

Oliver Stoll Ines Pfeffer Dorothee Alfermann



Lehrbuch Sportpsychologie

HUBER



Stoll/Pfeffer/Alfermann
Lehrbuch Sportpsychologie

Aus dem Programm Verlag Hans Huber
Psychologie Lehrbuch

Wissenschaftlicher Beirat:

Prof. Dr. Dieter Frey, München

Prof. Dr. Lutz Jäncke, Zürich (CH)

Prof. Dr. Meinrad Perrez, Freiburg (CH)

Prof. Dr. Franz Petermann, Bremen

Prof. Dr. Hans Spada, Freiburg i. Br.

HUBER



Weitere Lehrbücher beim Verlag Hans Huber – eine Auswahl:

Werner Herkner

Lehrbuch Sozialpsychologie

560 Seiten (ISBN 978-3-456-83571-6)

Rainer Leonhart

Lehrbuch Statistik

496 Seiten (ISBN 978-3-456-84611-8)

Meinrad Perrez/Urs Baumann

Lehrbuch Klinische Psychologie – Psychotherapie

1220 Seiten (ISBN 978-3-456-84241-7)

Jürgen Rost

Lehrbuch Testtheorie – Testkonstruktion

426 Seiten (ISBN 978-3-456-83964-6)

Heinz Schuler (Hrsg.)

Lehrbuch Organisationspsychologie

692 Seiten (ISBN 978-3-456-84458-9)

Hans Spada (Hrsg.)

Lehrbuch Allgemeine Psychologie

645 Seiten (ISBN 978-3-456-84084-0)

Günter Daniel Rey/Karl F. Wender

Neuronale Netze

207 Seiten (ISBN 978-3-456-84513-5)

Günter Daniel Rey

E-Learning

240 Seiten (ISBN 978-3-456-84743-6)

Weitere Informationen über unsere Neuerscheinungen finden Sie im Internet unter:
www.verlag-hanshuber.com

Oliver Stoll / Ines Pfeffer / Dorothee Alfermann

Lehrbuch Sportpsychologie

Verlag Hans Huber

Adressen der Autoren:

Prof. Dr. Oliver Stoll
Institut für Medien, Kommunikation und Sport
Department Sportwissenschaft
Selkestraße 9F, D-06122 Halle (Saale)
Postanschrift: D-06099 Halle (Saale)
Telefon: 0345 5524440; Fax: 0345 5527054
email: oliver.stoll@sport.uni-halle.de

Prof. Dr. Dorothee Alfermann
Sportwissenschaftliche Fakultät
Abteilung Sportpsychologie
Jahnallee 59, D-04109 Leipzig
Telefon: 0341 9731633;
Fax: 0341 9731639
email: alfermann@uni-leipzig.de

Dr. Ines Pfeffer
Sportwissenschaftliche Fakultät
Abteilung Sportpsychologie
Jahnallee 59, D-04109 Leipzig
Telefon: 0341 9731656; Fax: 0341 9731639
email: pfeffer@uni-leipzig.de

Lektorat: Monika Eginger
Herstellung: Daniel Berger
Umschlag: Claude Borer, Basel
Druckvorstufe: Kösel, Krugzell
Druck und buchbinderische Verarbeitung: AZ Druck und Datentechnik GmbH, Kempten
Printed in Germany

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.



Dieses Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Anregungen und Zuschriften bitte an:

Verlag Hans Huber
Hogrefe AG
Länggass-Strasse 76
CH-3000 Bern 9
Tel.: 0041 (0)31 300 4500
Fax: 0041 (0)31 300 4593
Internet: www.verlag-hanshuber.com

1. Auflage 2010
© 2010 by Verlag Hans Huber, Hogrefe AG, Bern
ISBN 978-3-456-84736-8

Vorwort

Das vorliegende Lehrbuch greift Themen auf, die für die beiden wichtigsten Forschungsgebiete und entsprechend auch die Hauptanwendungsgebiete der Sportpsychologie stehen, nämlich Leistung und Gesundheit. Im Teil A wird in den ersten sechs Kapiteln ein Überblick über den derzeitigen Erkenntnisstand zu psychologischen Leistungsvoraussetzungen und ihre Trainierbarkeit gegeben. Dabei werden sowohl die wichtigsten Theorien zu Kognition, Emotion und Motivation im Sport wie auch neuere Ansätze der neuro-kognitiven Forschung berichtet. Auf der Grundlage von wissenschaftlichen Erkenntnissen zu psychologischen Leistungsvoraussetzungen werden sodann Trainingsverfahren zur Leistungsoptimierung besprochen. Neben allgemeinen Verfahren zum Training von Kognitionen, Emotionskontrolle und Motivation im Sport werden auch spezifische Verfahren für einzelne Sportarten – sowohl Individual- als auch Teamsportarten – vorgestellt. Schließlich wird in den Kapiteln sieben bis neun auf soziale und individuelle psychische Faktoren bei der Leistungsentwicklung im Sport eingegangen, nämlich auf Trainerverhalten, auf die Karriereentwicklung im Sport und auf die Karrierebeendigung. Beim Trainerverhalten werden sowohl die «klassischen» Ansätze des Führungsverhaltens von Trainerinnen und Trainern von Chelladurai sowie von Smoll und Smith vorgestellt, wie auch die neueren Ansätze des motivationalen Trainingsklimas und der sozial-emotionalen Trainer-Athlet-Beziehung. Zur Karriereentwicklung gehen wir auf entwicklungspsychologische Phasentheorien und auf den Ansatz zur Expertiseentwicklung ein. Zur

Karrierebeendigung werden neben den vorliegenden Forschungsbefunden auch Interventionsverfahren vorgestellt, die bei der Bewältigung des Karriereendes Hilfestellung liefern können.

Im Teil B gehen wir auf Themen ein, die sich mit der Gesundheitsförderung im und durch Sport beschäftigen. Die Themen entsprechen somit den Zielen der Gesundheitsförderung und der Förderung persönlichen Wachstums durch Sport und Bewegung. Dabei wird zunächst die aktuelle Befundlage zur Motivation bzw. Motivierung zum Gesundheitssport, zur gesundheitsfördernden Dosis von Sport und zu den positiven wie negativen psychischen Wirkungen vorgestellt. Erkenntnisse zur Prävention/Rehabilitation von Depression, Angststörungen und Stressreaktivität sowie zur Förderung kognitiver Leistungen und eines positiven Selbstkonzepts zeigen, dass regelmäßiges Bewegungstraining dazu beitragen kann, die psychische Gesundheit langfristig positiv zu beeinflussen und sogar Demenzerkrankungen im Alter vorzubeugen. Allerdings kommt es auf die Dosis an. Diese Erkenntnisse führen dann im abschließenden Kapitel zu der Frage, ob Sport und Bewegung auch dysfunktional eingesetzt werden und damit zu unerwünschten Nebenwirkungen führen können. Dazu werden die Prävention und Rehabilitation von Sportverletzungen, der Zusammenhang von Sport und Essstörungen und die Sportsucht diskutiert.

Unser Lehrbuch richtet sich gleichermaßen an Studierende und Lehrende von Masterstudien-

gängen, an wissenschaftlich Tätige und an interessierte Praktiker, wie beispielsweise Trainer/innen und Übungsleiter/innen.

Leipzig und Halle im Frühjahr 2009

Dank sagen möchten wir Kurt Pawlik für seine hilfreichen und kritischen Kommentare und der Lektorin des Huber-Verlags, Monika Eginger, für ihre ermutigenden und hilfreichen Hinweise.

Oliver Stoll, Ines Pfeffer und
Dorothee Alfermann

Inhaltsverzeichnis

TEILBEREICH A: LEISTUNGSSPORT

1	Biopsychologische Grundlagen von Kognition, Emotion und Motivation im Sport (Oliver Stoll)	15
1.1	Einige einleitende Bemerkungen zu diesem Kapitel	15
1.2	Das Nervensystem	17
1.3	Transmitterspezifische Aspekte menschlichen Verhaltens	21
1.4	Das Zusammenwirken von Nervensystem und endokrinem System	24
1.5	Aufmerksamkeit und Gedächtnis	27
1.6	Emotionen	30
1.6.1	Basisemotionen	30
1.6.2	Das emotionale Gedächtnis	32
1.6.3	Komplexe Emotionen	34
1.7	Motivation – neurokognitiv betrachtet	35
1.8	Veränderte Bewusstseinszustände und Sport	36
1.9	Zusammenfassung	40
2	Trainingsverfahren zur Leistungsoptimierung auf der Basis von Kognitionen (Oliver Stoll)	43
2.1	Einleitung	43
2.2	Psychologische Anforderungsprofile verschiedener Sportarten	45
2.2.1	Selbstgesprächsregulation	50
2.3	Kleiner Exkurs – Hirnanatomie sprachlicher Fähigkeiten	52
2.4	Visualisierung und Mentales Training	54
2.4.1	Effektstudien	55
2.4.2	Erklärungsmodelle	56
2.4.2.1	Die Psychoneuromuskuläre Hypothese	56
2.4.2.2	Die Programmierungshypothese	56
2.4.2.3	Die kognitive oder symbolische Hypothese	56
2.4.2.4	Die kognitiv-perzeptuelle Hypothese	57
2.4.3	Diskussion und Ausblick zu den Erklärungsmodellen	57
2.4.4	Mentales Training in der Praxis	58
2.4.5	Zusammenfassung	59

3	Trainingsverfahren zur Leistungsoptimierung auf der Basis von Emotion und Motivation (Oliver Stoll)	63
3.1	Motivationsregulation	63
3.1.1	Theoretische Grundlagen	65
3.1.1.1	Die handlungstheoretische Perspektive von Heckhausen	65
3.1.1.2	Attributionale Theorien: Die Rolle von Kausalattributionen	66
3.1.1.3	Theorien der Zielorientierung	68
3.1.1.4	Volition	71
3.1.1.5	Motivations- und Attributionsforschung im Leistungssport	74
3.1.2	Interventionen zur Motivationsregulation	76
3.1.2.1	Die Grundlage aus der Therapieforschung: Das Selbstmanagement-Training nach Frederick Kanfer	76
3.1.2.2	Ableitungen für sportpsychologische Interventionen der Motivationsregulation	78
3.1.2.3	Zielsetzungstraining	78
3.1.2.4	Attributionstraining	80
3.1.2.5	Volitionstraining	81
3.2	Emotionsregulation	81
3.2.1	Perfektionismus	83
3.2.2	Stress und Stressbewältigung – Theoretische Überlegungen	86
3.2.2.1	Grundlegende Studien aus dem Leistungssport	87
3.2.3	Die Grundlage aus der Therapieforschung: Das Stressimpfungstraining	87
3.2.4	Beispiele für Stressbewältigungstrainings in der Praxis des Leistungssports	88
3.2.5	Diskussion und Ausblick	91
3.3	Vorläufige Zusammenfassung	92
3.4	Zusammenfassung des Kapitels	92
4	Psychologische Verfahren zur Leistungsoptimierung im Wettkampf (Oliver Stoll)	97
4.1	Aktivierungsregulation	97
4.1.1	Die umgekehrte U-Funktion von Yerkes und Dodson	98
4.1.2	Das IZOF Modell von Hanin	99
4.1.3	Das Katastrophenmodell von Hardy	100
4.1.4	Die Reversal Theorie von Apter	100
4.1.5	Vorläufige Zusammenfassung	101
4.2	Interventionsverfahren zur Aktivierungsregulation	102
4.2.1	Biofeedback	102
4.2.2	Autogenes Training	103
4.2.3	Progressive Muskelrelaxation	104
4.2.4	Atementspannung	105
4.2.5	Meditation	105
4.2.6	Wirkmechanismen und Effektivität von Entspannungsverfahren und Meditation	106
4.3	Psychologische Akuthilfe vor Ort – Critical Incident Stress Management	111
4.3.1	Briefing und Debriefing	113
4.3.2	Stressbewältigung nach belastenden Ereignissen	115
4.3.3	Debriefing im Leistungssport	115
4.4	Zusammenfassung und Ausblick	116

5	Psychologische Wettkampftaktik (Oliver Stoll)	121
5.1	Einführung in die Thematik	121
5.2	Ein Rahmenmodell sportlicher und somit auch taktischer Handlungen	122
5.3	Wahrnehmen im Sport – «Bottom-Up» und «Top-Down» Prozesse	123
5.4	Aufmerksamkeit und Aufmerksamkeitsregulation	124
5.5	Denken und Entscheiden – Die Grundlage für taktisches Handeln	125
5.6	Taktisches Entscheiden im Sport	126
5.7	Sportpsychologische, taktisch orientierte Trainingsverfahren	129
5.7.1	Aufmerksamkeitsbasiertes Wahrnehmungstraining	129
5.7.2	Kognitives Fertigkeitstraining	130
5.7.3	Entscheidungstraining mit Vorsatzbildung	132
5.8	Zusammenfassung und Ausblick	133
6	Team-Intervention (Oliver Stoll)	135
6.1	Einleitung	135
6.2	Gruppenkohäsion als sozialpsychologisches Merkmal	135
6.2.1	Begriffliche Einordnung	136
6.2.2	Diagnostik	137
6.2.3	Befunde zur Gruppenkohäsion in Sportteams	138
6.2.3.1	Einflussvariablen auf die Gruppenkohäsion	139
6.2.3.2	Kohäsion-Leistungsbeziehung	139
6.3	Interventionen	140
6.3.1	Team-Building	142
6.3.2	Teamentwicklungstraining im Sport	144
6.4	Fazit und Probleme	145
7	Trainer- und Trainerinnenverhalten (Dorothee Alfermann)	149
7.1	Führungsverhalten im sportlichen Trainingsprozess: Messmethoden, Modelle und Ergebnisse	150
7.1.1	Das Multidimensionale Modell von Chelladurai	150
7.1.2	Das Mediationsmodell von Smoll und Smith	158
7.2	Motivationales Trainingsklima	163
7.3	Trainer und Trainerinnen als Teil einer sozialen Beziehung	167
8	Karriereentwicklung, Karriereübergänge und Karrierebeendigung im Leistungssport (Dorothee Alfermann)	173
8.1	Der Expertiseansatz	174
8.2	Entwicklungspsychologische Sichtweise: Das athletische Dreieck	175
8.2.1	Das Phasenmodell der sportlichen Karriereentwicklung von John Salmela	178
8.2.2	Das Modell der Expertiseentwicklung von Jean Côté	182
8.3	Karriereübergänge	186
8.4	Karrierebeendigung im Hochleistungssport	191

9	Interventionsverfahren zur Planung und Bewältigung des Karriereendes im Leistungssport (Dorothee Alfermann)	197
9.1	Karriere- und Ausbildungsprogramme – Athlete Career and Education (ACE)	197
9.2	Krisenintervention	203

TEILBEREICH B: GESUNDHEITSSPORT

10	Einführung in die Terminologie von Gesundheit und Gesundheitsverhalten (Ines Pfeffer)	211
10.1	Gesundheit und Krankheit	211
10.1.1	Biomedizinisches Krankheitsmodell	211
10.1.2	Das Modell der Salutogenese	212
10.2	Prävention und Gesundheitsförderung	213
10.2.1	Prävention.	213
10.2.2	Gesundheitsförderung	214
10.3	Bedingungsfaktoren von Gesundheit und Krankheit in der Bevölkerung	215
10.4	Gesundheitsverhalten	215
10.4.1	Körperliche Aktivität als Gesundheitsverhalten	216
10.5	Wie viel Sport ist gesund? Empfehlungen zur körperlichen Aktivität	217
10.5.1	Empfehlungen für Kinder und Jugendliche	218
10.5.2	Empfehlungen für ältere Menschen	218
10.6	Das Bewegungsverhalten in Deutschland	219
11	Einstiegs- und Bleibemotivation im Gesundheitssport: Modelle und Befunde (Ines Pfeffer)	223
11.1	Motivationstheorien	224
11.1.1	Self-Determination Theory (SDT)	224
11.1.2	Theorie des geplanten Verhaltens (TPB)	225
11.1.3	Motivation zur Aneignung und Aufrechterhaltung Regelmäßiger Sportaktivität: MAARS-Modell	229
11.1.4	Zusammenfassende Betrachtung der Motivationstheorien	231
11.2	Theorien der Handlungsausführung – Volitionale Theorien	232
11.2.1	Implementierungsintentionen	233
11.2.2	Zusammenfassung der Theorien der Handlungsausführung	235
11.3	Stadien- und Prozessmodelle der Verhaltensänderung	236
11.3.1	Transtheoretisches Modell der Verhaltensänderung	237
11.3.2	Sozial-kognitives Prozessmodell gesundheitlichen Handelns	245
11.3.3	MoVo-Prozessmodell	248
11.3.4	Zusammenfassung und kritische Betrachtung der Multi-Stadienmodelle	249

12	Bindung und Dropout im Gesundheitssport: Förderliche und hemmende Bedingungen/Determinanten (Ines Pfeffer)	253
12.1	Selbstwirksamkeit	255
12.2	Konsequenzerwartungen	257
12.3	Soziale Unterstützung	259
12.4	Gesundheitszustand	262
12.5	Intention zum Sporttreiben	264
12.6	Emotionen und Bewegungsfreude	265
12.7	Übungsleiterverhalten	268
12.8	Abschließende Bemerkungen zur Determinantenforschung	271
13	Psychologische Interventionsverfahren zur Motivationsförderung und Verhaltensänderung im Gesundheitssport (Ines Pfeffer und Dorothee Alfermann)	277
13.1	Sportbezogene Interventionen auf der Basis des TTM	279
13.1.1	Stufenspezifische individuelle Beratung auf der Grundlage des TTM	281
13.1.2	Kritische Zusammenfassung der TTM-basierten Interventionsforschung	284
13.2	Änderung des Gesundheitsverhaltens auf der Basis des MoVo-Prozessmodells	285
13.3	Attributionstraining	288
13.4	Kognitiv-Verhaltensorientierte Ansätze	292
14	Kurz- und langfristige Effekte von Bewegung und Sport auf die psychische Gesundheit (Dorothee Alfermann und Oliver Stoll)	297
14.1	Kurzfristige Effekte auf die psychische Gesundheit	301
14.2	Langfristige Effekte auf die psychische Gesundheit	304
14.2.1	Traitangst, Angststörungen, Depression	304
14.2.2	Stressreaktivität	307
14.2.3	Selbstkonzept und Selbstwertgefühl	309
14.2.4	Kognitive Funktionen	314
14.2.5	Erklärungen für die Wirkungen von Sport und Bewegung auf die psychische Gesundheit	318
14.2.6	Immunologische Effekte	322
15	Nebenwirkungen von Sport (Dorothee Alfermann und Oliver Stoll)	329
15.1	Sportverletzungen	329
15.1.1	Psychologische Ansätze zur Prävention von Sportverletzungen	330
15.1.2	Psychologische Ansätze zur Rehabilitation von Sportverletzungen	333
15.2	Essstörungen	335
15.2.1	Essstörungen und Sport	338
15.2.2	Übergewicht und Adipositas	339
15.3	Laufsucht/Abhängigkeit	340
15.3.1	Sport- und Laufsucht im Spiegel der sportpsychologischen Forschung	341
15.3.2	Physiologische Zugänge zur Erklärung von Ausdauersucht: die Endorphinhypothese	343

15.3.3 Suchtpersönlichkeit und Sport 343

15.3.4 Argumente für komplexere Modelle 345

15.3.5 Suchtverhalten: Neurowissenschaftliche Überlegungen 347

15.3.6 Symptome von Sportbindung 348

15.3.7 Das Stadium der Lauf- und Ausdauersucht 348

15.3.8 Ein integratives Prozessmodell der Entstehung von Lauf- und Ausdauersucht 349

15.3.9 Therapie von Sportsucht 354

Autorenregister 359

Sachregister 369

Teilbereich A:

Leistungssport

1 Biopsychologische Grundlagen von Kognition, Emotion und Motivation im Sport

Oliver Stoll

1.1 Einige einleitende Bemerkungen zu diesem Kapitel

Dieses Lehrbuch ist das erste deutschsprachige, sportpsychologische Lehrbuch, das einleitend biopsychologische Grundlagen vermittelt. Dies hängt mit einem Paradigmenwechsel in der Erforschung kognitiver und verhaltensorientierter Phänomene allgemein, aber auch speziell für sportpsychologische Fragestellungen zusammen. Schon Anfang der neunziger Jahre zeichnete sich ab, dass eine monowissenschaftliche Betrachtung von Informationsverarbeitung und Verhalten keinen weiteren Wissensfortschritt produzieren kann. Wissenschaftler/innen aus Philosophie, Psychologie, Neurologie und Sozialwissenschaften, die bis dahin das Phänomen des intentionalen, selbstgesteuerten Verhaltens aus ihrer jeweiligen Sicht betrachtet hatten, mussten sich eingestehen, dass nur eine interdisziplinäre Bearbeitung des Phänomens zu einer weiteren Entwicklung führen kann. Zum besseren Verständnis sei auf das Beispiel in Box 1.1 verwiesen. Für die sportpsychologische Forschung bedeutet dies, dass das bislang weitestgehend von «Paper-Pencil-Diagnostik» dominierte Forschungsfeld eine Öffnung hin zu neurowissenschaftlichen und endokrinologischen diagnostischen Verfahren durchführen muss. Somit kann ein komplexes Phänomen wie das Verhalten im Sport auf der Basis korrelativer

Beziehungen von eher subjektiven, kognitiven Daten zum einen und den zugrunde liegenden neuronalen Substraten und den diese Aktivitäten begleitenden trainings- und bewegungswissenschaftlichen Parametern zum anderen sehr viel besser und detaillierter beschrieben und analysiert werden. Ein solches Vorgehen verbessert dann in der Konsequenz die prognostische Validität von Theorien, die aus solchen interdisziplinären Ansätzen entstanden sind.

Dieses Vorgehen ist in der sportpsychologischen Forschung nun seit ca. zehn Jahren zu beobachten. Für den Themenbereich von Stress und Stressbewältigung griffen eine solche Konzeption Acevedo und Ekkekakis (2001) auf. Für den Forschungsbereich im Schnittfeld von Kognition und Bewegung gilt Ähnliches. Hier arbeiten verschiedene Autoren schon mit Disziplinübergreifenden Ansätzen (so z.B. Hill & Raab, 2005; Munzert, Zentgraf, Stark & Vaitl, 2008; Schack & Mechsner, 2006). Andere Bereiche der sportpsychologischen Forschung warten noch auf eine solche Entwicklung. Die sportpsychologische Motivationsforschung verharrt aktuell noch auf einem rein subjektiv-kognitionspsychologischen, diagnostischen Paradigma. Ähnlich sieht es für die Persönlichkeits- und Selbstkonzeptforschung sowie in der Analyse und Entwicklung sozialpsychologischer Themen des Sports aus. Bislang kann die sportpsychologische Forschung somit nicht auf eine lange Tradition eines solchen interdisziplinä-

Box 1.1

Das «Flow-Phänomen» im Sport

Das sog. «Flow-Phänomen» – gerade im Sport – ist ein Paradebeispiel dafür, dass ein-dimensionale Erklärungsansätze zwar plausibel erschienen, jedoch die Komplexität dieses Zustands niemals zufriedenstellend erklären konnten. Mit dem Flow-Phänomen wird u. a. auch das sog. «Runner's High» oder «Feeling-Better-Phänomen» in Verbindung gebracht, das – so wurde vermutet – durch intensive, körperliche Aktivität ausgelöst wird. Mit «Flow» wird das lustbetonte Gefühl des völligen Aufgehens in einer Tätigkeit bezeichnet (Rheinberg, 2004, S.157). In den frühen 1980er-Jahren wurden Neurotransmitter und endogene Opiate für diesen Zustand verantwortlich gemacht (Endorphin, Serotonin, Endocannabinoide). In den 1990er-Jahren dominierten eher kognitive Erklärungsmodelle (z.B. Ablenkung, Erzeugen einer Anforderungs-Fähigkeitspassung). Ein neues Erklärungsmodell verbindet neurologische und kognitive Ansätze (Transiente Hypofrontalitätstheorie [THT]).

Dazu finden sich weitere Hinweise im vorliegenden Kapitel für den Bereich Bewusstseinsveränderungen sowie in Kapitel 14 Ausführungen zu kurzfristigen Effekten von Sport auf die Psyche. Im Wesentlichen geht diese Hypothese davon aus, dass sportliche Aktivität massiv die neuronale Aktivität in den Hirnarealen des motorischen und sensorischen Kortex sowie in den autonomen Regionen erhöht. Entgegen der bislang so populären Annahme steigt die Sauerstoffversorgung des Ge-

hirns während sportlicher Aktivität nicht. Die THT argumentiert nun wie folgt: Große Muskelmassen sind notwendig, um einen Sportler in Bewegung zu bringen. Hierzu leistet das Gehirn entsprechende Rechenleistung und es kommt zu einer sehr starken Aktivierung vieler Hirnareale. Da das Gehirn in dieser Situation der sportlichen Aktivität nur über einen begrenzten metabolischen Haushalt verfügt, führt diese massive Aktivierung großer Hirnareale zu einer schweren Belastung der kognitiven Ressourcen zur Informationsverarbeitung. Wenn die Energie begrenzt ist, dann kann eine neuronale Struktur nur auf Kosten einer anderen arbeiten. Und dies führt eben dazu, dass Verschiebungen von Ressourcen zu den sensorischen, motorischen und autonomen Hirnarealen während körperlicher Aktivität stattfinden. Dies hat zur Folge, dass es dann begleitend zu einer vorübergehenden Verringerung der neuronalen Aktivitäten in den Strukturen kommt, die für die Steuerung der körperlichen Aktivität nicht zwingend notwendig sind. Das Gehirn reguliert also neuronale Strukturen herunter, die beispielsweise für die höheren, kognitiven Aufgaben sowie für die emotionale Informationsverarbeitung zuständig sind und die im vorderen Stirnlappen repräsentiert sind. Dieses Herunterregulieren des präfrontalen Kortex, der zuständig für das Funktionieren der höheren, kognitiven Zentren ist, kann einiges von dem eingangs beschriebenen Phänomen des Runner's High erklären: Schmerzlinderung, der Verlust der Wahrnehmung von Zeit und Raum, fließende Aufmerksamkeit, und ein Gefühl von Entthemtheit. All dies sind Symptome von präfrontaler Hypofunktion.

ren oder vielleicht besser transdisziplinären Ansatzes zurückblicken. Die meisten vorliegenden sportpsychologisch ausgerichteten Studien basieren auf Selbstberichten und Beobachtungsdaten, gelegentlich ergänzt durch physiologische Maße (z.B. in der Stress- und Emo-

tionsforschung). Dieser Zugang ist kein schlechter – bedarf jedoch aus unserer Sicht zur Erforschung eines solch komplexen Phänomens wie die Teilnahme an und Steuerung während sportlicher Aktivität mit oder ohne Wettkampfkontext einer Ergänzung durch neuro-

physiologische und neuropsychologische Verfahren.

Bezogen auf eine stringenteren Umsetzung von Untersuchungsplänen ist schon seit Beginn der 1990er-Jahre eine Zunahme an feld-, quasi- und echt-experimentellen Untersuchungsdesigns zu erkennen, was deutlich macht, dass eine Orientierung der Sportpsychologie – zumindest forschungsmethodologisch – an den eher naturwissenschaftlich und empirisch-analytisch ausgerichteten anderen Verhaltenswissenschaften (wie z. B. der Psychologie, aber auch der Kognitionswissenschaft) stattgefunden hat. In der Anwendung empirisch-analytischer Auswertungsmethoden war die Sportpsychologie schon immer am «Puls der Zeit» und sicherlich Vorreiter in Fächerkanon der Sportwissenschaft. Nun steht der nächste Schritt in der Entwicklung von sportpsychologischen Forschungsparadigmen unmittelbar bevor, nämlich die Verbindung von Selbstbericht-, Beobachtungs-, Trainings- und Wettkampfdaten mit eher grundlegenden Voraussetzungen von neuronalen Aktivitäten im Gehirn.

Historisch betrachtet entstand Anfang der 1990er-Jahre zunächst das Wissenschaftsfeld der Neurowissenschaft und wenig später das der kognitiven Neurowissenschaft. Auch die Sportwissenschaft hat dies mittlerweile erkannt und widmet sich in neueren Beiträgen zunehmend solchen Ansätzen. Überblickend sowie kritisch diskutiert wird dies u. a. bei Hossner (2001), Hollmann, Strüder und Tagarakis (2005), Schiebel (2006), Giese (2007) sowie bei Jansen-Osman (2008).

Das vorliegende Kapitel gibt einen sehr groben Überblick über die physiologischen bzw. biopsychologischen Mechanismen kognitiver Prozesse. Um diese zu verstehen, ist es nötig, dass man über einige anatomische und physiologische Kenntnisse verfügt und darüber hinaus eine grundlegende Idee davon hat, wie zentrales und vegetatives Nervensystem zusammenarbeiten, um unser Verhalten zu steuern. Diese Kenntnisse sollen im vorliegenden Kapitel vermittelt werden. Zur Vertiefung dieser Inhalte,

die in diesem Kapitel erstens nur sehr allgemein behandelt werden und zweitens auf die Inhalte begrenzt sind, die helfen zentrale sportpsychologische Phänomene zu verstehen, sei z. B. auf Birbaumer und Schmidt (2006) oder Pritzel (2006) verwiesen. Die beiden so genannten klassischen Leitwissenschaften der Biopsychologie sind die (Neuro)Anatomie und die (Neuro)Physiologie. Dieses Kapitel widmet sich überwiegend der Neuroanatomie. Neurophysiologische Prozesse werden hier nur insoweit behandelt, wie sie für das Verstehen der im Buch weiterhin thematisierten Aspekte von Bedeutung sind. Darüber hinaus werden wir in einem kurzen Abschnitt verdeutlichen, inwieweit transmitterspezifische und endokrine gemeinsam mit zentralnervösen Prozessen interagieren, um menschliches Verhalten zu steuern bzw. zu regulieren. Dies geschieht in diesem Kapitel im Wesentlichen sehr allgemein und komprimiert, wird jedoch immer wieder an konkreten Beispielen aus dem Sport verdeutlicht.

1.2

Das Nervensystem

Wir beginnen also zunächst mit der anatomischen Einteilung des Nervensystems (Abb. 1.1). Da das zentrale Nervensystem wichtige Steuer- und Regelfunktionen nur in Verbindung mit anderen Steuerungs- und Regelsystemen ausführen kann, werden einige wesentliche zentralnervöse Verknüpfungen mit dem vegetativen Nervensystem und dem endokrinen System insbesondere an Beispielen aus dem Sportbereich thematisiert. Dies wird dem eigentlichen Funktionieren des Nervensystems als Struktur-Funktions-Beziehung in seiner Komplexität am ehesten gerecht. Die funktionale Bedeutung neuronaler Verbindungen ist im Wesentlichen über zeitgebundene elektrophysiologische Erregung zu erklären. Diese Aktivitäten sind nicht nur für nutzungsabhängige Umbauprozesse im Hirn, sondern auch insbesondere für Ordnungsübergänge von Funktionszuständen verantwortlich. Die Darstellung der Grundlagen

synaptischer Übertragungen sowie generell der durch elektrophysiologische Erregung erzielten morphologischen Veränderungen der Neuronen würde den Rahmen dieses Kapitels sprengen. Dies gilt ebenfalls für die Darstellung und Diskussion biopsychologischer Diagnostiken (Läsionstechniken, Neurohistologische Methoden, Neuere Bildgebende Verfahren – wie z. B. fMRT oder PET – sowie Elektrophysiologische Methoden, wie EEG und EVP), die inzwischen auch in die Sportwissenschaft Einzug gehalten haben. Zur Vertiefung dieser Inhalte sei auf die einschlägigen Lehrbücher z. B. von Birbaumer und Schmidt (2006) sowie Carlson (2004), oder etwa auf Übersichtsbeiträge in Sammelwerken, wie z. B. bei Pritzel (2006), verwiesen.

Das Gehirn ist ein Teil des Zentralen Nervensystems (vgl. Abb. 1.1). Dieses wird von Cerebrospinalflüssigkeit, dem sog. Liquor, Hirnhäuten und teilweise von Knochen umhüllt. Man differenziert das Gehirn in Rückenmark, Hinterhirn, Mittelhirn und Vorderhirn.

renziert das Gehirn in Rückenmark, Hinterhirn, Mittelhirn und Vorderhirn.

Diese Bereiche lassen sich phylogenetisch in ältere und jüngere Teilbereiche untergliedern (Birbaumer & Schmidt, 2006, S. 73; Pritzel, 2006, S. 40). Das zentrale Nervensystem besteht aus mehreren Millionen von Nervenzellen. Man vermutet, dass alleine das Gehirn ca. 800 Milliarden Nervenzellen umfasst. Die Nervenzellen (Neurone) haben im Wesentlichen informationsweiterleitende Funktionen. Neben den Neuronen beinhaltet das zentrale Nervensystem weitere und um ein Vielfaches zahlreichere Gliazellen, welche die Neuronen schützen, stützen und für die Nahrungszufuhr verantwortlich sind.

Betrachten wir nun im Weiteren lediglich das Gehirn. In der Regel stellt man sich das Gehirn als Organ in seiner Gesamtheit vor. Diese Vorstellung ist zwar plausibel, aber nicht ganz korrekt. Das Gehirn ist ein massives System parallel

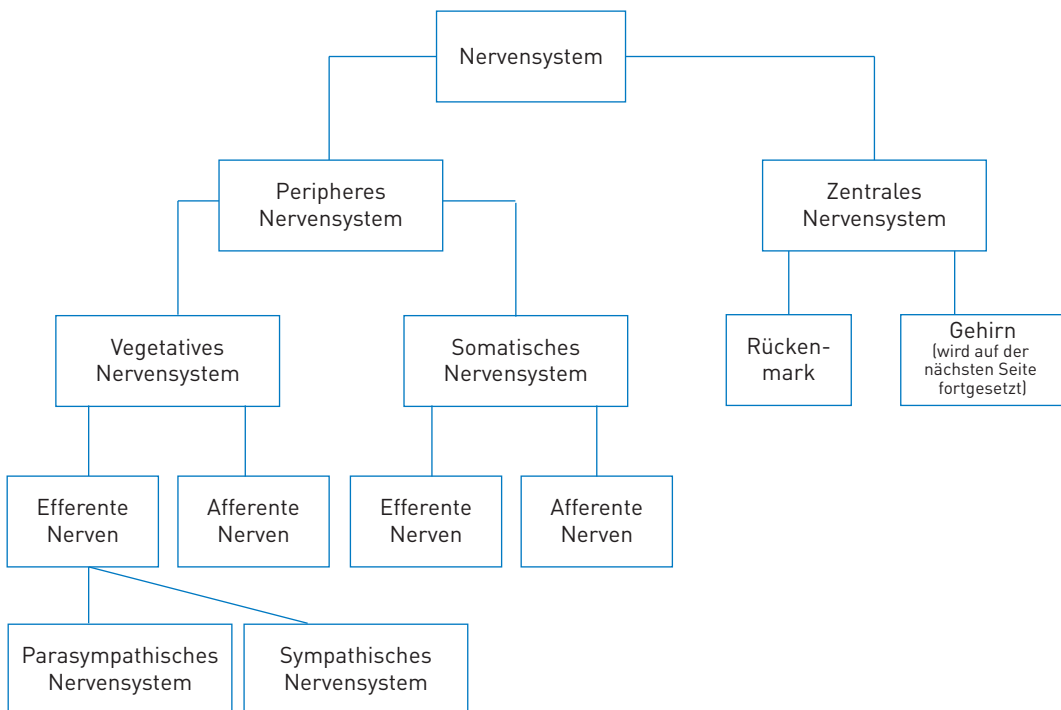


Abbildung 1.1: Systematik des Nervensystem und des Gehirnaufbaus (Pritzel, 2006)

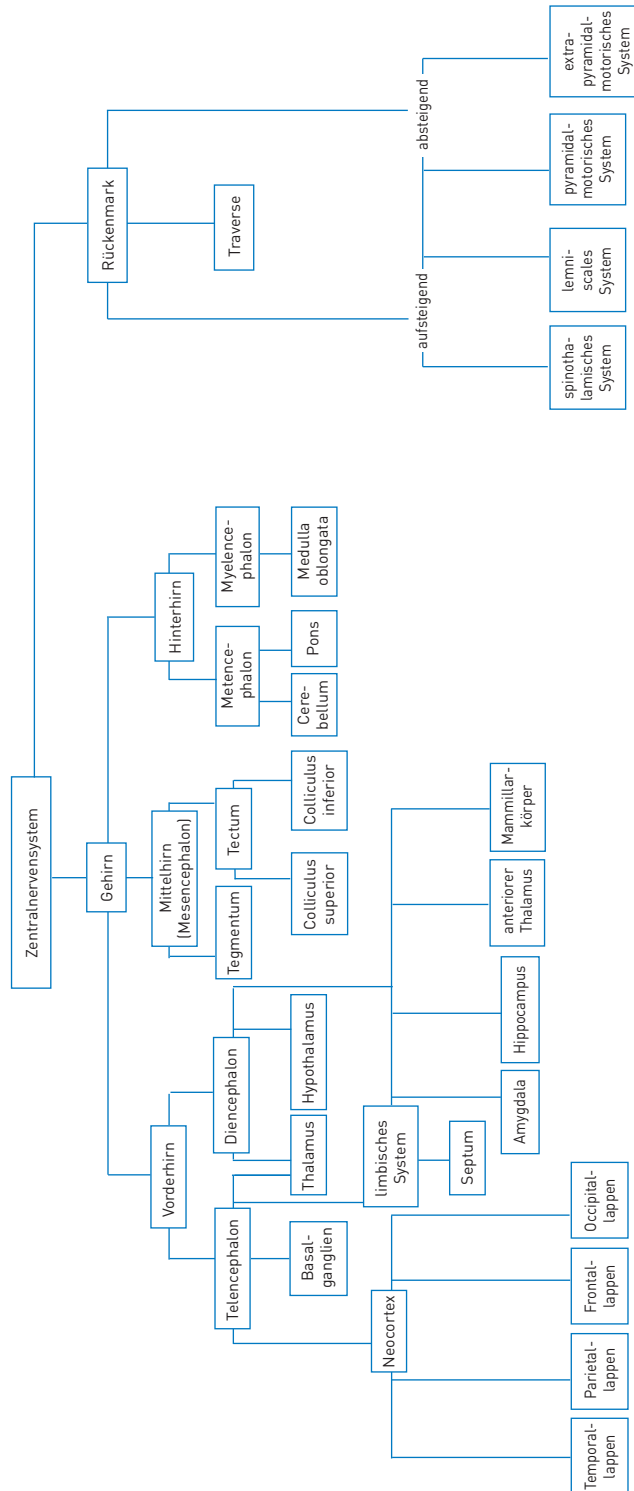


Abbildung 1.1: Fortsetzung

arbeitender Informationsprozesse. Bis vor kurzem wurde z. B. das Phänomen des Bewusstseins eher als Ergebnis eines seriell arbeitenden Systems verstanden. Diese Annahme ist jedoch grundlegend falsch. Wir erfahren unsere Welt, einschließlich unseres Selbst, als ein unteilbares «Ganzes». Diese Erfahrung ist jedoch nur möglich, weil unser Gehirn in der Lage ist, die ständig ankommenden Informationen parallel zu verarbeiten und darüber hinaus die verschiedenen Hirnareale sowie die damit zusammenhängenden gehirnphysiologischen Prozesse je nach Anforderung zu aktivieren bzw. zu deaktivieren. Das Gehirn lässt sich, wie schon angedeutet, in das Vorderhirn, weiterhin aufgeteilt in das Telencephalon sowie das Diencephalon, das Mittelhirn (Mesencephalon), sowie das Hinterhirn, aufgeteilt in Metencephalon und Myelencephalon, unterteilen (siehe Abb. 1.1). Der für die weitere Behandlung in diesem Buch interessante Hirnbereich ist das Vorderhirn, insbesondere hier der Neocortex (in diesem Zusammenhang werden bewusste, kognitive Prozesse thematisiert) sowie die Basalganglien (u. a. Repräsentation von Bewegungsprogrammen), der Thalamus sowie der Hypothalamus (zentrale Schaltstellen der Informationsverarbeitung), das limbische System (in diesem Zusammenhang werden Emotionen thematisiert), die Amygdala (Basisemotionen), und der Hippocampus (im Temporallappen mit seinen Gedächtnisfunktionen) sowie Teile des Hinterhirns (insbesondere das Kleinhirn, wegen seiner Funktion für die koordinative Bewegungssteuerung und für die Rhythmisierung von Bewegung). Der Neocortex ist der größte zusammenhängende Hirnbereich. Man unterteilt diesen in den Frontallappen, den Parietallappen, den Temporallappen sowie den Occipitallappen.

Diese Hirnareale sind funktional durchaus verschieden, aber eng miteinander verknüpft. Abbildungsmuster selektiver Aufmerksamkeit zeigen beispielsweise, dass bei der Durchführung von Aufmerksamkeitsprozessen eine Vielzahl von Hirngebieten miteinander verknüpft sind. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von «höheren geistigen Funktionen», da

man von einer neuronalen Organisation in Netzwerken ausgeht, die durch Verbindungen verschiedener Relaisstationen entstehen. Im Wesentlichen laufen dann folgende Prozesse in den verknüpften Hirnarealen ab. Die Sinnesinformationen treffen aus der Peripherie auf verschiedene Hierarchieebenen des Gehirns und verknüpfen diese mit bestehenden neuronalen Netzwerken (z. B. des Gedächtnisses oder bestimmter Emotionen), bevor absteigende Bewegungsbefehle vom Neocortex zum Rückenmark hin konvergieren und willkürmotorische Anweisungen zur Ausführung an die Effektoren weitergeben. Aufsteigende und absteigende Informationsweiterleitungen nutzen dabei parallel sowohl jüngere als auch ältere Pfade. Weitere Rückmeldungssysteme wie z. B. die Basalganglien oder das Kleinhirn sorgen dafür, dass Idee, Planung und Durchführung einer Handlung aufeinander abgestimmt werden. Dies ermöglicht einen Abgleich von subjektiv widerspiegelter und physikalischer Realität.

Der stammesgeschichtlich älteste Teil ist der Hirnstamm, in dem im Wesentlichen alle unmittelbar lebenswichtigen, motorischen Funktionen kontrolliert werden (z. B. die Atmung). Man ordnet dem Hirnstamm eher Funktionen zu, die dem genetischen Erbe von Verhaltensweisen entsprechen. Den Arealen des Vorderhirns werden dabei eher Repräsentationen von Verhaltensweisen zugeordnet, die dem sogenannten kulturellen Erbe (z. B. das Lesen, Schreiben oder die künstlerische Gestaltung sowie analytische Fähigkeiten) entsprechen. Auf den Hirnstamm baut das Mittelhirn auf, das neben automatisierten Prozessen das «Hauptumschaltwerk» zwischen dem Kortex und dem Stammhirn ist. Darüber hinaus entstehen hier sehr basale Emotionen, die zunächst nicht bewusstseinspflichtig sind. Über dem Zwischenhirn liegt der sogenannte Kortex (Neokortex). Die Kortexareale können überwiegend mit bewusstseinsfähigen Informationsverarbeitungsprozessen in Verbindung gebracht werden. Im vorderen (frontalen) Teil des Kortex laufen bewusste kognitive und emotionale Informationsverarbeitungsprozesse ab. Im mittleren (parietalen) Teil finden wir

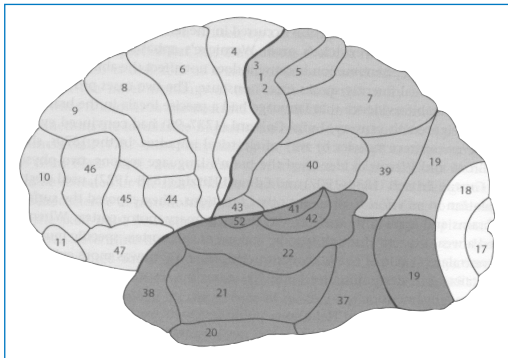


Abbildung 1.2: Brodmann-Areale (nach Dietrich, 2007)

überwiegend motorische und sensorische, im Temporallappen sind hauptsächlich sprachliche und akustische Repräsentationen (sowie einige wichtige Zentren des Gedächtnisses) und im hinteren (okzipitalen) Teil werden vorwiegend optische Informationen verarbeitet. Links und rechts unterhalb des Kortex befindet sich das Kleinhirn (Cerebellum). Das Kleinhirn ist im Wesentlichen für die Koordination und Rhythmisierung verantwortlich und hat somit ebenfalls eine zentrale Bedeutung für die sportpsychologische (bewegungswissenschaftliche) Forschung. Ein Meilenstein in der Erforschung der Hirnanatomie war die Entwicklung einer Cytoarchitektur kortikaler Areale durch Korbinian Brodmann (1869–1918), der insbesondere den zerebralen Kortex in 52 distinkte Gebiete unterteilte. Diese Unterteilung erfolgte auf der Basis funktional verschiedenartiger zellulärer Organisationen. Diese Kategorisierung wird noch bis heute genutzt. So ist zum Beispiel das Brodmann-Areal 17 der primär visuelle Kortex, das Brodmann-Areal 41 der primär auditive Kortex (siehe auch Abb. 1.2).

Für das weitere Verständnis ist es jedoch nicht nötig, alle Brodmann-Areale mit den dazugehörigen Funktionen zu kennen (s. dazu weiterführende Literatur, z.B. Birbaumer & Schmidt, 2006). Für das weitere Verständnis sind lediglich acht grob zu beschreibende Hirnareale mit den

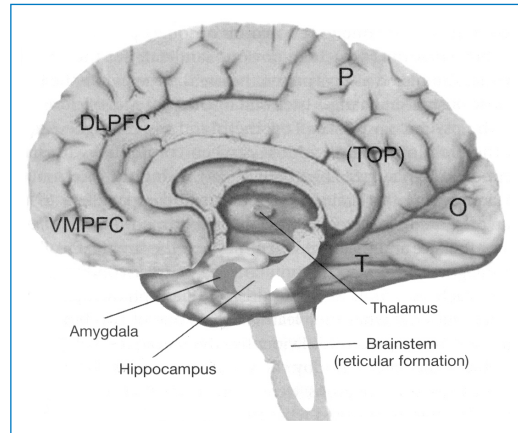


Abbildung 1.3: Zentrale Gehirnregionen (nach Dietrich, 2007)

dazugehörigen Funktionen wichtig. In **Abbildung 1.3** deutlich erkennbar ist der stammesgeschichtlich älteste Teil – der Hirnstamm (Brainstem). Darüber liegt das Zwischenhirn mit Hippocampus, Thalamus und Amygdala. Die Kortexareale unterscheiden wir in die TOP-Areale (also in die temporalen, okzipitalen und parietalen Kortexareale) sowie in den dorsolateralen und den ventromedialen präfrontalen Kortex (DLPFC und VMPFC). Die jeweils zugehörigen Funktionen sind in **Tabelle 1.1** enthalten.

1.3

Transmitterspezifische Aspekte menschlichen Verhaltens

Neben dem anatomischen Ansatz existiert ein weiterer, neurochemisch orientierter Ansatz zur Erforschung des Gehirns, der auch als Ansatz der funktionellen Chemoarchitektur bezeichnet wird (vgl. Pritzel, 2006). Ausgangspunkt dafür sind neuronale Botenstoffe, die sogenannten Neurotransmitter.

Neurotransmitter sind heterogene biochemische Stoffe, welche die Information von einer Nervenzelle zur anderen über die Kontaktstelle der Nervenzellen, der Synapse, weitergeben. In die Synapse einlaufende elektrische Impulse (Aktionspotenziale) veranlassen die Ausschüt-

Tabelle 1.1: Zusammenfassende Darstellung der Funktionen verschiedener Hirnareale im Hirnstamm, des Zwischenhirns, des Kleinhirns sowie wichtiger Kortexareale und ihre Bedeutung für den Sport (in Anlehnung an Birbaumer & Schmidt, 2006 sowie Dietrich, 2007)

Hirnareal	Grobstruktur	Aufgabe
Medulla Oblongata	Hirnstamm	Als Hirnstamm werden die unterhalb des Diencephalons lokalisierten Bereiche des Gehirns ohne Berücksichtigung des Cerebellums bezeichnet. Der Hirnstamm ist eine Quelle massiver Pfade, der die höheren Gehirnzentren aktivieren kann. Hier ist der Kern der basalen, zentralnervösen Aktivierungszentren lokalisiert. Darüber hinaus kann hier direkt das Bewusstsein ein- oder ausgeschaltet werden. Im Hirnstamm können basale Funktionen kontrolliert werden (wie z. B. Atmung). Darüber hinaus findet dort eine sensorische Vorverarbeitung statt.
Hypothalamus	Zwischenhirn	Über den Hypothalamus erfolgt im Wesentlichen die Steuerung des Hormonhaushalts.
Thalamus	Zwischenhirn	Durch den Thalamus fließen vor allen Dingen sensorische Informationen auf ihrem Weg zum Kortex. Darüber hinaus spielt der Thalamus bei der Verbindung mentaler Repräsentationen, die weit über verschiedene Kortexareale verstreut sind und spezifischen Erfahrungen eine zentrale Rolle. Eine weitere wichtige Funktion hat der Thalamus bei der Aufmerksamkeitsregulation (Filterfunktion).
Basalganglien	Zwischenhirn	Ein für die Bewegungssteuerung sehr zentrales Gebiet, denn hier sind die automatisierten Bewegungsprogramme repräsentiert. Die Basalganglien spielen darüber hinaus auch eine wichtige Rolle bei der Feinsteuerung der Motorik, sowie bei der Kortexaktivierung-, bzw. Kortexhemmung.
Amygdala	Zwischenhirn	Grundlegende Emotionen scheinen genau in diesem subkortikalen, automatisiert und somit für uns unbewusst funktionierenden Hirnareal generiert zu werden. Die Amygdala spielt insbesondere bei der Entstehung von Furcht eine zentrale Rolle. Wenn beispielsweise die Amygdala durch einen angstauslösenden Stimulus aktiviert wird, kommt es unmittelbar zu Kampf- und/oder Fluchtverhalten und im weiteren zu einer Weiterleitung dieser Information in die Kortexareale.
Hippocampus	Zwischenhirn	Die Konsolidierung von Lebensereignissen in den Langzeitspeicher benötigt die Restrukturierung neuronaler Netzwerke. Weil dieser Prozess sehr kompliziert und aufwendig ist, und darüber hinaus diese spezifischen Wahrnehmungen in vielen verschiedenen Kortexarealen verteilt sind, existiert ein Hirnareal, das nur hierfür verantwortlich ist. Diese Funktion übernimmt der Hippocampus.
Kleinhirn	Kleinhirn	Das Kleinhirn ist überwiegend für die Feinabstimmung von Bewegung, Rhythmisierung von Bewegung verantwortlich.

Tabelle 1.1: Fortsetzung

Hirnareal	Grobstruktur	Aufgabe
TOP	Großhirn	Die temporalen, okzipitalen und parietalen Kortexareale widmen sich im Wesentlichen den Wahrnehmungs- und Gedächtnisprozessen. Sie dekodieren sensorische Informationen und überführen Informationen in das Langzeitgedächtnis. Der parietale Kortex wird häufig auch als «Sitz des Selbst» bezeichnet. Man vermutet hier die Repräsentation selbstbezogener Kognitionen.
Ventromedialer PFK	Großhirn	Der Ventromediale Präfrontale Kortex (VPFK) fügt komplexe Emotionen zum Inhalt der Wahrnehmung hinzu. Hier findet auch der Übergang von grundlegenden Emotionen in Gefühle statt, die dann auch stark bewusst werden.
Dorsolateraler PFK	Großhirn	Der Dorsolaterale Präfrontale Kortex (DLPK) ist stark in exekutive Funktionen eingebunden. Er stellt die rechnerische Infrastruktur zur Verfügung, die es ermöglicht Repräsentationen höherer Regulationsebenen zu aktivieren. Damit kann die kognitive Flexibilität erhöht werden. Das Lösen von Problemen, rationaler wie auch emotionaler Art, benötigt die Aktivität genau dieses Hirnareals.

tung der chemischen Botenstoffe aus ihren Speicherorten, den synaptischen Vesikeln. Das geschieht durch einen exocytotischen Mechanismus. Durch die Fusion der Vesikelmembran mit der präsynaptischen Membran gelangen die Transmittermoleküle in den synaptischen Spalt, durch den sie zu den Rezeptoren des nachgeschalteten postsynaptischen Neurons diffundieren. Die Neurotransmitter werden nach ihrer Ausschüttung auf verschiedene Weise deaktiviert und/oder abgebaut. Der wichtigste erregende Transmitter im zentralen Nervensystem (ZNS) ist Glutamat. Die wichtigsten hemmenden Transmitter im ZNS sind Gamma-Aminobuttersäure (GABA) und Glycin. Andere bekannte Transmitter sind Noradrenalin oder Acetylcholin, Dopamin, Serotonin. Häufig wird die Wirkung der Neurotransmitter noch durch weitere Stoffe moduliert, den sogenannten Neuromodulatoren (siehe hierzu auch Tab. 1.2).

Aufgrund der Erkenntnis darüber, welche Neurotransmitter in welchen Gehirnregionen vorherrschen, lässt sich schlussfolgern, in wel-

che funktionalen Zusammenhänge sie involviert sind. So lassen sich dann transmitterspezifische anatomische Kartierungen entwickeln, von denen man sich zusätzliche – über das rein morphologische Wissen hinausgehende – Erkenntnisse über das menschliche Verhalten verspricht. Sowohl in der klinischen als auch in der Sportpsychologie war die Entdeckung der Chemoarchitektur ausgewählter Transmittersubstanzen Anlass für die Entwicklung von entweder spezifischen Erkrankungserklärungsmodellen (wie z.B. Schizophrenie oder Depression sowie die Parkinson-Krankheit) oder von Modellen zur kurzfristigen Wirkung von sportlicher Aktivität auf das Wohlbefinden. In diesem Zusammenhang sei auf die Endorphin-, die Serotonin- und die Dopaminhypothese verwiesen, auf die wir in Kapitel 14 nochmals intensiver eingehen werden. Ein vermuteter Mangel oder Überschuss dieser Transmitter in bestimmten Hirnarealen galt in der Psychologie über viele Jahre als hinreichende Erklärung dafür, warum bestimmte emotionale, motivationale oder kognitive Fähig-

Tabelle 1.2: Übersicht über einige gängige Botenstoffe (angelehnt an Pritzel, 2006, S.45)

Klassische Neurotransmitter	
Biogene Amine	Acetylcholin
	Adrenalin
	Noradrenalin
	Dopamin
	Serotonin
	Histamin
Aminosäuren	Glutaminsäure (Glutamat, Aspartat)
	Gamma-Amino-Buttersäure (GABA)
	Lysin
	Asparginsäure
Peptidtransmitter	
Peptide	Substanz P Neurotensin
Unkonventionelle Transmitter	
Nitritoxid (NO)	
Kohlenmonoxid (CO)	

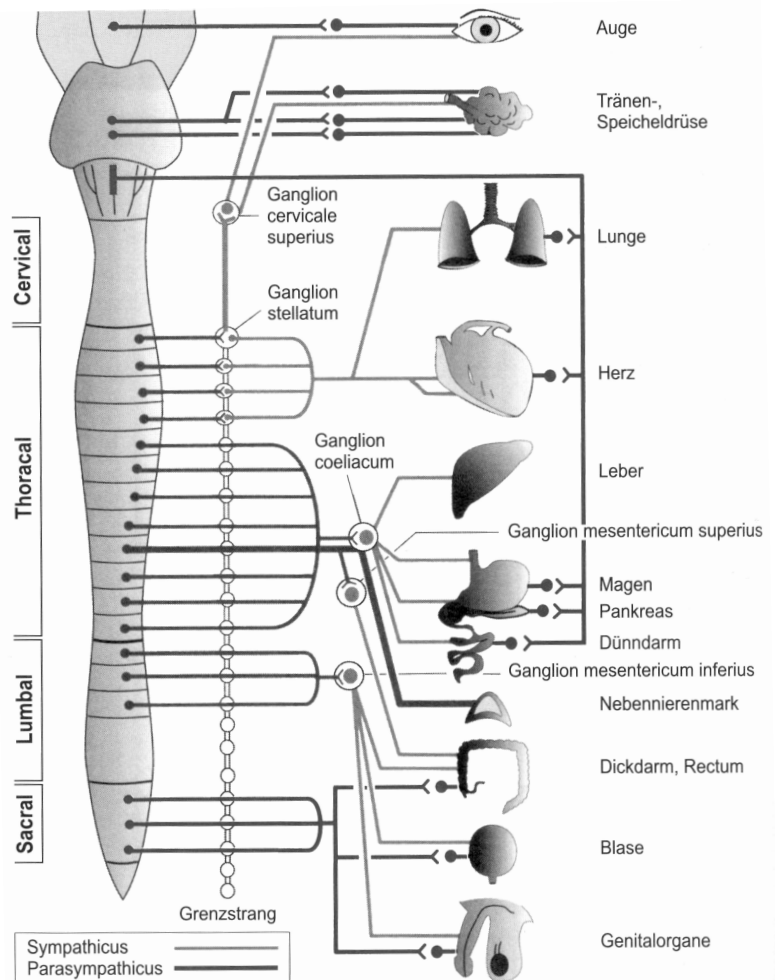
keiten auftraten oder nicht. Mittlerweile wissen wir, dass zu den klassischen Neurotransmittern weitere Eiweißverbindungen sowie gasförmige Substanzen treten müssen, die teils eigenständig, teils aber auch als Co-Transmitter die Informationsverarbeitung zwischen den Neuronen sicherstellen. Aus diesem Grund werden heutzutage nicht nur die monosynaptischen Verbindungen zwischen neuronalen Netzen und Hirnstrukturen charakterisiert, sondern eben auch gemäß der Beteiligung chemoarchitektonischer Netzwerke betrachtet.

1.4
Das Zusammenwirken von Nervensystem und endokrinem System

Das vegetative Nervensystem stellt zusammen mit dem zentralen Nervensystem eine funktio-

nelle Einheit dar. Diese Autonomie bezieht sich jedoch nur auf den Umstand, dass über das vegetative Nervensystem biologisch festliegende, automatisch ablaufende innerkörperliche Anpassungs- und Regulationsvorgänge vermittelt werden, die deswegen vom Menschen willentlich nicht direkt, allenfalls indirekt beeinflusst werden können. Das zentrale Nervensystem ermöglicht dagegen eine willkürliche und bewusste Reaktionsweise. Die Unterscheidungskriterien sind jedoch relativ. Das vegetative Nervensystem besitzt nur eine gewisse funktionelle Selbstständigkeit gegenüber dem zentralen Nervensystem. Über das vegetative Nervensystem werden zur Aufrechterhaltung der inneren Homöostase die lebenswichtigen Funktionen wie Herzschlag, Atmung, Blutdruck, Verdauung und Stoffwechsel kontrolliert (siehe auch Abb. 1.4). Auch andere Organe oder Organsysteme werden vom vegetativen Nervensystem innerviert, so beispielsweise die Sexualorgane, endokrine und exokrine Organe wie die Schweißdrüsen, das Blutgefäßsystem (Blutdruck) oder die inneren Augenmuskeln (Pupillenreaktion). Man untergliedert das vegetative Nervensystem nach funktionellen und anatomischen Gesichtspunkten in das sympathische und das parasympathische Nervensystem. Hinzu kommt das Darmnervensystem. Das sympathische und das parasympathische System zeigen antagonistische Wirkungen. Über den Sympathikus werden anregende, leistungsfördernde Anreize vermittelt, während über den Parasympathikus gegenläufige, beispielsweise erholfördernde Impulse laufen. Bei der Pupillenreaktion im Auge wirken die beiden Teilsysteme dagegen synergistisch. Über das vegetative Nervensystem regulierte Körperfunktionen wie Herzfrequenz, Blutdruck oder Muskeltonus werden indirekt über alle Arten von will- und unwillkürlichen Aktivitäten beeinflusst. Sie können deswegen am leichtesten über die Steuerung von Willkürbewegungen «kontrolliert» werden. Eine Steigerung der körperlichen Aktivität, aber auch ihre Verringerung bis zur Bewegungslosigkeit und Ruhe führt über die automatischen Regulationswege zu vermehrter oder nachlassender Aktivität auch vege-

Abbildung 1.4: Übersicht über Strukturen des vegetativen Nervensystems (in Anlehnung an Pritzel, 2006, S. 46 sowie Birbau-mer & Schmidt, S. 102)



tativ regulierter Funktionen, im muskulären Bereich z. B. zur Steigerung der Muskelanspannung oder auch zum Zittern bzw. zu einer mehr oder weniger tiefen Muskelentspannung. Eine Beeinflussungsmöglichkeit subtiler Art ist auch über bewusst gestaltete oder wie im Traum spontane mentale Vorstellungen von körperlicher Aktivität oder Inaktivität einschließlich ihrer gefühlsmäßigen Aspekte möglich. Vegetativ wirksame Verfahren bekannter Art sind z. B. Yoga, Taijiquan, Biofeedback, Autogenes Training und Achtsamkeitsbasierte Stressreduktion. Auf diese Verfahren werden wir noch in Kapitel 3 detaillierter eingehen.

In der aktuellen Sportwissenschaft wird in diesem Zusammenhang auch ein die Herzfrequenzvariabilität steuernder Mechanismus diskutiert, der im Schnittpunkt zwischen sympathischem und parasympathischem Nervensystem angesiedelt ist und als vielversprechender, «neuer» Trainingssteuerungsparameter gehandelt wird. Diese Diskussion wird insbesondere in der Trainingswissenschaft sowie in der Sportmedizin derzeit heftig und kontrovers geführt. Als Herzfrequenzvariabilität (HRV) wird die Fähigkeit eines Organismus (Mensch, Säugetier) bezeichnet, die Frequenz des Herzrhythmus zu verändern. Auch im Ruhezustand treten spon-

tan Veränderungen des zeitlichen Abstands zwischen zwei Herzschlägen auf. Über autonome physiologische Regulationswege passt ein gesunder Organismus die Herzschlagrate beständig momentanen Erfordernissen an. Körperliche Beanspruchung oder psychische Belastung hat deswegen bekanntlich in der Regel eine Erhöhung der Herzfrequenz zur Folge, die bei Entlastung und Entspannung normalerweise wieder zurückgeht. Dabei zeigt sich eine höhere Anpassungsfähigkeit an Belastungen in einer größeren Variabilität der Herzfrequenz. Unter chronischer Stressbelastung ist beides dagegen wegen der beständig hohen Anspannung, die dafür typisch ist, mehr oder weniger eingeschränkt und infolgedessen reduziert. Der Abstand zwischen zwei Herzschlägen wird meistens definiert als die Zeit zwischen dem Beginn zweier Kontraktionen der Herzkammern. Dieser Beginn der Kammerkontraktion erscheint im Elektrokardiogramm (EKG) als ausgeprägte sog. R-Zacke. Der Abstand zwischen zwei R-Zacken wird daher als RR-Intervall bezeichnet. Das gemittelte RR-Intervall lässt sich mathematisch in die Herzfrequenz umrechnen. Die realen RR-Intervalle schwanken um diesen Mittelwert, wobei diese Abweichungen sich sogar von Schlag zu Schlag ändern können; dies bezeichnet man als Herzfrequenz- oder Herzratenvariabilität (HRV). Ein Herzschlag wird beim gesunden Individuum durch einen Impuls des Sinusknotens als zentralem Taktgeber des autonomen Erregungssystems des Herzens ausgelöst. Dieses steht seinerseits unter dem Einfluss des übergeordneten vegetativen Nervensystems, wobei über den Sympathikus ein aktivierender Einfluss ausgeübt wird, der eine Erhöhung der Herzfrequenz zur Folge hat. Körperliche und psychische Belastungen gehen mit einer Steigerung der Aktivität des Sympathikus einher, während parallel zu den vom Vagus regulierten Körperfunktionen, wie etwa Verdauung, diese reduziert werden. Äußere Einflüsse (Reize), psychische Vorgänge (Gedanken) oder mechanische Abläufe (Atmung) greifen dabei komplex ineinander, können sich dabei aber je nach eigenem Gewicht auch unterschiedlich auf den Herzschlag aus-

wirken. Somit wird deutlich, dass die Analyse der HRV im Trainingsprozess sowohl zentralnervöse als auch vegetative und die damit verbundenen psychischen Prozesse in den Trainingssteuerungsprozess einbindet. Allein diese Tatsache spricht für ein solches Vorgehen. Gleichwohl sind die vorliegenden empirischen Forschungsergebnisse zu einer möglichen Überlegenheit der Betrachtung der HRV im Trainingsprozess zu eher älteren Konzepten, die sich lediglich an der Trainingsintensität im Sinne der Analyse der Betrachtung von Herzfrequenz und/oder Laktat orientieren, aktuell als eher inkonsistent zu bezeichnen. Zur Vertiefung dieser Diskussion sei auf Hottenrott (2006a, 2006b) sowie Mück-Weymann (2003) verwiesen.

In Abschnitt 1.3 sind wir schon sehr grob auf die Funktionsweise und Morphologie des zentralen Nervensystems eingegangen. Das zentrale Nervensystem ist darauf angelegt, die mentale Repräsentation der Umwelt in Zeit und Raum aus einer naturwissenschaftlichen Perspektive zu betrachten. Dies jedoch bietet uns nur einen kleinen Ausschnitt aus dem ständigen Regulations- und Steuerungsbedarf der Homöostase zwischen körpereigenen und umweltbedingten Vorgaben. Nicht nur anforderungsbedingte Faktoren beeinflussen das zentrale und vegetative Nervensystem (z. B. der Herzschlag oder die Atmung). Auch Hormone, also endokrinologische Parameter, verändern und beeinflussen unser Verhalten (z. B. über die Ausschüttung von Sexualhormonen). Das Gehirn ist also bei der Verhaltenssteuerung auf ein abgestimmtes Ineinandergreifen des zentralen und des vegetativen Nervensystems sowie des endokrinen Systems angewiesen.

Die Schnittstelle von zentralem und vegetativem Nervensystem erfolgt direkt über den Hirnstamm und indirekt über den Hypothalamus. Somit eröffnet sich eine breite Regulationsmöglichkeit emotionaler und motivationaler Zustände. Im Hirnstamm funktionieren mehrere speziell viszeroefferente Kerne der sogenannten *Formatio Reticularis* als zentralnervöse «Schaltstation» des vegetativen Nervensystems. Der Hypothalamus fungiert als Verbindungsschleife

vom sympathischen zum parasympathischen Nervensystem. Diese beiden Teilsysteme wirken auf die jeweiligen Zielorgane durch Spannung und Entspannung der Muskulatur, wobei sich diese Prozesse im Sinne eines funktionellen Synergismus ergänzen. Das Gehirn gewährleistet eine Art Anbindung an die «höheren Funktionen», indem all diejenigen Strukturen, die an einer absteigenden Kontrolle des vegetativen Nervensystems (z. B. der Formatio Reticularis) teilhaben, auch an einer Modulation bzw. einer «kognitiven Bewertung» vegetativer Funktionen beteiligt sind. In diesem Zusammenhang besonders erwähnenswert ist das limbische System (bestehend aus Anteilen des Hypothalamus und medial gelegenen Kortexregionen – siehe auch Abschnitt 1.7), das durch seine zahlreichen Verbindungen viele Kerngebiete des Gehirns in die wechselseitige Interaktion von zentralem und vegetativem Nervensystem einbezieht.

In den weiteren Abschnitten dieses Kapitels konzentrieren wir uns nun auf kognitive, emotionale und motivationale Prozesse im Gehirn und diskutieren diese anhand ausgewählter Beispiele.

1.5

Aufmerksamkeit und Gedächtnis

Das Gehirn hat eine eingeschränkte Verarbeitungskapazität, es kann nicht unendlich viele Reize gleichzeitig bewusst verarbeiten. Daher muss es auswählen, welche Informationen für den Organismus von Bedeutung sind und mit Aufmerksamkeit bedacht werden müssen und welche Informationen weniger relevant sind und daher ausgeblendet werden können. Wird einer Information nicht innerhalb von fünf Sekunden Aufmerksamkeit geschenkt, geht sie verloren. Der Prozess der Aufmerksamkeitszuwendung ist dabei gekennzeichnet durch Zuwendung und Auswahl der Gegenstände und der damit verbundenen Unaufmerksamkeit gegenüber anderen Gegenständen. Die Zuwendung ist durch eine gesteigerte Wachheit und Aktivierung charakterisiert, während die Selektivität die Funk-

tion eines Filters hat, um wichtige und unwichtige Informationen voneinander zu trennen. Vom Gehirn als relevant eingestuft werden zu allererst Gefahrensignale, außerdem Unbekanntes. So werden einerseits neuartige Reize mit Aufmerksamkeit bedacht (Orientierungsreaktion, Neugier). Andererseits richtet sich die Aufmerksamkeit auf emotional belegte Informationen, die ein indirekter Marker für die Wichtigkeit für den Organismus sind. Je emotionsgeladener eine Wahrnehmung ist, desto leichter fällt es uns, unsere Aufmerksamkeit darauf zu richten. Bedürfnisse, Interessen, Einstellungen und Motive spielen daher bei der Entstehung und Verteilung der Aufmerksamkeit eine große Rolle. In diesem Zusammenhang sei schon jetzt angemerkt, dass der frontale und der parietale Kortex eine zentrale Rolle spielen. Die Bestimmung der Bedeutung eines visuellen Reizes benötigt multisensorische Vergleiche im Parietalkortex und eine anhaltende Interaktion zwischen primären und sekundären Projektionsarealen. Diese wiederholten Interaktionen gehen der Aufmerksamkeitszuwendung voraus und sind somit vorbewusst. Kontrolliert-exekutive Aufmerksamkeit geht mit erhöhter Durchblutung und erhöhtem Energieverbrauch einher. Der Gyrus Cinguli gehört funktionell zum limbischen System. Es handelt sich dabei um eine Struktur des *Telencephalons* (Vorderhirn), oberhalb des *Corpus callosum*, und dieser ist besonders aktiv, wenn Fehler auftreten und ablaufende Routinen unterbrochen werden. Die Entscheidung über eine Aufmerksamkeitserhöhung treffen Anteile des präfrontalen Kortex und Cingulum. Teile der Basalganglien regeln die Erregungsverteilung am Kortex.

Auch in der Sportpsychologie sind Aufmerksamkeitsprozesse thematisiert. In einem Einführungsbuch haben wir einen ersten Überblick über verschiedene Modellvorstellungen und ihre Bedeutung für den Sport gegeben (Alfermann & Stoll, 2007). Wir diskutieren an dieser Stelle jedoch nur die aktuellste Modellvorstellung und verbinden dieses psychologische Modell im Anschluss mit den hierfür verantwortlichen neuroanatomischen Grundlagen.

Demnach sind Aufmerksamkeit und Bewusstsein an ein limitiertes Kapazitätskontrollsystem gebunden (vgl. Kahneman, 1974). Es ist zunächst davon auszugehen, dass Bewusstseinsprozesse stets aus vorbewussten Informationsprozessen resultieren. Darüber hinaus wissen wir, dass ein einziges Selektionssystem nicht mit experimentellen Befunden vereinbar ist (zsf. Birbaumer & Schmidt, 2006, S. 498). Es ist davon auszugehen, dass jeder Informationsverarbeitungsprozess Energie und somit auch seine eigenen Ressourcen benötigt. Bei Aufgaben, deren Ressourcen sich überlappen, kommt es zur Ressourcenkonkurrenz, die sich meist in Interferenzen und Leistungsstörungen äußert. Die Entstehung bewusster Vorgänge ist somit an die Zuweisung erhöhter Verarbeitungsressourcen an die Informationsverarbeitenden Systeme gebunden. Die Energieressourcen des Aufmerksamkeitssystems bestimmen sich aus der Differenz zwischen erwarteter und aktueller Aufgabe. Welche Informationen nun im Langzeitspeicher gehalten werden, und welche nicht bestimmt das sogenannte Arbeitsgedächtnis. Der dorsolaterale Präfrontalkortex bildet die neuronale Grundlage des Arbeitsgedächtnisses und ist für das Aufrechterhalten flüchtiger Informationen verantwortlich. Das Arbeitsgedächtnis ist zuständig für vorübergehende Speicherung und Veränderung von Informationen. Es wird zum Beispiel benötigt, um einen Satz inhaltlich zu verstehen (sodass man sich noch an den Anfang des Satzes erinnern kann, wenn man am Ende angelangt ist). Es hat eine limitierte Kapazität. Auch im Zusammenhang mit der Lösung komplexer Aufgaben ist das Arbeitsgedächtnis notwendig. Das Arbeitsgedächtnis wird genutzt, um die uns unmittelbar umgebende Umwelt zu verstehen und eine mentale Repräsentation dieser Umwelt herzustellen. Es wirkt unterstützend beim Problemlösen und beim Erwerb neuen Wissens. Es hilft bei der Formulierung und Abwägung aktueller Ziele. Alan D. Baddeley und Graham Hitch schlugen 1974 ihr Arbeitsgedächtnismodell vor, mit dem sie das Kurzzeitgedächtnis präziser beschreiben wollten. Das Modell basiert auf vier (früher drei) getrennten Komponenten (ur-

sprünglich Loops genannt), die miteinander in Verbindung stehen. Dabei unterscheidet man zwischen der zentralen Exekutive, die als Steuer- und Organisationselement dient und den drei Subsystemen, die von der zentralen Exekutive verwaltet werden. Die Subsysteme sind die phonologische Schleife (verarbeitet vor allem verbale Informationen), der räumlich visuelle Notizblock (verarbeitet vor allem visuelle Informationen) und der episodische Puffer (multimodales Speichersystem). Die zentrale Exekutive ist die wichtigste, aber bisher am wenigsten erforschte Komponente des Arbeitsgedächtnismodells von Baddeley. Im ursprünglichen Modell wurde es als Pool für alle Prozesse betrachtet, die sich nicht eindeutig einem der Subsysteme zuordnen ließen (Baddeley, 1988; 2000; 2002; 2003). Ihre wesentlichen Funktionen sah Baddeley darin, eine Verbindung zum Langzeitgedächtnis herzustellen. Im Folgenden soll dieses Gedächtnismodell weiter expliziert werden (Abb. 1.5).

Das Gehirn hat im Laufe seiner evolutionären Entwicklung verschiedene anatomisch und funktionell voneinander unabhängig arbeitende Systeme entwickelt. Eine übergeordnete Klassifizierung unterscheidet ein eher kognitives und ein eher emotionales System. Beide Systeme sind für die Informationsverarbeitung sowie für die Informationsspeicherung von zentraler Bedeutung. Das kognitive System lässt sich ebenfalls in funktionale und spezifische, voneinander unabhängige Systeme einteilen. Das sog. explizite System (auch deklaratives Gedächtnis genannt) funktioniert regelorientiert, seine Inhalte können verbal kommuniziert werden und es ist bewusst wahrnehmbar bzw. beeinflussbar. Hierzu im Gegensatz steht das implizite System (auch prozedurales Gedächtnis genannt), das im Wesentlichen fähigkeits- oder erfahrungsbasiert funktioniert. Inhalte aus dem impliziten System können nicht verbalisiert werden und sie können nur durch Training bzw. durch Handeln stabilisiert werden und diese Inhalte sind für unsere bewusste Wahrnehmung nicht zugänglich (siehe auch Abb. 1.5).

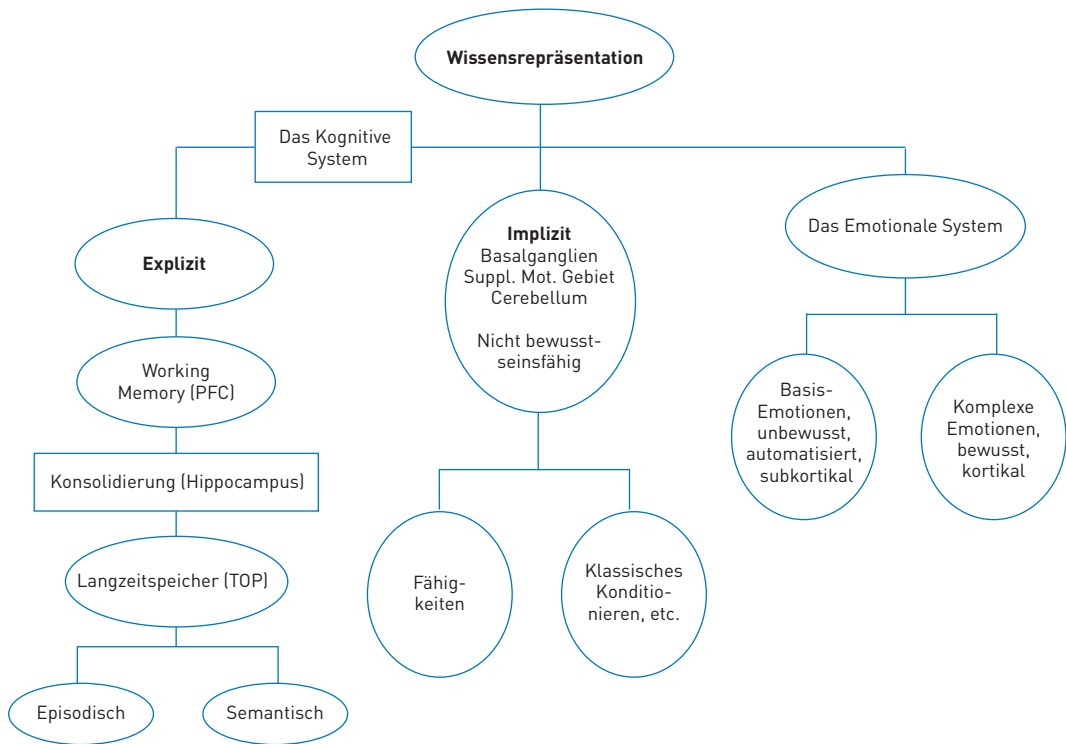


Abbildung 1.5: Funktionen der Wissensrepräsentation und ihre Lokalisation im Gehirn

Das explizite System ist phylogenetisch relativ jung, hoch entwickelt und sehr komplex. Es lässt sich in drei Subsysteme aufteilen, die wiederum an verschiedenen Informationsverarbeitungsprozessen beteiligt sind. Der Vorteil dieses Systems besteht in seiner hohen Entwicklung und der daraus resultierenden großen Flexibilität. Es ist jedoch ein vergleichsweise langsam arbeitendes System. Der Speicherort des deklarativen Gedächtnisses ist der gesamte Neokortex, für das episodische Gedächtnis insbesondere der rechte Frontal- und der Temporalkortex, für das semantische Gedächtnis speziell der Temporalappen. Auch wenn der Ort der Speicherung dort liegt, sind für das Lernen, für die Überführung neuer Informationen in das deklarative Gedächtnis Bestandteile des limbischen Systems unerlässlich, vor allem das mediale Temporalappensystem – der Hippocampus und angrenzende Gebiete.

Die erste Komponente des expliziten Systems ist somit das schon behandelte Arbeitsgedächtnis, das sich im dorsolateralen präfrontalen Kortex lokalisieren lässt. Die zweite Komponente ist verantwortlich für die Konsolidierung des Gedächtnisses, das stark abhängig von Funktionen im Hippocampus und darüber hinaus in den medial temporalen Hirnappenstrukturen repräsentiert ist. Die dritte Komponente ist das Langzeitgedächtnis, das überwiegend in den TOP (temporalen, okzipitalen und parietalen) Strukturen repräsentiert ist.

Das implizite System ist evolutionär als deutlich älteres und auch einfacheres System zu betrachten. Dieses System ist in den Basalganglien und dem Cerebellum (also dem Kleinhirn) lokalisiert. Am Lernen von Fertigkeiten sind beim Menschen zwar auch Kortexareale beteiligt, die motorischen Gebiete und präfrontale Gebiete, hauptsächlich ist das prozedurale Lernen aber