

Inhaltsverzeichnis

0	Physiologie – ein ganz heißes Thema	1	3.8	Hirndurchblutung	50
			3.8.1	Werte in Ruhe und bei Aktivierung	50
			3.8.2	Regulation	51
1	Allgemeine Zellphysiologie	3			
1.1	Zelluläre Reaktionsräume	3			
1.2	Vesikulärer Transport	5	4	Sensorisches System	55
1.3	Proteinsortierung	6	4.1	Somatoviszerale Sensibilität	56
1.4	Zytoskelett und extrazelluläre Matrix	6	4.1.1	Grundlagen	56
1.5	Stofftransport	6	4.1.2	Reizaufnahme und -weiterleitung	59
1.6	Intrazelluläre Signaltransduktion	7	4.1.3	Vom peripheren Nerv zum Thalamus	67
			4.1.4	Somatosensorischer Kortex	69
			4.1.5	Subjektive Sinnesphysiologie – Psychophysik	71
2	Elemente des Nervensystems und ihre Funktionen	11	4.2	Nozizeption und Schmerz	73
2.1	Aufbau des Nervensystems	11	4.2.1	Reizaufnahme und -weiterleitung	73
2.2	Wechselwirkung mit der Umwelt	12	4.2.2	Spinale Organisation der Nozizeption	77
			4.2.3	Zentrale Organisation von Nozizeption und Schmerz	80
3	Allgemeine Neurophysiologie	15	4.2.4	Schmerztherapie	82
3.1	Ruhemembranpotenzial	16	4.3	Visuelles System	84
3.1.1	Elektrolyte im Intra- und Extrazellulärraum	16	4.3.1	Einleitung	85
3.1.2	Treibende Kräfte des Ruhemembranpotenzials	16	4.3.2	Geometrische Optik	85
3.1.3	Änderungen des Ruhemembranpotenzials	20	4.3.3	Pupille	91
3.2	Aktionspotenzial	22	4.3.4	Augeninnendruck	94
3.2.1	Spannungsabhängige Ionenkanäle	22	4.3.5	Signalverarbeitung in der Netzhaut	96
3.2.2	Ablauf des Aktionspotenzials	23	4.3.6	Retinale Wahrnehmungsmechanismen	103
3.2.3	Charakteristika des Aktionspotenzials	24	4.3.7	Neurophysiologie der zentralen Sehbahn	112
3.2.4	Reiz und Erregungsauslösung	27	4.3.8	Augenbewegungen	117
3.3	Erregungsleitung	30	4.3.9	Optische Täuschungen	121
3.3.1	Typen der Erregungsleitung	30	4.4	Auditorisches System	123
3.3.2	Extrazelluläre Potenziale	32	4.4.1	Physiologische Akustik	124
3.3.3	Leitungsgeschwindigkeit von Nervenfasern	33	4.4.2	Aufbau des Ohrs	126
3.3.4	Stofftransport in Nervenfasern (intraaxonaler Transport)	33	4.4.3	Funktionsweise der Cochlea	129
3.4	Erregungsübertragung	35	4.4.4	Architektur und Funktion der Hörbahn	135
3.4.1	Formen der Erregungsübertragung	35	4.4.5	Schwerhörigkeit und audiometrische Testverfahren	136
3.4.2	Transmitter und Transmitter-Rezeptor- Komplex	36	4.4.6	Sprechen	138
3.4.3	Postsynaptische Potenziale	38	4.4.7	Ausblick	140
3.4.4	Aspekte der Erregungsübertragung	40	4.5	Vestibuläres System	141
3.5	Erregungsausbreitung im Neuronenverband	43	4.5.1	Aufbau des Vestibularapparats	141
3.5.1	Prinzipien der Erregungsausbreitung	43	4.5.2	Funktionsweise der Vestibularorgane	142
3.5.2	Erregungsspeicherung im Neuronenverband	45	4.5.3	Architektur und Funktion der zentralen vestibulären Verschaltungen	145
3.6	Physiologie der Gliazellen	46	4.5.4	Funktionsprüfung des vestibulären Systems	148
3.6.1	Beeinflussung des Mikromilieus	47	4.6	Gustatorisches System	149
3.6.2	Funktionen bei der synaptischen Übertragung	48	4.6.1	Geschmack – im engen Sinne	149
3.7	Blut-Hirn-Schranke, Liquor cerebrospinalis	48	4.6.2	Bau der Geschmacksorgane	150
3.7.1	Blut-Hirn-Schranke	49	4.6.3	Funktionsweise des Geschmacksorgans	152
3.7.2	Blut-Liquor-Schranke und Liquor cerebrospinalis	49	4.6.4	Zentrale Verschaltung und Regulation	153

XIV Inhaltsverzeichnis

4.7	Olfaktorisches System	155	5.7	Sicherung der Haltung als Bestandteil des Bewegungsprogramms	229
4.7.1	Was ist Geruch?	155	5.7.1	Antizipatorische und reaktive posturale Programme	230
4.7.2	Bau des Geruchsorgans	156	5.7.2	Neuronale Organisation	231
4.7.3	Funktionsweise des Geruchsorgans	157	5.7.3	Halte- und Stellreflexe	232
4.7.4	Architektur der zentralen Verschaltung	158	5.8	Basalganglien	233
4.7.5	Weitere „olfaktorische“ Systeme	159	5.8.1	Funktionelle Neuroanatomie der Basalganglien	233
5	Motorisches System	161	5.8.2	Transmittersysteme der Basalganglien	234
5.1	Knochen	162	5.8.3	Steuerung der Thalamusaktivität durch Disinhibition	235
5.1.1	Funktion und Bauprinzip	162	5.8.4	Funktionelle Bedeutung der Basalganglien	236
5.1.2	Osteoblasten und Osteozyten	163	5.8.5	Pathophysiologie der Basalganglien	236
5.1.3	Humorale Kontrolle der Knochenbildung	164	5.9	Zerebellum	240
5.1.4	Stoff- und Signaltransport im Knochen	166	5.9.1	Neuroanatomisches Substrat	240
5.1.5	Osteoklasten	167	5.9.2	Verarbeitung neuronaler Information im Zerebellum	242
5.1.6	Anpassung an mechanische Belastungen	168	5.9.3	Kompartimente des Kleinhirns	243
5.2	Muskulatur	169	5.9.4	Zerebellum und motorisches Lernen	245
5.2.1	Einteilung	170	6	Integrative Funktionen des Nervensystems	249
5.2.2	Quergestreifte Muskulatur	170	6.1	Hirnfunktionen im Spiegel des EEG	250
5.2.3	Glatte Muskulatur	189	6.1.1	Elektroenzephalogramm	250
5.3	Motorik: Ziel, Programm, sensorisches Feedback	198	6.1.2	Ergänzende Untersuchungsmethoden	256
5.3.1	Bewegung: Handlungsantrieb, Strategie, Programm und Umsetzung	198	6.2	Schlaf-Wach-Rhythmus	258
5.3.2	Sensorische Afferenz	199	6.2.1	Phänomenologie des Schlafs	258
5.3.3	Kortikale Aktivität vor Bewegungsbeginn	200	6.2.2	Schlafentstehung	261
5.4	Motorische Kortexgebiete	201	6.2.3	Zirkadiane Rhythmik	262
5.4.1	Überblick	201	6.2.4	Schlafentzug	264
5.4.2	Primär-motorischer Kortex	201	6.3	Lernen und Gedächtnis	265
5.4.3	Projektionssysteme der sensomotorischen Kortexgebiete	202	6.3.1	Lernen	265
5.4.4	Aktivität kortikaler Neurone	204	6.3.2	Gedächtnis	267
5.4.5	Supplementär-motorische Area und prämotorischer Kortex	205	6.4	Integrative Funktionen des Kortex	275
5.5	Organisation des Rückenmarks	207	6.4.1	Gliederung des Kortex	276
5.5.1	Sensomotorische Integration und Reflexe	208	6.4.2	Informationsverarbeitung im Kortex	278
5.5.2	Muskelrezeptoren	210	6.4.3	Kortikale Plastizität	283
5.5.3	Interneurone als Zentren der Integration	214	6.4.4	Sprache, Hemisphärendominanz und Lateralisation	283
5.5.4	Verarbeitungssystem der Muskelspindelafferenzen	216	6.5	Emotionen	289
5.5.5	Verarbeitungssystem der Golgi-Sehnenorgane	220	6.5.1	Charakteristika von Emotionen	289
5.5.6	Extremitätenübergreifende spinale Systeme zur Organisation von Flexion und Extension	222	6.5.2	Mit Emotionen einhergehende Reaktionen	290
5.6	Ortsveränderung des Körpers im Raum – Lokomotion	225	6.5.3	Aggression	296
5.6.1	Kinematik und muskuläre Aktivität der menschlichen Lokomotion	225	7	Blut	297
5.6.2	Neuronale Systeme zur Generierung der Lokomotion	225	7.1	Zusammensetzung und Funktionen des Blutes	297
5.6.3	Beteiligung spinaler Systeme an den verschiedenen Phasen der Lokomotion	227	7.2	Blutplasma	301
5.6.4	Rückenmarksquerschnitt: Ist Lokomotion erlernbar?	229	7.2.1	Elektrolyte und Osmolalität	301
			7.2.2	Plasmaproteine	303

7.3	Blutzellen	305	9.2	Kreislauf	402
7.3.1	Zellarten	305	9.2.1	Gefäßmechanik	403
7.3.2	Hämatopoese	312	9.2.2	Allgemeine Hämodynamik	404
7.4	Erythrozytenbesonderheiten: Hämoglobin und Blutgruppen	317	9.2.3	Hochdrucksystem	406
7.4.1	Hämoglobin, der rote Blutfarbstoff	317	9.2.4	Mikrozirkulation	408
7.4.2	Blutgruppen	318	9.2.5	Niederdrucksystem	411
7.4.3	Blutgruppenbestimmung	320	9.2.6	Kreislaufregulation	414
7.5	Blutstillung, Blutgerinnung	321	9.2.7	Anpassung des Kreislaufs an wechselnde Bedingungen	423
7.5.1	Primäre Hämostase oder „vorläufige“ Blutstillung	321	9.2.8	Lungenkreislauf	426
7.5.2	Sekundäre Hämostase oder „endgültige“ Blutstillung	324	9.2.9	Messung von Kreislaufparametern	426
7.5.3	Gerinnungstests	330	9.2.10	Pathophysiologische Aspekte des Herz-Kreislauf-Systems	429
7.6	Wundheilung und Angiogenese	331	9.2.11	Ausblick	432
7.6.1	Wundheilung	331	10	Atmung	435
7.6.2	Angiogenese	332	10.1	Atemgase	436
8	Abwehr und Immunität	335	10.2	Atemmechanik	438
8.1	Angeborene Abwehrmechanismen	335	10.3	Lungenvolumina	442
8.1.1	Äußere Abwehr	336	10.4	Ventilation und Perfusion	447
8.1.2	Phagozyten	336	10.4.1	Ventilation	447
8.1.3	Komplementsystem	340	10.4.2	Perfusion	449
8.1.4	Entzündung	343	10.4.3	Ventilations-Perfusions-Verhältnis	449
8.1.5	Zytokine	347	10.5	Atemgastransport	451
8.1.6	Abwehr intrazellulärer Mikroorganismen durch angeborene Abwehrmechanismen	352	10.5.1	Sauerstofftransport	451
8.2	Adaptive Abwehrmechanismen	353	10.5.2	Kohlendioxidtransport	455
8.2.1	Antigene	355	10.6	Atmungsregulation	456
8.2.2	Antigenspezifische Rezeptoren des Lymphozytensystems	355	10.6.1	Atmung und Atmungskontrolle	456
8.2.3	Lymphopoese	357	10.6.2	Atmung unter bestimmten Bedingungen	459
8.2.4	Aktivierung von T-Zellen durch Antigenpräsentation	361	10.7	Ausblick	462
8.2.5	Antikörpereffekte	367	11	Niere	465
8.2.6	Polyklonale Aktivierung von Lymphozyten	368	11.1	Aufgaben der Nieren	465
8.2.7	Immunologisches Gedächtnis	369	11.2	Feinbau der Nieren	466
8.3	Lymphatisches System	371	11.3	Nierendurchblutung	467
8.4	Besondere Aspekte des Abwehrsystems	373	11.3.1	Voraussetzungen	468
8.4.1	Vorteile des Netzwerks der Abwehrfunktionen	373	11.3.2	Messung der Nierendurchblutung	469
8.4.2	Falsche Abwehrreaktionen	373	11.3.3	Regulation der Nierendurchblutung	470
8.4.3	Impfung	375	11.4	Glomeruläre Filtration	474
8.4.4	Ausblick	375	11.4.1	Voraussetzungen	474
9	Herz-Kreislauf-Funktion	377	11.4.2	Messung der GFR	476
9.1	Herz	377	11.4.3	Autoregulation der GFR	477
9.1.1	Herzerregung	377	11.5	Tubuläre Transportmechanismen	477
9.1.2	Elektrokardiogramm (EKG)	385	11.5.1	Voraussetzungen	478
9.1.3	Mechanik der Herzaktion	394	11.5.2	Funktionen von Nephronabschnitten und Sammelrohr	478
9.1.4	Koronardurchblutung und Energieumsatz	401	11.5.3	Harnkonzentrierung im Gegenstromsystem	482
9.1.5	Diagnostik	402	11.5.4	Diuretika	484
			11.5.5	Tubulärer Transport im Einzelnen	486
			11.6	Endokrine Funktionen der Niere	495
			11.6.1	Lokal wirksame Hormone und Mediatoren	495
			11.6.2	Systemisch zirkulierende Hormone	495

XVI **Inhaltsverzeichnis**

11.7	Steuerung der Nierenfunktionen	496	14.5	Resorption	551
11.7.1	Hormone	497	14.5.1	Allgemeine Prinzipien	552
11.7.2	Vegetative Innervation der Niere	499	14.5.2	Resorption von Na ⁺ , K ⁺ , Cl ⁻ und Bikarbonat ..	555
11.8	Urämie	500	14.5.3	Resorption verschiedener Nährstoffe	558
11.9	Ausblick	501	14.6	Mikroorganismen im Magen-Darm-Trakt	564
12	Säure-Basen-Haushalt	503	14.7	Darmimmunsystem	565
12.1	pH-Wert und Puffer	503	14.7.1	Grundlage des Darmimmunsystems	565
12.2	Bikarbonat-Kohlensäure-System	503	14.7.2	Orale Antigene	565
12.3	Störungen des Säure-Basen-Haushalts	506	14.7.3	Erworbene Immunantwort	566
12.3.1	Definition der Störungen	506	14.7.4	Passive Immunisierung	566
12.3.2	Kompensationen der Störungen	507	14.8	Ausblick	566
12.3.3	Analyse des Säure-Basen-Status	512	15	Energiehaushalt und Ernährung	569
12.4	Ausblick	513	15.1	Ernährungszustand	569
13	Wasser- und Salzhaushalt	515	15.1.1	Body-Mass-Index, BMI	570
13.1	Wasser als Baumaterial des Körpers	515	15.1.2	Fettverteilung	571
13.2	Wasserbilanz	516	15.1.3	Körperzusammensetzung	572
13.2.1	Wasserverluste	516	15.2	Energieverbrauch	573
13.2.2	Wasseraufnahme	517	15.2.1	Grundlagen des Energiestoffwechsels	574
13.3	Regulation des Wasserhaushalts	518	15.2.2	Komponenten des Energieverbrauchs	575
13.3.1	Osmoregulation	518	15.2.3	Bestimmung des Energieverbrauchs	577
13.3.2	Volumenregulation	519	15.2.4	Energieverbrauch und Körperzusammensetzung	580
13.4	Regulation des Elektrolythaushalts	519	15.3	Regulation der Energiebilanz	580
13.4.1	Regulation des Kochsalzhaushalts	520	15.3.1	Regulation der Energieaufnahme	580
13.4.2	Regulation des Kaliumhaushalts	521	15.3.2	Regulation des Energieverbrauchs	583
13.4.3	Regulation des Kalziumphosphathaushalts ...	523	15.4	Substratstoffwechsel	584
13.4.4	Regulation des Magnesiumhaushalts	526	15.4.1	Respiratorischer Quotient	585
13.5	Störungen der Salz-Wasser-Bilanz	526	15.4.2	Oxidativer und nichtoxidativer Substratstoffwechsel	586
13.5.1	Isotone Hydratationsstörungen	526	15.4.3	Postprandialer Stoffwechsel	587
13.5.2	Hypotone Hydratationsstörungen	527	15.5	Ernährung	596
13.5.3	Hypertone Hydratationsstörungen	527	15.5.1	Nährstoffbedarf und Ernährungsempfehlungen	596
13.6	Ausblick	528	15.5.2	„Gesunde Ernährung“: praktische Aspekte	599
14	Magen-Darm-Trakt, Pankreas und Leber ..	529	15.5.3	Diäten	600
14.1	Motilität	529	16	Wärmehaushalt und Temperaturregulation	603
14.1.1	Allgemeine Prinzipien der Motorik des Magen-Darm-Trakts	530	16.1	Wärmehaushalt	603
14.1.2	Nahrungsaufnahme	530	16.1.1	Wärmegleichgewicht	603
14.1.3	Magen	532	16.1.2	Hitze- und Kältebelastung	608
14.1.4	Dünndarm	532	16.1.3	Wärmetransport	609
14.1.5	Kolon	533	16.2	Temperaturregulation	614
14.2	Sekretion	534	16.2.1	Regelsystem und Regelkreis	614
14.2.1	Allgemeine Funktion	534	16.2.2	Zyklische Änderungen der Körpertemperaturen und hormonelle Einflüsse	615
14.2.2	Mechanismen der Sekretion	535	16.2.3	Temperaturakklimatisation und -adaptation	616
14.3	Regulation der Magen-Darm-Funktionen ...	543	16.2.4	Spezielle Temperaturregulation	619
14.3.1	Mechanismen der Regulation	543	16.3	Störungen des Wärmehaushalts und der Temperaturregulation	623
14.3.2	Phasen der Regulation	546			
14.3.3	Regulation des intestinalen Blutflusses	548			
14.4	Verdauung	548			
14.4.1	Kohlenhydrate	549			
14.4.2	Proteine, Peptide	550			
14.4.3	Fette	550			

17	Haut	629	19.2.7	Natriuretische Peptide	725
17.1	Anatomie der Haut	629	19.2.8	Hormone der Bauchspeicheldrüse und Blutzuckerregulation	726
17.1.1	Aufbau der Haut	629	19.2.9	Hormone, die den Kalzium- und Phosphathaushalt regulieren	734
17.1.2	Epidermis	629	19.2.10	Hormone des Fettgewebes	739
17.1.3	Dermis	631			
17.1.4	Hypodermis	632	20	Arbeits- und Leistungsphysiologie	745
17.2	Funktionen der Haut	632	20.1	Reize, Signalketten und Anpassung	745
17.2.1	Barrierefunktion	632	20.1.1	Reize	746
17.2.2	Schutz vor UV-Licht	632	20.1.2	Signalketten und Anpassung	746
17.2.3	Schutz gegen Kälte und Hitze	633	20.2	Gehirn	748
17.2.4	Schutz gegen Mikroorganismen	634	20.2.1	Initiale Belastungsantwort	748
17.2.5	Signale an die Umwelt	634	20.2.2	Chronische Anpassungen	748
18	Reproduktion	637	20.3	Skelettmuskulatur	750
18.1	Wirkungen der Sexualsteroiden	637	20.3.1	Initiale Belastungsreaktion	750
18.2	Gametogenese	639	20.3.2	Chronische Anpassung	752
18.2.1	Oogenese und Menstrualzyklus	639	20.4	Herz-Kreislauf-System	753
18.2.2	Spermatogenese, Spermiogenese und Spermienreifung	644	20.4.1	Initiale Belastungsantwort	753
18.3	Kohabitation	647	20.4.2	Chronische Anpassung	754
18.4	Fertilisation und Implantation	648	21	Altern und Tod	757
18.5	Embryonal-fetale Entwicklung und Geburt ..	650	21.1	Altern	757
18.5.1	Embryonalzeit	651	21.1.1	Altersbedingte Veränderungen des Organismus	757
18.5.2	Entwicklung des Fetus	657	21.1.2	Hypothesen zum Alterungsprozess	765
18.5.3	Geburt	658	21.2	Tod	767
18.6	Stammzellbiologie	659	21.2.1	Individualtod	767
18.6.1	Keimbahn	659	21.2.2	Zelltod	768
18.6.2	Embryonale Stammzellen	659			
18.6.3	Reprogrammierung	661	E22	Physiologische Methodik	
19	Koordination spezieller Organfunktionen	663	E23	Kasuistiken	
19.1	Vegetatives Nervensystem	663	E24	Zusatztexte zu den Buchkapiteln	
19.1.1	Allgemeine Physiologie des vegetativen Nervensystems	664	E25	Fragen zu den Buchkapiteln	
19.1.2	Spezielle Physiologie des vegetativen Nervensystems	679	E26	Literatur für Seminare	
19.1.3	Querschnittslähmung	690	Anhang		773
19.2	Hormone	691	Glossar		774
19.2.1	Prinzipien der endokrinen Regulation	691	Abbildungsnachweis		803
19.2.2	Hypothalamisch-hypophysäres System	701	Herleitung griechischer Begriffe		807
19.2.3	Hormone der Adenohypophyse	704	Sachregister		809
19.2.4	Hormone der Neurohypophyse	707			
19.2.5	Hormone der Schilddrüse	710			
19.2.6	Hormone der Nebennierenrinde	716			