperatur und Reaktionsgeschwindigkeit	51
Literatur	8	Steuerung der Enzymaktivität	52
2 Physikalische und chemische Grundlagen	9	Enzymkinetik	53
Atome, Bindungen und Moleküle	10	Enzym-Substrat-Affinität	54
Eignung von H, O, N und C für das Leben	12	Enzymhemmung	56
Wasser	14	Metabolische Regulationsmechanismen	57
Wassermolekül	14	Genetische Kontrolle der Enzymsynthese	57
Eigenschaften des Wassers	15	Metabolische Rückkopplungshemmung	59
Wasser als Lösungsmittel	16	Enzymaktivierung	59
Lösungen und ihre kolligativen Eigenschaften	18	ATP-Produktion im Stoffwechsel	59
Lösungen von Elektrolyten	19	Oxidation, Phosphorylierung und Energieübertragung	62
Ionisation des Wassers	19	Elektronenübertragende Coenzyme	63
Säuren und Basen	20	Elektronentransportkette	65
Biologische Bedeutung des pH-Wertes	21	Glykolyse	67
Henderson-Hasselbalch-Gleichung	22	Citronensäurezyklus (Krebs- oder Tricarbonsäurezyklus)	71
Puffersysteme	22	Leistungsfähigkeit des Energiestoffwechsels	72
Elektrischer Strom in wässrigen Lösungen	23	Sauerstoffschuld	73
Schaukasten 2.1 Elektrische Terminologie und Konventionen	25	Zusammenfassung	73
Ionenselektivität	26	Literatur	74
Biologische Moleküle	28	4 Permeabilität und Transport	75
Lipide	28	Aufbau der Membran	76
Kohlenhydrate	29	Organisation der Membran	78
Proteine	32		
Nucleinsäuren	36		

Einfache Doppelschichtmodelle	78	Schaukasten 5.3 Ableitung der Nernstschen Gleichung	126
Flüssigmosaikmodell	79	Nernstsche Gleichung	126
Schaukasten 4.1 Beweise für die Lipid-Doppelschichtmembran	80	Ruhepotential	127
Subunit-Modelle	81	Passive Ladungsverteilung	127
Physikalische Faktoren der Membranpermeation	83	Bedeutung des aktiven Transports	128
Diffusion	83	Freisetzung bioelektrischer Energie	129
Membrandurchfluß	83	Ionale Grundlagen des Aktionspotentials	130
Osmose	84	Allgemeine Merkmale	130
Osmolarität und Spannkraft	86	Natriumhypothese	132
Elektrische Einflüsse auf die Ionenverteilung	86	Schaukasten 5.4 Die Voltage-clamp-Methode	135
Donnan-Gleichgewicht	87	Natriumkanal	138
Osmotische Eigenschaften von Zellen	88	Hodgkin-Zyklus	140
Ionales Fließgleichgewicht	88	Schaukasten 5.5 Strom-Spannungs-Beziehungen	141
Zellvolumen	90	Kaliumstrom	142
Passive Permeationsmechanismen	91	Zusammenfassung der ionalen Ereignisse während des Aktionspotentials	143
Diffusion durch Membrankanäle	91	Änderung der Ionenkonzentration während einer Erregung	144
Schaukasten 4.2 Künstliche Doppelschichten	93	Calcium und Membranerregbarkeit	144
Einfache Diffusion durch die Lipiddoppelschicht	93	Calciumkanal	144
Schaukasten 4.3 Antibiotische Ionophoren	94	Calciumabhängiger Kaliumkanal	146
Erleichterter Transport	96	Surface-charge-screening durch Ca^{2+}	147
Aktiver Transport	96	Schrittmacherpotential	148
Ionengradienten als Energiequelle für die Zelle	99	Zusammenfassung	149
Cotransport	101	Literatur	150
Gegentransport	102	6 Fortleitung und Übertragung von Signalen	151
Membranselektivität	102	Nervenzellen	151
Selektivität für Elektrolyte	103	Die zwei Signalklassen der Neurone	154
Selektivität für Nichtelektrolyte	103	Passive Ausbreitung elektrischer Signale	154
Pinocytose und Exocytose	103	Fortleitung von Nervenimpulsen	157
Zell-Zell-Verbindungen	106	Schaukasten 6.1 Extrazelluläre Signale der Impulsleitung	159
Gap junctions	106	Leitungsgeschwindigkeit	160
Tight junctions	107	Saltatorische Erregungsleitung	161
Epitheltransport	108	Schaukasten 6.2 Axondurchmesser und Leitungsgeschwindigkeit	162
Aktiver Ionentransport durch Epithelien	108	Die Idee der Synapse	163
Wassertransport	111	Übertragung an elektrischen Synapsen	164
Zusammenfassung	113	Übertragung an chemischen Synapsen	166
Literatur	114	Morphologie der chemischen Synapse	166
5 Ionen und Erregung	115	Synaptische Potentiale	169
Membranerregung	115	Schaukasten 6.3 Pharmakologisch wirksame Substanzen für Synapsenuntersuchungen	169
Passive elektrische Membraneigenschaften	119	Synaptische Ströme	171
Membrankapazität	119	Umkehrpotential	171
Schaukasten 5.1 Kapazität und Zeitkonstante	121	Postsynaptische Hemmung	173
Membranleitfähigkeit	122		
Gleichgewichtspotentiale	123		
Schaukasten 5.2 Ladungstrennung durch Membranen	125		

Schaukasten 6.4 Berechnung des Umkehrpotentials	174	Thermorezeption	225
Präsynaptische Hemmung	175	Photorezeption	227
Postsynaptische Rezeptoren und Kanäle	176	Photorezeptoren der Evertebraten	227
Acetylcholinrezeptor	177	Korrelate visueller Phänomene	229
ACh-aktivierte Kanäle	177	Adaptation der Photorezeptoren von Limulus	230
Verminderte postsynaptische Leitfähigkeiten	178	Sehrezeptoren bei Vertebraten	231
Transmitter	179	Schaukasten 7.2 Das Elektretinogramm	233
Biogene Amine	180	Sehpigmente	236
Aminosäuren	182	Photochemie der Sehpigmente	237
Neuropeptide	182	Farbsehen	240
Endogene Opiate	183	Optische Mechanismen	241
Transmitterfreisetzung	183	Komplexaugen	242
Quantennatur der Transmitterfreisetzung	183	Vertebratenaugen	245
Kopplung zwischen Transmitterfreisetzung und Depolarisation	185	Zusammenfassung	245
Synaptische Integration	187	Literatur	246
Summation	188	8 Neurale Verarbeitung und Verhalten	248
Synaptische Plastizität	192	Evolution von Nervensystemen	249
Bahnung	192	Vertebratennervensystem	252
Posttetanische Potenzierung	194	Wichtige Abschnitte des Zentralnervensystems	254
Chemische Modulation der Transmitterfreisetzung	195	Autonomes Nervensystem	257
Zusammenfassung	195	Neurale Schaltsysteme	259
Literatur	196	Sensorische Filternetzwerke	263
7 Sensorische Mechanismen	198	Laterale Hemmung	263
Rezeptorzellen als sensorische Transducer	198	Visuelle Verarbeitung in der Vertebratenretina	266
Verarbeitungsschritte zwischen Reizimpuls und sensorischem Output	199	Informationsverarbeitung im visuellen Cortex	271
Intensitätscodierung	203	Neuromotorische Netzwerke	274
Input-Output-Beziehungen	203	Der Dehnungsreflex	274
Aufteilung des Antwortbereiches	204	Schaukasten 8.1 Spezifität neuraler Verschaltungen und Wechselwirkungen	275
Determination der Rezeptorsensitivität	205	Efferente Kontrolle durch die Gammenschleife	277
Rezeptoradaptation	206	Golgi-Sehnenreflex	279
Empfindlichkeitserhöhende Mechanismen	208	Beugereflex und reziproke Innervation	280
Efferente Kontrolle der Rezeptorempfindlichkeit	208	Programmiertes Verhalten	282
Rückkopplungshemmung	209	Zentral gesteuerte motorische Rhythmen	282
Chemorezeption	210	Erbkoordination oder Fixed action pattern	284
Mechanorezeption	213	Verhalten bei Tieren ohne Nervensystem	285
Haarsinneszellen	215	Orientierung der Tiere	288
Gleichgewichtsorgane	216	Taxis und Korrekturreaktionen	288
Säugerohr	218	Vibrationsorientierung	291
Aufbau und Funktion der Cochlea	218	Echoortung	292
Erregung cochleärer Haarzellen	221	Tierische Navigation	294
Frequenzanalyse durch die Cochlea	222	Kompaßnuten	295
Schaukasten 7.1 Von Békésy's Modell der Cochlea	223	Geomagnetische Merkmale	295
Elektrorezeption	224	Genetik und Instinktverhalten	296
		Genetische Zerlegung neuraler Mechanismen	298
		Zusammenfassung	299
		Literatur	299

9 Muskel und Bewegung	301	Regulatorproteine	348
Strukturelle Grundlagen der Kontraktion	301	Chemische Grundlagen der Cytoplasmaströmung	348
Feinstruktur der Myofilamente	302	Amöboide Lokomotion	350
Gleitfilamenttheorie	306	Cilien und Flagellen	352
Längen-Spannung-Kurve	307	Bewegungstypen	354
Funktion der Querbrücken und Kraftentwicklung	308	Feinstruktur	355
Chemische Grundlagen des Querbrückenmechanismus	308	Chemie der Cilien und Flagellen	357
Querbrückenaktivität und Muskelkontraktion	309	Mechanismus der Flagellenbiegung	357
Calcium und Muskelkontraktion	311	Gleittubulus-Hypothese	357
Querbrückenaktivierung	311	Fortleitung der Biegung entlang des Axonems	360
Schaukasten 9.1 Extrahiertes Zellmodell	312	Koordination der Cilienbewegung	361
Querbrückeninaktivierung und Muskelrelaxation	314	Spontaneität und Schlagfrequenz	361
Elektromechanische Koppelung	314	Umkehr des Cilienschlags	363
Membranpotential und Kontraktion	315	Metachronismus	365
Sarcotubuläres System	316	Zusammenfassung	366
Sarcoplasmatisches Reticulum	318	Literatur	367
Freisetzung des Calciums aus dem sarcoplasmatischen Reticulum	319	11 Chemische Botenstoffe und Regulatoren	368
Zusammenfassung von Kontraktion und Relaxation	320	Hormone als Botenstoffe	368
Mechanische Eigenschaften des sich kontrahierenden Muskels	321	Strukturelle Einteilung der Hormone	369
Sarcomerlänge und kontraktile Eigenschaften	322	Funktionelle Einteilung	370
Latenzzeit	323	Merkmale endocriner Drüsen und Hormone	371
Kraft-Geschwindigkeits-Beziehungen	323	Regulation der Hormonsekretion	373
Serienelastische Komponenten	324	Rückkopplungskontrolle	373
Aktiver Zustand	325	Intrazellulärer Einschluß und Speicherung von Hormonen	374
Einzelzuckung und Tetanusspannung	325	Sekretionsmechanismen	375
Energie, Wärme und Arbeit	326	Neuroendocrine Beziehungen	378
Metabolische Untertypen quergestreifter Muskulatur	327	Neurosekretion	378
Neurale Kontrolle der Muskelkontraktion	329	Endocrines System der Säuger	379
Neuromotorische Organisation bei Vertebraten	329	Hypothalamus und Hypophyse	380
Schaukasten 9.2 Trophische Effekte von Nerven auf Muskeln	331	Hormone der Neurohypophyse	380
Neuromuskuläre Organisation bei Arthropoden	332	Hormone der Adenohypophyse	382
Asynchrone Flugmuskeln	333	Kontrolle der Adenohypophyse durch den Hypothalamus	383
Herzmuskel	335	Stoffwechsel- und Entwicklungshormone	385
Glatte Muskulatur	338	Glucocorticoide	385
Muskel-Skelett-System	339	Schilddrüsenhormone	388
Zusammenfassung	342	Catecholamine	391
Literatur	343	Insulin und Glucagon	391
10 Motilität von Zellen	345	Wachstumshormon	394
Die an einer Bewegung beteiligten Moleküle	345	Hormonale Regulation des Elektrolytgleichgewichtes	394
Kontraktile Proteine	345	Prostaglandine	397
		Sexualhormone	397
		Fortpflanzungszyklen	400
		Sexualhormone und Verhalten	404

Endocrines System der Insekten	406	Schaukasten 12.2 Gegenstromsysteme	459
Regulation der Insektenentwicklung	406	Renale Regulationsmechanismen	462
Das Second-messenger-Konzept	411	Evolution der Vertebratenniere	466
cAMP als Second messenger	412	Extrarenale osmoregulatorische Organe bei Vertebraten	467
Multiple Effekte des cAMP	414	Osmoregulatorische Funktionen der Fische	467
Schaukasten 11.1 Verstärkung der Hormonwirkung	416	Salzdrüsen der Vögel und Reptilien	469
Hormoninduzierte Glucosemobilisierung: ein biochemisches Modell für die Rolle des cAMP als Second messenger	417	Osmoregulatorische Organe der Evertebraten	472
Cyclisches GMP als Second messenger	418	Organe zur Filtration und Reabsorption	472
Calcium als intrazellulärer Messenger	418	Osmoregulatorische Organe vom Sekretionstyp	474
Calciumbindende Proteine: Calmodulin	420	Exkretion stickstoffhaltiger Abfallprodukte	476
Multiple Rezeptoren: konvergente und divergente Leitungsbahnen	421	Zusammenfassung	481
Interaktionen zwischen Ca ²⁺ und cyclischen Nucleotiden	422	Literatur	481
Hormonelle Steuerung genetischer Mechanismen	424	13 Zirkulation des Blutes	483
Zusammenfassung	427	Allgemeiner Bauplan des Kreislaufsystems	483
Literatur	427	Säugerherz	486
12 Osmoregulation und Exkretion	429	Elektrische Aktivität des Herzens	487
Allgemeine Betrachtungen	429	Schrittmacherregion	487
Probleme der Osmoregulation	432	Erregungsausbreitung im Herzen	489
Faktoren, die den obligatorischen Austausch beeinflussen	433	Mechanische Eigenschaften des Herzens	491
Osmoregulierer und Osmokonformer	435	Änderungen in Druck und Strömung während eines einzelnen Herzschlages	491
Epithel als osmoregulatorisches Gewebe	436	Arbeit des Herzens	492
Osmoregulation in wässrigem Milieu	436	Schlagvolumen, Herzfrequenz und Herzausstoß	493
Tiere des Süßwassers	436	Schaukasten 13.1 Potentielle Energie, Druck und kinetische Energie	494
Tiere des Meeres	436	Pericard	496
Osmoregulation in terrestrischer Umwelt	440	Funktionelle Morphologie des Vertebratenherzens	497
Gewinn oder Verlust von Wasser durch das Integument	440	Knochenfische	497
Wasserverlust während der Luftatmung	441	Amphibien	497
Absorption von Wasser aus der Luft	443	Reptilien	498
Wasserverlust während der Exkretion und Ionenregulation	444	Fetales Säugerherz	500
Die Känguruhratten: integrierte Spezialisierungen für das Leben in der Wüste	445	Vogelembryo	501
Osmoregulatorische Organe	446	Hämodynamik	501
Die Vertebratenniere	446	Laminare und turbulente Strömung	501
Anatomie der Säugerniere	446	Druck und Strömung: das Poiseuillesche Gesetz	503
Übersicht über die Harnbildung	449	Strömungswiderstand	504
Schaukasten 12.1 Renale Clearance	450	Blutviskosität	504
Glomeruläre Filtration	452	Compliance der Gefäßwände	505
Tubuläre Reabsorption	452	Arterieller Gefäßsystem	505
Tubuläre Sekretion	455	Blutdruck	507
pH-Regulierung durch die Niere	456	Schwerkraft und Körperhaltung	508
Konzentrierungsmechanismus des Nephrons	458	Blutströmung	509
		Venöses Gefäßsystem	509
		Rete mirabile	510
		Kapillaren	510

Lymphsystem	514	Zusammenfassung	573
Regulation der Kapillardurchblutung	515	Literatur	574
Nervöse Kontrolle der Kapillardurchblutung	516		
Lokale Kontrolle der Kapillardurchblutung	516		
Cardiovasculäre Kontrolle durch das Zentralnervensystem	517	15 Ernährung, Verdauung und Absorption	575
Barorezeptoren	517	Verdauung durch Hydrolyse	575
Arterielle Chemorezeptoren	519	Ernährungsstrategien	577
Cardiovasculäre Antworten auf Arbeit und Tauchen	520	Nahrungsaufnahme durch die Körperoberfläche	577
Zusammenfassung	522	Endocytose	578
Literatur	523	Filtrieren	578
		Stechen und Saugen	580
		Kiefer, Schnäbel und Zähne	580
		Gifte zum Beutefang	583
14 Gasaustausch	525	Nahrungsbedarf	584
Allgemeine Betrachtungen	525	Nährstoffmoleküle	584
Sauerstoff und Kohlendioxid im Blut	526	Übersicht über Verdauungssysteme	589
Atmungspigmente	526	Nahrungsaufnahmeregion	589
Schaukasten 14.1 Die Gasgesetze	527	Transport und Speicherung	590
Sauerstofftransport im Blut	529	Verdauungsregion	590
Kohlendioxidtransport im Blut	533	Darmepithel	593
Die Vertebratenlunge: Luftatmung	536	Region der Wasserabsorption und Ausscheidung	594
Funktionelle Anatomie der Lunge	537	Motilität des Darmkanals	595
Blutkreislauf zur Lunge	542	Peristaltik	595
Ventilationsmechanismen	543	Kontrolle der Motilität	597
Problem des alveolären Kollabierens	548	Gastrointestinale Sekretion	599
Wärme- und Wasserverlust bei der Atmung	549	Exocrine Drüsen	599
Die Vertebratenkieme: Wasseratmung	549	Wasser und Elektrolyte	600
Regelung des Gasaustausches und der Atmung	554	Galle und Gallensalze	601
Verhältnis Ventilation zu Durchblutung	554	Verdauungsenzyme	602
Schaukasten 14.2 Verhältnis Ventilation/Durchblutung	554	Kontrolle der Verdauungsssekretion	604
Neurale Regelung der Atmung	556	Speicheldrüsen- und Magensekretion	604
Integrierte Reaktionen auf Änderungen im Sauerstoff- und Kohlendioxidspiegel	560	Schaukasten 15.1 Verhaltenskonditionierung bei Nahrungsaufnahme und Verdauung	605
Respiratorische Anpassungen an das Tauchen	561	Darm- und Pancreassekretion	607
Respiratorische Antworten während körperlicher Aktivität	562	Absorption	607
Regulierung des pH-Werts des Körpers	563	Intestinaler Transport	608
Bildung und Ausscheidung von Wasserstoff-Ionen	563	Wasser- und Elektrolytgleichgewicht im Darm	610
Verteilung von Wasserstoff-Ionen zwischen Kompartimenten	563	Zusammenfassung	612
Faktoren, die den intrazellulären pH-Wert beeinflussen	565	Literatur	613
Faktoren, die den pH-Wert des Körpers beeinflussen	565	16 Energiehaushalt und Körpertemperatur	614
Andere Gastransportsysteme	566	Das Konzept des Energiehaushalts	614
Tracheensystem der Insekten	566	Messung der Stoffwechselraten	617
Gastransport im Vogelei	569	Messung von Nahrungsaufnahme und Ausscheidung	617
Sauerstoffspeicherung in der Schwimmblase	571	Direkte Kalorimetrie	617

Schaukasten 16.1 Energieeinheiten	619	Ectotherme in heißer Umgebung	643
Indirekte Kalorimetrie	619	Temperaturbeziehungen der Endothermen	643
Respiratorischer Quotient	619	Thermoneutralzone	643
Spezifisch dynamische Wirkung	621	Schaukasten 16.2 Physikalischer Zusammen-	
Energiespeicherung	621	hang zwischen Wärme und Temperatur	646
Körpergröße und Stoffwechselrate	621	Thermogenese	646
Energieverbrauch bei Bewegung	624	Endothermie in kalter Umgebung	647
Tiergröße, Geschwindigkeit und Bewegungs-		Gegenstrom-Wärmeaustausch	648
energie	624	Niedertemperatur-Lipide	649
Bewegungsbeeinflussende physikalische Fak-		Endothermie in heißer Umgebung	650
toren	626	Verdunstungskühlung	651
Wirkung der Reynolds-Zahl	627	Thermostatische Regulation der Körpertempe-	
Bewegung in Wasser, Luft und auf dem Boden .	629	ratur	653
Einteilungsmöglichkeit der Tiere nach ihrer Kör-		Säugerthermostat	653
perätur	632	Thermoregulatorische Zentren bei Nichtsäu-	
Geographische Faktoren	634	gern	657
Temperaturwirkungen auf Tiere	634	Fieber	658
Temperaturabhängigkeit des Stoffwechsels . . .	634	Thermoregulation während körperlicher Betäti-	
Wärmeakklimatisation	635	gung	659
Determinanten der Körperwärme und Tempera-		Schlafzustände	660
tur	638	Zusammenfassung	662
Temperaturbeziehungen bei Ectothermen	639	Literatur	663
Ectotherme in kalter Umgebung	639	Sachverzeichnis	665
Ectothermie bei Heterothermen	639		