

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur deutschen Ausgabe VII
Vorwort zur amerikanischen Originalausgabe IX
Danksagungen XV
Autoren „Köpfe und Ideen“ XXVIII

Teil I Grundlagen 1

Kapitel 1 Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft der Neurowissenschaft 3

Einführung 4
Die Ursprünge der Neurowissenschaft 5
Vorstellungen vom Gehirn in der griechischen Antike 5
Vorstellungen vom Gehirn im Römischen Reich 6
Vorstellungen vom Gehirn von der Renaissance bis in das 19. Jahrhundert 7
Vorstellungen vom Gehirn im 19. Jahrhundert 8
Neurowissenschaft heute 14
Ebenen der Analyse 14
Neurowissenschaftler 15
Das wissenschaftliche Vorgehen 16
Die Verwendung von Versuchstieren in der neurowissenschaftlichen Forschung 18
Die Kosten der Unwissenheit: Erkrankungen des Nervensystems 22
Abschließende Bemerkungen 24
Wiederholungsfragen 25
Weiterführende Literatur 25

Kapitel 2 Neuronen und Gliazellen 27

Einführung 28
Die Neuronendoktrin 29
Die Golgi-Färbung 30
Der Beitrag von Cajal 31
Exkurs 2.1 Fortschritte in der Mikroskopie 32
Die Grundstruktur von Neuronen 33
Das Soma 33
Exkurs 2.2 Die Expression des menschlichen Verstandes im postgenomischen Zeitalter 37
Die Nervenzellmembran 40
Das Cytoskelett 40
Das Axon 41

Exkurs 2.3 Die Alzheimer-Krankheit und das neuronale Cytoskelett 42

Exkurs 2.4 Per Anhalter mit dem retrograden Transport unterwegs 47

Dendriten 48

Exkurs 2.5 Geistige Behinderungen und die dendritischen Dornfortsätze 49

Exkurs 2.6 Gliazellen – mehr als nur der Kitt, der die Nerven zusammenhält 50

Klassifizierung von Neuronen 51

Klassifizierung aufgrund der Anzahl der Neuriten 51
Klassifizierung aufgrund der Dendriten 51
Klassifizierung aufgrund der Verknüpfungen 51
Klassifizierung aufgrund der Axonlänge 52
Klassifizierung aufgrund der Neurotransmitter 52

Gliazellen 52

Astrocyten 53
Myelinierende Gliazellen 53
Andere nichtneuronale Zellen 53

Abschließende Bemerkungen 54

Wiederholungsfragen 55

Weiterführende Literatur 55

Kapitel 3 Die neuronale Membran im Ruhezustand 57

Einführung 58

Das chemische Milieu 59
Cytosol und Extrazellulärflüssigkeit 60
Die Phospholipidmembran 61
Proteine 62

Die Bewegung von Ionen 66

Diffusion 66
Elektrizität 67

Exkurs 3.1 Mole und Molarität – ein Überblick 67

Ionen als Grundlage des Ruhepotenzials 68

Gleichgewichtspotenziale 69
Konzentrationsgradienten 72

Exkurs 3.2 Die Nernst-Gleichung 73

Ionenpermeabilitäten im Ruhezustand 75

Exkurs 3.3 Die Goldman-Gleichung 75

Exkurs 3.4 Die atomare Struktur eines Kaliumkanals 78

Exkurs 3.5 Tod durch eine tödliche Injektion 80

Abschließende Bemerkungen 80

Wiederholungsfragen 80

Weiterführende Literatur 81

Kapitel 4 Das Aktionspotenzial 83**Einführung 84****Eigenschaften des Aktionspotenzials 84**

Verlauf eines Aktionspotenzials 84

Exkurs 4.1 Methoden für die Messung von Aktionspotenzialen 85

Die Erzeugung des Aktionspotenzials 86

Die Erzeugung von multiplen Aktionspotenzialen 87

Das Aktionspotenzial in der Theorie 88

Ströme und Leitfähigkeiten in der Membran 89

Ionenströme beim Aktionspotenzial 91

Das Aktionspotenzial in der Realität 93

Der spannungsabhängige Natriumkanal 94

Exkurs 4.2 Die *Patch-Clamp*-Methode 98**Exkurs 4.3** Tetrodotoxin und die Morgendämmerung der Ionenkanalpharmakologie 99

Spannungsabhängige Kaliumkanäle 100

Zusammenfassung der Begriffe 101

Fortpflanzung des Aktionspotenzials 103

Faktoren, die die Leitungsgeschwindigkeit beeinflussen 104

Myelin und die saltatorische Erregungsleitung 105

Exkurs 4.4 Örtliche Betäubung 106**Aktionspotenziale, Axone und Dendriten 107****Exkurs 4.5** Multiple Sklerose, eine demyelinierende Krankheit 107**Exkurs 4.6** Die elektrische Signatur der Neuronen 109**Abschließende Bemerkungen 110****Wiederholungsfragen 110****Weiterführende Literatur 111****Kapitel 5 Die synaptische Übertragung 113****Einführung 114****Typen von Synapsen 115****Exkurs 5.1** Otto Loewi und der *Vagusstoff* 115

Elektrische Synapsen 116

Chemische Synapsen 118

Exkurs 5.2 Elektrische Synapsen 121**Grundlagen der Signalübertragung an chemischen Synapsen 122**

Neurotransmitter 124

Synthese und Speicherung von Neurotransmittern 125

Freisetzung von Neurotransmittern 126

Rezeptoren und Effektoren von Neurotransmittern 129

Exkurs 5.3 Auf Vesikel-Fang 130

Rückgewinnung und Abbau von Neurotransmittern 133

Exkurs 5.4 Umkehrpotenziale 134

Neuropharmakologie 135

Exkurs 5.5 Bakterien, Spinnen, Schlangen und Menschen 135**Grundlagen der synaptischen Integration 136**

Die Integration von EPSP 137

Eigenschaften der Dendriten und synaptische Integration 139

Hemmung 141

Exkurs 5.6 Erschreckende Mutationen und Gifte 142

Modulation 144

Abschließende Bemerkungen 146**Wiederholungsfragen 147****Weiterführende Literatur 147****Kapitel 6 Neurotransmittersysteme 149****Einführung 150****Untersuchung der****Neurotransmittersysteme 151**

Lokalisierung von Transmittern und transmittersynthetisierenden Enzymen 151

Untersuchung der Transmitterfreisetzung 154

Untersuchung der synaptischen Effekte 155

Untersuchung von Rezeptoren 155

Die Biochemie der Neurotransmitter 159

Cholinerge Neuronen 159

Exkurs 6.1 Pumpen für Ionen und Transmitter 161

Catecholaminerge Neuronen 162

Serotonerge Neuronen 164

Aminoaciderge Neuronen 165

Andere mutmaßliche Neurotransmitter und interzelluläre Signalmoleküle 166

Exkurs 6.2 Das Gehirn ist von Endocannabinoiden abhängig 167**Ligandengesteuerte Kanäle 169****Exkurs 6.3** Die Entschlüsselung der Sprache der Neuronen 170

Grundstruktur von ligandengesteuerten Kanälen 170

Aminosäureabhängige Kanäle 173

Exkurs 6.4 Übererregung: Gift für Nervenzellen 175**G-Protein-gekoppelte Rezeptoren und Effektoren 177**

Struktur von G-Protein-gekoppelten Rezeptoren 177

Weite Verbreitung der G-Proteine 178

G-Protein-gekoppelte Effektorsysteme 180

Divergenz und Konvergenz in Neurotransmittersystemen 184**Abschließende Bemerkungen 185****Wiederholungsfragen 186****Weiterführende Literatur 186**

Kapitel 7 Die Struktur des Nervensystems 187**Einführung 188****Organisation des Säugetier-Gehirns 188**

Anatomische Bezugspunkte 190

Das Zentralnervensystem 191

Das periphere Nervensystem 193

Die Hirnnerven 194

Die Hirnhäute 194

Das Ventrikelsystem 195

Exkurs 7.1 Wasser im Gehirn 196

Bildgebung am lebenden Gehirn 196

Exkurs 7.2 Magnetresonanztomografie 197**Exkurs 7.3** Funktionelle Bildgebung: PET und fMRT 198**Das Gehirn aus Sicht seiner Entwicklung 200**

Die Bildung des Neuralrohrs 202

Die drei primären Hirnbläschen 203

Differenzierung des Vorderhirns 203

Exkurs 7.4 Ernährung und Neuralrohr 204

Differenzierung des Mittelhirns 208

Differenzierung des Rautenhirns 209

Differenzierung des Rückenmarks 212

Wie alles zusammenpasst 214

Besondere Merkmale des menschlichen ZNS 215

Ein Atlas der Großhirnrinde 218

Die Areale des Neocortex 220

Exkurs 7.5 Die Evolution meines Gehirns 222**Abschließende Bemerkungen 224****Wiederholungsfragen 224****Weiterführende Literatur 226****Anhang: Bildatlas der menschlichen Neuroanatomie 227****Einführung 228****Anatomie der Gehirnoberfläche 228**

Seitliche Oberfläche des Gehirns 230

Mediale Oberfläche des Gehirns 233

Ventrale Oberfläche des Gehirns 236

Dorsale Oberfläche des Gehirns 237

Anatomie des Gehirns in Querschnitten 239

Querschnitt 1: Vorderhirn am vorderen Ende des Thalamus 240

Querschnitt 2: Vorderhirn in der Mitte des Thalamus 242

Querschnitt 3: Vorderhirn am Thalamus-Mittelhirn-Übergang 244

Querschnitt 4: rostrales Mittelhirn 246

Querschnitt 5: caudales Mittelhirn 246

Querschnitt 6: Brücke und Kleinhirn 247

Querschnitt 7: rostrale Medulla 247

Querschnitt 8: mittlere Medulla 248

Querschnitt 9: Übergang zwischen Medulla und Rückenmark 248

Rückenmark 248

Dorsalansicht von Rückenmark und Spinalnerven 248

Ventral-laterale Oberfläche 250

Anatomie im Querschnitt 251

Vegetatives Nervensystem 252**Hirnnerven 254****Blutversorgung des Gehirns 256**

Ventralansicht 256

Lateralansicht 257

Medialansicht (ohne Hirnstamm) 257

Selbsttest 258**Teil II Sensorische und motorische Systeme 271****Kapitel 8 Die chemischen Sinne 273****Einführung 274****Geschmack 275**

Die Grundgeschmacksrichtungen 275

Die Geschmacksorgane 276

Geschmacksrezeptorzellen 277

Mechanismen der Geschmackstransduktion 279

Zentrale Geschmacksbahnen 283

Exkurs 8.1 Signaltransduktion in Sinneszellen 285**Exkurs 8.2** Erinnerungen an eine sehr schlechte Mahlzeit 286

Die neuronale Codierung des Geschmacks 286

Geruch 288

Die Geruchsorgane 289

Exkurs 8.3 Menschliche Pheromone? 289

Geruchsrezeptorzellen 290

Die zentralen Geruchsnervenbahnen 295

Räumliche und zeitliche Abbildung der Geruchsinformationen 298

Abschließende Bemerkungen 300**Wiederholungsfragen 301****Weiterführende Literatur 301****Kapitel 9 Das Auge 303****Einführung 304****Eigenschaften des Lichts 305**

Licht 305

Optik 306

Der Aufbau des Auges 307

- Anatomie des Auges im Überblick 307
- Betrachtung des Augenhintergrunds 308
- Horizontalschnitt durch das Auge 309
 - Exkurs 9.1** Nachweis der blinden Regionen des Auges 309

Bildentstehung im Auge 310

- Brechung durch die Cornea 310
 - Exkurs 9.2** Sehstörungen 311
- Akkommodation durch die Linse 312
- Der Pupillenreflex 313
 - Exkurs 9.3** Sehkorrektur 314

Das Gesichtsfeld 315

Die Sehschärfe 316

Mikroskopische Anatomie der Netzhaut 316

- Der Schichtenaufbau der Netzhaut 317
- Struktur der Photorezeptoren 317
- Lokale Unterschiede beim Aufbau der Netzhaut 319

Phototransduktion 319

- Phototransduktion in den Stäbchen 321
- Phototransduktion in den Zapfen 324
- Hell-Dunkel-Adaptation 325
 - Exkurs 9.4** Die Genetik des Farbensehens 326

Informationsverarbeitung in der Netzhaut 327

- Exkurs 9.5** Ein flüchtiger Blick in die Netzhaut 328
- Verrechnung in der äußeren plexiformen Schicht 329

Ausgangssignale der Netzhaut 331

- Rezeptive Felder der Ganglienzellen 331
- Ganglienzelltypen 333
- Parallele Reizverarbeitung 335

Abschließende Bemerkungen 336

Wiederholungsfragen 336

Weiterführende Literatur 337

Kapitel 10 Das zentrale visuelle System 339

Einführung 340

Die retinofugale Projektion 341

- Sehnerv, Sehnervenkreuzung und Tractus opticus 342
- Die linke und rechte Gesichtsfeldhälfte 342
- Projektionsgebiete der Sehbahn 343
 - Exkurs 10.1** David gegen Goliath 345

Das Corpus geniculatum laterale 346

- Segregation der Eingänge nach Auge und Ganglienzelltyp 347
- Rezeptive Felder 348
- Nichtretinale Eingänge zum CGL 349

Anatomie der primären Sehrinde 350

Retinotopie 351

Schichtenaufbau der primären Sehrinde 352

Afferenzen und Efferenzen der primären Sehrinde 353

Cytochromoxidase-Blobs 356

Physiologie der primären Sehrinde 356

- Rezeptive Felder 357
 - Exkurs 10.2** Das optische Abbild der neuronalen Aktivität 359

Parallele Verarbeitungspfade und cortikale Module 363

Exkurs 10.3 Das Sehvermögen und die Kunst 364

Jenseits der primären Sehrinde 366

Der dorsale Pfad 368

Der ventrale Pfad 370

Exkurs 10.4 Die Magie des dreidimensionalen Sehens 372

Von der Einzelzelle zur Wahrnehmung 372

Vom Photorezeptor zum Großmutterneuron 373

Parallelverarbeitung und Wahrnehmung 374

Abschließende Bemerkungen 375

Wiederholungsfragen 375

Weiterführende Literatur 376

Kapitel 11 Das auditorische und das vestibuläre System 377

Einführung 378

Das Wesen des Schalls 379

Bau des auditorischen Systems 380

Exkurs 11.1 Ultraschall und Infraschall 381

Das Mittelohr 382

- Die Bestandteile des Mittelohrs 382
- Verstärkung des Schalldrucks durch die Gehörknöchelchen 383
- Der Attenuationsreflex 384

Das Innenohr 385

- Anatomie der Cochlea 385
- Physiologie der Cochlea 387

Exkurs 11.2 Die Tauben sollen hören: Cochleaimplantate 392

Exkurs 11.3 Vom Schall zum Schallempfinden 394

Exkurs 11.4 Lärmende Ohren: Otoakustische Emissionen 397

Zentrale auditorische Verarbeitung 399

- Anatomie der Hörbahn 399
- Antworteigenschaften von Neuronen der Hörbahn 401

Codierung von Schalldruck und Schallfrequenz 401

- Schalldruck 402
- Reizfrequenz, Tonotopie und Phasenkopplung 402

Mechanismen der Schalllokalisierung 405

Schalllokalisierung in der Horizontalebene 405

Schalllokalisierung in der Vertikalebene 409

Der auditorische Cortex 410

Neuronale Antwortheigenschaften 411

Exkurs 11.5 Wie arbeitet der auditorische Cortex?

Fragen Sie einen Spezialisten! 412

Auswirkungen von Läsionen im auditorischen Cortex 412

Exkurs 11.6 Hörstörungen und ihre Behandlung 414**Das vestibuläre System 414**

Das vestibuläre Labyrinth 415

Die Maculaorgane 415

Die Bogengänge 419

Zentrale vestibuläre Bahnen und vestibuläre Reflexe 420

Pathologie des Vestibularapparats 423

Abschließende Bemerkungen 423**Wiederholungsfragen 424****Weiterführende Literatur 425****Kapitel 12 Das somatosensorische System 427****Einführung 428****Tastsinn 429**

Mechanorezeptoren der Haut 429

Primär afferente Nervenfasern 434

Das Rückenmark 436

Exkurs 12.1 Herpes, Gürtelrose und Dermatome 438

Die Hinterstrangbahn 439

Exkurs 12.2 Laterale Hemmung 441

Die trigeminale Bahn 442

Somatosensorischer Cortex 443

Exkurs 12.3 Wenn Gehirnkarten kollidieren 450**Schmerz 452**

Nozizeptoren und die Transduktion schmerzhafter Reize 452

Exkurs 12.4 Das Elend eines Lebens ohne

Schmerzen 453

Exkurs 12.5 Scharf und würzig 455

Primäre Afferenzen und spinale Mechanismen 456

Aufsteigende Schmerzbahnen 457

Regulation der Schmerzempfindung 461

Exkurs 12.6 Schmerz und der Placeboeffekt 464**Temperatur 464**

Thermorezeptoren 464

Die Temperaturbahn 466

Abschließende Bemerkungen 467**Wiederholungsfragen 467****Weiterführende Literatur 468****Kapitel 13 Spinale Kontrolle der Motorik 469****Einführung 470****Das Skelettmuskelsystem 470****Das spinale Motoneuron 472**

Die segmentale Organisation der spinalen

Motoneuronen 473

 α -Motoneuronen 474

Typen motorischer Einheiten 478

Exkurs 13.1 Amyotrophe Lateralsklerose 480**Elektromechanische Kopplung 480**

Die Struktur der Muskelfasern 481

Molekulare Grundlagen der Muskelkontraktion 482

Exkurs 13.2 Muskeldystrophie Typ Duchenne 485**Spinale Kontrolle motorischer Einheiten 486**

Propriozeption durch Muskelspindeln 486

Exkurs 13.3 Myasthenia gravis 487**Exkurs 13.4** Die Ermittlung der Ursache von

Myasthenia gravis 488

 γ -Motoneuronen 489

Propriozeption durch die Golgi-Sehnenorgane 492

Spinale Interneuronen 494

Erzeugung spinaler Motorprogramme zum

Gehen 496

Abschließende Bemerkungen 499**Wiederholungsfragen 500****Weiterführende Literatur 500****Kapitel 14 Bewegungskontrolle durch das Gehirn 501****Einführung 502****Absteigende Rückenmarksbahnen 504**

Die lateralen Bahnen 505

Exkurs 14.1 Parese, Paralyse, Spastik und

Babinskizeichen 507

Die ventromedialen Bahnen 508

Cortikale Bewegungsplanung 511

Motorcortex 511

Beiträge von Parietal- und Präfrontalcortex 513

Neuronale Korrelate der Bewegungsplanung 514

Exkurs 14.2 Verhaltensneurophysiologie 516**Die Basalganglien 516**

Anatomie der Basalganglien 517

Die motorische Funktionsschleife 518

Exkurs 14.3 Begehen Neuronen in kranken

Basalganglien Selbstmord? 520

Auslösung von Bewegung durch den primären**Motorcortex 522**

Ein- und Ausgänge von M1 522

Codierung von Bewegung in M1 523

Exkurs 14.4 Neurotechnologie: Verschmelzung von Geist und Maschine 526

Das Kleinhirn 528

Anatomie des Kleinhirns 528

Exkurs 14.5 Normale und anormale unwillkürliche Bewegungen 529

Motorische Schleife durch das laterale Kleinhirn 530

Abschließende Bemerkungen 532

Wiederholungsfragen 533

Weiterführende Literatur 533

Teil III Gehirn und Verhalten 535

Kapitel 15 Neurovegetative und modulatorische Systeme 537

Einführung 538

Der neurosekretorische Hypothalamus 540

Eine Übersicht über den Hypothalamus 540

Zur Hypophyse hinführende Bahnen 542

Das vegetative Nervensystem 547

Exkurs 15.1 Stress und Gehirn 548

Vegetative Schaltkreise 549

Neurotransmitter und Pharmakologie 554

Diffuse modulatorische Systeme 556

Anatomie und Funktionen 556

Exkurs 15.2 Du isst, wie du bist 558

Exkurs 15.3 Das dopaminerge Erwachen 561

Pharmakologische Beeinflussung modulatorischer Systeme 564

Abschließende Bemerkungen 567

Wiederholungsfragen 567

Weiterführende Literatur 568

Kapitel 16 Motivation 569

Einführung 570

Hypothalamus, Homöostase und motiviertes Verhalten 570

Langzeitregulierung der Nahrungsaufnahme 571

Energiegleichgewicht 572

Hormonelle und hypothalamische Regulierung von Körperfett und Nahrungsaufnahme 573

Exkurs 16.1 Das hungernde Gehirn der Dicken 575

Kurzzeitregulierung der Nahrungsaufnahme 580

Appetit, Essen, Verdauung und Sättigung 581

Exkurs 16.2 Diabetes mellitus und Insulinschock 583

Warum essen wir? 584

Verstärkung und Belohnung 584

Exkurs 16.3 Selbststimulation des menschlichen Gehirns 585

Exkurs 16.4 Von der Faszination in das Gehirn blicken zu können 586

Dopamin und Motivation 587

Exkurs 16.5 Dopamin und Sucht 588

Serotonin, Nahrung und Stimmung 588

Andere motivierte Verhaltensweisen 589

Trinken 590

Temperaturregulation 592

Abschließende Bemerkungen 593

Wiederholungsfragen 594

Weiterführende Literatur 594

Kapitel 17 Männliches und weibliches Gehirn 595

Einführung 596

Das Geschlecht 597

Genetische Grundlagen des Geschlechts 597

Geschlechtliche Entwicklung und

Differenzierung 599

Hormonelle Kontrolle des Geschlechts 600

Die wichtigsten männlichen und weiblichen

Hormone 601

Regulation der Sexualhormone durch Hypophyse und Hypothalamus 602

Neuronale Grundlagen des

Sexualverhaltens 604

Geschlechtsorgane und ihre Steuerung 605

Paarungsstrategien von Säugetieren 607

Neurochemie des Fortpflanzungsverhaltens 608

Unterschiede zwischen männlichen und

weiblichen Gehirnen 611

Neuroanatomische Geschlechtsunterschiede 612

Kognitive Geschlechtsunterschiede 614

Sexualhormone, Gehirn und Verhalten 615

Exkurs 17.1 Vogelgesang und Vogelgehirn 618

Exkurs 17.2 John/Joan und die Grundlage der Geschlechtsidentität 620

Aktivierende Wirkungen der Sexualhormone 622

Exkurs 17.3 Östrogen und die Synapsen im Hippocampus 624

Sexuelle Orientierung 627

Abschließende Bemerkungen 628

Wiederholungsfragen 628

Weiterführende Literatur 629

Kapitel 18 Neuronale Mechanismen der Emotion 631**Einführung 632****Was sind Emotionen? 632**

Emotionstheorien 633

Das Konzept des limbischen Systems 637

Brocas Lobus limbicus 637

Der Papez-Kreis 638

Exkurs 18.1 Phineas Gage 640

Probleme mit dem Konzept eines einzelnen Emotionssystems 641

Das Klüver-Bucy-Syndrom 641

Amygdala und assoziierte Schaltkreise 642

Anatomie der Amygdala 642

Amygdala und Angst 643

Amygdala und Aggression 646

Exkurs 18.2 Gehirne durch die Hintertür 647**Exkurs 18.3** Frontale Lobotomie 649

Andere Hirnstrukturen und Aggression 650

Serotonin und Aggression 652

Abschließende Bemerkungen 654**Wiederholungsfragen 655****Weiterführende Literatur 655****Kapitel 19 Gehirnrhythmen und Schlaf 657****Einführung 658****Das Elektroenzephalogramm 658**

Die Aufzeichnung von Hirnstromwellen 659

EEG-Rhythmen 662

Mechanismen und Funktion von Gehirnrhythmen 663

Epileptische Krampfanfälle 666

Schlaf 668

Funktionelle Zustände des Gehirns 668

Der Schlafzyklus 670

Exkurs 19.1 Wenn wir im Schlaf umherwandern, sprechen oder schreien 673

Warum schlafen wir? 674

Exkurs 19.2 Der Weltrekord im Wachbleiben 675

Funktionen von Träumen und REM-Schlaf 676

Neuronale Mechanismen des Schlafes 677

Exkurs 19.3 Narkolepsie 682**Circadiane Rhythmen 684**

Biologische Uhren 685

Der suprachiasmatische Kern: Eine Gehirnuhr 688

Exkurs 19.4 Die Uhren von Hamstermutanten 690

SCN-Mechanismen 690

Exkurs 19.5 Vom Schlaf zum Gedächtnis 691**Abschließende Bemerkungen 693****Wiederholungsfragen 694****Weiterführende Literatur 694****Kapitel 20 Sprache 695****Einführung 696****Exkurs 20.1** Gibt es Sprache nur bei Menschen? 697**Die Entdeckung spezialisierter Sprachregionen im Gehirn 698**

Broca-Areal und Wernicke-Areal 699

Exkurs 20.2 Das Wada-Verfahren 700**Verschiedene Arten von Aphasie 700**

Broca-Aphasie 700

Wernicke-Aphasie 703

Aphasie und das Wernicke-Geschwindmodell 705

Leitungsaphasie 707

Aphasie bei Zweisprachlern und Gehörlosen 707

Asymmetrische Sprachverarbeitung in den Hirnhemisphären 708

Sprachverarbeitung bei Split-brain-Patienten 710

Anatomische Asymmetrie und Sprache 713

Sprachstudien mit Gehirnstimulation und Bildgebung 714

Wie sich Gehirnstimulation auf die Sprache auswirkt 714

Untersuchung der Sprachverarbeitung durch funktionelle Bildgebung 715

Exkurs 20.3 Sichtbares hören und Fühbares sehen 718

Spracherwerb 718

Exkurs 20.4 Wo die Sprache herkommt: Die Geschichte zweier Spezies 721**Exkurs 20.5** Die Suche nach Sprachgenen 722**Abschließende Bemerkungen 723****Wiederholungsfragen 723****Weiterführende Literatur 724****Kapitel 21 Aufmerksamkeit 725****Exkurs 21.1** Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätssyndrom (ADHS) 726**Einführung 726****Aufmerksamkeit und Verhalten 727**

Verbesserte Detektion 727
 Schnellere Reaktionszeiten 729
 Neglect-Syndrom als Aufmerksamkeits-
 störung 730
**Physiologische Effekte der Aufmerksam-
 keit 732**
 fMRT-Untersuchung von räumlicher
 Aufmerksamkeit 732
 PET-Untersuchung von merkmalsbasierter
 Aufmerksamkeit 734
 Aktivitätssteigerungen im Parietalcortex 736
Exkurs 21.2 Die Suche nach neuronalen
 Korrelaten der Aufmerksamkeit 737
 Veränderungen rezeptiver Felder in V4 739
Wie wird Aufmerksamkeit gesteuert? 741
 Das Pulvinar 741
 Aufmerksamkeit und Augenbewegungen 742
Abschließende Bemerkungen 744
Wiederholungsfragen 744
Weiterführende Literatur 745

Kapitel 22 Psychische Erkrankungen 747

Einführung 748
Psychische Erkrankungen und Gehirn 748
 Psychosoziale Ansätze zur Erklärung psychischer
 Erkrankungen 749
 Biologische Ansätze zur Erklärung psychischer
 Erkrankungen 750
Angststörungen 751
 Eine Beschreibung von Angststörungen 751
Exkurs 22.1 Gene und Gehirn bei seelischen
 Störungen 752
Exkurs 22.2 Agoraphobie mit Panik-
 attacken 754
 Biologische Grundlagen von Angst-
 störungen 755
 Behandlung von Angststörungen 758
Affektive Störungen 761
 Eine Beschreibung affektiver Störungen 761
 Biologische Grundlagen affektiver Störungen 762
Exkurs 22.3 Ein magischer orangefarbener
 Hain in einem Albtraum 763
 Behandlung affektiver Störungen 765
Schizophrenie 768
 Eine Beschreibung der Schizophrenie 769
 Biologische Grundlagen der Schizophrenie 770
 Behandlung der Schizophrenie 774
Abschließende Bemerkungen 775
Wiederholungsfragen 776
Weiterführende Literatur 776

Teil IV Das adaptive Gehirn 777

Kapitel 23 Die Entstehung neuronaler Schaltkreise 779

Einführung 780
Die Entstehung der Neuronen 781
 Zellproliferation 781
Exkurs 23.1 Neurogenese im adulten Cortex 783
 Zellwanderung 785
 Zelldifferenzierung 786
 Differenzierung der Cortexareale 787
Entstehung von Verbindungen 788
 Das wachsende Axon 789
 Axonale Wegfindung 790
Exkurs 23.2 Von Brennesseln und Nervenzellen 792
Exkurs 23.3 Warum Axone in unserem ZNS nicht
 regenerieren 795
Elimination von Zellen und Synapsen 798
 Zelltod 798
Exkurs 23.4 Das Rätsel des Autismus 799
 Veränderung der synaptischen Kapazität 800
**Aktivitätsabhängige Neuordnung der
 Synapsen 801**
 Segregation der Synapsen 802
 Synaptische Konvergenz 804
Exkurs 23.5 Augendominanzsäulen und andere
 Merkwürdigkeiten 805
Exkurs 23.6 Das Konzept der sensiblen Phase 806
 Synaptische Konkurrenz 809
 Modulatorische Einflüsse 809
**Grundlegende Mechanismen der kortikalen
 Plastizität 811**
 Exzitatorische synaptische Übertragung im
 unausgereiften Sehsystem 811
 Synaptische Langzeitpotenzierung 813
 Synaptische Langzeitdepression 815
Warum sensible Phasen enden 816
Abschließende Bemerkungen 818
Wiederholungsfragen 818
Weiterführende Literatur 819

Kapitel 24 Gedächtnissysteme 821

Einführung 822
Arten von Gedächtnis und Amnesie 822
 Deklaratives und nichtdeklaratives Gedächtnis 823
 Langzeit-, Kurzzeit- und Arbeitsgedächtnis 824
Exkurs 24.1 Ein außergewöhnliches Gedächtnis 825

Amnesie 826
Exkurs 24.2 Eine Geschichte von Fischen und Fischern mit Gedächtnisverlust 828
Die Suche nach dem Engramm 829
 Lashleys Untersuchungen zum Labyrinthlernen bei Ratten 829
 Hebb und der Neuronenverband (*cell assembly*) 831
Exkurs 24.3 Ein Modell für ein verteiltes Gedächtnis 832
 Lokalisierung des deklarativen Gedächtnisses im Neocortex 833
 Elektrische Stimulation Temporallappen 835
Temporallappen und deklaratives Gedächtnis 837
 Auswirkungen einer temporalen Lobektomie 837
 Medialer Temporallappen und Gedächtnisspeicherung 839
 Zwischenhirn und Gedächtnisspeicherung 843
 Gedächtnisfunktionen des Hippocampus 845
Exkurs 24.4 Eine kurze Geschichte des Wasserlabyrinths 848
Striatum und prozedurales Gedächtnis 852
 Ableitungen an Nagetieren und Läsionen des Striatums 853
 Gewohnheitslernen bei Mensch und Affe 855
Neocortex und Arbeitsgedächtnis 857
 Präfrontaler Cortex und Arbeitsgedächtnis 857
 Area LIP und Arbeitsgedächtnis 860
Abschließende Bemerkungen 862
Wiederholungsfragen 862
Weiterführende Literatur 863

Kapitel 25 Molekulare Mechanismen von Lernen und Gedächtnis 865

Einführung 866
Prozedurales Lernen 867
 Nichtassoziatives Lernen 867
 Assoziatives Lernen 868
Einfache Systeme: Invertebratenmodelle für das Lernen 870
 Nichtassoziatives Lernen bei *Aplysia* 870
 Assoziatives Lernen bei *Aplysia* 874
Vertebratenmodelle für das Lernen 877
 Synaptische Plastizität in der Kleinhirnrinde 877
 Synaptische Plastizität im Hippocampus 883
Exkurs 25.1 Synaptische Plastizität: Timing ist alles 887
Exkurs 25.2 Gedächtnismutanten 893
Molekulare Basis des Langzeitgedächtnisses 894
 Dauerhaft aktive Proteinkinasen 894

Proteinsynthese 895
Exkurs 25.3 Ein denkwürdiger Strandspaziergang 896
Abschließende Bemerkungen 900
Wiederholungsfragen 900
Weiterführende Literatur 901

Glossar 903

Literatur 931

Index 955