

## 1 Grundlagen der Zellphysiologie

<h1>Inhalt</h1>	
<b>1</b>	<b>Grundlagen der Zellphysiologie</b> ..... <b>2</b>
	<i>M. Hoth, J. Rettig</i>
<b>1.1</b>	<b>Einführung</b> ..... <b>3</b>
<b>1.2</b>	<b>Stoffmenge</b> ..... <b>3</b>
<b>1.3</b>	<b>Osmose</b> ..... <b>5</b>
<b>1.4</b>	<b>Stofftransport</b> ..... <b>7</b>
1.4.1	Passiver Transport ..... 8
	Diffusion ..... 8
	Filtration ..... 9
	Konvektion ..... 10
	Passiver Membrantransport durch Kanäle ..... 10
1.4.2	Aktiver Transport ..... 11
	Primär aktiver Transport ..... 12
	Sekundär aktiver Transport ..... 12
1.4.3	Transport über Zellverbände ..... 13
	Transzellulärer Transport ..... 13
	Parazellulärer Transport ..... 14
	Interzellulärer Transport ..... 14
<b>1.5</b>	<b>Zellorganisation, Zytoskelett, Zellbeweglichkeit und intrazellulärer Transport</b> ..... <b>15</b>
1.5.1	Zellorganisation ..... 15
	Zellbestandteile und ihre Aufgaben ..... 15
	Intrazelluläre Botenstoffe (Second messenger) ..... 15
1.5.2	Zytoskelett und Zellbeweglichkeit ..... 16
	Zytoskelett ..... 16
	Zellbeweglichkeit ..... 17
1.5.3	Intrazellulärer Transport ..... 17
<b>1.6</b>	<b>Elektrische Vorgänge an Zellen</b> ..... <b>17</b>
1.6.1	Das Ruhemembranpotenzial (RP) ..... 17
	Entstehung des Ruhemembranpotenzials ..... 18
1.6.2	Abweichungen vom Ruhemembranpotenzial ..... 20
<b>1.7</b>	<b>Signalübertragung zwischen Zellen</b> ..... <b>20</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen der Neurophysiologie</b> ..... <b>22</b>
	<i>M. Hoth, J. Rettig</i>
<b>2.1</b>	<b>Zellen des Nervensystems</b> ..... <b>23</b>
2.1.1	Neuronen ..... 23
	Aufbau und Funktion ..... 23
	Transport in Nervenzellen ..... 23
2.1.2	Gliazellen (Neuroglia) ..... 24
<b>2.2</b>	<b>Die Blut-Hirn-Schranke</b> ..... <b>25</b>
<b>2.3</b>	<b>Erregungsvorgänge an Nervenzellen</b> ..... <b>26</b>
2.3.1	Spannungsgesteuerte Ionenkanäle ..... 26
2.3.2	Das Aktionspotenzial (AP) ..... 30
	Entstehung eines Aktionspotenzials ..... 31
	Phasen des Aktionspotenzials ..... 31
	Dauer von Aktionspotenzialen ..... 32
	Die Refraktärphase ..... 32
2.3.3	Erregungsfortleitung in Nervenzellen ..... 32
	Das Prinzip der elektrotonischen (passiven) Erregungsfortleitung .. 32
	Fortleitung von Aktionspotenzialen ..... 33
<b>2.4</b>	<b>Synaptische Übertragung</b> ..... <b>37</b>
2.4.1	Elektrische Synapsen ..... 37
	Aufbau elektrischer Synapsen ..... 37
	Prinzip der Erregungsübertragung ..... 37
	Eigenschaften elektrischer Synapsen ..... 38
	Vorkommen und Aufgaben ..... 38

## 2 Grundlagen der Neurophysiologie

2.4.2	Chemische Synapsen .....	38
	Aufbau chemischer Synapsen .....	38
	Rezeptoren, Transmitter, Cotransmitter, Modulatoren, Agonisten und Antagonisten .....	39
	Prinzip der Signalübertragung an chemischen Synapsen .....	45
	Die neuromuskuläre Endplatte (motorische Endplatte) .....	49
<b>2.5</b>	<b>Signalverarbeitung im Nervensystem .....</b>	<b>51</b>
2.5.1	Konvergenz und Divergenz .....	51
2.5.2	Postsynaptische Hemmung .....	51
	Rückwärtshemmung .....	51
	Vorwärtshemmung .....	52
	Laterale Hemmung .....	52
2.5.3	Präsynaptische Hemmung .....	52
2.5.4	Räumliche und zeitliche Summation .....	53
<b>2.6</b>	<b>Funktionsprinzipien sensorischer Systeme .....</b>	<b>54</b>

**3 Grundlagen der Muskelphysiologie .....** **56**  
*J. Rettig*

<b>3.1</b>	<b>Quergestreifte Skelettmuskulatur .....</b>	<b>57</b>
3.1.1	Aufbau der Skelettmuskulatur .....	57
3.1.2	Erregungs-Kontraktions-Koppelung der Skelettmuskulatur .....	57
3.1.3	Molekulare Mechanismen der Muskelkontraktion (Gleitfilamenttheorie) .....	59
3.1.4	Mechanik der Muskelkontraktion .....	61
3.1.5	Kontraktionsformen .....	62
3.1.6	Faserarten der Skelettmuskulatur .....	64
<b>3.2</b>	<b>Herzmuskulatur .....</b>	<b>64</b>
<b>3.3</b>	<b>Glatte Muskulatur .....</b>	<b>64</b>
3.3.1	Aufbau der glatten Muskulatur .....	65
3.3.2	Erregungs-Kontraktions-Koppelung der glatten Muskulatur .....	66
3.3.3	Kontraktion der glatten Muskulatur .....	66
3.3.4	Relaxation der glatten Muskulatur .....	67
▶	<b>verlinkte Vorklinik: Muskeldystrophie .....</b>	<b>68</b>

**4 Herz .....** **72**  
*M. Hoth, E. Wischmeyer*

<b>4.1</b>	<b>Morphologie und Funktion .....</b>	<b>73</b>
<b>4.2</b>	<b>Elektrophysiologie des Herzens .....</b>	<b>74</b>
4.2.1	Differenzierung der Herzmuskulatur .....	74
	Arbeitsmyokard .....	74
	Erregungsbildungs- und -leitungssystem .....	74
4.2.2	Ruhemembranpotenzial (RP) .....	75
	Ruhepotenzial im Arbeitsmyokard .....	76
	Ruhemembranpotenzial im Erregungsbildungs- und -leitungssystem .....	76
4.2.3	Erregungsbildung und Fortleitung .....	76
	Physiologischer Ablauf eines Erregungszyklus .....	76
	Hierarchie der Schrittmacherzentren .....	77
	Leitungsgeschwindigkeit .....	77
4.2.4	Aktionspotenziale (AP) .....	77
	Form der Aktionspotenziale .....	77
	Entstehung der Aktionspotenziale .....	78
	Mechanismen zur Aufrechterhaltung von Ionengradienten .....	80
	Refraktärphase .....	81
4.2.5	Elektromechanische Koppelung .....	81
4.2.6	Elektrokardiogramm (EKG) .....	83
	Physikalische Grundlagen .....	83
	Phasen des EKG .....	84
	Möglichkeiten der EKG-Ableitung .....	85

3 Grundlagen der Muskelphysiologie

4 Herz

	Bestimmung des Lagetyps .....	87
	Herzrhythmusstörungen im EKG .....	88
<b>4.3</b>	<b>Mechanik der Herzaktion</b> .....	<b>94</b>
4.3.1	Phasen des Herzzyklus .....	94
	Systole .....	94
	Diastole .....	95
4.3.2	Herztöne und Herzgeräusche .....	96
	Herztöne .....	96
	Herzgeräusche .....	96
4.3.3	Druck-Volumen-Veränderungen während des Herzzyklus .....	97
	Arbeitsdiagramm des Herzens .....	98
	Bestimmung des Herzzeitvolumens .....	99
<b>4.4</b>	<b>Steuerung der Herzstätigkeit</b> .....	<b>100</b>
	Frank-Starling-Mechanismus .....	100
	Einfluss des vegetativen Nervensystems auf die Herzstätigkeit .....	101
<b>4.5</b>	<b>Durchblutung und Stoffwechsel des Herzens</b> .....	<b>104</b>
4.5.1	Sauerstoffbedarf des Herzens und Koronardurchblutung .....	104
	Sauerstoffbedarf des Herzens .....	104
	Koronardurchblutung .....	104
4.5.2	Energetik und Stoffwechsel des Herzens .....	105
	Energiebedarf des Herzens .....	105
	Substrate des kardialen Energiestoffwechsels .....	105
	Stoffwechselwege .....	106
<b>4.6</b>	<b>Das Herz als endokrines Organ</b> .....	<b>106</b>
▶	<b>verlinkte Vorklinik: Akuter Myokardinfarkt</b> .....	<b>107</b>
<b>5</b>	<b>Blutkreislauf</b> .....	<b>110</b>
	<i>S. Grissmer</i>	
<b>5.1</b>	<b>Allgemeine Grundlagen</b> .....	<b>111</b>
5.1.1	Aufbau und Funktion .....	111
5.1.2	Hämodynamik .....	113
	Wesentliche hämodynamische Parameter .....	113
	Wichtige hämodynamische Einflussgrößen .....	118
<b>5.2</b>	<b>Das Hochdrucksystem</b> .....	<b>122</b>
5.2.1	Hämodynamische Charakteristika .....	123
	Windkesselleffekt .....	123
	Druckpuls .....	124
	Strompuls .....	124
5.2.2	Der arterielle Blutdruck .....	126
	Grundlagen .....	126
	Messung des Blutdrucks .....	130
<b>5.3</b>	<b>Das Niederdrucksystem</b> .....	<b>132</b>
5.3.1	Grundlagen .....	132
5.3.2	Druckverhältnisse im Niederdrucksystem .....	132
	Der zentrale Venendruck (ZVD) .....	133
<b>5.4</b>	<b>Einfluss des hydrostatischen Drucks auf den arteriellen und venösen Blutdruck</b> .....	<b>134</b>
<b>5.5</b>	<b>Mikrozirkulation</b> .....	<b>137</b>
5.5.1	Die terminale Strombahn .....	137
5.5.2	Stoffaustausch .....	137
	Diffusion .....	137
	Filtration und Reabsorption .....	140
5.5.3	Lymphgefäßsystem .....	141
<b>5.6</b>	<b>Kreislaufregulation</b> .....	<b>142</b>
5.6.1	Regulation des Blutdrucks .....	142
	Kurzfristige Regulation .....	143
	Langfristige Regulation .....	146
5.6.2	Regulation der Organdurchblutung .....	146
	Lokale Steuerung .....	146
	Zentrale Steuerung .....	150

<b>5.7</b>	<b>Spezifische Merkmale der verschiedenen Organkreisläufe</b> .....	<b>152</b>
	Lunge .....	152
	Gehirn .....	153
	Haut .....	154
	Herz .....	155
	Niere .....	155
	Skelettmuskulatur .....	155
	Splanchnikuskreislauf .....	156
<b>5.8</b>	<b>Kreislaufversagen – Schock</b> .....	<b>157</b>
	Ursachen und Entstehungsmechanismus .....	157
	Symptome bei Schock .....	158
	Formen des Schocks .....	158
<b>5.9</b>	<b>Fetaler Blutkreislauf</b> .....	<b>158</b>
	Merkmale des fetalen Blutkreislaufs .....	158
	Umstellung des Kreislaufs mit/nach der Geburt .....	159
▶	<b>verlinkte Vorklinik: Leberzirrhose</b> .....	<b>161</b>
<b>6</b>	<b>Blut</b> .....	<b>164</b>
	<i>M. Hoth, E. Wischmeyer</i>	
<b>6.1</b>	<b>Aufgaben des Blutes</b> .....	<b>165</b>
<b>6.2</b>	<b>Blutvolumen</b> .....	<b>165</b>
<b>6.3</b>	<b>Blutbestandteile</b> .....	<b>166</b>
6.3.1	Zelluläre Bestandteile .....	166
	Hämatokrit .....	166
	Erythrozyten .....	167
	Leukozyten .....	174
	Thrombozyten .....	176
6.3.2	Blutplasma .....	177
	Niedermolekulare Bestandteile .....	178
	Plasmaproteine .....	178
<b>6.4</b>	<b>Hämostase</b> .....	<b>181</b>
6.4.1	Primäre Hämostase .....	181
	Thrombozytenadhäsion .....	181
	Thrombozytenaggregation .....	181
	Vasokonstriktion .....	183
	Hemmung der Thrombozytenadhäsion und -aggregation an intaktem Endothel .....	183
6.4.2	Sekundäre Hämostase .....	183
	Zusammenwirken exogener und endogener Faktoren .....	184
	Regulation und Hemmung der Hämostase .....	187
<b>6.5</b>	<b>Fibrinolyse</b> .....	<b>188</b>
<b>7</b>	<b>Immunsystem</b> .....	<b>192</b>
	<i>M. Hoth, E. Wischmeyer</i>	
<b>7.1</b>	<b>Einführung</b> .....	<b>193</b>
7.1.1	Aufgaben des Immunsystems .....	193
7.1.2	Aufbau .....	193
7.1.3	Steuerung der Immunreaktion – Zytokine .....	195
<b>7.2</b>	<b>Unspezifisches Immunsystem</b> .....	<b>195</b>
7.2.1	Unspezifisches zelluläres Immunsystem .....	197
	Beteiligte Zellen .....	197
	Emigration und Phagozytose .....	200
7.2.2	Unspezifisches humorales Immunsystem .....	202
	Komplementsystem .....	202
	Lysozym .....	204
	Akute-Phase-Proteine .....	204
<b>7.3</b>	<b>Spezifisches Immunsystem</b> .....	<b>204</b>
7.3.1	Spezifisches zelluläres Immunsystem .....	205
	MHC(major histocompatibility complex)-Moleküle .....	205

6 Blut

7 Immunsystem

	T-Zell-Rezeptor (TZR) .....	207
	Reifung der T-Lymphozyten .....	208
	Erster Antigenkontakt – Aktivierung der T-Lymphozyten .....	209
	Zweiter Antigenkontakt .....	212
7.3.2	Spezifisches humorales Immunsystem .....	214
	B-Lymphozyten .....	214
	Antikörper .....	215
	Immunologisches Gedächtnis .....	218
<b>7.4</b>	<b>Blutgruppen</b> .....	<b>219</b>
7.4.1	Das ABO-System .....	219
7.4.2	Das Rhesus-System .....	221

## **8 Atmung** ..... **224**

*H. Ehmke*

<b>8.1</b>	<b>Einführung</b> .....	<b>225</b>
<b>8.2</b>	<b>Funktionen der Lunge</b> .....	<b>225</b>
<b>8.3</b>	<b>Belüftung der Lunge</b> .....	<b>226</b>
8.3.1	Funktionelle Anatomie des Bronchialbaums .....	226
8.3.2	Atemmechanik .....	228
	Compliance .....	228
	Atemzyklus .....	230
	Atemwegswiderstand .....	232
8.3.3	Lungenvolumina und Lungenkapazitäten .....	233
8.3.4	Bestimmung der Lungenvolumina und -kapazitäten .....	234
	Spirometrie .....	234
	Fremdgasverdünnungsmethoden .....	237
	Ganzkörperplethysmografie .....	237
	Bestimmung des anatomischen und funktionellen Totraums .....	237
8.3.5	Ventilationsstörungen .....	238
<b>8.4</b>	<b>Alveolärer Gasaustausch</b> .....	<b>239</b>
8.4.1	Grundlagen der Diffusion .....	239
8.4.2	Physik der Gase .....	240
8.4.3	Typische Partialdruckwerte .....	240
8.4.4	Gasaustausch über die Alveolarmembran .....	241
8.4.5	Ventilations-Perfusions-Verhältnis .....	243
8.4.6	Hypoxische Vasokonstriktion .....	245
8.4.7	Störung des Gasaustauschs .....	246
<b>8.5</b>	<b>Atmogastransport im Blut und Gewebeatmung</b> .....	<b>247</b>
8.5.1	Sauerstofftransport im Blut .....	247
8.5.2	Molekulare Physiologie des Hämoglobins .....	248
	Verhinderung der Autooxidation benachbarter Hämgruppen .....	248
	Verminderung der Affinität des Hämoglobins zu diversen Gasen .....	248
	Entstehung des sigmoidalen Verlaufs der Sauerstoffbindungskurve .....	249
	Allosterische Modulation der Sauerstoffbindungskurve .....	249
8.5.3	Gasaustausch im peripheren Gewebe .....	252
8.5.4	CO <sub>2</sub> -Transport im Blut .....	253
8.5.5	O <sub>2</sub> - und CO <sub>2</sub> -Transport im Vergleich .....	253
<b>8.6</b>	<b>Atmungsregulation</b> .....	<b>254</b>
8.6.1	Rhythmogenese und Atemantriebe .....	254
8.6.2	Zelluläre Mechanismen der Chemorezeption .....	254
	Periphere Chemorezeptoren .....	255
	Zentrale Chemorezeptoren .....	255
8.6.3	Integrative Antworten auf Änderungen der chemischen Atemantriebe .....	255
8.6.4	Nichtchemische Atemantriebe .....	257
8.6.5	Der Rhythmusgenerator der Atmung .....	257
8.6.6	Rolle des arteriellen P <sub>CO<sub>2</sub></sub> bei der Atmungsregulation .....	259
8.6.7	Pathologische Atmungsformen .....	259
<b>8.7</b>	<b>Adaptation der Atmung</b> .....	<b>260</b>
8.7.1	Anpassung an mittlere und große Höhen .....	261
	Erhöhung der Sauerstoffbindungskapazität .....	261

Alveoläre Hyperventilation .....	262
Verschiebung der Sauerstoffbindungskurve .....	262
8.7.2 Tauchen .....	263
▶ <b>verlinkte Vorklinik: Lungenembolie</b> .....	<b>265</b>
<b>9 Säure-Basen-Haushalt</b> .....	<b>268</b>
<i>H. Ehmke</i>	
<b>9.1 Einführung</b> .....	<b>269</b>
<b>9.2 Chemische Grundlagen</b> .....	<b>269</b>
9.2.1 Säure-Basen-Gleichgewicht .....	269
9.2.2 pH-Wert .....	270
9.2.3 Zentrale Gleichung des Säure-Basen-Haushalts .....	270
<b>9.3 Regulation des Säure-Basen-Haushalts</b> .....	<b>270</b>
9.3.1 Puffersysteme .....	270
Geschlossene Puffersysteme .....	271
Offene Puffersysteme .....	272
9.3.2 Regulation des Säure-Basen-Haushalts durch die Atmung .....	275
9.3.3 Regulation des Säure-Basen-Haushalts durch die Niere .....	276
9.3.4 Regulation des Säure-Basen-Haushalts durch die Leber .....	278
9.3.5 Intrazelluläre pH-Regulation .....	278
<b>9.4 Störungen des Säure-Basen-Haushalts</b> .....	<b>279</b>
9.4.1 Einteilung .....	279
Respiratorische Azidose .....	279
Respiratorische Alkalose .....	280
Nichtrespiratorische Azidose .....	280
Nichtrespiratorische Alkalose .....	281
9.4.2 Kompensationsmechanismen .....	281
Kompensation durch chemische Pufferung .....	282
Kompensation durch die Atmung .....	282
Kompensation durch renale Mechanismen .....	282
9.4.3 Diagnostik von Störungen des Säure-Basen-Haushalts .....	283
Messparameter .....	283
Stufendiagnostik .....	284
Grafische Darstellung des Säure-Basen-Status .....	285
▶ <b>verlinkte Vorklinik: COPD</b> .....	<b>286</b>
<b>10 Niere und Salz-/Wasser-Haushalt</b> .....	<b>290</b>
<i>A. Kurtz, C. Wagner</i>	
<b>10.1 Funktionen der Niere</b> .....	<b>291</b>
<b>10.2 Anatomische Grundlagen</b> .....	<b>291</b>
<b>10.3 Durchblutung der Niere</b> .....	<b>292</b>
10.3.1 Nierengefäße .....	292
10.3.2 Aufgaben der Nierendurchblutung .....	293
10.3.3 Intrarenale Verteilung des Blutflusses .....	294
10.3.4 Determinanten der Nierendurchblutung .....	294
10.3.5 Regulationsfaktoren des Nierengefäßwiderstands .....	294
<b>10.4 Plasmfiltration</b> .....	<b>295</b>
10.4.1 Der Glomerulusfilter .....	295
10.4.2 Regulation der glomerulären Filtration .....	296
10.4.3 Konstanthaltung des Filtrationsdrucks .....	297
<b>10.5 Resorption und Sekretion von Stoffen durch die Tubuluszellen</b> .....	<b>298</b>
10.5.1 Das Tubulussystem .....	298
10.5.2 Kompartimentierung des Niereninterstitiums .....	300
10.5.3 Funktionsspezifität der Nephronabschnitte .....	301
10.5.4 Ausscheidung harnpflichtiger Substanzen .....	303
10.5.5 Natriumresorption .....	304
10.5.6 Chloridresorption .....	306
10.5.7 Kaliumresorption und -sekretion .....	306
10.5.8 Kalzium- und Magnesiumresorption .....	307

9 Säure-Basen-Haushalt

10 Niere und Salz-/Wasser-Haushalt

10.5.9	Protonensekretion und Bikarbonatresorption	307
10.5.10	Resorption und Sekretion von Säureanionen und Basenkationen	308
10.5.11	Resorption von Zuckern	309
10.5.12	Resorption von Proteinen und Aminosäuren	309
10.5.13	Resorption von Wasser (Harnkonzentrierung)	310
	Proximaler Tubulus	310
	Henle-Schleife und distaler Tubulus	310
	Verbindungstubulus und Sammelrohr	310
<b>10.6</b>	<b>Energiestoffwechsel der Niere</b>	<b>313</b>
10.6.1	Determinanten des renalen Energieverbrauchs	313
10.6.2	Sauerstoffversorgung der Niere	313
10.6.3	Substrate der Energiegewinnung	314
<b>10.7</b>	<b>Nierenhormone</b>	<b>314</b>
10.7.1	Renin	314
10.7.2	Erythropoietin (EPO)	314
10.7.3	1,25-Dihydroxycholecalciferol (Kalzitriol)	315
10.7.4	Prostaglandine	315
<b>10.8</b>	<b>Wasser- und Elektrolythaushalt</b>	<b>315</b>
10.8.1	Wasserräume des Körpers	315
10.8.2	Wasserzufuhr und -abgabe	316
10.8.3	Regulation des Wasser- und Elektrolythaushalts	316
	Osmoregulation	316
	Kopplung von Natrium- und Wasserausscheidung	317
	Kontrolle des Natriumbestands über das Extrazellulärvolumen	317
	Hormone als Regulatoren	317
	Einflussfaktoren der Hormonsekretion	320
	Durstgefühl	322
10.8.4	Störungen des Wasserhaushalts	322
10.8.5	Natrium: Bilanz und Funktion	322
10.8.6	Störungen des Natriumhaushalts	323
10.8.7	Kalium: Bilanz und Funktion	323
10.8.8	Störungen des Kaliumhaushalts	325
10.8.9	Kalzium- und Phosphathaushalt	325
	Hormonelle Regulation des Kalzium- und Phosphathaushalts	325
10.8.10	Magnesiumhaushalt	327
<b>10.9</b>	<b>Der Endharn (Urin)</b>	<b>327</b>
<b>10.10</b>	<b>Funktion der ableitenden Harnwege</b>	<b>328</b>
10.10.1	Nierenbecken und Harnleiter	328
10.10.2	Harnblase	328
▶	<b>verlinkte Vorklinik: Nierenversagen</b>	<b>330</b>

## 11 Hormonelle Regulation

<b>11</b>	<b>Hormonelle Regulation</b>	<b>334</b>
	<i>R. Deutzmann</i>	
<b>11.1</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>335</b>
11.1.1	Prinzipien der Signalübertragung zwischen Zellen	335
11.1.2	Extrazelluläre Signalmoleküle: Hormone und Zytokine	336
	Wirkprinzip	337
	Einteilung der Hormone	337
	Generelle Eigenschaften von Hormonen	337
	Signaltransduktionsmechanismen	342
	Ursachen von Hormonstörungen	344
	Hormonelle Regelkreise	344
<b>11.2</b>	<b>Hypothalamisch-hypophysäres System: Integration von ZNS und endokrinem System</b>	<b>347</b>
11.2.1	Hypothalamus	348
	Steuerhormone: Releasing- und Release-Inhibiting-Hormone	348
	Effektorhormone: ADH und Oxytozin	351
11.2.2	Hypophyse	352
	Hormone der Adenohypophyse	352
	Hormone der Neurohypophyse	353

11.2.3	Rückkopplungsmechanismen	353
<b>11.3</b>	<b>Wachstumshormon</b>	<b>355</b>
11.3.1	Regulation der Biosynthese	355
11.3.2	Molekulare Wirkungen	357
11.3.3	Zelluläre Wirkungen	358
	Anabole Wirkungen	358
	Metabolische Wirkungen	359
<b>11.4</b>	<b>Prolaktin (PRL)</b>	<b>360</b>
11.4.1	Regulation der Biosynthese	360
11.4.2	Molekulare und zelluläre Wirkungen	361
<b>11.5</b>	<b>Schilddrüsenhormone (Thyroxin und Triiodthyronin)</b>	<b>363</b>
11.5.1	Biosynthese, Transport, Aktivierung und Abbau	363
	Biosynthese	363
	Regulation der Biosynthese	365
	Transport im Blut	366
	Aktivierung und Abbau	366
11.5.2	Molekulare Wirkungen	368
11.5.3	Zelluläre Wirkungen	368
	Regulation von Wachstumsprozessen	368
	Anpassung des Organismus an Umweltbedingungen	369
<b>11.6</b>	<b>Hormone der Nebennierenrinde</b>	<b>373</b>
11.6.1	Überblick	373
	Biosynthese	373
	Sekretion, Transport und Inaktivierung	375
11.6.2	Mineralokortikoide	376
	Regulation der Biosynthese	376
	Molekulare Wirkungen	376
	Zelluläre Wirkungen	377
11.6.3	Glukokortikoide	378
	Regulation der Biosynthese	379
	Interkonvertierung von Kortisol und Kortison	380
	Molekulare Wirkungen	381
	Zelluläre Wirkungen	381
11.6.4	Androgene	387
<b>11.7</b>	<b>Hormone des Nebennierenmarks: Adrenalin und Noradrenalin</b>	<b>388</b>
11.7.1	Biosynthese, Sekretion, Inaktivierung und Abbau	388
	Biosynthese	388
	Regulation der Biosynthese	389
	Sekretion	390
	Inaktivierung und Abbau	390
11.7.2	Molekulare Wirkungen	391
11.7.3	Zelluläre Wirkungen	392
	Metabolische Wirkungen	392
	Wirkungen auf Organsysteme	394
<b>11.8</b>	<b>Pankreashormone</b>	<b>396</b>
11.8.1	Insulin	396
	Struktur und Biosynthese	396
	Sekretion	397
	Regulation der Sekretion	398
	Inaktivierung und Abbau	399
	Molekulare Wirkungen	399
	Zelluläre Wirkungen	400
11.8.2	Glukagon	406
	Biosynthese, Sekretion und Abbau	406
	Molekulare und zelluläre Wirkungen	406
<b>11.9</b>	<b>Gastrointestinale Hormone</b>	<b>407</b>
<b>11.10</b>	<b>Hormone mit Wirkung auf den Wasser- und Elektrolythaushalt</b>	<b>407</b>
11.10.1	Regulator des Wasserhaushalts: Antidiuretisches Hormon (ADH)	407
11.10.2	Regulatoren des Natriumhaushalts	407
	Renin-Angiotensin-Aldosteron-System (RAAS)	407
	Atriales natriuretisches Peptid (ANP)	407

11.10.3	Regulatoren des Kaliumhaushalts	407
11.10.4	Regulatoren des Kalzium- und Phosphathaushalts	407
▶	<b>verlinkte Vorklinik: Cushing-Syndrom (Morbus Cushing)</b>	<b>408</b>
<b>12</b>	<b>Sexualentwicklung und Reproduktionsphysiologie</b>	<b>412</b>
	<i>C. Pedain</i>	
<b>12.1</b>	<b>Hypothalamisch-hypophysär-gonadale Steuerung der Sexualfunktion</b>	<b>413</b>
12.1.1	Hormone des Hypothalamus	413
	Gonadotropin-Releasing-Hormon (GnRH)	413
	Oxytozin	414
12.1.2	Hormone der Hypophyse	414
12.1.3	Hormone der Gonaden	416
	Hormone des Ovars	416
	Hormone der Testis	420
<b>12.2</b>	<b>Menstruationszyklus</b>	<b>422</b>
12.2.1	Zyklische Veränderungen im Ovar	422
	Follikelphase	422
	Ovulation	422
	Lutealphase	424
12.2.2	Zyklische Veränderungen des Endometriums	424
	Desquamationsphase	425
	Proliferationsphase	425
	Sekretionsphase	425
<b>12.3</b>	<b>Gametogenese</b>	<b>426</b>
12.3.1	Oogenese	426
12.3.2	Spermatogenese	427
<b>12.4</b>	<b>Kohabitation</b>	<b>428</b>
12.4.1	Sexuelle Erregung und Orgasmus	428
	Prozesse beim Mann	428
	Prozesse bei der Frau	430
	Prozesse bei beiden Geschlechtern	431
12.4.2	Sexueller Reaktionszyklus	431
<b>12.5</b>	<b>Befruchtung und Implantation</b>	<b>432</b>
12.5.1	Ejakulat	432
12.5.2	Spermatozoenaszension und Kapazitation	434
12.5.3	Befruchtung	435
	Akrosomreaktion	435
	Kortikalreaktion	436
	Imprägnation und Konjugation	436
12.5.4	Implantation der befruchteten Eizelle	436
	Hormonelle Veränderungen des Endometriums	436
	Implantation	437
<b>12.6</b>	<b>Fetoplazentare Einheit</b>	<b>439</b>
12.6.1	Plazentation	439
12.6.2	Uteroplazentarer Kreislauf	439
12.6.3	Aufgaben der Plazenta	440
	Stoffaustausch	440
	Endokrine Funktion	441
12.6.4	Fetaler Kreislauf	442
<b>12.7</b>	<b>Schwangerschaftsbedingte Veränderungen des mütterlichen Organismus</b>	<b>442</b>
<b>12.8</b>	<b>Geburt</b>	<b>445</b>
12.8.1	Normaler Geburtsverlauf	445
12.8.2	Geburtsmechanik bei vorderer Hinterhauptslage	446
12.8.3	Hormonale Regulation der Wehentätigkeit	447
	Hemmung der Wehentätigkeit	447
	Auslösung der Wehentätigkeit	447
	Voraussetzungen für eine effektive Wehentätigkeit	447
<b>12.9</b>	<b>Laktation</b>	<b>448</b>
	Laktogenese	448

Galaktogenese .....	448
Galaktopoese .....	449
<b>12.10 Geschlechtsfestlegung und Pubertät .....</b>	<b>450</b>
12.10.1 Geschlechtsfestlegung .....	450
Geschlechtsdeterminierung .....	450
Geschlechtsdifferenzierung .....	450
12.10.2 Pubertät .....	451
Hormonelle Regulation und Auslöser der Pubertät .....	452
Körperliche Entwicklung im Verlauf der Pubertät .....	452
<b>12.11 Klimakterium .....</b>	<b>454</b>
Organische Ursachen des Klimakteriums .....	454
Somatische und vegetative Veränderungen und deren Symptome ..	454
<b>13 Ernährung, Verdauung und Absorption, Leber .....</b>	<b>458</b>
<i>J. Leipziger</i>	
<b>13.1 Ernährung .....</b>	<b>459</b>
13.1.1 Energiebedarf .....	459
13.1.2 Nahrungsbestandteile .....	459
13.1.3 Inadäquate Ernährung .....	466
13.1.4 Regulation von Nahrungsaufnahme und Energiereserven .....	467
Regulation der Nahrungsaufnahme – Kurzzeitregulation .....	467
Regulation der Energiereserven – Langzeitregulation .....	468
13.1.5 Regulation der Flüssigkeitsaufnahme .....	469
<b>13.2 Verdauung .....</b>	<b>469</b>
13.2.1 Gastrointestinale Motilität .....	470
Funktionen der gastrointestinalen Motilität .....	470
Funktionelle Anatomie des Gastrointestinaltrakts .....	471
Steuerung der gastrointestinalen Motilität .....	472
Motilitätsmuster im Gastrointestinaltrakt .....	475
Schlucken .....	475
Magenmotilität .....	476
Darmmotilität .....	478
13.2.2 Gastrointestinale Sekretion .....	481
Speichel .....	481
Magensaft .....	483
Pankreassekret .....	490
Galle .....	494
Sekretion in Dünn- und Dickdarm .....	498
13.2.3 Aufschluss der Nahrungsbestandteile .....	498
Kohlenhydrate .....	498
Proteine .....	499
Lipide .....	499
<b>13.3 Absorption .....</b>	<b>501</b>
13.3.1 Kohlenhydratabsorption .....	501
13.3.2 Proteinabsorption .....	502
13.3.3 Lipidabsorption .....	502
13.3.4 Absorption von Mineralstoffen .....	504
13.3.5 Absorption von Wasser .....	505
13.3.6 Absorption sonstiger Nahrungsbestandteile .....	506
<b>13.4 Leber .....</b>	<b>506</b>
▶ <b>verlinkte Vorklinik: Karzinoid .....</b>	<b>508</b>
<b>14 Energie- und Wärmehaushalt .....</b>	<b>512</b>
<i>S. Grissmer</i>	
<b>14.1 Energiehaushalt .....</b>	<b>513</b>
14.1.1 Allgemeine Grundlagen .....	513
Energie .....	513
Wärme .....	513
14.1.2 Energiequellen .....	513

13 Ernährung, Verdauung und Absorption, Leber

14 Energie- und Wärmehaushalt

14.1.3	Energieumsatz	514
	Messung	514
	Grundumsatz	515
	Ruheumsatz	518
	Arbeitsumsatz	518
<b>14.2</b>	<b>Wärmehaushalt und Temperaturregulation</b>	<b>519</b>
14.2.1	Körpertemperatur	520
	Temperaturverteilung („Topografie“)	520
	Einflussfaktoren auf die Körpertemperatur	520
14.2.2	Wärmebildung	521
14.2.3	Wärmeabgabe und -aufnahme	522
	Mechanismen der Wärmeabgabe	522
14.2.4	Temperaturregulation	524
	Normothermie	524
	Fieber	525
	Hyperthermie	526
	Hypothermie	528
14.2.5	Akklimatisation	529
	Kälteakklimatisation	529
	Wärmeakklimatisation	530
▶	<b>verlinkte Vorklinik: Hyperthyreose</b>	<b>531</b>

## 15 Arbeits-, Sport- und Leistungsphysiologie ..... 534

*S. Grissmer*

<b>15.1</b>	<b>Allgemeine Grundlagen</b>	<b>535</b>
15.1.1	Arbeit	535
15.1.2	Leistung	536
<b>15.2</b>	<b>Energiegewinnung</b>	<b>537</b>
15.2.1	Energiegewinnung ohne Sauerstoff (anaerob)	537
	ATP-Gewinnung mittels Kreatinphosphat	537
	ATP-Gewinnung mittels anaerober Glykolyse	537
15.2.2	Energiegewinnung mit Sauerstoff (aerob)	538
	ATP-Gewinnung mittels aerober Glykolyse	538
	ATP-Gewinnung mittels aeroben Fettsäureabbaus	538
<b>15.3</b>	<b>Anpassung physiologischer Parameter unter körperlicher Belastung</b>	<b>538</b>
15.3.1	Veränderungen im Laktatstoffwechsel	538
15.3.2	Anpassungsreaktionen des Herz-Kreislauf-Systems	540
	Anpassungsreaktionen im Bereich der Gefäße	540
	Anpassung der Kreislaufparameter	540
15.3.3	Anpassungsreaktionen des respiratorischen Systems	542
<b>15.4</b>	<b>Leistungsmessung und -beurteilung</b>	<b>544</b>
15.4.1	Anaerobe Tests	544
15.4.2	Aerobe Tests	547
15.4.3	Time trial	549
<b>15.5</b>	<b>Training</b>	<b>550</b>
15.5.1	Belastung	550
15.5.2	Kraft	550
15.5.3	Schnelligkeit	551
15.5.4	Ausdauer	552
15.5.5	Ermüdung	553
<b>15.6</b>	<b>Doping</b>	<b>554</b>

## 16 Vegetatives Nervensystem ..... 558

*J. C. Behrends*

<b>16.1</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>559</b>
16.1.1	Einführung	559
16.1.2	Definition und Terminologie	559
<b>16.2</b>	<b>Organisation des vegetativen Nervensystems</b>	<b>560</b>
16.2.1	Efferenzen (pVNS im engeren Sinne)	560

### 15 Arbeits-, Sport- und Leistungsphysiologie

### 16 Vegetatives Nervensystem

Sympathikus, Parasympathikus und enterisches Nervensystem . . . .	561
16.2.2 Viszerale (oder vegetative) Afferenzen . . . . .	564
16.2.3 Organisation des enterischen Nervensystems . . . . .	565
<b>16.3 Mechanismen der Signalübertragung im pVNS . . . . .</b>	<b>567</b>
16.3.1 Ganglionäre synaptische Transmission . . . . .	568
16.3.2 Postganglionäre Signalübertragung . . . . .	569
Sympathisch adrenerge postganglionäre Signalübertragung . . . . .	570
Sympathisch cholinerge postganglionäre Übertragung . . . . .	571
Parasympathische postganglionäre Signalübertragung . . . . .	571
16.3.3 Nichtklassische Signalübertragung, Kotransmitter und Neuro- modulation . . . . .	574
Purinerge Transmission . . . . .	574
Peptiderge Transmission . . . . .	575
Nitriderge Transmission . . . . .	576
16.3.4 Präsynaptische Kontrolle der Transmitterfreisetzung . . . . .	576
Präsynaptische adrenerge Kontrolle . . . . .	576
Präsynaptische cholinerge Kontrolle . . . . .	576
16.3.5 Kontrolle des enterischen Nervensystems durch Sympathikus und Parasympathikus . . . . .	577
<b>16.4 Zentrale vegetative Reflexbahnen . . . . .</b>	<b>578</b>
16.4.1 Miktion und Defäkation . . . . .	578
<b>16.5 Zentrale Kontrolle des VNS im Verhaltenskontext . . . . .</b>	<b>579</b>
<b>16.6 Der Hypothalamus als vegetatives Koordinationszentrum . . . . .</b>	<b>580</b>
<b>17 Sinnesphysiologie: Funktionsprinzipien und somatoviszzerale Sensibilität . . . . .</b>	<b>582</b>
<i>J. C. Behrends</i>	
<b>17.1 Funktionsprinzipien von Sinnessystemen . . . . .</b>	<b>583</b>
17.1.1 Sinneskanäle als Basis der Unterscheidung von Modalitäten . . . . .	583
Subjektive Unterscheidung von Sinnesempfindungen . . . . .	583
Kodierung von Modalitäten über Sinneskanäle . . . . .	584
Bedeutung des Reizes für Sinnesempfindungen . . . . .	586
17.1.2 Mechanismen der Reizaufnahme und -umwandlung . . . . .	586
Transduktion und Transformation . . . . .	587
Adaptation . . . . .	589
17.1.3 Prinzipielle Organisation von Sinneskanälen . . . . .	589
Rezeptive Felder . . . . .	589
Hierarchische Ordnung von Neuronen in Sinneskanälen . . . . .	591
Bedeutung inhibitorischer Mechanismen in Sinneskanälen . . . . .	591
17.1.4 Subjektive Sinnesphysiologie (Psychophysik) . . . . .	592
<b>17.2 Periphere Organisation der somatoviszzeralen Sensibilität und Sensormechanismen . . . . .</b>	<b>594</b>
17.2.1 Grundlagen der peripheren Organisation . . . . .	594
17.2.2 Kutane Mechanorezeption . . . . .	596
Grundlagen . . . . .	596
Spezialisierte Mechanosensoren der Haut und zugehörige afferente Fasern . . . . .	597
17.2.3 Propriozeption . . . . .	601
17.2.4 Thermorezeption . . . . .	601
Grundlagen . . . . .	601
Thermosensoren und zugehörige Afferenzen . . . . .	602
17.2.5 Nozizeption . . . . .	603
Grundlagen . . . . .	603
Nozizeptoren und nozizeptive Afferenzen . . . . .	604
17.2.6 Viszerale Sensibilität . . . . .	607
<b>17.3 Zentrale Organisation der somatoviszzeralen Sensibilität . . . . .</b>	<b>608</b>
17.3.1 Verschaltungen im Rückenmark und im Hirnstamm . . . . .	608
Hinterstrangsystem . . . . .	610
Vorderseitenstrangsystem . . . . .	611
Trigeminales System . . . . .	615

<b>17 Sinnesphysiologie: Funktionsprinzipien und somatoviszzerale Sensibilität</b>
--

## 18 Visuelles System – Auge und Sehen

## 19 Auditorisches System, Stimme und Sprache

17.3.2	Thalamokortikale somatoviszerosensible Systeme	616
	Thalamus	616
	Kortex	618
<b>18</b>	<b>Visuelles System – Auge und Sehen</b>	<b>624</b>
	<i>S. Frings, F. Müller</i>	
<b>18.1</b>	<b>Auge</b>	<b>625</b>
18.1.1	Aufbau des Auges	625
18.1.2	Dioptrischer Apparat	625
	Physikalische Grundlagen der Optik	625
	Abbildung durch den dioptrischen Apparat des Auges	627
	Akkommodation	628
	Refraktionsanomalien	630
	Abbildungsfehler	632
18.1.3	Pupille	634
	Reflexbogen der Pupillenreaktion	634
	Gestörte Pupillenreaktion: Testverfahren	636
18.1.4	Augeninnendruck	637
	Messung des Augeninnendrucks (Tonometrie)	637
18.1.5	Tränensekretion	640
18.1.6	Augenbewegungen	640
	Augenmuskeln	640
	Konjugierte Augenbewegungen	640
	Vergenzbewegungen	641
	Zufällige Augenbewegungen	641
	Kontrolle der Augenbewegungen	641
18.1.7	Netzhaut und primäre sensorische Prozesse	641
	Ophthalmoskopie	641
	Aufbau der Retina	643
	Photorezeptoren	644
	Phototransduktion	645
	Informationsverarbeitung in der Retina	648
	Visus (Sehschärfe)	651
	Farbsehen	652
	Adaptation	655
<b>18.2</b>	<b>Zentrale Sehbahn und kortikale Repräsentation</b>	<b>658</b>
18.2.1	Verlauf und Funktion der Sehbahn	658
	Übersicht	658
	Anatomischer Verlauf	658
	Gesichtsfeld	659
18.2.2	Informationsverarbeitung innerhalb der einzelnen Stationen der Sehbahn	661
	Retina	662
	Corpus geniculatum laterale	662
	Primärer visueller Kortex	663
	Sekundäre visuelle Kortexareale	666
18.2.3	Räumliches Sehen (Tiefenwahrnehmung)	668
▶	<b>verlinkte Vorklinik: Diabetes mellitus Typ 1 (Ketoazidose)</b>	<b>670</b>
<b>19</b>	<b>Auditorisches System, Stimme und Sprache</b>	<b>674</b>
	<i>S. Frings, F. Müller</i>	
<b>19.1</b>	<b>Grundbegriffe der physiologischen Akustik</b>	<b>675</b>
19.1.1	Schall	675
19.1.2	Schalldruckpegel und Lautstärkepegel	675
19.1.3	Hörbereich und Unterschiedsschwellen	677
<b>19.2</b>	<b>Schallübertragung zum Innenohr</b>	<b>678</b>
19.2.1	Formen der Schalleitung	678
19.2.2	Impedanzanpassung und Schallschutz im Mittelohr	680

**19.3 Schallverarbeitung im Innenohr** ..... **681**

19.3.1 Anatomische Voraussetzungen für die Schallanalyse ..... 681

    Allgemeiner Aufbau des Innenohrs ..... 681

    Unterteilung der Cochlea ..... 682

19.3.2 Mechanismen der Schallanalyse ..... 683

    Übertragung des Schalldrucks ..... 683

    Erregung von Sinneszellen ..... 684

**19.4 Zentrale Hörbahn und kortikale Repräsentation** ..... **688**

19.4.1 Kodierung auditorischer Signale ..... 688

19.4.2 Stationen der Hörbahn ..... 689

19.4.3 Richtungshören ..... 692

**19.5 Lautbildung und -ausformung durch den peripheren Sprechapparat** **693**

19.5.1 Phonation ..... 693

19.5.2 Artikulation ..... 694

**20 Vestibuläres System** ..... **696**

*S. Frings, F. Müller*

**20.1 Vestibularapparat** ..... **697**

20.1.1 Anatomischer Aufbau ..... 697

20.1.2 Beschleunigungsmessung mit Haarzellen ..... 698

20.1.3 Makulaorgane – Registrierung von Linearbeschleunigung ..... 700

    Statische Information ..... 700

    Dynamische Information ..... 701

20.1.4 Bogengangsorgane – Registrierung von Drehbeschleunigung ..... 701

**20.2 Zentrale Verschaltung des vestibulären Systems** ..... **702**

20.2.1 Anatomischer Aufbau ..... 702

20.2.2 Vestibulookulärer Reflex und weitere Nystagmusformen ..... 703

    Vestibulärer Nystagmus ..... 703

    Optokinetischer Nystagmus ..... 705

    Endstellnystagmus ..... 706

    Testverfahren ..... 706

20.2.3 Vestibulospinale Reflexe ..... 707

20.2.4 Bewusste Lagewahrnehmung ..... 708

**21 Gustatorisches und olfaktorisches System** ..... **712**

*S. Frings, F. Müller*

**21.1 Der Geschmackssinn** ..... **713**

21.1.1 Geschmackszellen ..... 714

21.1.2 Reizübermittlung (gustatorische Transduktion) ..... 715

21.1.3 Geschmacksbahn ..... 715

**21.2 Der Geruchssinn** ..... **717**

21.2.1 Riechschleimhaut und Riechzellen ..... 718

21.2.2 Reizübermittlung (olfaktorische Transduktion) ..... 719

21.2.3 Riechbahn ..... 719

**21.3 Vergleich zwischen gustatorischem und olfaktorischem System** .... **721**

**22 Sensomotorik** ..... **724**

*J. Rettig*

**22.1 Einleitung** ..... **725**

**22.2 Spinale Motorik** ..... **726**

22.2.1 Aufbau des Rückenmarks ..... 726

    Sensomotorische Efferenzen des Rückenmarks (Ausgang) ..... 727

    Sensomotorische Afferenzen des Rückenmarks (Eingang) ..... 728

22.2.2 Funktionen des Rückenmarks ..... 730

    Reflexe ..... 730

    Lokomotionsgenerator ..... 734

22.2.3 Supraspinale Kontrolle über absteigende Bahnen ..... 734

20 Vestibuläres System

21 Gustatorisches und olfaktorisches System

22 Sensomotorik

<b>22.3</b>	<b>Hirnstamm und Motorik</b> .....	<b>736</b>
22.3.1	Aufbau des Hirnstamms .....	736
22.3.2	Funktionen des Hirnstamms .....	737
	Modulation des Lokomotionsgenerators .....	737
	Posturale Reaktionen .....	738
	Weiterleitung der Kleinhirn-Eingänge .....	739
<b>22.4</b>	<b>Planung und Ausführung von Willkürbewegungen</b> .....	<b>739</b>
22.4.1	Kortex .....	740
	Primärer motorischer Kortex .....	740
	Prämotorischer und supplementär-motorischer Kortex .....	741
	Projektionen des Kortex .....	741
22.4.2	Basalganglien .....	743
	Aufbau der Basalganglien .....	743
	Projektionen der Basalganglien .....	743
	Funktionen der Basalganglien .....	744
22.4.3	Kleinhirn .....	746
	Aufbau des Kleinhirns .....	746
	Funktionen und Projektionen des Kleinhirns .....	746
<b>22.5</b>	<b>Zusammenfassendes Beispiel sensomotorischer Abläufe</b> .....	<b>749</b>
▶	<b>verlinkte Vorklinik: Parkinson-Syndrom (Morbus Parkinson)</b> .....	<b>751</b>

## **23 Integrative Leistungen des zentralen Nervensystems** .....

754

*J. Bischofberger*

<b>23.1</b>	<b>Anatomische und funktionelle Organisation der Großhirnrinde</b> .....	<b>755</b>
23.1.1	Makroskopischer Aufbau .....	755
23.1.2	Funktionelle Gliederung .....	755
	Primäre Rindenfelder .....	755
	Assoziationsfelder .....	756
	Kortikale Asymmetrie und Hemisphärendominanz .....	757
23.1.3	Mikroskopische Struktur und Verschaltung .....	758
	Laminäre Organisation des Neokortex .....	758
	Kortikale Informationsverarbeitung .....	759
<b>23.2</b>	<b>Neurophysiologische Untersuchung zerebraler Aktivität</b> .....	<b>763</b>
23.2.1	Elektroenzephalogramm (EEG) .....	763
	Entstehung und Ableitung elektrischer Potenziale .....	763
	EEG-Frequenzen .....	764
	Synchronisationsmechanismen .....	766
23.2.2	Ereigniskorrelierte Potenziale (EKP) .....	767
23.2.3	Magnetenzephalogramm (MEG) .....	767
23.2.4	Funktionelle Analyse durch Bildgebung .....	768
	Funktionelle Magnet-Resonanz-Tomografie (fMRT) .....	768
	Positronen-Emissions-Tomografie (PET) .....	769
<b>23.3</b>	<b>Schlafen, Wachen, Aufmerksamkeit</b> .....	<b>769</b>
23.3.1	Der zirkadiane Rhythmus .....	769
23.3.2	Wachheit und Schlaf im EEG .....	769
23.3.3	Neuronale Steuerung der Schlafphasen .....	771
23.3.4	$\gamma$ -Oszillationen bei Wachheit und REM-Schlaf .....	771
23.3.5	Synchronisationsmechanismus der $\gamma$ -Oszillationen .....	772
23.3.6	Altersabhängigkeit des Schlaf-Wach-Rhythmus .....	772
<b>23.4</b>	<b>Sprache und Bewusstsein</b> .....	<b>773</b>
23.4.1	Sprache .....	773
	Sprachverarbeitung im auditorischen Kortex .....	773
	Wernicke-Areal .....	773
	Broca-Areal .....	774
	Bidirektionale Koordination .....	774
	Hemisphärendominanz der Sprachregionen .....	775
	Lesen und Schreiben .....	775
23.4.2	Bewusstsein .....	776
	Unbewusste (implizite) Wahrnehmung .....	776

	Bewusste (explizite) Wahrnehmung .....	777
	Bewusstseinsstörungen .....	778
<b>23.5</b>	<b>Lernen und Gedächtnis .....</b>	<b>779</b>
23.5.1	Sensorisches Gedächtnis .....	779
23.5.2	Arbeits- oder Kurzzeitgedächtnis .....	780
	Funktion und Kapazität .....	780
	Neuronale Grundlagen des Arbeitsspeichers .....	780
23.5.3	Langzeitgedächtnis .....	780
	Lernprozesse und Prägung des Gehirns .....	780
	Prägung und synaptische Plastizität .....	781
	Implizites und explizites Langzeitgedächtnis .....	781
	Implizites Langzeitgedächtnis .....	781
	Explizites Langzeitgedächtnis .....	782
23.5.4	Molekulare Mechanismen der synaptischen Plastizität .....	785
	Räumliches Gedächtnis und NMDA-Rezeptoren .....	785
	Langzeitpotenzierung (LTP) .....	785
	Langzeitdepression (LTD) .....	787
	Räumliches Gedächtnis durch synaptische Plastizität .....	787
	Hirnentwicklung und Lernen .....	787
<b>23.6</b>	<b>Triebverhalten, Motivation und Emotion .....</b>	<b>787</b>
23.6.1	Motivation durch Triebe .....	787
23.6.2	Zielgerichtetes Verhalten durch Emotionen .....	787
23.6.3	Zentrale Repräsentation von Emotionen .....	788
	Das limbische System .....	788
	Erweiterung des limbischen Systems .....	788
	Der Hypothalamus .....	788
	Das Vorderhirn .....	789
23.6.4	Hunger und Durst .....	789
23.6.5	Angst und Furcht .....	790
	Furchtgedächtnis durch assoziative synaptische Plastizität .....	790
	Löschung des Furchtgedächtnisses .....	790
23.6.6	Freude und Sucht .....	792
	Ncl. accumbens als Lust- und Motivationszentrum .....	792
	Dopamin als Belohnungssignal .....	792
	Sucht .....	794
▶	<b>verlinkte Vorklinik: Hirninfarkt .....</b>	<b>795</b>
	<b>Quellenverzeichnis .....</b>	<b>797</b>
	<b>Sachverzeichnis .....</b>	<b>801</b>

Quellenverzeichnis

Sachverzeichnis

## ▶ verlinkte Vorklinik: Die Idee

Anhand von Fallgeschichten aus dem klinischen Alltag lernen Sie nicht nur ausgewählte Krankheitsbilder kennen, sondern können durch die anschließenden Fragen zur physiologischen Hintergründen dieser Erkrankungen Ihr erworbenes Wissen testen und direkt anwenden. Die gleichen Patienten werden auch in den beiden anderen Duale-Reihe-Lehrbüchern für die Vorklinik (Anatomie und Biochemie) vorgestellt und ihr Krankheitsbild unter den jeweils fachspezifischen Gesichtspunkten vertieft. Diese fächerübergreifende Vernetzung trainiert den Blick für Zusammenhänge und eignet sich somit perfekt zur Vorbereitung auf den mündlichen Teil der 1. Ärztlichen Prüfung sowie auf Ihre spätere ärztliche Tätigkeit.