

Inhaltsverzeichnis

1	Energie und Leben I – Prinzipien und globale Energieflüsse . . .	1
1.1	Energie, von der Sonne gespendet, speist alles pflanzliche, tierische und menschliche Leben	1
1.2	Arbeit kontra Wärme	5
1.3	Entropie und Leben	8
1.4	Die „freie Energie G “	10
1.5	Lebewesen als offene Systeme mit der Fähigkeit zur Selbstorganisation.	14
1.6	Wirkungsgrade und ihre ökonomischen und ökologischen Konsequenzen	18
1.7	Zur Vertiefung: Energetik (Thermodynamik)	21
2	Leben und Energie II – Energieumsetzung in der Zelle und im Individuum	27
2.1	Grundlegende Prozesse des zentralen Energiestoffwechsels der eukaryotischen Zelle	27
2.2	Start im Cytosol: die Glykolyse.	33
2.3	Citratzyklus, Atmungskette, beta-Oxidation und ATP-Großproduktion	37
2.4	Die verschiedenen Energiespeicher und ihr besonderer Nutzen	46
2.5	Energieverwertung I: ATP-getriebene Motoren	50
2.6	Energieverwertung II: Transport von Substanzen durch Membranen.	53
2.7	Quantitative Energieumsätze im Individuum	59
3	Ernährung	71
3.1	Was die Nahrung enthalten muss	71
3.2	Zur Vertiefung: „Gesunde Ernährung“ Erfahrung, Meinung und Glaube in den Ernährungswissenschaften	76
3.3	Fettsäuren: essentielle, erwünschte, unerwünschte	79
3.4	Wozu Vitamine notwendig sind	80
3.5	Tierische kontra pflanzliche Kost: Was ist Wissenschaft, was außerwissenschaftliche Einstellung?	86
3.6	Körperarchitektur und Strategie des Nahrungserwerbs	89
3.7	Aufschluss der Nahrung im Fließbandsystem: der Transport	91

3.8	Die Verarbeitungsstationen: vom Magen bis zum Ort der Resorption	92
3.9	Die Salzsäure des Magens	95
3.10	Schutz vor Selbstverdauung und Regelung der Verdauungsprozesse und Arbeitsabläufe	97
3.11	Enzyme und sonstige Hilfsmittel zur Erschließung der Nahrung.	98
3.12	Zur Vertiefung: Befürchtetes und Gefürchtetes: Treibhausgas Methan, Holzerstörung	110
3.13	Resorption und Abtransport	113
3.14	Regelung der Nahrungsaufnahme	115
4	Die Leber und die zentrale interne Grundversorgung.	121
4.1	Die Leber als Versorgungs-, Handels- und Entsorgungszentrale des Körpers	121
4.2	Erste Hauptfunktion der Leber ist die Bereitstellung des Blutzuckers	122
4.3	„Blutfette“ und andere Lipide.	125
4.4	Regelung der Abgabe und Aufnahme von Blutzucker und Blutfetten über die Hormone Insulin und Glucagon	128
4.5	Blutproteine und Hormone als Produkte der Leber	134
4.6	Cholesterin, seine Abkömmlinge und der enterohepatische Kreislauf	134
4.7	Exkretorische und Entgiftungsfunktionen der Leber	138
5	Entsorgung und Wasserhaushalt: die Niere	143
5.1	Stickstoffentsorgung und extrarenale Exkretion.	143
5.2	Die expliziten Exkretionsorgane der Lehrtradition	151
5.3	Die Nieren der Säuger/des Menschen.	151
5.4	Zur Vertiefung: Physikalisches und Medizintechnisches zum Thema Niere	166
5.5	Die Regelung der Nierenfunktion.	173
6	Immunologie und die Entsorgung großer Abfallprodukte	181
6.1	Blut und die Entsorgung gealterter Zellen	181
6.2	Angeborene Abwehrsysteme auf der Basis eines in der Evolution erworbenen Wissens.	183
6.3	Das lernfähige Immunsystem der Vertebraten.	189
6.4	Das Generieren von Vielfalt bei der Erzeugung der Antigen-erkennenden Rezeptoren und der Antikörper	191
6.5	Funktionen der Antikörper	197
6.6	T-Zellen, dendritische Zellen, MHC und Antigenpräsentation.	200
6.7	Verstärkereffekte und langanhaltende Immunität	209
6.8	Lernen von „Selbst oder Fremd“ und Immuntoleranz.	210
6.9	Entzündungen, Allergien und hemmender Einfluss von Stresshormonen.	215
6.10	Zur Vertiefung: Aus der Praxis des Labors: monoklonale Antikörper und Immunfluoreszenz	216

7	Physiologie der Erythrocyten und Atemorgane	219
7.1	Was „Atmung“ meinen kann	219
7.2	Zur Vertiefung: Zur Physik der Atemgase.	219
7.3	Diffusion und Konvektion der Atemgase	224
7.4	Hämoglobin, Myoglobin und andere Sauerstoffspeicher	226
7.5	Funktion der Erythrocyten bei der Beseitigung des Kohlendioxids.	232
7.6	Atemorgane und ihre Ventilation	233
7.7	Atem- und sonstige Probleme beim Tauchen	240
7.8	Atemnöte und Höhenkrankheit im Gebirge	245
8	Der Kreislauf.	249
8.1	Verteilerflüssigkeiten vermitteln zwischen Außenwelt und Innenwelt und dienen als Spediteure im Körper . . .	249
8.2	Zur Vertiefung: Ein wenig Strömungsphysik	250
8.3	Einkreisssystem der Fische versus Zweikreisssystem der Säuger.	252
8.4	Im Zentrum steht das Herz	255
8.5	Die Steuerung der Blutströme.	258
8.6	„Blutdruck“ und der weite Weg durch den Körper	260
8.7	Blutgerinnung, oder wie man Blutgefäße abdichtet. . . .	265
8.8	Wasserkreislauf zwischen Blutkapillaren und Gewebe und das Lymphdrainagesystem	267
9	Kontrolle und Regelung von Körperfunktionen unter Mitwirkung des vegetativen Nervensystems.	271
9.1	Regelkreisautomaten und ihre Kontrolle durch das autonome, vegetative Nervensystem	271
9.2	Das autonome, vegetative Nervensystem als Regel- und Steuerzentrale	276
9.3	Zur Vertiefung: Ein Blick in die Entwicklungsgeschichte des Nervensystems	281
9.4	Regelkreise für Atmung, Kreislauf, Blutdruck	281
9.5	Neurovegetative Steuerung durch Sympathicus und Parasympathicus	284
9.6	Thermoregulation	289
10	Hormonale Steuerung und Signaltransduktion	297
10.1	Hormonale versus neuronale Signalübermittlung – Eigentümlichkeiten, Definitionen	297
10.2	Koppelung von Hormonsystem und Zentralnervensystem	303
10.3	Das Hormonsystem des Menschen I: die Hypothalamus-Hypophysen-Achse	304
10.4	Neurohormone des Hypothalamus	309
10.5	Durch die Neurohypophyse freigesetzte Hormone	313
10.6	Durch die Adenohypophyse freigesetzte Hormone	314
10.7	Das Hormonsystem des Menschen II: Periphere Hormonquellen (ohne Gonaden)	316

10.8	Hormonale Regelung des Blutzuckerspiegels und Energiehaushalts	319
10.9	Stress und Hormone	324
10.10	Signaltransduktion: die Umcodierung einer externen Botschaft in zellinterne Signale	326
10.11	Genregulatorische und andere Funktionen der Steroidhormone und von Thyroxin	334
10.12	Das Hormonsystem des Menschen III: Die Steuerung der Sexualentwicklung, des Menstruationszyklus und der Schwangerschaft	335
10.13	Hormonsysteme der Metamorphose	346
11	Bioelektrische Signale	357
11.1	Zur Vertiefung: Ein Minimum an Elektrophysik und Elektrotechnik aus der Sicht des Physiologen.	358
11.2	Wie eine elektrische Membranspannung entsteht	367
11.3	Zur Vertiefung: Gibbs-Donnan-Gleichgewicht und Nernst-Gleichung	374
11.4	Ionenkanäle zur Veränderung einer Membranspannung	377
11.5	Fernleitung von Information über Aktionspotentiale	382
12	Synapsen: Transmission und Verarbeitung von Information	391
12.1	<i>Gap junctions</i> als elektrische Synapsen	391
12.2	Chemische Synapsen: Informationsübertragung mittels Transmitter.	393
12.3	Konkrete Transmitter	396
12.4	Auffangen des Transmitters an der postsynaptischen Membran und Reaktion der Empfängerzelle.	398
12.5	Die Synapse als Ort der Datenverarbeitung und der Integration verschiedener Stimuli.	401
12.6	Optogenetik hilft dem Forscher, Synapsen gezielt zu aktivieren oder zu blockieren.	409
13	Muskelmotoren, EKG und elektrische Organe	411
13.1	Die Arbeitsweise einer Muskelfaser	412
13.2	Elektromechanische Koppelung: die Auslösung einer Kontraktion	420
13.3	Der Muskel als Organ: kooperative Leistungen	424
13.4	Steuerung der Motorik über Dehnungssensoren	426
13.5	Funktionelle Spezialisierung und Energiequelle.	430
13.6	Zur Vertiefung: Wie man fliegt	436
13.7	Das Herz: sein Schrittmacher und sein EKG	440
13.8	Zur Vertiefung: Das EKG	443
13.9	Die elektrischen Organe der elektrischen Fische	445
14	Allgemeine Sinnesphysiologie, gefühlte Welt und Körperwahrnehmung	449
14.1	Von der Physik bis zur Psyche: Reiz, Erregung, Wahrnehmung	449
14.2	Prinzipien der Codierung	455

14.3	Zur Vertiefung: Piezo- und TRP-Kanäle und die Vielfalt ihrer Einsatzmöglichkeiten bei mehreren Sinnesmodalitäten	462
14.4	Psychophysische Korrelate	463
14.5	Zur Vertiefung: Die Anfänge der Psychophysik.	466
14.6	Somatosensorik: die durch Mechano-, Thermo- und Nozizeptoren der Haut vermittelte Sensibilität unseres Körpers	467
14.7	Mentale Perzeption: konstruierte Welt und Erfahrung unseres eigenen Körpers	469
15	Mechanische Sinne I: Strömungs-, Bewegungs-, Gleichgewichtssinne – und manche mehr	473
15.1	Vielfalt der mechanischen Sinne; im Zentrum stehen Kanalproteine	473
15.2	Mechanische Sinne zur Kontrolle des Körpers und zur Detektion von Objekten in Dunkelheit und Stille	474
15.3	Vielfalt mechanosensorischer Messgeräte am Beispiel der Sensillen der Insekten und anderer wirbelloser Tiere . .	475
15.4	Schwerkraftmesser und Gleichgewichtssinn	479
15.5	Die erstaunliche Nesselzelle	483
15.6	„Haar“-Sinneszellen und Neuromasten der Wirbeltiere. .	486
15.7	Das Labyrinth des Innenohrs: Dreh- und Schwerkraft- und Gleichgewichtssinn.	491
15.8	Einfluss der Dreh- und Gleichgewichtssinne auf das Sehen	494
16	Das Gehör	501
16.1	Zur Vertiefung: Zu Physik und Biophysik von Schall, Ton und Hören	501
16.2	Unser Gehör: seine Bedeutung und unglaubliche Empfindlichkeit	507
16.3	Schwierige Untersuchungen, Modelle	509
16.4	Die Übertragung des Schalls ins Innenohr	509
16.5	Tonhöhen-Unterscheidung (Frequenzanalyse)	517
16.6	Zur Perzeption: Tonotopie und Lokalisation einer Schallquelle	522
16.7	Hören und Ultraschallortung bei Tieren.	525
16.8	Zur Vertiefung: Schallkanonen als potenzielle Tötungsmittel – und die Strandung von Walen	533
17	Chemische Sinne	537
17.1	Bedeutung und erste Übersicht	537
17.2	Der Geruchsinn des Riechepithels	540
17.3	Das vomeronasale Organ VNO (Jacobson-Organ)	546
17.4	Der Geschmackssinn	549
17.5	Zur Vertiefung: „Geschmacksverstärker“ Glutamat als Krankmacher?	556
17.6	Das chemosensorische Trigeminiussystem	558
17.7	Geruchs- und Geschmackssinn bei Tieren	563

18	Wahrnehmung elektrischer und magnetischer Felder;	
	Infrarotortung	569
18.1	Elektrorezeption	569
18.2	Zur Vertiefung: Eine kurze Einführung in die Physik elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder	576
18.3	Orientierung im Magnetfeld der Erde I: Orientierung dank induzierter elektrischer Spannungen?	577
18.4	Orientierung im Magnetfeld der Erde II: Orientierung dank eines Kompasses	577
18.5	Infrarotortung	596
19	Der Sehsinn	601
19.1	Zur Vertiefung: Zur Physik des Lichtes	602
19.2	Der Primärvorgang: vom Licht bis zum Rezeptorpotential	603
19.3	Die Retina	610
19.4	Abbildung: Vorbedingung für Muster- und Bewegungssehen	615
19.5	Farbsehen und erste Verarbeitung optischer Information in der Retina	624
19.6	Zur Vertiefung: Zur Psychophysik der Farben	632
19.7	Datenverarbeitung in der Retina	639
19.8	Erstaunliche Vielfalt der Lichtsinnesorgane, Aspekte der Evolution	643
19.9	Die Welt mit anderen Augen sehen: das Insektenauge	654
19.10	Zur Vertiefung: Polarisiertes Licht	662
20	Zur Funktion des Gehirns: die mentale Schwelt.	667
20.1	Vom Auge zur gesehenen Welt	667
20.2	Zur Vertiefung: Untersuchungsmethoden der klassischen und neueren Neurobiologie	678
20.3	Gesichtserkennung und Evolution	683
20.4	Wahrnehmungspsychologie: von den Daten bis zum Bewusstsein	684
20.5	Blindsehen und weitere seltsame Erfahrungen Gehirn-operierter Patienten	689
20.6	Interaktionen des mentalen Sehsinnes mit dem Tastsinn und die Wahrnehmung des eigenen Ich.	694
20.7	Zur Vertiefung: Geist und Seele – nichts als Chemie und Physik?	697
21	Lernen, Gedächtnis, prägende Erfahrung	703
21.1	Arten von Gedächtnis aus der Sicht der Neurophysiologie	703
21.2	Wissenschaftliches Vokabular zum Thema Lernen und Gedächtnis	705
21.3	Der Hippocampus und die Lokalisation von Gedächtnisleistungen im Gehirn des Säugers	707

21.4	Zelluläre und molekulare Mechanismen von Lernen, Gedächtnisbildung und neuronaler Plastizität	709
21.5	Zur Vertiefung: Optogenetik in der Erforschung von Lernen und Gedächtnis	718
21.6	Koppelung von Lernprozessen an Emotionen	719
21.7	Erinnerung: Wiedererkennen von Gesichtern und Orten, Spiegelneurone	720
21.8	Entwicklungsprägende Erfahrung	723
22	Sprache des Menschen:	
	Sprachverständnis und Sprechvermögen	727
22.1	Sprache kennzeichnet <i>Homo sapiens</i>	727
22.2	Sprechvermögen und genetisch bedingte Störungen. . .	731
23	Kommunikation bei Tieren	733
23.1	Selbsterzeugte Lichtsignale	733
23.2	Zur Vertiefung: GFP in der Forschung.	737
23.3	Chemische Botschaften: Pheromone und weitere sozialaktive Geruchskomponenten	737
23.4	Pheromone und Lebensläufe im Staat der Bienen	749
23.5	Orientierung und Tanzsprache der Bienen.	750
23.6	Kommunikation mit seismischen Signalen und mit Infraschall.	755
24	Fernorientierung und Navigation im Tierreich	761
24.1	Wander- und Flugrouten können sich über Tausende von Kilometern erstrecken.	761
24.2	Zur Vertiefung: Glossar der Verhaltensforschung zum Thema Orientierung	763
24.3	Vektornavigation für nah und fern.	763
24.4	Zugvögel: erstaunliche physiologische Höchstleistungen	765
24.5	Orientierung und Navigation nach Himmelslichter: Sonnen- und Sternenkompass	767
24.6	Orientierung und Navigation mittels des Erdmagnetfeldes.	772
24.7	Fehler im Nebel und weitere Orientierungsmöglichkeiten	773
24.8	Beispiel Brieftauben: Nur multimodale Orientierung gibt Sicherheit	774
24.9	Die geheimnisvollen Wanderrouen der Aale	775
24.10	Natürliche Strömungen als Transportvehikel	777
24.11	Zur Vertiefung: Ein Aufruf: Nutze ICARUS.	778
25	Biologische Rhythmen und innere Uhren	781
25.1	Circadiane Tagesrhythmik	781
25.2	Die molekulare Grundkonstruktion der circadianen Uhr	785
25.3	Zentraluhren	790
25.4	Schlafen und Wachen	796
25.5	Stoppuhren und Taktgeber.	797
25.6	Langzeitrhythmen	798

25.7	Mond- und Gezeitenrhythmen	801
25.8	Zur Vertiefung: Geophysikalisches zu Mond- und Gezeitenrhythmen, nebst einer Empfehlung für Exkursionen ins Watt	803
25.9	Zu den endogenen Mechanismen der Langzeitzyklen. . .	807
26	Ökophysiologie: Anpassungen an extreme und wechselnde Lebensräume	811
26.1	Leben und Überleben in der Kälte	811
26.2	Anpassung an extreme Hitze	819
26.3	Anpassungen an Sauerstoffarmut	820
26.4	In der Tiefsee	825
26.5	Wechsel von Salzwasser zu Süßwasser und umgekehrt. .	828
26.6	Wechsel von Land zu Wasser und umgekehrt: Beispiel Amphibien	833
26.7	Wechsel der Lebensweise: freier Vagabund oder sesshaft	833
	Anhang: Maßeinheiten und einige Standardwerte der Physiologie	839
	Praktikumsversuche	845
V1	Tauchreaktion	846
V2	Elektrookulografie (EOG).	847
V3	Steuerung der Muskelkontraktion.	848
V4	Reflexe	849
V5	Systolischer Blutdruck	850
V6	EKG und Puls.	851
V7	Spirometrie (Lungenvolumen, Lungenkapazitäten und Lungenfunktionstest).	852
V8	Stoffwechsel.	853
V9	Elektroenzephalographie (EEG)	854
V10	„Lügendetektor“	855
	Referenzen und weiterführende Literatur.	857
	Stichwortverzeichnis	899