

DI, 1. 89

# 34

Deetjen/Speckmann

# Physiologie

Herausgegeben von  
P. Deetjen, E.-J. Speckmann

Mit Beiträgen von  
E. G. Berger, D. Bingmann, G. ten Bruggencate, T. G. Cooper,  
E. David, P. Deetjen, N. Dieringer, U. Eysel, P. Gaetgens, R. Greger,  
H. O. Handwerker, H. Hirche, J. Höper, M. Illert, M. Kessler,  
F. W. Klußmann, M. Koltzenburg, W. Kuschinsky, F. Lang, H. Murer,  
E. Nieschlag, K.-H. Plattig, E.-J. Speckmann, G. F. Weinbauer,  
W. Wittkowski, E. Zrenner

2. Auflage

Mit 435 überwiegend vierfarbigen Abbildungen,  
52 Tabellen sowie Fragen zur Vorbereitung  
auf die mündliche Prüfung

Technische Hochschule Darmstadt  
FACHBEREICH 10 - BIOLOGIE  
- Bibliothek -  
Schnittspahnstraße 10  
D-64287 Darmstadt

Inv.-Nr. 13550  
.....

Urban & Schwarzenberg  
München-Wien-Baltimore

# Inhalt

## Funktionelle Organisation des Organismus

(P. Deetjen, E.-J. Speckmann) . . . 1

## Grundlagen biologischer Regelung

(E.-J. Speckmann, P. Deetjen) . . . 1

Prüfungsfragen zum 2. Kapitel . . . 4

## 1 Funktionsziele und Elemente des Nervensystems

(E.-J. Speckmann) . . . 5

Prüfungsfragen . . . 8

## 2 Allgemeine Neurophysiologie

2.1 Das Ruhemembranpotential  
(E.-J. Speckmann) . . . 9

2.1.1 Natrium-Kalium-Pumpe . . . 9

2.1.2 Das aktuelle Ruhemembranpotential. 13

2.1.3 Änderungen des Ruhemembranpotentials. . . . . 14

2.2 Das Aktionspotential  
(E.-J. Speckmann) . . . 16

2.3 Die Erregungsleitung  
(E.-J. Speckmann) . . . 22

2.4 Die Erregungsübertragung  
(E.-J. Speckmann) . . . 28

2.5 Die Erregungsausbreitung im Neuronenverband  
(E.-J. Speckmann) . . . 34

2.6 Physiologie der Gliazellen  
(E.-J. Speckmann) . . . 40

2.7 **Blut-Hirn-Schranke, Liquor cerebrospinalis**  
(W. Kuschinsky, E.-J. Speckmann). 41  
Prüfungsfragen siehe Seite . . . . . 4

## 3 Sensorisches System

3.1 **Allgemeine Physiologie sensorischer Systeme**  
(G. ten Bruggencate) . . . . . 43

3.1.1 Grundelemente und funktionelle Prinzipien . . . . . 43

3.1.2 Objektiv-neuronale Sinnesphysiologie 46

3.1.3 Subjektiv-neuropsychologische Sinnesphysiologie . . . . . 51

3.2 **Spezielle sensorische Teilsysteme** . . . . . 56

3.2.1 Somatoviszzerale Sensibilität  
(G. ten Bruggencate) . . . . . 56

3.2.1.1 Periphere Codierung und Psychophysik . . . . . 57

3.2.1.2 Informationstransfer zu Thalamus und Cortex . . . . . 65

3.2.1.3 Informationsverarbeitung in Thalamus und Cortex . . . . . 69

3.2.1.4 Pathophysiologie der Nozizeption . 75

3.2.2 Visuelles System  
(E. Zrenner, U. Eysel) . . . . . 77

3.2.2.1 Wandlung von Licht in visuelle Empfindung . . . . . 78

3.2.2.2 Die Optik des Auges . . . . . 78

3.2.2.3 Der Augenspiegel . . . . . 83

3.2.2.4 Die Pupille . . . . . 84

3.2.2.5 Der Augeninnendruck . . . . . 87

3.2.2.6 Die Signalverarbeitung in der Netzhaut . . . . . 88

3.2.2.7 Physiologische Charakteristiken retinaler Mechanismen der Wahrnehmung. . . . . 94

3.2.2.8 Topographie und Neurophysiologie der zentralen Sehbahn . . . . . 103

3.2.2.9 Augenbewegungen . . . . . 107

3.2.3	Auditorisches System ( <i>E. David</i> ) . . . . .	111
3.2.3.1	Physikalische Grundlagen . . . . .	111
3.2.3.2	Psychophysik des Hörens . . . . .	112
3.2.3.3	Bau und Funktion des äußeren Ohrs . . . . .	113
3.2.3.4	Bau und Funktion des Mittelohrs . . . . .	114
3.2.3.5	Bau und Funktion des Innenohrs . . . . .	114
3.2.3.6	Funktion des Transformationsorgans . . . . .	117
3.2.3.7	Innervation der Haarzellen . . . . .	118
3.2.3.8	Anatomie und Funktionsbeiträge der Hörbahn . . . . .	119
3.2.3.9	Codierungsmechanismen von Wahrnehmungsqualitäten . . . . .	120
3.2.3.10	Untersuchungsmethoden in der Audiologie . . . . .	121
3.2.4	Sprechen ( <i>E. David</i> ) . . . . .	122
3.2.4.1	Phonation . . . . .	123
3.2.4.2	Artikulation . . . . .	124
3.2.4.3	Sprachwahrnehmung und Sprach- verarbeitung . . . . .	124
3.2.4.4	Sprachstörungen . . . . .	124
3.2.5	Vestibuläres System ( <i>E. David</i> ) . . . . .	125
3.2.5.1	Anatomischer Aufbau . . . . .	125
3.2.5.2	Die Sinneszellen . . . . .	125
3.2.5.3	Adäquater Reiz für die Bogengang- organe . . . . .	126
3.2.5.4	Adäquater Reiz für die Makulaorgane . . . . .	126
3.2.5.5	Transformation des Beschleuni- gungsreizes . . . . .	126
3.2.5.6	Zentrale Verarbeitung vestibulärer Afferenzen . . . . .	128
3.2.5.7	Vestibuläre Reflexe und Nystagmus . . . . .	129
3.2.5.8	Gleichgewichtsstörungen . . . . .	130
3.2.6	Gustatorisches und olfaktorisches System ( <i>K.-H. Plattig</i> ) . . . . .	130
3.2.6.1	Schwellen . . . . .	131
3.2.6.2	Adaptation und Habituation . . . . .	132
3.2.6.3	Regeneration der gustatorischen und olfaktorischen Sensoren . . . . .	132
3.2.6.4	Geschmack . . . . .	133
3.2.6.5	Geruch . . . . .	133
3.3	<b>Sensorische Integration im Cortex</b> ( <i>N. Dieringer, G. ten Bruggencate</i> ) . . . . .	137
3.3.1	Strukturelle und funktionelle Gliederung des Cortex . . . . .	137
3.3.2	Hemisphärendominanz für Sprache und Handgebrauch . . . . .	137
3.3.3	Parallele Verarbeitung submodaler Information . . . . .	140
3.3.4	Erkennung und Interpretation des Gesehenen . . . . .	141
	Prüfungsfragen . . . . .	144

<b>4</b>	<b>Motorisches System</b>	
4.1	<b>Knochen</b> ( <i>D. Bingmann</i> ) . . . . .	145
4.1.1	Funktion und Bauprinzip . . . . .	145
4.1.2	Osteoblasten und Osteozyten- Funktionen . . . . .	145
4.1.3	Osteoklasten-Funktion . . . . .	148
4.1.4	Anpassung des Knochens an mechanische Belastungen . . . . .	149
4.2	<b>Muskulatur</b> ( <i>H. Hirche</i> ) . . . . .	149
4.2.1	Skelettmuskulatur . . . . .	149
4.2.2	Die glatte Muskulatur . . . . .	161
4.2.3	Abstufung der Kraft der Kontraktion . . . . .	166
4.2.4	Energiehaushalt . . . . .	161
4.2.5	Die neuromuskuläre Endplatte . . . . .	168
4.3	<b>Motorik – Bewegung und Haltung</b> ( <i>M. Illert</i> ) . . . . .	171
4.3.1	Zielmotorik: Ergebnis eines mehrstufigen zentralnervösen Plans . . . . .	171
4.3.2	Sensorische Afferenz: Voraussetzung jeder Motorik . . . . .	172
4.4	<b>Die motorische Einheit: Effektor der Motorik</b> ( <i>M. Illert</i> ) . . . . .	173
4.4.1	Typen motorischer Einheiten im Skelettmuskel . . . . .	174
4.4.2	Steuerung der Kontraktionskraft: Rekrutierung und Frequenzkodierung . . . . .	176
4.5	<b>Der zerebrale Cortex</b> ( <i>M. Illert</i> ) . . . . .	176
4.5.1	Der motorische Cortex . . . . .	177
4.5.1.1	Somatotopischer Aufbau . . . . .	177
4.5.1.2	Efferente Projektion . . . . .	177
4.5.1.3	Kortikospinale und kortikobulbäre Trakte . . . . .	178
4.5.1.4	Mono- und polysynaptische Projek- tionen auf spinale Motoneurone . . . . .	179
4.5.1.5	Läsion der Pyramidenbahn: Störung der Fingermotorik . . . . .	179
4.5.1.6	Aktivierung kortikaler Neurone vor der Bewegung . . . . .	180
4.5.2	Motorische Areale außerhalb des primären motorischen Cortex . . . . .	181
4.5.2.1	Supplementär-motorischer Cortex: Programmierung der sequentiellen Bewegungskomponenten . . . . .	181
4.5.2.2	Prämotorischer Cortex: Orientierung des Körpers zum Ziel . . . . .	182
4.5.2.3	Posterior-parietaler Cortex: Bereitstellung der räumlichen Information . . . . .	183

<b>4.6</b>	<b>Das Rückenmark</b> (M. Illert) . . . . .	183	<b>4.8.4</b>	<b>Pathophysiologie der Basalganglien.</b>	203
4.6.1	Der Reflex: ein zielgerichtetes motorisches Verhalten . . . . .	183	4.8.4.1	Hyperkinetische Bewegungsstörungen . . . . .	205
4.6.1.1	Der Reflexweg ist anatomisch definiert. . . . .	183	4.8.4.2	Hypokinetische Bewegungsstörungen . . . . .	206
4.6.1.2	Die Interneurone der Reflexwege: integrierende Zentren. . . . .	184	<b>4.9</b>	<b>Cerebellum</b> (M. Illert). . . . .	206
4.6.2	Das Reflexsystem der Muskelspindelafferenzen . . . . .	185	4.9.1	Ein- und Ausgangssysteme . . . . .	207
4.6.2.1	Das neuroanatomische Substrat . . . . .	185	4.9.1.1	Eingangssysteme . . . . .	207
4.6.2.2	Der Muskeldehnungsreflex: Stabilisierung der Muskellänge . . . . .	187	4.9.1.2	Ausgangssysteme . . . . .	208
4.6.2.3	Die Alpha-Gamma-Coaktivierung: Sicherung der Rezeptorfunktion. . . . .	188	4.9.2	Die Mikroarchitektur des zerebellären Cortex . . . . .	208
4.6.2.4	Präsynaptische Hemmung: Selektion der Rückmeldung . . . . .	189	4.9.2.1	Eingangssystem: Aktivierung der Purkinje-Zellen . . . . .	209
4.6.2.5	Reziproke Inhibition an Scharniergelenken . . . . .	190	4.9.2.2	Interneurone: Hemmung der Purkinje-Zellen . . . . .	209
4.6.3	Neuronale Wege von Golgi-Sehnenorganen . . . . .	191	4.9.3	Die Projektion der Purkinje-Zellen: Einteilung in funktionell unterschiedliche Kompartimente . . . . .	210
4.6.3.1	Ib-Afferenzen: Erfassung aller Muskeln einer Extremität. . . . .	192	4.9.3.1	Das Vestibulocerebellum: Körpergleichgewicht und Okulomotorik . . . . .	210
4.6.3.2	Golgi-Sehnenorgane: Messung der Muskelspannung. . . . .	192	4.9.3.2	Das Spinocerebellum: Efferenzkopie . . . . .	210
4.6.3.3	Der Ib-Weg: ein multisensorischer Reflexweg. . . . .	193	4.9.3.3	Das Cerebrocerebellum: Planung der Zielmotorik . . . . .	212
4.6.4	Der Beugereflex . . . . .	193	4.9.4	Cerebellum und motorisches Lernen . . . . .	212
4.6.5	Reflexmuster nach Rückenmarksdurchtrennung: Verlust der supraspinalen Kontrolle. . . . .	194	<b>4.10</b>	<b>Die Ortsveränderung des Körpers im Raum – Lokomotion</b> (M. Illert). . . . .	214
4.6.6	Spezifische Reflexantworten von Afferenzen der Gruppen II, III und IV . . . . .	194	4.10.1	Der Lokomotionsgenerator: Lokalisation im Rückenmark . . . . .	215
<b>4.7</b>	<b>Kontrolle der Haltung</b> (M. Illert). . . . .	195	4.10.2	Steuerung der Aktivität des Lokomotionsgenerators. . . . .	216
4.7.1	Kompensatorische Reaktion beim Stand: posturale Synergien . . . . .	195	4.10.2.1	Deszendierende Kontrolle . . . . .	216
4.7.2	Posturale Reaktionen: Aufbau aus verzahnten Programmen . . . . .	196	4.10.2.2	Spinale Kontrolle des Generators . . . . .	216
4.7.3	Posturale Subprogramme . . . . .	196	4.10.3	Rückenmarksquerschnitt: Ist Lokomotion erlernbar? . . . . .	216
4.7.3.1	Stellreflexe . . . . .	196	4.10.3.1	Querschnitt bei nicht ausgereiftem Rückenmark . . . . .	216
4.7.3.2	Auge-Kopf-Koordination . . . . .	196	4.10.3.2	Querschnitt bei ausgereiftem Rückenmark . . . . .	216
4.7.3.3	Statische posturale Reaktionen . . . . .	196		Prüfungsfragen . . . . .	218
4.7.3.4	Stützreaktionen . . . . .	197	<b>5 Integrative Funktionen des Nervensystems</b>		
4.7.4	Der Hirnstamm: wichtigstes Integrationszentrum der posturalen Reaktionen . . . . .	197	<b>5.1</b>	<b>Komplexe Hirnfunktionen im Spiegel des Elektroenzephalogramms</b> (E.-J. Speckmann, D. Bingmann). . . . .	219
4.7.5	Dezerebrierungsstarre: Beispiel einer retikulären Dysregulation . . . . .	197	<b>5.2</b>	<b>Schlaf-Wach-Rhythmus</b> (D. Bingmann) . . . . .	225
<b>4.8</b>	<b>Die Basalganglien</b> (M. Illert). . . . .	198	<b>5.3</b>	<b>Lernen und Gedächtnis</b> (D. Bingmann) . . . . .	231
4.8.1	Das neuroanatomische Substrat . . . . .	198		Prüfungsfragen zum 5. Kapitel . . . . .	239
4.8.1.1	Aufbau aus mehreren Kerngebieten . . . . .	198		Prüfungsfragen zum 6. Kapitel . . . . .	240
4.8.2	Transmittersysteme der Basalganglien . . . . .	201			
4.8.2.1	Drei primäre Transmittersysteme . . . . .	201			
4.8.2.2	Cotransmitter: Untergruppen der Projektionssysteme . . . . .	201			
4.8.3	Steuerung des Thalamus durch Disinhibition. . . . .	201			

**6 Atmung und Säure-Basen-Haushalt**

(P. Deetjen) . . . . . 241

**6.1 Atmungsphysiologie** . . . . . 241

6.1.1 Abkürzungen und Symbole . . . . . 241

6.1.2 Atemgase . . . . . 241

6.1.3 Atemmechanik. . . . . 243

6.1.4 Lungenvolumina . . . . . 248

6.1.5 Ventilation . . . . . 250

6.1.6 Lungenperfusion . . . . . 250

6.1.7 Atemgastransport . . . . . 252

**6.2 Säure-Basen-Haushalt.** . . . . . 258

6.2.1 pH-Wert und Puffer . . . . . 258

6.2.2 Henderson-Hasselbalch-Gleichung . 259

6.2.3 Störungen des Säure-Basen-Haushalts 260

**6.3 Atmungsregulation** . . . . . 263

6.3.1 Zentrale Rhythmogenese . . . . . 263

6.3.2 Anpassung der Atmung. . . . . 265

6.3.3 Chemische Kontrolle der Atmung. . 266

6.3.4 Atmung bei Überdruck . . . . . 267

6.3.5 Atmung in großen Höhen . . . . . 269

Prüfungsfragen siehe Seite . . . . . 240

**7 Physiologie des Bluts**

(P. Gaehtgens) . . . . . 271

**7.1 Funktionen, Volumen und Zusammensetzung des Bluts** . . . . . 271

7.1.1 Funktionen des Bluts . . . . . 271

7.1.2 Blutvolumen, Hämatokrit und zelluläre Bestandteile . . . . . 272

**7.2 Das Blutplasma** . . . . . 275

7.2.1 Plasmaproteine: Funktionen, Bildung und Differenzierung. . . . . 275

7.2.2 Elektrolytkonzentrationen im Plasma 276

7.2.3 Osmotischer Druck, Osmolalität und Tonizität. . . . . 276

**7.3 Bildung der Blutzellen: Hämatopoese im Knochenmark** . . . . . 277

7.3.1 Erythropoese. . . . . 278

7.3.2 Granulo-, Monozyto- und Thrombopoese im Knochenmark . . . . . 279

**7.4 Erythrozyten: Transporter für Atemgase** . . . . . 280

7.4.1 Anzahl, Größe, Form und Verformung . . . . . 280

7.4.2 Erythrozytenaggregation und Blutsenkungsgeschwindigkeit . . . . 281

7.4.3 Der rote Blutfarbstoff: Hämoglobin . . . . . 281

7.4.4 Anämie und Polyglobulie. . . . . 282

7.4.5 Erythrozyteneigenschaften und Blutviskosität . . . . . 282

7.4.6 Erythrozytenalterung und -abbau . . 282

**7.5 Leukozyten: Freß- und Killerzellen** . . . . . 283

7.5.1 Differenzierung von Leukozyten im peripheren Blut . . . . . 284

7.5.2 Granulozytenfunktion: Margination, Emigration und Phagozytose . . . . . 284

7.5.3 Monozytenfunktion. . . . . 286

7.5.4 Lymphozytenfunktion und spezifische Immunität. . . . . 286

**7.6 Thrombozyten: Homöostase durch Hämostase** . . . . . 286

**7.7 Blutstillung, Blutgerinnung und Wundheilung.** . . . . . 286

7.7.1 Primäre Hämostase oder „vorläufige“ Blutstillung . . . . . 287

7.7.2 Sekundäre Hämostase: Blutgerinnung und „endgültige“ Blutstillung. . . . . 289

7.7.3 Exogenes und endogenes System: Alternative oder Kooperation? . . . . 289

7.7.4 Wundheilung und endgültige Sicherung des Defekts . . . . . 290

7.7.5 Blutungs- und Gerinnungsstörungen. 291

7.7.6 Intravasale und therapeutische Gerinnungshemmung. . . . . 291

7.7.7 Gerinnungstests . . . . . 293

7.7.8 Fibrinolyse . . . . . 293

**7.8 Physiologische Mechanismen der Infektabwehr und Immunität** . . . . . 293

7.8.1 Unspezifische (oder angeborene) Abwehrmechanismen. . . . . 295

7.8.2 Spezifische (oder erworbene) Abwehrmechanismen. . . . . 297

7.8.3 Zelluläre Immunität. . . . . 299

**7.9 Blutgruppen** . . . . . 301

7.9.1 Das AB0-System. . . . . 302

7.9.2 Das Rhesus-System . . . . . 303

Prüfungsfragen. . . . . 304

**8 Herz-Kreislauf-Funktion**

(W. Kuschinsky) . . . . . 305

**8.1 Herzmechanik.** . . . . . 306

**8.2 Herzerregung** . . . . . 311

8.2.1 Grundphänomene. . . . . 311

8.2.2 Elektrokardiogramm (EKG) . . . . . 316

**8.3 Kreislauf** . . . . . 325

8.3.1	<b>Allgemeine Hämodynamik</b> . . . . .	325	9.5.9	Tubulärer Cl-Transport	379
8.3.2	Hämodynamik der einzelnen Gefäßsysteme . . . . .	330	9.5.10	Tubulärer Bicarbonattransport	379
8.3.2.1	Das Hochdrucksystem . . . . .	330	9.5.11	Tubulärer Ca <sup>2+</sup> - und Mg <sup>2+</sup> -Transport	381
8.3.2.2	Die Mikrozirkulation . . . . .	332	9.5.12	Tubulärer Transport von Phosphat	381
8.3.2.3	Das Niederdrucksystem . . . . .	335	9.5.13	Renale NH <sub>4</sub> -Ausscheidung	383
8.3.3	Kreislaufregulation . . . . .	339	9.5.14	Renale Protonenausscheidung	383
8.3.3.1	Nerval-humorale Durchblutungsregulation . . . . .	339	9.5.15	Tubulärer Glucosetransport	386
8.3.3.2	Durchblutungsregulation durch Mechanismen der Peripherie . . . . .	340	9.5.16	Tubulärer Aminosäuren- und Peptidtransport	386
8.3.3.3	Blutdruckregulation über Kreislaufreflexe – kurzfristige Regulation . . . . .	343	9.5.17	Tubulärer Harnstofftransport	388
8.3.3.4	Langfristige Blutdruckregulation – Volumenregulation . . . . .	348	9.5.18	Tubulärer Harnsäuretransport	388
8.4	<b>Messung von Kreislaufparametern</b> . . . . .	350	9.5.19	Tubulärer Transport von Oxalsäure	389
8.4.1	Messung des Blutdrucks . . . . .	350	9.5.20	Tubuläre Sekretion organischer Anionen und Kationen	389
8.4.2	Messung des Herzminutenvolumens	351	<b>9.6</b>	<b>Endokrine Funktionen der Niere</b> . . . . .	391
8.4.3	Messung von Gefäßperfusion und Organdurchblutung . . . . .	353	9.6.1	Erythropoetin . . . . .	391
8.5	<b>Pathophysiologisch veränderte Kreislauf-funktionen</b> . . . . .	353	9.6.2	1,25-Dihydroxy-Vitamin-D <sub>3</sub> . . . . .	391
8.5.1	Volumenmangelschock . . . . .	353	<b>9.7</b>	<b>Wirkung von Hormonen auf die Niere</b> . . . . .	392
8.5.2	Herzinsuffizienz . . . . .	354	9.7.1	Aldosteron . . . . .	392
	Prüfungsfragen . . . . .	356	9.7.2	Adiuretin (ADH) . . . . .	393
			9.7.3	Atriales natriuretisches Peptid (ANP) . . . . .	393
<b>9</b>	<b>Niere</b> . . . . .		9.7.4	Parathyrin (PTH) . . . . .	394
	(R. Greger) . . . . .	357	9.7.5	Calcitonin . . . . .	394
9.1	<b>Aufgaben der Nieren</b> . . . . .	357	9.7.6	Andere Hormone . . . . .	394
9.2	<b>Feinbau der Nieren</b> . . . . .	358	9.7.7	Vegetative Innervation der Niere . . . . .	394
9.3	<b>Nierendurchblutung</b> . . . . .	360	<b>9.8</b>	<b>Urämie</b> . . . . .	395
9.3.1	Messung der Nierendurchblutung . . . . .	361		Prüfungsfragen . . . . .	396
9.3.2	Regulation der Nierendurchblutung . . . . .	362	<b>10</b>	<b>Wasser- und Salzhaushalt</b> . . . . .	
9.3.3	Ischämie der Nieren . . . . .	365		(P. Deetjen) . . . . .	397
9.4	<b>Glomeruläre Filtration</b> . . . . .	365	10.1	<b>Wasser als Baumaterial des Körpers</b> . . . . .	397
9.4.1	Messung der glomerulären Filtrationsrate (GFR) . . . . .	367	10.2	<b>Wasserbilanz</b> . . . . .	398
9.4.2	Autoregulation der GFR . . . . .	369	10.2.1	Wasserverluste . . . . .	398
9.4.3	Einschränkung der Filtrationsleistung	370	10.2.2	Wasseraufnahme . . . . .	398
9.5	<b>Tubuläre Transport-mechanismen</b> . . . . .	370	10.2.3	Enterale Wasserabsorption . . . . .	398
9.5.1	Konzept des transepithelialen Transports . . . . .	372	10.3	<b>Regulation des Wasserhaushalts</b> . . . . .	400
9.5.2	Hauptresorptionsleistung des proximalen Nephrons . . . . .	372	10.3.1	Osmoregulation . . . . .	400
9.5.3	Dicke aufsteigende Henle-Schleife . . . . .	373	10.3.2	Volumenregulation . . . . .	401
9.5.4	Distales Nephron und Sammelrohr . . . . .	374	10.4	<b>Regulation des Elektrolyt-haushalts</b> . . . . .	401
9.5.5	Harnkonzentrierung im Gegenstromsystem . . . . .	375	10.4.1	Regulation des Kochsalzhaushalts . . . . .	401
9.5.6	Wirkung von Diuretika . . . . .	376	10.4.2	Regulation des Kaliumhaushalts . . . . .	403
9.5.7	Tubulärer Na <sup>+</sup> -Transport . . . . .	378	10.4.3	Regulation des Calciumphosphat-haushalts . . . . .	404
9.5.8	Tubulärer K <sup>+</sup> -Transport . . . . .	378	10.4.4	Regulation des Magnesiumhaushalts	405
			10.5	<b>Störungen der Salz-Wasser-Bilanz</b> . . . . .	405

## Inhalt

10.5.1	Isotone Hydratationsstörungen . . .	405	11.5.4.5	Wasserlösliche Vitamine . . . . .	446
10.5.2	Hypotone Hydratationsstörungen . .	407	11.5.4.6	Nucleotide . . . . .	447
10.5.3	Hypertone Hydratationsstörungen .	408	11.5.4.7	Kurzkettige Fettsäuren; Hydroxy- und Ketosäuren . . . . .	447
	Prüfungsfragen . . . . .	410	11.5.4.8	Phosphat . . . . .	448
			11.5.4.9	Calcium . . . . .	448
			11.5.4.10	Sulfat . . . . .	449
			11.5.4.11	Eisen . . . . .	449
<b>11</b>	<b>Physiologie des Magen-Darm-Trakts</b>		<b>11.6</b>	<b>Darmimmunsystem</b> . . . . .	449
	(H. Murer, E. G. Berger) . . . . .	411	11.6.1	Orale Antigene . . . . .	449
<b>11.1</b>	<b>Motilität</b> . . . . .	411	11.6.2	Grundlage des Darmimmunsystems .	449
11.1.1	Nahrungsaufnahme . . . . .	411	11.6.3	Immunantwort des Darmimmun- systems . . . . .	450
11.1.2	Allgemeine Prinzipien der Motorik des Magen-Darm-Trakts . . . . .	413	11.6.4	Passive Immunisierung . . . . .	451
11.1.3	Magen . . . . .	415		Prüfungsfragen . . . . .	452
11.1.4	Dünndarm . . . . .	415	<b>12</b>	<b>Energiehaushalt</b>	
11.1.5	Kolon . . . . .	417		(J. Höper, M. Kessler) . . . . .	453
11.1.6	Defäkation . . . . .	417	<b>12.1</b>	<b>Der Energieumsatz</b> . . . . .	453
11.1.7	Erbrechen . . . . .	417	12.1.1	Energieumsatz und Sauerstoff- verbrauch . . . . .	454
<b>11.2</b>	<b>Sekretion</b> . . . . .	417	12.1.2	Umsatz des Gesamtorganismus . . .	455
11.2.1	Allgemeine Funktion . . . . .	417	12.1.3	Bestimmung des Grundumsatzes . .	455
11.2.2	Mechanismen der Sekretion . . . .	418	12.1.4	Energieumsatz und Hormone . . . .	457
11.2.2.1	Speicheldrüsen . . . . .	418	<b>12.2</b>	<b>Sauerstoffhaushalt</b> . . . . .	458
11.2.2.2	Magensekretion . . . . .	419	12.2.1	Sauerstoffaufnahme . . . . .	458
11.2.2.3	Pankreassekretion . . . . .	421	12.2.2	Sauerstoffverteilung . . . . .	459
11.2.2.4	Gallensekretion (Lebersekretion) . .	424	12.2.3	Sauerstoffverbrauch . . . . .	461
11.2.2.5	Darmsekretion (duodenale Sekretion) . . . . .	427	<b>12.3</b>	<b>Lokale Unterschiede des Energieverbrauchs</b> . . . . .	463
<b>11.3</b>	<b>Regulation der Motorik und Sekretion</b> . . . . .	427	12.3.1	Bestimmung des lokalen Sauerstoff- verbrauchs . . . . .	463
11.3.1	Mechanismen der Regulation . . . .	427	12.3.2	Basaler und spezifischer zellulärer Energieverbrauch . . . . .	464
11.3.1.1	Myogene und neurale Regulation . .	427	12.3.3	Energieversorgung verschiedener Organe . . . . .	465
11.3.1.2	Humorale Regulation . . . . .	431	12.4	Sauerstoffbilanz und Leistung unter Sauerstoffmangel . . . . .	469
11.3.2	Phasen der Regulation . . . . .	431		Prüfungsfragen . . . . .	472
11.3.2.1	Kephale Phase . . . . .	431	<b>13</b>	<b>Wärmehaushalt und Temperaturregulation</b>	
11.3.2.2	Gastrale Phase . . . . .	432		(F. W. Klußmann) . . . . .	473
11.3.2.3	Intestinale Phase . . . . .	432	<b>13.1</b>	<b>Wärmehaushalt</b> . . . . .	473
<b>11.4</b>	<b>Verdauung</b> . . . . .	433	13.1.1	Wärmebildung und Wärmeleich- gewicht . . . . .	473
11.4.1	Kohlenhydrate . . . . .	433	13.1.2	Körperkern und Körperschale . . . .	474
11.4.2	Proteine/Peptide . . . . .	434	13.1.3	Körpergröße und Wärmebildung . .	476
11.4.3	Fette . . . . .	434	13.1.4	Kältezittern und zitterfreie Wärmebildung . . . . .	477
<b>11.5</b>	<b>Absorption</b> . . . . .	436	13.1.5	Innerer Wärmetransport . . . . .	478
11.5.1	Allgemeine Prinzipien . . . . .	437			
11.5.1.1	Funktionelle Anatomie . . . . .	437			
11.5.1.2	Epithelialer Salz- und Wasser- transport . . . . .	437			
11.5.2	Resorption von NaCl, K <sup>+</sup> und Bicarbonat . . . . .	440			
11.5.2.1	Dünndarm . . . . .	440			
11.5.2.2	Kolon . . . . .	440			
11.5.3	Diarrhö . . . . .	443			
11.5.4	Absorption verschiedener Nährstoffe	443			
11.5.4.1	Zucker . . . . .	444			
11.5.4.2	Aminosäuren . . . . .	445			
11.5.4.3	Peptide . . . . .	445			
11.5.4.4	Fette, fettlösliche Vitamine und Gallensäuren . . . . .	445			

13.1.6 Wärmeabstrom von der Körperoberfläche . . . . . 478

**13.2 Temperaturregulation . . . . . 481**

13.2.1 Regelsystem und Regelschema . . . . . 481

13.2.2 Zyklische Änderungen der Körpertemperaturen und hormonelle Einflüsse . . . . . 483

13.2.3 Temperaturakklimatisation. . . . . 484

13.2.3.1 Akklimatisation an Kälte . . . . . 484

13.2.3.2 Akklimatisation an Wärme. . . . . 485

13.2.4 Temperaturregulation bei Arbeit. . . . . 486

13.2.5 Temperaturregulation des Neugeborenen und im Alter . . . . . 487

13.2.6 Hypothermie und Hyperthermie. . . . . 487

13.2.7 Temperaturregulation und andere Regelsysteme. . . . . 488

13.2.8 Temperaturregulation und Klima . . . . . 489

Prüfungsfragen siehe Seite . . . . . 510

**14 Reproduktion**

(E. Nieschlag, G. F. Weinbauer, T. G. Cooper, W. Wittkowski). . . . . 491

**14.1 Extragenitale Wirkungen der Sexualsteroiden . . . . . 491**

14.1.1 Östrogene. . . . . 491

14.1.2 Progesteron . . . . . 492

14.1.3 Testosteron. . . . . 492

**14.2 Gametogenese. . . . . 492**

14.2.1 Oogenese und Menstrualzyklus. . . . . 492

14.2.2 Spermatogenese, Spermio-genese und Spermienreifung . . . . . 498

**14.3 Transfer der Spermatozoen in den weiblichen Genitaltrakt . . . . . 500**

**14.4 Aszension der Spermien, Fertilisation und Implantation . . . . . 501**

**14.5 Entwicklung des Embryos sowie Ausbildung von Embryonalhüllen und Plazenta . . . . . 503**

14.5.1 Entwicklung des Embryos. . . . . 503

14.5.2 Embryonalhüllen und Fruchtwasser . . . . . 503

14.5.3 Plazenta und fetoplazentare Einheit. . . . . 504

14.5.4 Nabelschnur und fetaler Kreislauf. . . . . 506

14.6 Entwicklung des Fetus . . . . . 506

14.7 Geburt . . . . . 508

14.8 Entwicklung des Neugeborenen. . . . . 509

Prüfungsfragen zum 13. und 14. Kapitel . . . . . 510

**15 Koordination spezieller Organfunktionen**

**15.1 Vegetatives Nervensystem (H. O. Handwerker, M. Koltzenburg). . . . . 511**

15.1.1 Allgemeine Physiologie des vegetativen Nervensystems. . . . . 511

15.1.1.1 Bauplan und Funktionsprinzipien . . . . . 511

15.1.1.2 Funktionelle Entwicklung des vegetativen Nervensystems. . . . . 515

15.1.1.3 Funktioneller Antagonismus von Sympathikus und Parasympathikus. . . . . 516

15.1.1.4 Ganglionäre Organisation . . . . . 516

15.1.1.5 Neurotransmitter des vegetativen Nervensystems. . . . . 516

15.1.1.6 Autonome Kerngebiete des Gehirns . . . . . 524

15.1.2 Spezielle Physiologie des vegetativen Nervensystems . . . . . 527

15.1.2.1 Generalisierte Einflüsse auf das vegetative Nervensystem . . . . . 527

15.1.2.2 Herz- und Kreislaufreflexe . . . . . 528

15.1.2.3 Nahrungsaufnahme und Verdauung . . . . . 532

15.1.2.4 Kontinenz und Entleerungsreflexe . . . . . 535

15.1.3 Schädigungen des vegetativen Nervensystems. . . . . 537

**15.2 Physiologie der Hormone (F. Lang) . . . . . 538**

15.2.1 Einführung . . . . . 538

15.2.2 Allgemeine Aspekte endokriner Regulation . . . . . 539

15.2.2.1 Prinzipien hormoneller Regelkreise. . . . . 539

15.2.2.2 Mechanismen intrazellulärer Transmission. . . . . 540

15.2.2.3 Die Rolle von Hypothalamus und Hypophyse bei der Regulation endokriner Systeme . . . . . 546

15.2.3 Beschreibung einzelner Hormone. . . . . 547

15.2.3.1 Somatotropin . . . . . 547

15.2.3.2 Thyroxin, Trijodthyronin . . . . . 548

15.2.3.3 Insulin . . . . . 549

15.2.3.4 Glucagon . . . . . 551

15.2.3.5 Glucocorticosteroide . . . . . 551

15.2.3.6 Aldosteron . . . . . 553

15.2.3.7 Antidiuretisches Hormon . . . . . 554

15.2.3.8 Natriuretische Faktoren . . . . . 555

15.2.3.9 Parathyrin, Calcitriol und Calcitonin . . . . . 555

**Quellen- und Literaturverzeichnis . . . . . 557**

**Sachverzeichnis . . . . . 560**