



universität  
wien

# DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

„Brain-based learning and teaching.  
Lernen im Unterrichtsfach ‚Bewegung und Sport‘ auf  
Grundlage von Erkenntnissen der Hirnforschung neu  
strukturiert“

verfasst von / submitted by

Mag.<sup>a</sup> phil. Ines Holler

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat)

Wien, 2017 / Vienna, 2017

Studienkennzahl lt. Studienblatt /  
degree programme code as it appears on the  
student record sheet:

A 190 347 482

Studienrichtung lt. Studienblatt /  
degree programme as it appears on  
the student record sheet:

Lehramtsstudium UF Französisch und  
UF Bewegung und Sport

Betreut von / Supervisor:

ao. Univ.-Prof. MMag. Dr. Konrad Kleiner

## **Erklärung der Urheberschaft**

Hiermit erkläre ich, die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und nur die ausgewiesenen Hilfsmittel verwendet zu haben. Diese Arbeit wurde weder an einer anderen Stelle eingereicht noch von anderen Personen vorgelegt.

*Cerf-volant  
Volant au vent  
Ne t'arrete pas  
Vers la mer  
Haut dans les airs  
Un enfant te voit  
Voyage insolent*

*Troubles enivrants  
Amours innocentes  
Suivent ta voie  
Suivent ta voie  
En volant*

*Cerf-volant  
Volant au vent  
Ne t'arrete pas  
Vers la mer  
Haut dans les airs  
Un enfant te voit  
Et dans la tourmente  
Tes ailes triomphantes  
N'oublie pas de revenir  
Vers moi*

*(„Cerf volant“, du filme „Les Choristes“)*

## **Vorwort und Danksagung**

Diese Diplomarbeit setzt einen weiteren Meilenstein meines Lebens. Mit ihr nähere ich mich dem Ende meiner Studienzeit an. Dies tue ich aber nicht, ohne dabei mein Interesse und meine Faszination über die unfassbaren Fähigkeiten und Fertigkeiten des Menschen, sowohl im kognitiven als auch im motorischen Bereich und auch in der Vermittlung ebendieser kund zu tun.

Auch der Studienbeginn war geprägt von Faszination und Unfassbarkeit: Das harte Training, die großen Fortschritte und dann die bestandene Aufnahmeprüfung. Ich entschied mich dafür, das, was ich geschafft habe, weiter auszubauen und auch wenn es teilweise schwierig war, bereue ich nichts. Wie Edith Piaf schon zu sagen pflegte: ‚Je ne regrette rien‘. Das Studium ‚Auf der Schmelz‘ prägte mich, ließ mich an Grenzen gehen und sie überschreiten, von denen ich zuvor teilweise nicht wusste, dass es sie überhaupt gibt. Es sind mir unglaublich tolle Menschen begegnet und wir haben vieles zusammen geschafft. Ich habe Neues ausprobiert, war neugierig, interessiert, es waren Hürden zu überwinden, Limits zu erreichen und sowohl an der Leistung, als auch am Selbstvertrauen zu arbeiten. Ich kann auf unglaublich schöne Jahre zurückblicken, auf die ich stolz bin und die ich nicht missen möchte. Doch diesem Lebensabschnitt muss nun ein Ende folgen, damit etwas Neues beginnen kann.

Ich möchte hiermit allen Menschen danken, die mich bis zu diesem Punkt begleitet haben, denn sie haben mich auf ihre eigene Art und Weise geprägt, mir Wege und Grenzen aufgezeigt, mir neue Impulse gegeben, mir Unterstützung angeboten und Hilfe geleistet, mir Trost gespendet, sie waren mir ein Vorbild und ein Anreiz für Entwicklungen, die mich zu der Person gemacht haben, die ich nun bin.

Die Rede ist zuerst einmal von meiner gesamten Familie, die mir all das ermöglicht hat, meinem Freund, der immer versucht hat, mich zu verstehen und in meinen Vorhaben zu bestärken, meinen FreundInnen und KollegInnen, die mich in düsteren Momenten auf andere Gedanken brachten, meinem Diplomarbeitbetreuer, der mir mit seiner fachlichen Unterstützung weiterhalf und meinen eigenen LehrerInnen, die es geschafft haben, mir den Wunsch vom Lehrerberuf ‚einzupflanzen‘.

Es ist nicht immer leicht, doch es muss und wird weitergehen. Der Aussage Viktor Frankls „Die Spielregeln des Lebens verlangen von uns nicht, daß wir um jeden Preis siegen, wohl aber, daß wir den Kampf niemals aufgeben“ kann ich durchaus beipflichten. Schicksalsschläge, Schwierigkeiten und Unsicherheiten konnten und können durch eine Haltung der Hoffnung und des Glaubens leichter bewältigt werden. Und diese Haltung lässt sich noch besser in der Gemeinschaft wahren. Ich darf mich glücklich schätzen, dies bestätigen zu können und immer wieder erleben zu dürfen.

## **Zusammenfassung**

Diese Ausarbeitung hat es sich zum Thema gemacht, die Rolle des Gehirns in den Lernprozessen und den daraus folgenden Wissens- und Könnenserwerb darzustellen. Umfassende Forschungen werden von den Neurowissenschaften getätigt, die vielversprechend, aber auch kritisch betrachtet werden. Speziell im motorischen Bereich wirken neurale und kognitive Strukturen bei den Lernprozessen mit und unterstützen das Individuum dabei, sich geistig und körperlich weiter zu entwickeln. Dabei müssen Aspekte wie etwa die Beschaffenheit und Entwicklungsphasen des Gehirns berücksichtigt werden.

Auch die Funktion des Gedächtnisses, der Einfluss von Emotionen und Einstellungen, sowie auch die Relationen zwischen dem Gegenstand, dem bzw. der Lernenden und dem bzw. der Lehrenden sind für gehirngerechtes Lernen im motorischen Bereich essentiell. Sportunterricht kann durch die Beachtung der Grundsätze für gehirngerechtes Lernen, wie etwa die Erhaltung der Neugier, die intrinsische Motivation, die Abwechslung und differenzierte Beanspruchung, sowie durch die Förderung der Selbstwirksamkeit und der Wechselwirkung zwischen dem ‚Ich‘ und der Umwelt bzw. der Gesellschaft einen durchaus beträchtlichen Anteil für nachhaltige Lernerfolge darstellen. Dafür muss der Begriff „brainbased“ und dessen Bedeutung für die Bildung geklärt werden, damit eine Integration in den Unterricht stattfinden kann.

Lehrpersonen können durch verschiedene Maßnahmen ihren Unterricht auf Basis der Erkenntnisse über Hirnforschung so gestalten, dass neben der Standardisierung von Kompetenzen individuelle kognitive und motorische Fertigkeiten ausgeprägt und weiterentwickelt werden können. Ziel des brainbased learning und teaching ist eine Symbiose zwischen Körper und Geist zu schaffen, die in sportmotorischen Belangen, aber auch generell, zu mehr Effizienz, Motivation, Interesse und Leistung im Unterricht führen, sowohl was den Input als auch den Outcome betrifft.

Auf hermeneutische Art sollen Publikationen analysiert und in die Thematik eingeflochten werden, damit die Erkenntnisse aus verschiedenen Forschungsbereichen eine Beantwortung der Fragestellungen und eine Erweiterung der Wissenschaftsperspektive ermöglichen. Mit dieser Aufbereitung soll die Thematik des brain-based learning and teaching nahbar gemacht werden, damit es in den Bewegungs- und Sportunterricht einbezogen werden kann und dadurch die kognitiven bzw. mentalen Fertigkeiten gemeinsam mit den motorischen eine Förderung erfahren.

**Schlüsselwörter:** Neurowissenschaft – brain-based - Gehirn – Motorik – Lernen – Sportunterricht

## **Abstract**

The aim of this thesis is to illustrate the role of the brain in learning processes and thus also in the acquisition of knowledge and skills. Neurologists have been investigating this topic for the past century and the results are promising, but they should also be studied critically. Neural and cognitive mechanisms of the brain and the body are involved in physical processes to a large extent, and support the individual's mental and physical development. For a comprehensive understanding it is necessary to take the composition and developmental stage of the brain into account. The function of memory, the influence of emotions and attitudes, as well as the relations between sports or physical education as a subject, the teacher and the student are essential for brain-based learning regarding the motor area.

Physical education can contribute substantially to lasting learning successes by adhering to the basic principles of brain-based learning, namely arousing and maintaining students' curiosity and intrinsic motivation, varying lesson contents and teaching approaches and devising specified challenges, encouraging self-efficacy and the interaction of the individual with their environment, respectively society. The term "brain-based" and the role it plays in education need to be elucidated in order for an implementation in teaching to be successful. By applying those brain-based learning principles and findings from neuroscience, teachers can help their pupils develop and enhance their individual cognitive and motor skills. Therefore, the objective of brain-based learning and teaching with regard to physical education is to create a symbiosis between the body and the mind which should lead to more efficiency, interest, motivation and better performance in the input and outcome in sports, but also in academic education in general.

To approach and test the given hypotheses hermeneutical methods are used to analyze a variety of publications. The findings shall then be integrated into the topic. The collection and sythese of facts, results and theories of different scientists enables an extension of perspective and connection of knowledge. This paper presents the topic of brain-based learning and teaching in a comprehensible and familiar way in order to pave the way for an implementation in physical education. Besides motor competences also cognitive skills are included, as the combination of these two should be strengthened to increase the efficiency of brain and body.

**Key words:** neuroscience – brain-based – the human brain – learning - motor activity – education

# Inhalt

Vorwort und Danksagung .....	3
Zusammenfassung .....	7
Abstract .....	8
1 Einleitung .....	11
1.1 Problemaufriss .....	11
1.2 Hinführung zur Fragestellung .....	13
1.3 Methode der Bearbeitung .....	13
1.4 Gliederung .....	15
2 Eckdaten zur Entstehung und Entwicklung der Hirnforschung.....	17
2.1 Begriffserklärung des „brain-based“-Terminus.....	17
2.2 Die Neurowissenschaft.....	17
2.2.1 Die kognitive Neurowissenschaft.....	18
2.2.2 Geschichtliches zur Hirnforschung .....	18
2.3 Wettbewerb und Kooperation der Wissenschaften .....	19
2.3.1 Psychologie.....	19
2.3.2 Kognitive Psychologie .....	20
2.3.3 Biologie und Physiologie .....	20
2.3.4 Informatik und Technik .....	21
2.3.5 Pädagogik und Didaktik.....	22
2.3.6 Sport .....	23
2.3.7 Kritikpunkte an der Monopolstellung der Neurowissenschaften.....	24
3 Das Gehirn und das Nervensystem .....	27
3.1 Der Aufbau des menschlichen Gehirns und seine Bestandteile.....	27
3.1.1 Der Hirnstamm .....	27
3.1.2 Das Rückenmark.....	28
3.1.3 Die Medulla oblongata.....	28
3.1.4 Der Hypothalamus .....	29
3.1.5 Das Cerebellum und der Thalamus .....	29
3.1.6 Der Hippocampus und Amygdala .....	29
3.1.7 Die Basalganglien und das Striatum.....	30
3.1.8 Das limbische System .....	30
3.2 Die Gehirnlappen .....	31
3.2.1 Der Neokortex.....	32
3.2.2 Der präfrontale Kortex .....	33

3.2.3	Der motorische Kortex.....	34
3.2.4	Der somatosensorische Kortex .....	34
3.3	Die Neuronen .....	36
3.3.1	Afferente und efferente Neuronen .....	37
3.3.2	Motoneuronen .....	38
3.3.3	Gliazellen .....	38
3.3.4	Neuronen treten in Aktion.....	38
3.3.5	Neurogenese.....	40
3.3.6	Die Plastizität der Neuronen.....	41
3.3.7	Entwicklungsbedingte neuronale Veränderungen.....	42
3.4	Die Entstehung von Sinn, Logik und Verständnis .....	43
3.4.1	Repräsentation.....	44
3.4.2	Muster .....	45
3.4.3	Parallelverarbeitung .....	45
3.4.4	Konzepte und semantische Netzwerke.....	46
3.4.5	Mentale Schemata .....	46
3.5	Das Gehirn – ein von der Gesellschaft geformtes Konstrukt.....	47
4	Gehirnbasierte Fähigkeiten .....	49
4.1	Wahrnehmung.....	49
4.2	Aufmerksamkeit .....	50
4.2.1	Bottom-up und Top-down.....	51
4.3	Gedächtnis und Wissen .....	52
4.4	Langzeit- und Kurzzeitgedächtnis.....	53
4.5	Das deklarative oder explizite Gedächtnis.....	55
4.5.1	Das episodische Gedächtnis .....	56
4.5.2	Das semantische Gedächtnis.....	56
4.6	Das implizite Gedächtnis .....	56
4.6.1	Das prozedurales Gedächtnis .....	56
4.6.2	Das perzeptuelle Gedächtnis .....	57
4.7	Die Verarbeitung von Informationen .....	57
4.7.1	Gedächtnisspuren – Engramme.....	59
5	Lernen oder wie der Mensch zu Wissen kommt .....	61
5.1	Begriffserklärung .....	61
5.2	Entwicklungen und Phasen des Lernens.....	62
5.2.1	Sensible Phasen .....	63
5.3	Einige Kategorien des Lernens.....	64



5.3.1	Imitationslernen.....	64
5.3.2	Assoziatives Lernen .....	65
5.3.3	Nicht-assoziatives Lernen .....	67
5.3.4	Explizites Lernen und Implizites Lernen .....	69
5.3.5	Erfahrungslernen.....	71
5.3.6	Taktisches Lernen und strategisches Lernen .....	72
5.4	Kognitives oder „brain-based“ learning .....	72
5.4.1	Blooming und Pruning .....	73
5.4.2	Priming.....	73
5.4.3	Die Rolle des Hippocampus .....	73
5.4.4	Die Beteiligung verschiedener Gehirnareale .....	75
6	Motorik und Bewegung.....	76
6.1	Begriffserklärung .....	76
6.2	Bewegung. Physiologisch erklärt.....	76
6.2.1	Das sensomotorische System .....	77
6.2.2	Die Bedeutung von Rückenmark, Hirnstamm und Kortex.....	78
6.3	Muskuläre Grundlagen .....	79
6.3.1	Neurologische Komponenten der Skelettmuskulatur .....	79
6.3.2	Muskelarbeit.....	80
6.4	Klassifizierung von Bewegung.....	81
6.4.1	Reflexe.....	82
6.4.2	Die Verbindung zwischen Sensorik und Motorik.....	84
6.4.3	Rhythmische und willkürliche Bewegungen.....	85
6.5	Bewegung aus sportlicher Sicht .....	87
7	Motorisches Lernen oder die Informationsverarbeitung des Körpers .....	89
7.1	Begriffserklärung .....	89
7.2	Sportmotorische Fähigkeiten und Fertigkeiten.....	89
7.3	Die drei Phasen des Fertigkeitserwerbs .....	90
7.3.1	Die Automatisierung von Fertigkeiten .....	91
7.4	Aspekte und Merkmale des motorischen Lernens .....	92
7.5	Die Bewegungskoordination im motorischen Lernprozess.....	94
8	Die Wechselwirkungen von Sport, Körper und Gehirn .....	96
8.1	Die Wirkung von Sport auf den Körper .....	96
8.2	Wirkung von Sport auf das Gehirn.....	97
9	Brain-based learning im Sportunterricht. Überlegungen und Leitmotive .....	99
9.1	Neugier und Herausforderung .....	99

9.2	Erfahrung oder Vorwissen .....	100
9.3	Motivation und Emotion .....	100
9.4	Vertrauen .....	103
9.5	Lernkontext .....	104
9.6	Selbstständigkeit und Aktiv-sein .....	106
9.7	Spielen .....	106
9.8	Leisten und Entspannen.....	107
9.8.1	Schlaf in Zusammenhang mit Lernen und Gedächtnis .....	108
9.8.2	Stress und seine Wirkung auf den Körper .....	109
9.9	Wahrnehmung, Bewusstsein und der Umgang mit Informationen .....	110
10	Lehren oder worauf die Wissensvermittlung aufbaut .....	113
10.1	Eine Dreiecksbeziehung.....	113
10.2	Die Ziele der Sportdidaktik .....	115
10.3	Zur Lehrkraft.....	117
10.3.1	Brennen für das Fach.....	117
10.3.2	Das Wirken auf andere.....	118
10.3.3	Reflexion und Positionierung.....	118
10.3.4	Kommunikation: Rückmeldungen geben .....	119
10.4	Bewegungskoordination schulen.....	120
11	Brain-based teaching im Sportunterricht.....	123
11.1	Spiele und Übungen.....	124
11.2	Wissen, Erfahrung und Transfer.....	126
11.3	Individualität und Selbstständigkeit.....	127
11.4	Emotionen .....	129
11.5	Sinnhaftigkeit und Kontext.....	129
11.6	Struktur und Fokus .....	131
11.7	Leistungsfeststellung .....	132
12	Impulse und Praxisbeispiele für einen gehirngerechten Sportunterricht.....	133
12.1	Ein Spiel für Gedächtnisförderung.....	133
12.2	Ein Spiel für Problemlösungskompetenz .....	133
12.3	Ein Spiel für die Schulung von Reaktion und Geschicklichkeit.....	134
12.4	„Lateralität, Fokussierung, Zentrierung“ nach Meyners .....	134
12.4.1	Lateralität .....	134
12.4.2	Fokussierung.....	135
12.4.3	Zentrierung.....	135
12.5	Weitere kognitionsfördernde Spiele .....	136

13 Sportunterricht heute .....	139
13.1 Bildungsstandards und Implikationen .....	139
13.2 Der modellierte Sportunterricht.....	141
13.3 Das Für und Wider von Standardisierungen .....	142
13.4 Einen Konsens finden .....	144
14 Résumé.....	148
15 Ausblick.....	151
Bibliographie .....	156
Abbildungsverzeichnis.....	167
Anhang.....	169

# 1 Einleitung

Brain-based learning and teaching oder gehirngerechtes Lernen und Lehren im Sportunterricht; ein Titel, der viel impliziert. Auf der einen Seite ist er identifizierbar mit der Entwicklung von Wissen und Können sowie deren Vermittlung, auf der anderen Seite wirft er doch auch Fragen auf. Das Thema rund um die Neurowissenschaften und das menschliche Gehirn beschäftigte ForscherInnen schon weit vor unserer Zeit, die bahnbrechende Ergebnisse hervorbrachten und auf denen weitere Entwicklungen und Durchbrüche aufbauen. Einer der wichtigsten und herausragendsten Anhaltspunkte für die Motivation aller Neuro-WissenschaftlerInnen wurde von Eagleman (2016, S. 11) folgendermaßen zusammengefasst:

“Jede deiner Erfahrungen – vom einfachen Gespräch bis zur gesamten Kultur – prägt die mikroskopischen Einzelheiten deines Gehirns. Wer du bist, hängt aus Sicht deines Gehirns davon ab, wo du warst. Dein Gehirn ist ständig in Veränderung und schreibt seine Schaltkreise laufend neu. Weil du einmalige Erfahrungen machst, sind auch die filigranen Muster deines riesigen neuronalen Netzes einmalig. Und weil sich diese dein ganzes Leben über unentwegt verändern, ist auch deine Identität immer im Fluss.”

Diese vorliegende Arbeit kann als eine Sammlung von Informationen und Daten angesehen werden, als eine Auseinandersetzung mit der bestehenden Literatur, mit Meinungen, Hypothesen und Resultaten, als ein spezifischer Zugang für LernerInnen und LehrerInnen zur Materie des Wissens in einem spezifischen Bereich des Handelns. Ebenso soll sie das Feld der Wechselwirkung zwischen Gehirn und Körper bzw. zwischen Gehirn und Sport erweitern und so einen Beitrag zur Bestätigung der Faszination über die Einzigartigkeit des Menschen und seiner kognitiven Fähigkeiten leisten.

## 1.1 Problemaufriss

Verschiedenen Wissenschaftsbereichen, darunter auch jenem der Pädagogik und des Sports, ist es ein Anliegen, das Gehirn, seine Struktur, Funktionen und die Zusammenhänge mit dem Zentralnervensystem, den Muskeln und anderen mitwirkenden oder unterstützenden Dispositionen in unterschiedlichen Bereichen näher zu beleuchten. „The nervous system, and particularly the brain, undergoes continuous changes in response to modifications in its input afferents and output targets (Pascual-Leone et al., 2005, S. 279). „Das Gehirn ist plastisch, es ist dynamisch und es passt sich immer an“, ergänzt Beck (2016, S. 280). Alles, was vom Gehirn aufgenommen wird, verändert es und damit wird auch das Ergebnis modifiziert. Das Zusammenspiel zwischen Gehirn und Körper ist demnach modellierbar und deshalb auch so interessant für die Forschung.

Denken und Gedächtnis finden sich in zahlreichen Sprichwörtern und Aussagen des täglichen Lebens wieder, doch kaum jemand kann es in Bezug auf seinen Ursprung, seine Tätigkeit und sein Ausmaß definieren. Was findet davor statt, wieso bleiben manche Inhalte über Jahre erhalten und andere verschwinden Sekunden nach der Konfrontation? Mithilfe des Gedächtnisses schafft es der Mensch, seine Welt zu entdecken, sein Wissen zu erweitern und Neues zu schaffen. Dies fassen Gazzaniga, Ivry und Mangun (2014, S. 380) wie folgt zusammen: „Learning and remembering information about the world around us enables us to make predictions about the future from our past experiences“.

Die verschiedenen Gehirnareale sind bei jedem Prozess oder Ablauf aktiv, sie lernen und vergessen, sie speichern und erweitern. Dies kann aber durch Bedingungen und Umstände, beispielsweise im Unterricht, gefördert und unterstützt werden. Es müssen sich Kontexte bieten, die Raum geben, um mit vorhandenem Wissen, Neues zu entdecken, seine Kompetenzen zu erweitern und so körperlich und mental ‚am Ball‘ zu bleiben. Emotionen spielen hier ebenso eine Rolle wie körperliche Voraussetzungen und Entwicklungen im Lernprozess, die dem Menschen Möglichkeiten bieten, sich zu entfalten. Aus der Sicht der Neurowissenschaften ist Lernen ein „sehr dynamischer Vorgang, an dem alle menschlichen Dispositionen beteiligt sind: alle Sinne, Werte, Emotionen, kognitiven Abläufe (Verstehensprozesse), aber auch Handlungen.“ (Arnold, 2009, S. 182).

Fit werden, fit sein, fit bleiben, sowohl geistig als auch körperlich. Dies ist die Devise, die sowohl auf geistiger als auch auf körperlicher Ebene im Alltag und in der Schule weitaus mehr Beachtung verdienen sollte. Unterschiedliche physiologische und psychische Strukturen bewirken in ihrer Aktivität, dass sich der Körper an Situationen anpasst, Aufgaben ausführt, sich Inhalten und Anforderungen stellen kann, kurzum dass der Mensch lernt. Raine, Lee, Kramer und seine Forschungsgruppe (2013, 1 ff.) konnten anhand von bildgebenden Verfahren nachweisen, dass sich Bewegung und Aktivität auf die Synapsen im Striatum und dem Hippocampus positiv und förderlich auswirkt. Sie sprechen von einer „potential interaction between fitness and learning strategies that have been found to have a differential influence on learning success“ (Raine et al., 2013, S. 2). Eine Förderung dieses Zusammenspiels kann vor allem durch das Koordinationstraining erzielt werden. Von weiteren ForscherInnen wird bestätigt, dass „Koordinationstraining kurzfristig zu neuronalen Veränderungen z.B. in Form einer „Voraktivierung“ von Gehirnbereichen (z.B. präfrontaler Kortex, Kleinhirn) führt, die auch für kognitive Aufgaben relevant sind“ (Windisch, Voelcker-Rehage & Budde, 2011, S. 310).

Die Lehrperson spielt in diesen Prozessen eine wesentliche Rolle als UnterstützerIn und WegbereiterIn in den Lernphasen bis hin zur Ausreifung der Fähigkeiten und Fertigkeiten in Lern- und Bewegungsbereichen. Sie bildet das Kontinuum mit dem Schüler bzw. der SchülerIn und dem Gegenstand oder Thema und aus dieser Beziehung entspringen Perspektiven, die

das Lernen auf allen Ebenen fördern können. Unterricht darf nicht steril und realitätsfern geschehen, sondern soll die Kinder in die Thematik mitreißen, sodass sie den Kenntniserwerb auf andere Situationen übertragen können. „Nicht derjenige Sportunterricht ist gut, der möglichst viele Interessen der Schüler aufgreift, sondern derjenige, der die Schüler mit möglichst vielen neuen Interessen entlässt“ (Volkamer, 2003, S. 209). Über die Schiene des Interesses ist der Mensch offen für neues Wissen und hier ist der Ausgangspunkt für das ‚brain-based‘ learning. Die Diskussion über die Standardisierung spielt hier eine Rolle und wird einerseits als notwendig, andererseits als utopisch angesehen. In Bezug auf das gehirngerechte Lernen soll der Punkt des „Alle-sind-gleich-und-sollen-das-Gleiche-können“ dem Aspekt der individuellen Förderung und Interessensorientierung gegenüberstehen.

## **1.2 Hinführung zur Fragestellung**

Die Sammlung an Informationen, deren Auslegung und Interpretation fokussiert das Gehirn als Ausgangszentrum für kognitive und auch motorische Prozesse. Es interagiert mit weiteren physiologischen Strukturen wie etwa dem Zentralnervensystem und dem Rückenmark. Es befähigt dadurch den Menschen, sich zu bewegen und zu handeln. Lernen findet hier über unterschiedliche Zugänge statt. Einerseits durch das Nachahmen, andererseits durch den Abgleich mit Erfahrungen und auch durch die Verknüpfung von Bekanntem und Unbekanntem. Damit das Lernen von und durch Bewegungen stattfinden kann, braucht es Arrangements, die Denk-, Vergleichs- und Konsolidierungsprozesse fördern. Aus dieser Darlegung ergeben sich drei Fragestellungen, welche den weiteren Verlauf der Arbeit leiten sollen:

Welche Gehirnbereiche sind in die Lernprozesse involviert und müssen demnach für gehirngerechtes Lernen aktiviert werden? Die Arbeitsweisen der kortikalen Strukturen und das Zusammenspiel mit dem Nervensystem sollen fokussiert werden, damit es zu Lernprozessen und Handlungen kommt.

Wie wirken Motorik und Kognition bzw. zerebrale Faktoren zusammen? Kurz gesagt: Was verbindet Gehirn und Motorik? Körper und Geist, sowie ihre Interaktionen werden hier physiologisch und psychologisch betrachtet.

Wie muss Lernen und Lehren im Sportunterricht gestaltet sein, damit es gehirngerecht ist? Durch eine Synthese der ersten beiden Fragen, soll dann eine Verbindung zum Unterricht geschaffen werden. Sowohl die Kognition als auch die Motorik benötigen Förderung und Richtungsweisung durch Rahmenbedingungen und Gestaltung von Leitfiguren.

## **1.3 Methode der Bearbeitung**

Diese Arbeit beruht auf der Bearbeitung und Interpretation bestehender Literatur zu ausgewählten Themengebieten. Dadurch ist sie hermeneutisch. Kluge (2002, S. 408) spricht bei Hermeneutik über die „Kunst der Deutung“, die durch „erklären, auslegen, denken“

charakterisiert ist. Für Reichertz (1997, S. 16) sind es die „objektiven Bedeutungsstrukturen von Texten“, also der Sinn in den Äußerungen der AutorInnen, die eine Rekonstruktion erfahren sollten. Texte, Bilder, Studien, Grafiken und Folgerungen werden demnach in die Ausarbeitung integriert, ihr Sinn bzw. ihre Aussage wird erklärt und anschließend mit weiteren Überlegungen und Auslegungen zu deuten versucht. Dabei wird zwischen der Auslegung des Autors bzw. der Autorin oder weiteren ForscherInnen und der eigenen Schlussfolgerung unterschieden. Dieser Unterschied muss durch formale Richtlinien klar hervorgehen.

Diemer (1977, S. 115) verweist darauf, dass es in der Hermeneutik besonders um das Verstehen geht. Einerseits gibt es das „hermeneutische(s) Sinnverstehen“, das als „spezifische Begegnungsweise“, „als Interpretation spezifisch konzipierter Gegebenheiten“ oder als „Vorverständnis, Horizontentwurf“ (Diemer, 1977, S. 91, 122) angesehen werden kann. Andererseits ist das Verstehen, beispielsweise für Wittgenstein ein „funktionales) Gebrauchsverstehen“, welches Theorie und Regeln geistig zu erfassen erlaubt (Diemer, 1977, S. 115).

Die Beziehung zwischen der Hermeneutik und der Dialektik ist laut Diemer (1977, S. 220) eine sehr enge. Während die Hermeneutik sich als „Lehre vom Verstehen (vernünftiger) Reden und Schriften“ sieht, ist die Dialektik auf die „Lehre von der rechten Gesprächsführung und (Wechsel-)Rede“ gestützt. Dies wird deutlich, wenn es sich um das „Negativmoment“ handelt. Das Untersuchungsobjekt in der Hermeneutik ist immer „zweiseitig“ (Diemer, 1977, S. 220), was bedeutet, dass Argumentationen entweder bejahend oder verneinend für die zentrale Behauptung oder Begründung geführt werden können. Oder aber es kommt das „Zusammenhangsmoment“ (Diemer, 1977, S. 221) zum Tragen, bei dem es um die Wechselwirkung von These und Antithese, von einem Teil oder einem Ganzen geht und dann eine Synthese mithilfe der Dialektik angestrebt wird (vgl. Diemer, 1977, S. 221).

Die Thesen und Ausführungen, die diese Arbeit enthält, sollen auf den Wahrheitsgehalt und den Bezug zur Theorie geprüft, mit anderen Standpunkten verglichen und letztendlich mit Perspektiven und Sichtweisen synthetisiert werden, sodass sich ein Gefüge an Wissen ergibt, welches die Fragestellungen beantwortet und den Horizont in dieser Thematik erweitert.

Die verwendete Literatur ist von ihren Erscheinungsjahren sehr variabel. Durch die verschiedenen Erkenntnisse über das menschliche Gehirn, die Psyche, die beteiligten neuralen und kognitiven Strukturen, von denen einige bereits vor etwa 200 Jahren Einzug in die Wissenschaft gefunden haben, ist das Spektrum an Werken und Publikationen nicht auf das derzeitige Jahrtausend zu begrenzen. Dennoch waren es vorrangig Publikationen und Erkenntnisse aus den letzten Jahren, die die Ausführungen zu den einzelnen Themenbereichen erklären und belegen sollten. Datenbanken wie etwa PubMed, Free Medical

Journals, BMC Neuroscience, JStor oder Sherpa RoMEO wurden für die Recherche neuartiger Studien zu Gehirn, Motorik und Lernen herangezogen.

## **1.4 Gliederung**

Zu Beginn wird der Begriff „brain-based“ erläutert, der im Grunde der Wegbereiter dieser Arbeit ist. Im Anschluss kommt es zum Versuch, das Thema der Neurowissenschaften bzw. Hirnforschung darzulegen und sie mitsamt ihren Konkurrenzwissenschaften vorzustellen. Für die Forschungen rund um das Gehirn wurden und werden sowohl naturwissenschaftliche als auch geisteswissenschaftliche Zugänge gewählt, die ein große Bandbreite an Perspektiven auf das menschliche Organ und seine Fähigkeiten geschaffen haben. Trotz allem wird die Neurowissenschaft oftmals als federführend in dieser Thematik angesehen, was zu Kritik und Konkurrenzdenken unter den beteiligten Forschungsrichtungen führt. Diese Gegenüberstellung soll das Ausmaß bzw. die Position betonen, welche das Gehirn in der Wissenschaft bereits erreicht und eingenommen hat. Durch die verschiedenen Zugänge erweitert sich das Blickfeld auf viele Forschungsprojekte, Studien und Auswertungen, die im weiteren Verlauf für die Erklärung der einzelnen Themen und Aspekte der Arbeit vonnöten sind.

Im folgenden Kapitel wird die Aufmerksamkeit dem Gehirn, seinen Arealen, Strukturen und Funktionen gewidmet. Grafiken sollen die Lokalisierung der Bereiche und Befindlichkeiten von Thalamus, dem limbischen System und Co. bildlich darstellen und so einen fiktiven Einblick gewähren. Die Vielzahl an Strukturen sowohl am Kortex als auch im zentralen Bereich des Gehirns kommt dabei zum Vorschein, wobei diese Abhandlung weit entfernt von medizinischen Ansprüchen ist. Das Kapitel bietet eine Übersicht der für die weiteren Themengebiete notwendigen Gehirnpartien. Hinzu kommt die neuronale Komponente. Neuronen werden charakterisiert und ihre Funktion im Kopf und im Körper erklärt. Schlagwörter sind beispielsweise die Plastizität, Schemata, Repräsentationen und auch die Gesellschaft. Im Anschluss werden die Termini Wahrnehmung, Aufmerksamkeit und Gedächtnis als zerebrale Fähigkeiten beleuchtet, damit ihre Arbeitsweise und Bedeutung für den denkenden Menschen klarer wird. Diese Funktionen des Gehirns bereiten den Weg für jedwede Lernsituation und dadurch auch für die Wissensaneignung während aller Entwicklungsstadien und Altersabschnitte. Das Lernen im Allgemeinen, seine Abläufe und Kategorien sollen im Anschluss vorgestellt und erläutert werden, damit die Funktionalität des Gehirns und mit ihm die Fähigkeiten des Menschen, sich Wissen zu eigen zu machen und anwenden zu können, weiter verdeutlicht wird.

Das Gehirn und seine Funktionen teilen sich ihre Position in der vorliegenden Arbeit mit der Motorik, die im folgenden Kapitel vorgestellt werden sollen. Es geht darum, Motorik zu definieren, die Kategorien der Bewegung vorzustellen und so die körperlichen, auf Motorik



beruhenden Aspekte des Menschen neben jene der Kognition zu stellen. Es ist die Rede von motorischen Fähigkeiten und Fertigkeiten, deren Entwicklung und Vertiefung. Sensorik und Motorik arbeiten zusammen und bewirken, dass das Individuum zum (sportlichen) Handeln befähigt wird. Gleich im Anschluss erfolgt die Präsentation des motorischen Lernens, sprich wie kann der Mensch Bewegung kennenlernen, umsetzen und so seine Kompetenzen ausbauen kann.

Nach der Vorstellung der beiden Hauptthemen „Gehirn“ und „Bewegung“ und den Einblicken in kognitive und motorische Lernprozesse wird eine Synthese gewagt, die sich auf das gehirngerechte Lernen im Sportunterricht stützt. Hierin sind das Gehirn, die mentalen Lernprozesse, sowie auch die Bewegung und die motorische Fertigkeitenentwicklung vertreten. Beide Komponenten sollen in Lernprozesse eingebunden werden, die erfolgreiches Lernen unterstützen und dem Individuum die Möglichkeit geben, sich geistig und körperlich entfalten zu können. Es werden Rahmenbedingungen und Forderungen vorgestellt, die das „brain-based learning“ erleichtern und so zu Lernfortschritten führen sollen. Dafür müssen Aspekte vonseiten der SchülerInnen beachtet und thematisiert werden wie etwa Aufmerksamkeit, Interesse, Motivation, Bewegungsbereitschaft. Durch effektive Lern- und Unterrichtsformen des „brain-based-teaching“ können gehirngerechte Lernprozesse unterstützt und gefördert werden. Somit gehen hier Lehren und Lernen Hand in Hand.

Auch für die Lehrkraft und den gehirngerechten Unterricht ist ein Kapitel vorgesehen, welches sowohl die Rolle der Lehrperson, als auch ihre Position, ihr Handeln und dessen Wirksamkeit verdeutlichen soll. Brain-based teaching verlangt die Einhaltung und Beachtung einiger Aspekte wie etwa Raum, Kontext, Methodik, Implikation der Sinne etc., um seinem Namen gerecht zu werden. Hierfür sollen ebenfalls Rahmenbedingungen und Anregungen für einen Unterricht mit der „brain-based“-Prämisse vorgestellt werden, damit die Inhalte, Themen und Erfahrungen den SchülerInnen im Gedächtnis bleiben. Zusätzlich dazu fällt noch ein kurzer Blick auf das aktuelle Unterrichtsgeschehen, welches mehr Bildung fordert und Standardisierungen setzt. Inwiefern diese beiden Begriffe in einen kognitionsorientierten Unterricht passen, der auf die Verbindung zwischen Bewegungserfahrung, sinnlichen Eindrücke und mentalem Problemlösen abzielt, soll in kurzer Form dargelegt werden.

## **2 Eckdaten zur Entstehung und Entwicklung der Hirnforschung**

Im folgende Kapitel wird der Begriff „brain-based“ erläutert, die Entwicklung der Neurowissenschaften bzw. der Forschungen an dem und über das Gehirn vorgestellt und Kritik an der aktuellen Haltung zum Neuro- und Gehirnwahn verübt.

### **2.1 Begriffserklärung des „brain-based“-Terminus**

Der Begriff „brain-based“ in Bezug auf das Lernen und Lehren bezieht sich auf die Erkenntnisse in den Methoden, Designs oder Programme darüber, wie das Gehirn lernt. Faktoren wie etwa die kognitive Entwicklung, die Individualität des Gehirns, das Alter, aber auch der soziale, kognitive und emotionale Reifegrad spielen hierbei eine essentielle Rolle<sup>1</sup>. Damit brain-based Einzug in das Lernen findet, müssen „alle Sinne, Werte, Emotionen, kognitive Abläufe (Verstehensprozesse), aber auch Handlungen“ (Arnold, 2009, S. 182) in den Lernprozess verwickelt und dadurch die kognitiven Fähigkeiten des Gehirns optimal ausgenutzt werden. Das Gehirn stellt die Basis oder das Zentrum für die Forschungen rund um seine Wirkungsbereiche dar und diese erstrecken sich in viele Richtungen, wie im weiteren Verlauf deutlich werden wird.

### **2.2 Die Neurowissenschaft**

Die Wissenschaft, die auf die Hirnforschung großen Einfluss nimmt, ist die Neurowissenschaft. Für Kandel (2011, S. 3) bedeutet Neurowissenschaft das Verständnis des Gehirns und der damit verbundenen Einzigartigkeit, die das Verhalten des Menschen prägt. Das Gehirn bietet den ForscherInnen aus physiologischer Sicht Untersuchungsbereiche wie etwa die Nervenzellen, die verschiedenen Gehirnareale, die Strukturen, deren Funktionen und Mechanismen. Dadurch lassen sich Rückschlüsse sowohl auf körperliche, beispielsweise die Motorik, ziehen, als auch geistige Phänomene wie das Verhalten, die Emotionen und das Lernen näher erforschen, so Kandel (2011, S. 3).

Die Forschung rund um die Kognition umfasst den Prozess der Wissensaneignung, des Bewusstseins, der Wahrnehmung und der Möglichkeit zur Schlussfolgerung. Bei den Neurowissenschaften geht es um das Nervensystem mit seinen Funktionen und Strukturen (vgl. Gazzaniga, Ivry & Mangun, 2014, S. 4). Slaby (2013, S. 524) spricht beim Begriff der kritischen Neurowissenschaften von einer Schärfung des Blickes für die Breite an Perspektiven, Erkenntnissen und Faktoren, die das Verständnis dieser Wissenschaft stabilisieren soll. Die Aufgabe der NeurowissenschaftlerInnen ist es, sich über Analysen der

---

<sup>1</sup> <http://edglossary.org/brain-based-learning/> (letzter Zugriff am 4.6.2014)

Technik, Evaluierung und der Methoden anzunähern, um das Gehirn physiologisch und metabolisch untersuchen zu können. Laut Anderson (2013, S. 9) liegt es in der Natur der Neurowissenschaften, nach einem behavioristischen Schema vorzugehen und Ergebnisse zu beurteilen. Es kommt auf das Reiz-Reaktions-Schema an, damit ihre Forschungen zu Ergebnissen führen. Den PsychologInnen wird diese naturwissenschaftliche Ansicht des Geistes der Tiefe und Variabilität der kognitiven Fähigkeiten eines Individuums nicht gerecht (vgl. Anderson, 2013, S. 9). Unter anderem dadurch wurde die Wissenschaft über die Kognition in die Neurowissenschaften eingeflochten.

### **2.2.1 Die kognitive Neurowissenschaft**

Dieser Forschungsbereich beschäftigt sich mit der menschlichen Erkenntnis und der Umsetzung kognitiver Fähigkeiten und Fertigkeiten im menschlichen Gehirn. Während die PsychologInnen seit geraumer Zeit Forschungen in Bezug auf die Wahrnehmung anstellen, wurden die komplexen Untersuchungen zur der Entwicklung der Kognition und des Wissens mitsamt deren Abläufen durch NeurowissenschaftlerInnen revolutioniert. Dennoch gibt es Durchbrüche in der Psychologie in Bezug auf das Thema der neuronalen Aspekte und zur Messung von Gehirnaktivitäten. Eine rein neurowissenschaftliche Betrachtung dieses Forschungsgebietes würde - wie bereits oben angedacht - den menschlichen Geist in ein stark behavioristisch beeinflusstes Licht stellen, so Anderson (2013, S. 9).

Ziel der kognitiven Neurowissenschaften ist es, Methoden und Ansätze zu entwickeln, die das Verständnis über die neuronale Basis der Kognition fördern (vgl. Anderson, 2013, S. 10). Untersuchungen an Tieren halfen und helfen, Schlüsse auf menschliches Verhalten und neuronale Vorgänge zu ziehen. Es gab dahingehend operative Eingriffe, Verhaltensbeobachtungen, mechanisch, elektronisch und grafisch gestützte Methoden, die den ForscherInnen Ergebnisse liefern sollten. Allerdings ist der Vergleich vom Verhalten und den kognitiven Funktionen sowie Fähigkeiten zwischen Mensch und Tier ein enormer, und auch wenn es teils Parallelen gibt, so lassen sich Ergebnisse im Tierreich nicht ohne weitere Untersuchungen und Prüfungen auf den Menschen übertragen (vgl. Anderson, 2013, S. 17).

### **2.2.2 Geschichtliches zur Hirnforschung**

Franz Joseph Gall setzte zu Beginn des 19. Jahrhunderts mit seiner Theorie über den Zusammenhang geistiger Fähigkeiten bzw. Neigungen und die materiellen Erscheinungen im Sinne von Lokalisierungen im Gehirn selbst und äußerlichen Aspekten und Strukturen des Schädels – Phrenologie genannt - den ersten Schritt in Richtung moderner Hirnforschung (vgl. Caspary, 2010, S. 65 ff).

Marie-Jean-Pierre Flourens (1794-1867) führte diese Forschungen fort, indem er Gehirnareale von Tauben und Hasen zerstörte und anschließend ihr Verhalten, ihre Lernprozesse und

Bewegungen beobachtete. Als er eine Gehirnhälfte entfernte, gingen die Wahrnehmung, einige motorische Fähigkeiten und die Urteilsfähigkeit verloren, entnahm er das Cerebellum, war das Tier nicht mehr im Stande, koordinativ zu handeln und verlor das Gleichgewicht. Doch er fand das Areal nicht, welches für Gedächtnis und Kognition zuständig war. So kam er zu dem Schluss, dass das Gehirn einen Bereich besitze, welcher das Verhalten steuere (vgl. Gazzaniga, Ivry & Mangun, 2014, S. 6 f.).

Flourens Theorie wurde als „Äquipotentialtheorie“ (Kandel, 2011, S. 8) betitelt. John Hughlings Jackson griff diesen Ansatz auf und konnte durch Forschungen über Epilepsie bestätigen, dass sich Vorgänge, die die Motorik und Sensorik betreffen, in verschiedenen Bereichen der Großhirnrinde ereignen. Diese Untersuchungen wurden von Carl Wernicke, Charles Sherrington und Ramón y Cajal fortgesetzt, die das Phänomen des „zellulären Konnektionismus“ (Kandel, 2011, S. 8) prägten. Dieser besagt, dass Neuronen Signale aussenden und sich zu Funktionseinheiten zusammenschließen. Dadurch wurde die Äquipotentialtheorie widerlegt, so Kandel (2011, S. 8).

Die Entwicklung der Wissenschaft um das Gehirn und die neurologischen Aspekte haben über die Zeit verschiedene Fachrichtungen miteinbezogen, die an den heutigen Erkenntnissen, Theorien und Diskussionen maßgeblich mitwirkten und mitwirken. In der Psychologie, der Pädagogik und auch in wirtschaftlichen Disziplinen tritt verstärkt das Präfix „Neuro“ hervor und lässt immer mehr Forschungsansätze und -debatten entstehen, erklärt Vidal (2009, S. 22).

## **2.3 Wettbewerb und Kooperation der Wissenschaften**

Die aktuellen Erkenntnisse der Hirnforschung verdankt die Wissenschaft dem Konglomerat aus Entdeckungen, Hypothesen, Theorien und Forschungsergebnissen, die dank der Kooperation oder auch aufgrund des Wettbewerbs verschiedener Richtung der Geistes- und Naturwissenschaften der Hirnforschung zu großen Schritten verholfen haben.

### **2.3.1 Psychologie**

Unter Psychologie wird die „Wissenschaft vom menschlichen Erleben und Verhalten“ (Jäncke, 2010, S. 192) verstanden, die fachlich gesehen auf Vernunft, Wissenschaftlichkeit und Objektivität baut, mittlerweile aber durch andere Strömungen und auch Laienpublikum unter Sinntransformationen ‚leidet‘. Entstanden ist die akademische Psychologie gegen Ende des 19. Jahrhunderts sowohl aus naturwissenschaftlichen als auch geisteswissenschaftlichen Bewegungen und wurde durch Publikationen von Wilhelm Wundt<sup>2</sup>, einem Leipziger Philosophieprofessor, maßgeblich geprägt. Unter den zahlreichen Abstufungen der

---

<sup>2</sup> <http://psychologie.biphaps.uni-leipzig.de/wundt/chapters/wundt.htm> (letzter Zugriff am 5.6.2017)

Psychologie und der physiologischen Psychologie, die Wundts Hauptthemengebiet war, befinden sich die Entwicklungs- oder Kognitionspsychologie, die Völkerpsychologie, die das Denken, Handeln und Empfinden von Individuen untersucht, die akademische Psychologie, die sich beobachtender Methoden für die Beschreibung von Kausalität, Dynamik und Geschehen bedient und dann im weiteren Verlauf noch die Annäherung an die Biologie und Sinnesphysiologie, die mit Experimenten im Bereich der Physiologie Erkenntnisse gewinnt und sichert, so Jäncke (2010, S. 192). Der Autor besteht aber darauf, dass ohne die Paradigmen, Theorien und Fragestellungen aus der akademischen Psychologie, aus welcher sich unter anderem Forschungszweige wie die Kognitive Psychologie oder die Entwicklungspsychologie herauskristallisiert haben, die Neurowissenschaft oder auch die kognitive Neurowissenschaft so wie sie heute bekannt ist, nicht denkbar wären (vgl. Jäncke, 2010, S. 195).

### **2.3.2 Kognitive Psychologie**

Ulric Neisser<sup>3</sup> ein amerikanischer Psychologe, prägte die Bezeichnung der Cognitive Psychology und sicherte dieser Disziplin den Einzug in die Wissenschaften über den menschlichen Geist. Der in den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts vorherrschende Behaviorismus, welcher sich knapp gesagt auf die Erforschung des Organismus und seiner Reaktionen auf Stimuli aus der Umwelt bezieht, war nicht weitgreifend genug, um das Individuum, sein Verhalten und seine Entwicklungen als Resultat dieser Stimuli studieren und erfassen zu können. Die Verarbeitungsprozesse während der Reizphasen und die folgenden Handlungen sind es, die von KognitionspsychologInnen durchleuchtet werden (vgl. Rösler, 2011, S. 1 f.). Die Wissenschaft der kognitiven Psychologie kann als eine Disziplin rund um die Organisation von Geist und Psyche angesehen werden, die eine Demonstration der Verarbeitungsprozesse im Gehirn und des intelligenten Denkens liefern soll.

### **2.3.3 Biologie und Physiologie**

Neben der Psychologie erwähnt Jäncke (2010, S. 194) auch die Biologie als weitere ‚Konkurrenzwissenschaft‘, wenn es um das Thema der gehirngesteuerten, verhaltensbeeinflussenden und auf das Lernen fokussierten Faktoren des Menschen geht. Der Terminus ‚Vitalismus‘, bei dem es sich um die Einzigartigkeit des Lebens, wie etwa Instinkte, Triebe und die Libido, handelt, aber auch der Darwinismus mit seinen biologischen Ansätzen im Hinblick auf Verhalten und Überlebensstrategien der menschlichen Evolution, seines Zweckes und seiner Funktion reihen sich neben die Neurowissenschaft.

Obwohl die Biologie wichtige den Menschen und seine Fähigkeiten betreffende Erkenntnisse hervorgebracht hat, war es doch die akademische Psychologie, die sich dem menschlichen

---

<sup>3</sup> Für eine vertiefende Lektüre zum Thema der kognitiven Psychologie soll auf die Publikation des bekanntesten Vertreters dieser Wissenschaftssparte hingewiesen werden: Neisser, U. (1967). Cognitive psychology. New York: Meredith Publishing Company.

Erleben und den mentalen Vorgängen gewidmet hat, auch wenn diese Faktoren nur sehr eingeschränkt beobachtbar sind. Dennoch gibt es Möglichkeiten, diese Aspekte mittels Theoriebildung und experimenteller Verfahren zu messen und zu untersuchen, so Jäncke (2010, S. 194).

Physiologie und Biologie haben schon vor mehr als 100 Jahren einen starken Einfluss auf die Psychologie ausgeübt, zurzeit ist es die Hirnforschung. Das „Verständnis für die neuroanatomischen und neurophysiologischen Grundlagen menschlichen Erlebens und Verhaltens“ (ebd., S. 195) sollte für Fragen und Theorien psychologischer Natur genützt werden. Durch eine Öffnung der Psychologie hin zu ihren nahestehenden oder sich annähernden Disziplinen könnte weitere Fortschritte und Forschungsergebnisse in Theorie und Praxis bewirken. Sich ergebende Fragen bei einer derartigen Öffnung und Kombination von Wissenschaftsdisziplinen könnten die folgenden sein:

- „Wie hängen psychische Leistungen mit bestimmten Hirnaktivierungsmustern zusammen?
- Kann man psychische Leistungen durch Veränderung der zugrundeliegenden neurophysiologischen Aktivierung verändern?
- Kann man psychische Leistungen durch Hirnaktivierungsmuster vorhersagen?
- Wie verändern sich Hirnaktivierungsmuster durch Lernen und den jeweiligen kognitiven Kontext?
- Wie sind die neurophysiologischen und neuroanatomischen Voraussetzungen bestimmter psychologischer Leistungen?
- Wie können psychische Leistungen im Zusammenhang mit neurologischen Schäden erkannt, diagnostiziert und therapiert werden?“ (Jäncke, 2010, S. 195)

Weitere Fragestellungen betreffen die vom Gehirn ausgehende „Bearbeitung bzw. Kontrolle von psychischen (und motorischen) Funktionen“, sowie die Interaktion unterschiedlicher Gehirnareale und Aktivitätsmuster (vgl. ebd., S. 196). In dieser Thematik konnte die technische Evolution Unterstützung leisten.

### **2.3.4 Informatik und Technik**

Die Wissenschaften der Technik, Informatik oder Computerwissenschaften sind heute in fast jedem Forschungsgebiet vertreten und unterstützen durch Prozesse der Berechnung, der Visualisierung und der Programmierung die Bemühungen der WissenschaftlerInnen. Auch werden sie oftmals zum Vergleich mit der menschlichen Intelligenz und deren Messung

herangezogen, was als „Künstliche-Intelligenz-Forschung“ (Schmidt, 2013, S. 44) tituiert wird. Der Wissenschaftsbereich der kognitiven Robotik befasst sich mit der Erforschung des Verständnisses und der Verarbeitung von Wissen, sowie der Aktuatorik und der Sensorik, um diese in die Programmiersprache umwandeln und für „Kognitive Technische Systeme (cognitive technical systems, CTS)“ (Hertzberg, 2013, S. 47) bereitstellen zu können. Bei der Neuroinformatik geht es um die technische Erfassung von Aufgaben der Neuronen, ihrer Funktionsweisen sowie ihrer Adaptations- und Lernprozesse. Die kognitiven Leistungen werden für die informatischen Bedürfnisse abstrahiert und formalisiert, sodass die Robotik und andere technische Systeme damit ähnlich hantieren können wie der Mensch, so das Ziel der Neuroinformatik (vgl. Hammer, 2013, S. 52).

Durch die Entwicklung der Technik im Bereich der bildgebenden Verfahren, die ohne operative Maßnahmen auskommen, wie etwa die Elektroenzephalographie (EEG) ist es der Forschung möglich geworden, direkt am Menschen zu forschen, ohne den Umweg über Tierexperimente machen zu müssen. Dabei werden Elektroden beispielsweise an der Kopfhaut aufgebracht, die elektrische Schwingungen und Potentiale, sowie deren Veränderungen und Entwicklungen aufzeichnen können (vgl. Anderson, 2013, S. 17). Bei den Untersuchungen handelt es sich um Reaktionen einer Versuchsperson auf bestimmte Stimuli. Dabei wird die generelle Aktivität des Gehirns in Betracht gezogen. Von den Resultaten zahlreicher Versuchsdurchläufe wird der Durchschnitt errechnet. Die durchschnittlichen Werte, die sich auf einen bestimmten Reiz beziehen, werden als „ereigniskorrelierte Potentiale oder EKPs (event-related potentials, ERPs)“ (ebd., S. 18) bezeichnet. Der Ort, wo sich die Reaktionen im menschlichen Gehirn abspielen, lässt sich mit dieser Methode schwer bestimmen. Damit die neuronalen Aktivitäten und Reaktionen besser lokalisiert werden können, wurden die Methoden „PET (Positronen-Emissions-Tomographie, positron emission tomography) und fMRI (functional magnetic resonance imaging) [...] (funktionelle magnetische Resonanz-Tomographie)“ (Anderson, 2013, S. 18) entwickelt, die allerdings in Bezug auf den zeitlichen Fortgang noch nicht ganz ausgereift sind. Mit der „Magnetenzephalographie (MEG)“ (ebd., S. 18) wird die Reaktion auf einen elektrischen Stimulus getestet. Diese rufen Magnetfelder hervor. Aktivitäten und Veränderungen in den kortikalen Furchen werden verzeichnet, ohne dabei große Einflüsse aus den Windungen oder von weiter medial befindlichen Hirnstrukturen mit einzubeziehen (vgl. Anderson, 2013, S. 18).

### **2.3.5 Pädagogik und Didaktik**

Das wachsende Interesse an den Neurowissenschaften und dem menschlichen Gehirn in den genannten Wissenschaftsbereichen erstreckte sich auch auf die Erziehung und Bildung. Es entwickelten sich Ansichten, die sich auf bildungstheoretischem, geisteswissenschaftlichem, konstruktivistischem und empirischem Niveau unterscheiden und kritischen Evaluationen

unterzogen wurden und werden. Didaktische Grundsätze für dieses Themengebiet müssen zum Verständnis aller Beteiligten erarbeitet und umgesetzt werden, denn das Begreifen dieser Vereinigung von gehirnbasierten Erkenntnissen und Unterricht muss vielerorts noch ausreifen (vgl. Friedrich, 2009, S. 272).

Friedrich (2009, S. 276) erklärt anhand einer Schilderung die beiden Begriffe der „Defizitpädagogik“ und „Kompetenzpädagogik“. Beim ersten Terminus wird versucht, Fehler zu vermeiden und neuronale Netze mit falsch kombinierten Inhalten außer Acht zu lassen, im zweiten Begriff orientiert man sich an den Fähigkeiten und Fertigkeiten des Kindes. Widersprüchlich ist in diesem Zusammenhang, dass Fehler zuerst erkannt werden müssen, um schließlich an ihnen oder auch mit ihnen in Richtung Lösung arbeiten zu können. Dabei ist das Gehirn sehr aktiv. Das Ziel sollte sein, den fehlerhaften Anteil im betreffenden neuronalen Netz zu beseitigen, so Friedrich (2009, S. 277).

Die Kompetenzpädagogik hat es sich zum Ziel gesetzt, Defizite zwar nicht zu ignorieren, es ist ihr aber wichtig, den Fehlern und den damit verbundenen Niederlagen oder Versagensängste nicht die Oberhand zu gewähren. Eine Stabilität von vorhandenen richtigen Inhalten und Fertigkeiten ist anzustreben, damit das Individuum Sicherheit und Selbstwirksamkeit erfährt. Eine Situation, die eine Herausforderung beinhaltet, in der das Nichtkönnen mit Ausblick auf Lernmöglichkeiten vorherrscht, ist durchaus attraktiv für das Gehirn. Ist die Gefahr eines Misserfolges aber hoch, so kann es zu einer Konsolidierung dieser „erfolglos aktivierten Netze“ (Friedrich, 2009, S. 279) kommen. Daher rührt die Einstellung, dass die Erfahrungen vonnöten sind, um Defizite als Ansporn zu sehen und um seine eigenen Fähigkeiten und Fertigkeiten besonders zum Ausdruck zu bringen (vgl. Friedrich, 2009, S. 279).

### **2.3.6 Sport**

Im sportlichen Bereich wird versucht, den Begriff des Gehirns mit dem Körper zu verbinden und diese beiden Ebenen durch Aktivitäten unterschiedlichster Art zu fördern. Der Fokus fällt dabei auf die Gesunderhaltung von Körper und Geist und die Vermeidung von physiologischer oder psychologischer Einschränkungen, erklären Voelker-Rehage, Tittlbach, Jasper und Regelin (2013, S. 16).

Sportmotorische Lernvorgänge im Bereich der konditionellen und koordinativen Fähigkeiten stehen immer auch in Verbindung mit der Entwicklung persönlicher und intellektueller Fähigkeiten. Bei der Erarbeitung und dem Training der Fähigkeiten in sportartspezifischen Bereichen wird auf das Optimum und die Vervollkommnung von Körper und Geist hintrainiert, so Meinel und Schnabel (2007, S. 204). Windisch, Voelcker-Rehage und Budde (2011, S. 307 ff.) haben zu dem Thema eine Publikation verfasst, aus der der Schluss gezogen werden kann, dass



„Koordinationstraining kurzfristig zu neuronalen Veränderungen z.B. in Form einer „Voraktivierung“ von Gehirnbereichen (z.B. präfrontaler Kortex, Kleinhirn) führt, die auch für kognitive Aufgaben relevant sind. [...] Regelmäßiges Koordinationstraining scheint langfristige Veränderungen in der Aktivierung relevanter Gehirnbereiche (z.B. bessere synaptische Verschaltung) sowie der Ausschüttung von Wachstumsfaktoren (sic!) (BDNF) zu bewirken, was ursächlich für eine bessere kognitive Leistung sein könnte“ (Windisch et al., 2011, S. 310).

Windisch, Voelcker-Rehage und Budde (2011, S. 307) wiesen in ihrer Publikation auf weitere Untersuchungen dieses Themengebietes hin, die zum Trotz der Heterogenität der Gruppen und Kontexte zeigten, dass zusätzliche körperlicher Betätigung nicht mit einer Leistungsminderung in anderen Bildungskategorien einhergeht. Dies soll die körperliche Betätigung noch mehr fördern und auch in den Augen der PädagogInnen und Eltern als Maßnahme zur Steigerung physischer und mentaler Kompetenzen zu erkennen sein.

### **2.3.7 Kritikpunkte an der Monopolstellung der Neurowissenschaften**

Die Flut an neurowissenschaftlichen Publikationen belief sich im Jahr 2013 auf etwa 80.000 und in den alle zwei Jahre stattfindenden Tagungen der „Society for Neuroscience“ in San Diego stellen WissenschaftlerInnen innerhalb weniger Tage gute 15.000 Untersuchungen und Erkenntnisse vor, so Beck (2016, S. 286). Das zeugt von dem regen Interesse an diesem überaus wichtigen Forschungsgebiet, impliziert aber auch eine gewisse Unübersichtlichkeit. Darüber hinaus wird an den Forschungsmethoden klar, wie heterogen die Gruppe an WissenschaftlerInnen und UnterstützerInnen sind: Damit die fMRT (funktionelle Magnetresonanztomographie) das denkende Gehirn mit seinen Aktivitätsarealen abbilden kann, ist ein Radiologe oder eine Radiologin mit der Bedienung befasst, ein Psychologe oder eine Psychologin muss das Experiment entwerfen, ein Hirnforscher oder eine Hirnforscherin interpretiert die Ergebnisse und ein Informatiker oder eine Informatikerin ist mit der Gestaltung und Aufbereitung der Daten und Bilder beschäftigt. Somit kann die Hirnforschung nicht als eine Disziplin betrachtet werden (vgl. Beck, 2016, S. 287). Die Abläufe, Testungen und Arbeitsprozesse müssen demnach genauestens abgestimmt sein, um verlässliche Ergebnisse liefern zu können.

Ein weiterer nicht ungeachtet zu lassender Punkt ist jener des nicht eindeutig definierten oder falsch verwendeten Begriffs „Gehirn“. Janich (2009, S. 96 ff.) deutet darauf hin, dass bei Aussagen wie etwa „gehirngerechtes Lernen“ nicht zwischen dem Gehirn und dem Menschen unterschieden wird. Für Jäncke (2010, S. 193) ergeben sich dabei philosophisch angehauchte Fragen: Ist der Mensch nur durch sein Gehirn und dessen herausragende Fähigkeiten

Mensch? Ist es der Mensch, der lernt oder das Gehirn?<sup>4</sup> Jäncke (2009, S. 523 ff.) gibt zu bedenken, dass es sich bei der Aktivität des Lernens um „eine ‚Verhaltensveränderung‘ aufgrund von Umwelterfahrungen (handelt), die nicht auf Reifung und Erkrankung zurückzuführen ist. Insofern lernt das ‚Gehirn‘ nicht, sondern der Mensch verändert sein Verhalten. Die Veränderung des Gehirns infolge des Lernens (also der Verhaltensveränderung) nennt man Plastizität des Gehirns“ (Jäncke, 2009, S. 521). Hiermit fordert der Autor einen bedachteren Umgang mit den Termini ‚Gehirn‘ und ‚Mensch‘, gibt aber durchaus zu bedenken, dass eine Transformation im Gehirn oder des Gehirns, ein verändertes Verhalten nach sich zieht (vgl. Jäncke, 2010, S. 193).

In vielen Bereichen sind die gesetzten Methoden und die Auswirkungen noch nicht so weitreichend erforscht, dass mit Sicherheit eine Beziehung zwischen ihnen und einer mentalen Leistungssteigerung bestätigt werden kann, so Fitz und Reiner (2013, S. 411 f.). In ihrer Publikation über DIY und damit verbundene kognitive Veränderungen verwenden sie oft den Konjunktiv und Aussagen, die auf die Individualität der Probanden gestützt sind und somit keine generellen Aussagen erlauben: „The concern is that users may cause longlasting effects in their underlying neurobiology, including unintended and undesirable effects, which may be difficult to reverse“ (Fitz & Reiner, 2013, S. 411). Ein derartiges Fehlen von empirischen Auswertungen bezüglich der Anwendung von Methoden, der Darlegung von der Wirkung, der Gefahren, des Nutzens und der Ausbreitung von Überlegungen und Ergebnissen im Bereich der Gehirnforschung können weitere Forschungen und Ansätze verfälschen, sowie eine „überpositive Darstellung“ bewirken (Schütz, Hildt & Hampel, 2016, S. 12, in Anlehnung an Partridge, Bell, Lucke, Yeates, und Hall, 2011, S. 1 ff.). Jäncke (2010, S. 192) erwähnt in diesem Zusammenhang auch, dass Forschungen in einem Gebiet durch Strömungen und das Laienpublikum Sinntransformationen erleiden und es dadurch zu immer mehr Mythen in den Wissenschaften käme.

Die Neurowissenschaften und ihre Erkenntnisse haben sich – wie bereits oben erwähnt - in vielen Wissenschaftsbereichen Zugang verschafft, darunter befinden sich auch die Neuro-Pädagogik und Neuro-Didaktik. Das Präfix „Neuro“ scheint hier neue Tore aufzuschließen. Es wird versucht, Ansätze für Lerntheorien herauszufiltern, die nachhaltiges Lernen und Lehren unterstützen, so Jäncke (2010, S. 194). Weiters gibt der Autor zu bedenken, dass diese Themengebiete „keinen direkten Bezug zur akademischen Psychologie haben“ und derartige neurowissenschaftliche Feststellungen „als Motivation für eine neue oder zumindest verbesserte Pädagogik dienen sollen“ (Jäncke, 2010, S. 193). Daraus folgernd ergibt sich das

---

<sup>4</sup> Die Autoren Borgstein, J. & Grootendorst, C. haben in ihrem Beitrag „Clinical picture: Half a brain“ (2002, S. 473) Forschungen an einem Mädchen angestellt, welchem die rechte Gehirnhälfte aufgrund des Rasmussen-Syndroms, einer chronischen fokalen Encephalitis, entfernt werden musste. Trotzdem war das Mädchen zweisprachig, hatte kaum merkbare motorische Einschränkungen und konnte ein normales Leben führen.

Streben, die Disziplinen ‚aufzupolieren‘, Neues hineinzubringen, um die Hoffnung auf einen besseren Outcome zu nähren. Die Lehr- und Lernforschung wird mit Daten und Ergebnissen aus diversen neurowissenschaftlichen Studien angereichert, wobei oftmals noch von Untersuchungen an Tieren auf das menschliche Verhalten geschlossen wird. Die kognitive Psychologie liefere anhand von kontrolliert ablaufender Verhaltensstudien bedeutsame Erkenntnisse über Lernen und Gedächtnis, so Jäncke (2009, S. 193), der sich hierbei auf die Autoren Baddely, Eysenck und Anderson (2009, S. 3) stützt. Durch die Erforschung des menschlichen Verhaltens auf personaler und sozialer Ebene kann das Verständnis der neurobiologischen Faktoren, die Gedächtnisprozesse unterstützen, näher beleuchtet und besser nachvollzogen werden.

Dieser Überblick über die Beteiligung, Zuständigkeiten, Entwicklungen und kritische Betrachtungsweisen soll die Aufnahme der Informationen in den Folgekapiteln erleichtern und gleichzeitig auch die Inhalte und ihre Eingliederung in diese Arbeit rechtfertigen. Das Gehirn, seine Fähigkeit zu Lernen, die Bewegung und der Körper an sich bilden in gewisser Weise einen Kreislauf, der durch Lehransätze und den Unterricht geschlossen werden soll.

## **3 Das Gehirn und das Nervensystem**

Als Einstieg in das Thema über das Gehirn soll eine kurze Erklärung des Systems mitsamt seinen beteiligten Strukturen dabei helfen, die folgende Abhandlung besser einordnen zu können.

Das menschliche Nervensystem, so Gazzaniga, Ivry und Mangun (2014, S. 37 f.), setzt sich zusammen aus dem Zentralnervensystem (ZNS), das aus dem Gehirn und dem Rückenmark besteht und dem peripheren Nervensystem (PNS) außerhalb des ZNS, welches die Neuronen, ein Gebilde von Axonen und Gliazellen, und die Ganglien, einer Anhäufung oder Verknüpfung von Nervenzellkörpern, umfasst. Während das ZNS eine Art Kontroll- und Befehlszentrum darstellt, ist das PNS für den Transport sensorischer Information zum ZNS und motorischer Befehle vom ZNS zu den Muskeln zuständig. Diese beiden Aktivitäten werden von zwei Systemen ausgeführt: dem „somatic motor system“, dem somatisch motorischen System und dem „autonomic motor system“, dem autonomen motorischen System. Ersteres kontrolliert willkürliche Muskelbewegungen, zweiteres steuert die viszerale Funktionen (vgl. Gazzaniga, Ivry & Mangun, 2014, S. 37 f.).

Da sich diese Arbeit auf das Gehirn mitsamt seinen Funktionen und Wirkungen stützt, soll diesem Organ nun die volle Aufmerksamkeit gewidmet werden.

### **3.1 Der Aufbau des menschlichen Gehirns und seine Bestandteile**

Das menschliche Gehirn hat ein Gewicht von etwa 1400 Gramm, was als 2 % des Körpergewichtes angesehen werden kann und beansprucht ca. 20 % der Gesamtkörperenergie für sich, so Spitzer (2006, S. 13). Milliarden an Neuronen sorgen dafür, dass Lernprozesse zustande kommen, Bewegungsabläufe und Fähigkeiten umgesetzt und ausgeführt werden können (vgl. Spitzer, 2006, S. 14). Welche Strukturen im Gehirn vorhanden sind und wie sie arbeiten soll überblicksmäßig erklärt werden.

#### **3.1.1 Der Hirnstamm**

Dies ist der älteste und primitivste Bereich des menschlichen Gehirns. Er setzt sich aus Strukturen zusammen, die aus dem embryonalen Mittel- und Hinterhirn stammen. In der Anatomie und Zusammensetzung ist der Hirnstamm vergleichbar mit dem Rückenmark. Einige aufsteigende (afferente) Bahnen des Rückenmarks gehen durch den Hirnstamm und andere haben synaptische Verbindungen mit ihm. Ebenso haben absteigende (efferente) Bahnen von höher gelegenen Hirnzentren den Hirnstamm zu passieren, um zum Rückenmark zu gelangen (vgl. Unglaub Silverthorn, 2009, S. 303). Der Hirnstamm fungiert demnach als Schaltstelle oder Zwischensegment von Rückenmark, Wirbelsäule und Gehirn.

### 3.1.2 Das Rückenmark

Das Rückenmark ermöglicht den Transport von neuronalen Befehlen oder Signalen vom Gehirn zu den jeweiligen Muskeln und Muskelgruppen und bringt die sensorischen Informationen des Körpers zum Gehirn zurück. Die anschließenden Grafiken zeigen verschiedene Teilbereiche und Strukturen des menschlichen Gehirns. Anzumerken ist, dass sich die inneren oder zentraler liegenden Bereiche während der Evolution früher etablierten. Sie sind für fundamentale körperliche Aktivitäten zuständig (vgl. Anderson, 2013, S. 13).

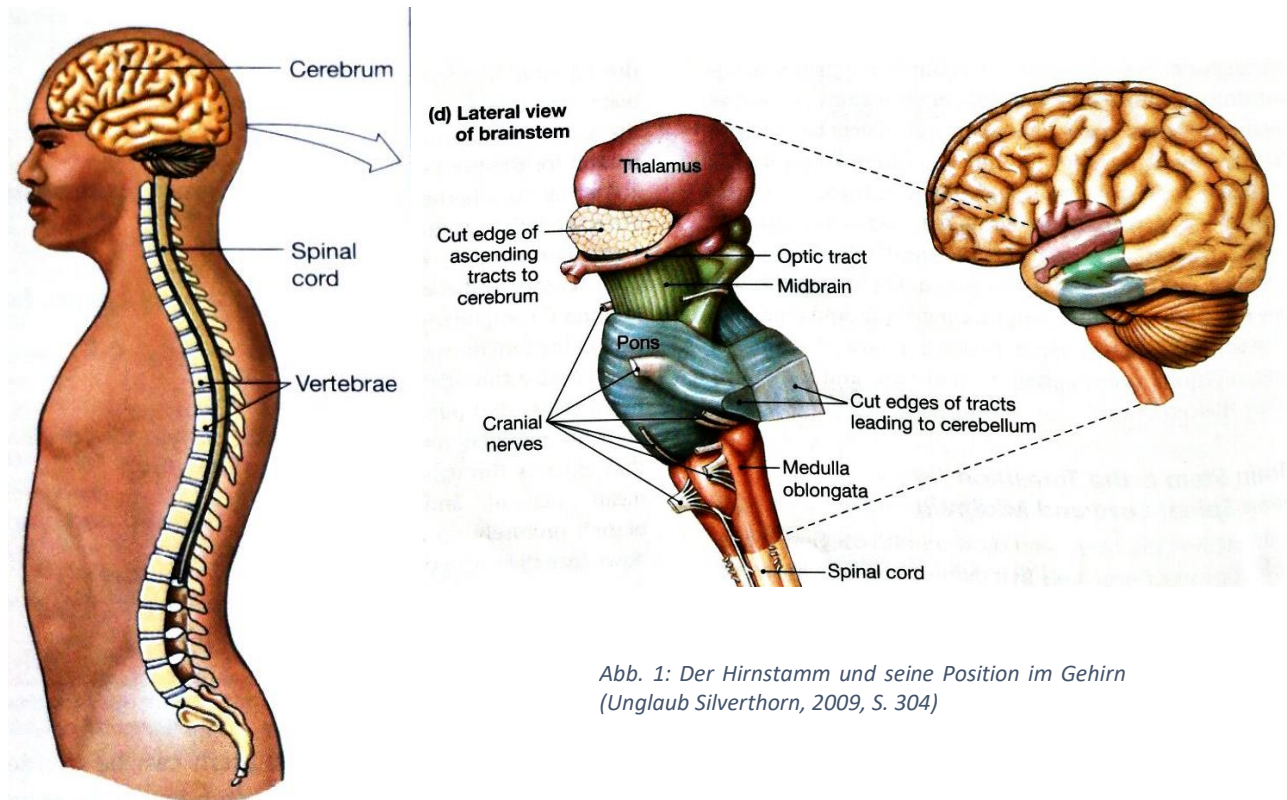


Abb. 1: Der Hirnstamm und seine Position im Gehirn (Unglaub Silverthorn, 2009, S. 304)

Abb. 2: Gehirn, Rückenmark und Wirbelsäule (Unglaub Silverthorn, 2009, S. 304)

### 3.1.3 Die Medulla oblongata

Ihr Zuständigkeitsbereich umfasst den Herzschlag, die Verdauung, den Schluckreflex und die Atmung (vgl. Anderson, 2013, S. 13). Die weiße Masse enthält afferente somatosensorische und efferente kortikospinale Strukturen, die Informationen vom Cerebellum zum Rückenmark transportieren. Etwa 90 % dieser kortikospinalen Bereiche kreuzen die Mittellinie zur gegenüberliegenden Körperseite in einer Region der Medulla. Daher resultiert die gekreuzte Kontrolle des Gehirns über die Körperhälften, erklärt Unglaub Silverthorn (2009, S. 305). Das menschliche Gehirn bzw. der Neokortex ist in eine rechte und linke Hemisphäre geteilt und die Steuerung einer Gehirnhälfte ist gekreuzt mit der Körperhälfte – sprich die linke Gehirnhälfte steuert Empfindungen und Aktionen der rechten Körperhälfte und die rechte

Gehirnhemisphäre fokussiert die linke Körperhälfte (vgl. Anderson, 2013, S. 13). Unglaub Silverthorn (2009, S. 307) ergänzt, dass die beiden Hemisphären durch das corpus callosum verbunden sind. Es besteht aus Axonen, welche von einer Hälfte zur anderen reichen und somit eine beständige Verbindung darstellen.

### 3.1.4 Der Hypothalamus

Die Regulierung elementarer Triebe und Bedürfnisse steuert der Hypothalamus (vgl. Anderson, 2013, S. 13). Unglaub (2009, S. 306) zählt dazu Hunger und Durst. Die Funktionen des Hypothalamus nach außen betreffen die autonome Gliederung des Nervensystems und eine Vielzahl an endokrinen Funktionen. Der Hypothalamus erhält Informationen aus dem Cerebellum und verschiedenen sensorischen Rezeptoren. Der Output geht vorwiegend über den Thalamus (vgl. Unglaub Silverthorn, 2009, S. 307).

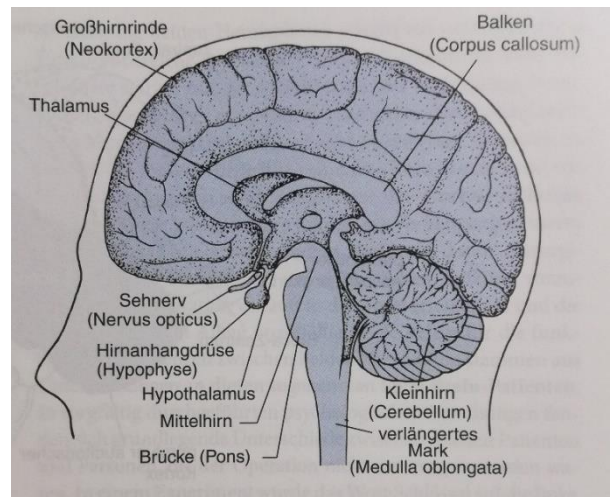


Abb. 3: Verschiedene Hirnstrukturen (Keeton, 1980, in: Anderson, 2013, S. 13)

### 3.1.5 Das Cerebellum und der Thalamus

Die Koordination von Bewegungen und die willkürliche körperliche Aktivität werden vom Cerebellum (Kleinhirn) maßgeblich beeinflusst. Wird motorische in sensorische Information umgewandelt, die dann bis in tiefere Areale des Kortex gelangen sollen, so ist der Thalamus aktiv. Es sind fundamentale Funktionen, die vom Cerebellum und dem Thalamus ausgeführt werden und dennoch erfüllen sie auch zentrale Aufgaben im Bereich der höheren Kognition des Menschen (vgl. Anderson, 2013, S. 13). Birbauer und Schmidt (2010, S. 282) ergänzen hierzu, dass dem Kleinhirn bei motorischen Lernprozessen und den Anpassungsfähigkeiten der motorischen Fertigkeiten an veränderte Lernkontexte eine große Bedeutung zukommt. Auch feinmotorische, schnelle Bewegungen beispielsweise beim Spielen eines Instrumentes oder auch in bestimmten Sportarten werden vom Cerebellum mitbestimmt (vgl. Birbaumer & Schmidt, 2010, S. 282)

### 3.1.6 Der Hippocampus und Amygdala

Der Hippocampus ist bei allen Lern- und Gedächtnisprozessen beteiligt, so Unglaub Silverthorn (2009, S. 308). Er vergleicht neue und gespeicherte Informationen und kommt daher bei kontextuellem Lernen zum Einsatz. Er spielt eine wesentliche Rolle bei den an der „Konsolidierung und Habituation“ (Birbaumer & Schmidt, 2010, S. 82) beteiligten Strukturen, auf die später noch genauer eingegangen wird.

Direkt hinter dem Hippocampus befindet sich die Amygdala. Sie ist gemeinsam mit dem Gyrus Cinguli an emotionalen Prozessen und Gedächtnisleistungen beteiligt (vgl. Unglaub Silverthorn, 2009, S. 308). Strukturell sind ein neokortikaler Teil, der basolaterale Kern und ein subkortikaler Teil, der zentromediale Kern, zu unterscheiden (vgl. Birbaumer & Schmidt, 2010, S. 80).

### 3.1.7 Die Basalganglien und das Striatum

Bei den Basalganglien handelt es sich um eine weitere Struktur im Inneren der beiden Gehirnhälften, die eine einfache Regulierung im Bereich der Motorik bewirkt. Sie kontrolliert aber auch komplexe kognitive Prozesse. Des Weiteren erhalten beide Strukturen Nervenstimuli aus kortikalen Arealen und leiten ebenfalls Impulse zum Frontalkortex weiter (vgl. Anderson, 2009, S. 14). Die Basalganglien tragen aber auch einen beträchtlichen Teil zur motorischen Kontrolle bei, so Unglaub Silverthorn (2009, S. 308). Durch das Striatum, ein Teil der Basalganglien, erfolgen die Entscheidungen über die Ausführung von Handlungen. Es verbindet die verschiedenen Gehirnareale miteinander und so können Kombinationen und Abgleichungen von Informationen unterschiedlicher Kanäle und verschiedenen Ursprungs erfolgen. Das Striatum spielt eine tragende Rolle im Bereich der Motivation, des Erlernens und der Ausführung von Bewegungen (vgl. Beck, 2014, S. 36).

### 3.1.8 Das limbische System

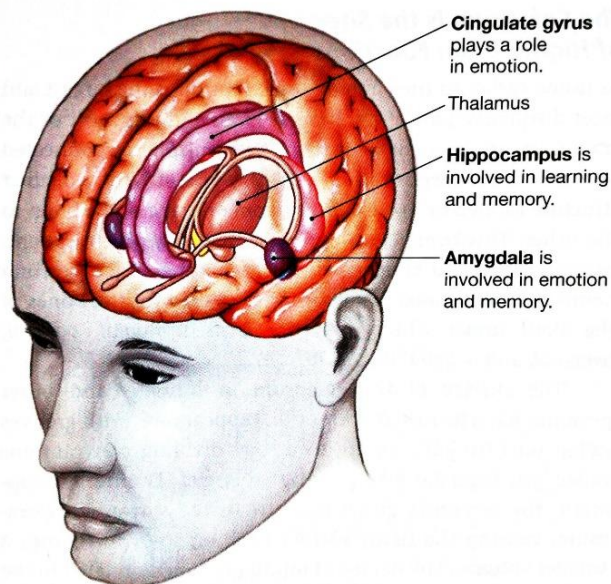


Abb. 4: Das limbische System (Unglaub Silverthorn, 2009, S. 308)

Das limbische System umgibt den Hirnstamm und ist einer der ältesten Teile des menschlichen Gehirns. Er stellt die Verbindung zwischen höheren kognitiven Funktionen wie etwa das logische Denken und primitiven, emotionalen Antworten dar, zum Beispiel Angst oder Freude, her. Das limbische System umfasst den Thalamus, die Amygdala, den Hippocampus und den Gyrus cinguli (vgl. Unglaub Silverthorn, 2009, S. 308). Laut Roth (2009, S. 61) bilden die limbischen Strukturen das „zentrale Bewertungssystem unseres Gehirns“. Alle

Reize, die auf das Individuum einwirken, werden auf ihre Eigenschaften überprüft und dann im „emotionalen Erfahrungsgedächtnis“ abgelegt, wo eine weitere unbewusste Verarbeitung erfolgt. Dadurch ist dieses Zentrum auch für Lernprozesse verantwortlich, da es die Inhalte

bewertet und sich das Individuum dann dem Thema widmet oder seine Aufmerksamkeit anderen Dingen zuwendet, so Roth (2009, S. 61 f.).

### 3.2 Die Gehirnlappen

Bereits Brodmann (1909, in Anderson, 2013, S. 13) befasste sich mit den einzelnen Gehirnarealen und unterschied 52 Bereiche<sup>5</sup> der menschlichen Hirnrinde. Grund für diese Differenzierung ist die Verschiedenheit der dort befindlichen Zelltypen und auch der Aufgaben, die diese ausführen. Es ergeben sich vier Lappen, nämlich der Frontal-, der Parietal-, der Okzipital und der Temporallappen, die durch Sulci getrennt werden (vgl. Anderson, 2013, S. 13).

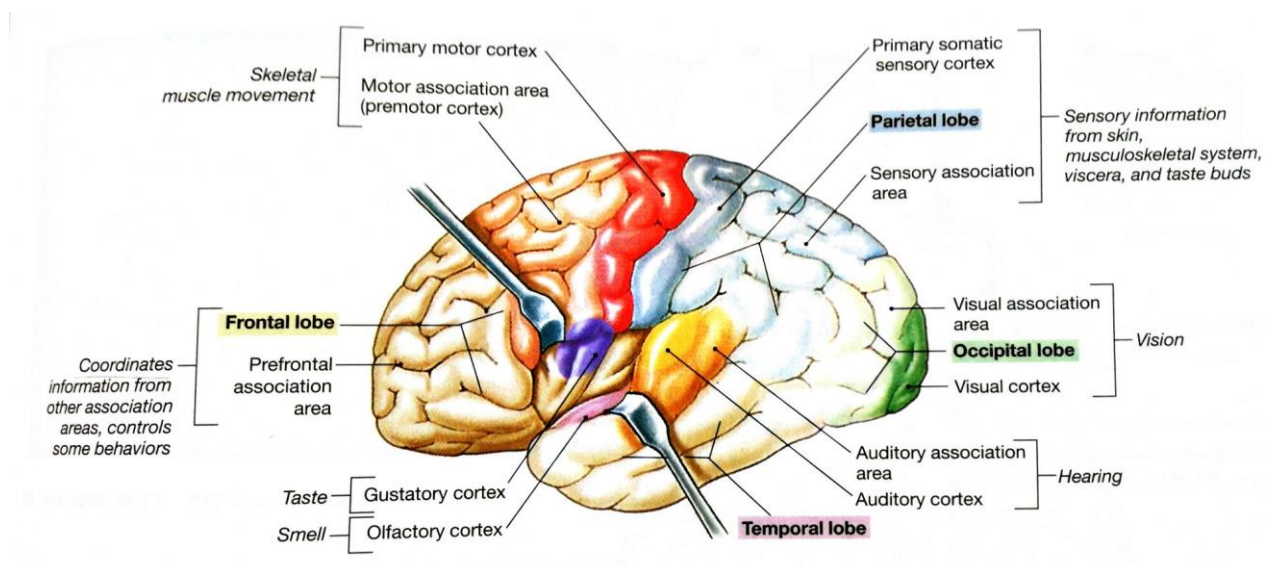


Abb. 5: Lappen und Kortexe des menschlichen Gehirns (Unglaub Silverthorn, 2009, S. 309)

Wichtig ist, dass eine Handlung oder Aktion nicht nur von einer Gehirnregion aus gesteuert wird, sondern dass sogar bei simplen Bewegungen, wie etwa beim Krümmen eines Fingers, zahlreiche Gehirnareale aktiv sind (vgl. Unglaub Silverthorn, 2009, S. 303).

Der Frontallappen beinhaltet im hinteren Teil die Steuerungsmechanismen für die motorischen Fähigkeiten und im vorderen Teil – auch Präfrontaler Cortex genannt – Prozesse der Planung (vgl. Anderson, 2013, S. 14). Im Parietallappen werden die Wahrnehmung sowohl in körperlicher als auch räumlicher Version verarbeitet und die Aufmerksamkeit kontrolliert. Der Bereich des Okzipitallappens beinhaltet, wie Anderson (2013, S. 14) erörtert, „die primären visuellen Felder“. Das Aufgabengebiet des Temporallappens umfasst den Empfang von

<sup>5</sup> Brodmann hat das Gehirn in verschiedene Abschnitte geteilt und diese je nach Zuständigkeitsbereich nummeriert. Eine graphische Darstellung ist unter dem folgenden Link zu finden. Siehe auch Anhang. <http://www.umich.edu/~cogneuro/jpg/Brodmann.html> (letzter Zugriff am 3.1.17). Grundlage dafür bietet sein Werk: Brodmann, K. (1909). *Vergleichende Lokalisationslehre der Grosshirnrinde. In ihren Principien dargestellt auf Grund des Zellenbaues*. Leipzig: Johannes Ambrosius Barth Verlag.



Stimuli aus dem Hinterkopf, die Erkennung von Objekten und auditiven Impulsen. Zusätzlich beinhaltet er den Bereich der Sprachverarbeitung, das Wernicke-Areal (vgl. Anderson, 2013, S. 14). Diese Bereiche zählen zum Neokortex der Großhirnrinde und somit zur Oberfläche des Gehirns. Zu bedenken ist aber, dass die höhere Kognition nicht nur von dort aus beeinflusst wird, sondern vielmehr durch die Kommunikation des Neokortexes mit Strukturen aus dem subkortikalen Bereich, wie etwa dem Hippocampus, den Basalganglien und dem limbischen System (vgl. Anderson, 2013, S. 14).

Die beiden Gehirnhemisphären haben verschiedene Spezialisierungen, wie u. a. Anderson (2013, S. 15) darlegt. Die linke Seite wird als Ort der Sprachverarbeitung und des analytischen Denkens aufgefasst und rechts sind die Wahrnehmung und Raumorientierung vorzufinden. Eine Verknüpfung der beiden Hälften wird – wie oben schon erwähnt - durch das Corpus callosum, einem Strang mit einer Vielzahl an Nervenfasern und Axonen, sichergestellt (vgl. Anderson, 2013, S. 15).

### **3.2.1 Der Neokortex**

Als evolutionsgeschichtlich jüngster Teil des menschlichen Gehirns kann der Neokortex angesehen werden. Es handelt sich um „eine dünne Schicht von Nervenzellen mit einer Oberfläche von ungefähr 2500 Quadratzentimetern“ (Anderson, 2013, S. 13). Er ist in Falten gelegt, damit diese Hirnstruktur genügend Platz hat. Dies ist außerdem ein wesentliches Merkmal des menschlichen Gehirns im Vergleich zu jenen von niederen Säugetieren. „Gyrus“ ist der Name einer Windung und „Sulcus“ ist die dazwischenliegende Spalte oder Furche, so Anderson (2013, S. 13). Unglaub Silverthorn (2009, S. 307) ergänzt, dass sich diese Falten oder Sulci in der Evolution deshalb gebildet haben, da das Gehirn schneller gewachsen ist als der Schädelknochen. Der Grad bzw. das Ausmaß der Faltung ist demnach direkt verbunden mit der Entwicklung der Fähigkeiten des menschlichen Gehirns. Im Gegensatz dazu haben weniger hochentwickelte Säugetiere eine glattere, ebene Gehirnoberfläche (vgl. Unglaub, 2009, S. 307).

Bereits im 19. Jahrhundert machten sich WissenschaftlerInnen über die Beschaffenheit des Gehirns und vor allem des Kortexes Gedanken. Lewis und Clarke (1878, S. S. 39 ff.) haben den Neokortex untersucht und dabei verschiedene Lagen differenziert. Crick und Asanuma (1986, S. 341 f.) haben diese Unterteilung an die Fortschritte des 20. Jahrhunderts angepasst und zusammengefasst:

- Die oberflächliche Schicht (nach Lewis und Crick layer I) besteht hauptsächlich aus Axonen und apikalen Dendriten. Es ist wenig Körperzellmasse vorzufinden. Diese oberflächliche zellarme Lage ist charakteristisch für eine kortikale Organisation der Neurone und ist sowohl im Neokortex, als auch im Allokokortex und im zerebellaren Kortex vorzufinden.

- In der oberen Schicht (nach Lewis und Clarke, layer II und III) sind kleinere Pyramiden-Neuronen vorzufinden, die ihre Axonen zu anderen kortikalen Bereichen der gleichen Hemisphäre oder auch zur anderen Hemisphäre leiten.
- Die mittlere Schicht (nach Lewis und Clarke, layer IV) ist dicht besiedelt mit kleinen Sternneuronen, deren Axone vertikal zu anderen Gehirnschichten verlaufen und dort enden.
- In der untersten Schicht (nach Lewis und Clarke, layer V and VI) sind die großen Pyramidenzellen enthalten, deren Axone den Kortex verlassen, um in den subkortikalen Strukturen wie etwa dem Thalamus, dem Claustrum, dem Striatum, dem Rückenmark oder dem Hirnstamm anzuschließen. Gelegentlich gibt es in dieser Lage Pyramidenzellen, die eher zu anderen kortikalen Strukturen vorragen als in Richtung medial zu gehen.  
(vgl. Crick & Asanuma, 1986, S. 341 f.)

### 3.2.2 Der präfrontale Kortex

Der präfrontale Kortex bzw. Assoziationskortex verfügt über die temporale Koordination aller Prozesse im menschlichen Gehirn. Inhalte auf allen mentalen Ebenen werden zeitlich zueinander in Beziehung gesetzt. Eine weitere, sensorische Bearbeitung der aufgenommenen und koordinierten Inhalte findet in weiter hinten liegenden Gehirnarealen statt. Dank langer Faserbündel ist der präfrontale Kortex mit den weiter entfernten Bereichen des Gehirns verbunden und eine Kommunikation der Areale wird auf allen Ebenen ermöglicht. Neu aufgenommene Informationen werden dadurch mit unterschiedlichen bereits vorhandenen Inhalten aus anderen Bereichen, wie etwa emotionalen, motorisch-sensorischen oder motivationalen Informationen in Relation gebracht, mit ihnen assoziiert und verknüpft. Die Wahrnehmung, welche im hinteren Kortex angesiedelt ist, und die Areale für Bewegung und Handlung sind durch Faserstränge verbunden. Deren Stärke hängt von Faktoren wie etwa der räumlichen und zeitlichen Nähe der Aktivierung, von emotionalen Voraussetzungen, der Motivation und auch der Wiederholung ab, so Arnold (2009, S. 184). Die Stärke all dieser Faktoren bestimmt die Stabilität dieses Netzwerkes und verstärkt damit auch das Erinnerungsvermögen (vgl. Arnold, 2009, S. 184).

Gemeinsam mit dem Striatum und dem Hippocampus ist der präfrontale Kortex maßgeblich für die „exekutiven Funktionen“ wie Beck (2014, S. 35) sie nennt, zuständig. Exekutive Funktionen oder Fähigkeiten bzw. exekutive Kontrolle sind laut Diamond (2013, S. 136 in Anlehnung an Lehto, Juujärvi, Kooistra & Pulkkinen, 2003, S. 59 ff.) erstens die Inhibition, auch als inhibitorische Kontrolle zu verstehen, welche die Selbstkontrolle und behavioristische Inhibition einschließt, zweitens das Arbeitsgedächtnis und drittens die kognitive Flexibilität, sogenanntes „set shifting“, mentale Flexibilität mit einer Verbindung zu Kreativität. Collins und

Koechlin (2012, S. 1 f.) ergänzen, dass sich daraus höhere kognitive Fähigkeiten wie Problemlösung und die Planung ableiten. Der präfrontale Kortex besitzt im Vergleich zu anderen Gehirnstrukturen ein großes Volumen, was dem Menschen zu den genannten Handlungen und Kompetenzen befähigt. In diesem Hirnareal befindet sich das Arbeitsgedächtnis. Die Aufmerksamkeit und Selbstkontrolle werden gesteuert. Ebenso erfolgen Planung und Evaluierung im präfrontalen Kortex. Gesteuert werden Aktivitäten und Handlungen auf sensorischer Basis. Die Signale werden im Areal des präfrontalen Kortex emotional evaluiert und es kommt zu einer Kombination derartiger Bewertungen. Handelt es sich um eine neue, unbekannte Information, so wird diese vom präfrontalen Kortex erfasst (vgl. Beck, 2014, S. 35).

### **3.2.3 Der motorische Kortex**

Forschungen über den motorischen Kortex wurden schon im vergangenen Jahrhundert angestellt und dabei kamen ForscherInnen zu dem Ergebnis, dass elektrische Stimuli, vor allem im Bereich des "Gyrus praecentralis" (Birbaumer & Schmidt, 2010, S. 283), körperliche Aktivitäten und Bewegungen von Extremitäten auf der Gegenseite auslösen. Daher wurden die darauf ansprechenden Gehirnbereiche "primäre motorische Kortexareale" genannt. In diesen Prozessen wirken die "motorischen Kerne des Thalamus" mit, welche vom Cerebellum und den Basalganglien versorgt werden. Ebenso haben die "präfrontale und parietalen kortikalen Areale" Einfluss auf den motorischen Kortex, sowie auch die "sensorischen Thalamuskern", so Birbaumer und Schmidt (2010, S. 283).

Gazzaniga, Ivry und Mangun (2014, S. 53) erwähnen zusätzlich, dass der Frontallappen sowohl motorische Areale als auch Bereiche der höheren Assoziation enthält. Laut Birbaumer und Schmidt (2010, S. 285) sind die Bereiche des motorischen Kortex für die Umwandlung eines Bewegungsentwurfs in ein Bewegungsprogramm zuständig. Der primäre motorische Kortex ist für die Feinmotorik zuständig, der "sekundär motorische[r] Kortex" sowie der "prämotorische Kortex" (Birbaumer & Schmidt, 2010, S. 285) steuern und generieren willkürliche Bewegungen. Die Umwandlung geschieht direkt nach der Assoziation und verläuft dann wie eine Kettenreaktion über die beteiligten Strukturen bis die Bewegung ausgeführt wird. Bei der Programmierung von Bewegungen kann in den Arealen des primären motorischen Kortex in etwa 100-200 ms vor dem Bewegungsbeginn eine erhöhte Neuronenaktivität festgestellt werden. Der Befehl zur Bewegung entsteht nach Birbaumer und Schmidt (2010, S. 288) im Verlauf "über die Pyramidenbahn".

### **3.2.4 Der somatosensorische Kortex**

Die somatosensorische Hirnrinde befindet sich neben dem motorischen Kortex im Parietallappen. Sie erhält Informationen von der Außenwelt, vom Körperinneren und auch vom

Gedächtnis und versucht, diese Inhalte in den Wissensvorrat zu integrieren. Sensorische Informationen, die durch Berührung, Temperatur, Schmerz oder die Gelenkstellung entstehen, werden von Rezeptorzellen in der Haut wahrgenommen und in neuronale Signale übersetzt, die dann zum Rückenmark und den somatosensorischen Schichten des Thalamus transportiert werden, erklären Gazzaniga et al. (2014, S. 54). Visuelle Informationen werden vom primären visuellen Kortex im Okzipitallappen verarbeitet und der auditorische Input gelangt über verschiedene Schichten in den subkortikalen Bereich zum Thalamus. Je nach Frequenz des Tones gelangen sie entweder zu Neuronen am einen oder anderen Ende des auditorischen Kortex, erklären Gazzaniga et al., (2014, S. 56). Beim somatosensorischen Kortex sind die Systeme, die Informationen verarbeiten und auswerten, topographisch präsent. Empfindliche Areale sind auf der Peripherie „weit überproportional repräsentiert“ wie Birbaumer und Schmidt (2010, S. 312) erklären, wobei diese Areale auch reorganisiert werden können.

Das Gehirn steuert unser Denken und Handeln, ist aber nicht alleiniger Akteur. Nebenbei arbeiten das sensorische und auch das motorische System bei der Informationsverarbeitung mit und sorgen dafür, dass die Sinne und der Körper vereint werden. Dadurch spielt sich ein beträchtlicher Teil der Verarbeitungsprozesse extrazerebral ab und die essentiellen Akteure dieser Aufnahme, Umwandlung und Speicherung von Informationen sind die Neuronen (vgl. Anderson, 2013, S. 10). Die Sensorik und Motorik wirken als Partner bei diesen Verarbeitungsprozessen unterstützend mit. Ebenso kommen der Sympathikus und der Parasympathikus hinzu. Sie stellen das „Bauchhirn“ (Winkel, Petermann & Petermann, 2006, S. 41) dar und gehören zum vegetativen oder auch autonomen Nervensystem. Es hat eine eigenständige Kontrolle über die vegetativen Tätigkeiten inne, arbeitet aber mit dem Zentralnervensystem zusammen. Das erwähnte „Bauchhirn“ gibt Anlass zur Annahme, dass es eine komplexe noch nicht weitreichend erforschte Art der Inputverarbeitung besitzt, die mit dem Unbewussten und der Intuition in Verbindung stehen (vgl. Winkel et al., 2006, S. 41).

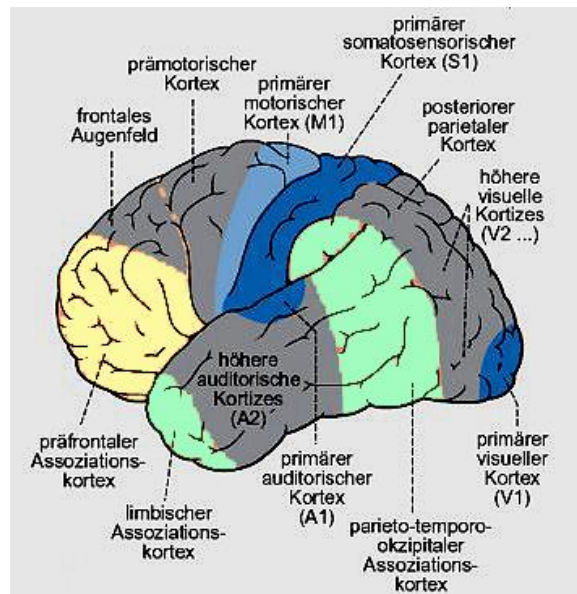


Abb. 6: Die Kortexe des menschlichen Gehirns  
<http://user.medunigraz.at/helmut.hinghofer-szalkay/Praefrontal.htm>, letzter Zugriff am 3.8.2017)

### 3.3 Die Neuronen

Das Gehirn des Menschen beinhaltet in etwa  $10^{12}$  Neuronen und jedes einzelne dieser Neuronen ist zur Bildung von rund 200.000 Synapsen fähig, so Unglaub Silverthorn (2009, S. 303). Neuronen haben je nach Aufgabe oder Ansiedlung verschiedenartige Formen. Während manche nur einige Millimeter messen und zur Überbrückung von sehr kurzen Wegen zuständig sind, reichen andere vom Gehirn bis zur Beinmuskulatur. Der Aufbau ist aber bei allen Neuronen der gleiche. Das Soma bietet der Energie Raum für die Umwandlung der Signale und ist auch der Ort der Bereitstellung chemischer Stoffe. Die Dendriten empfangen die Impulse und Signale, die von anderen Neuronen ausgehen. Das Axon in der Nervenzelle hat die Aufgabe, die verarbeitete Information an andere Nervenzellen weiterzuleiten (vgl. Rösler, 2011, S. 17).

Neuronen bzw. deren Netzwerke können als Systeme betrachtet werden, die Informationen verarbeiten. Die Inputs aktivieren oder hemmen die Neuronen in den jeweiligen Netzwerken. „Abstrahiert man von biologischen Gegebenheiten wie Form, mikroskopischer Struktur, Zellphysiologie und Neurochemie, so lässt sich ein Neuron als Informationsverarbeitungselement verstehen.“ (Spitzer, 2006, S. 49). Diese nüchterne Betrachtungsweise orientiert sich an technischen Phänomenen und Computern. Vereinfacht gesprochen folgen wahrgenommene Reize in ihrer Verarbeitung einem System bzw. einer Klassifikation, die auch als ‚actio – reactio‘ betrachtet werden kann. Unglaub Silverthorn (2009, S. 246 ff.) fasst die Eigenschaften des Neurons folgendermaßen zusammen: Neuronen sind erregbare Zellen, die elektrische Signale generieren und transportieren, der Zellkörper oder auch Soma, ist das Kontrollzentrum, die Dendriten erhalten afferente bzw. eingehende Signale, die Axone transportieren efferente ausgehende Signale zu ihrem Ziel.

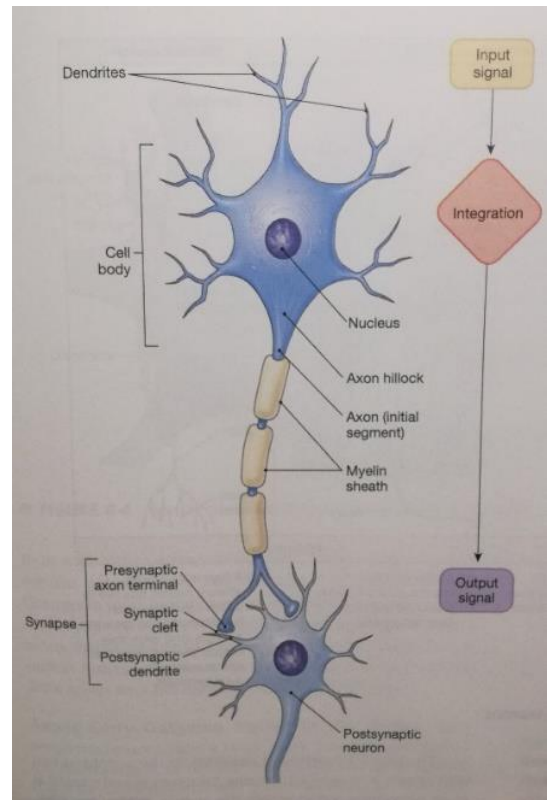


Abb. 7: Aufbau eines Neurons (Unglaub Silverthorn, 2009, S. 247)

### 3.3.1 Afferente und efferente Neuronen

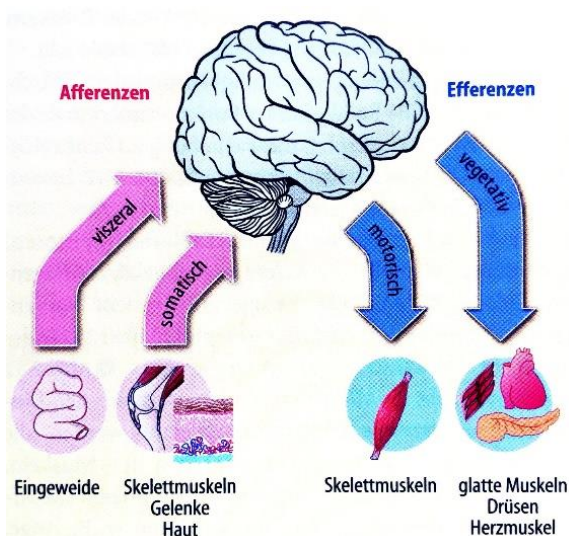


Abb. 8: Einteilung der Neurone – Afferenzen und Efferenzen (Birbaumer & Schmidt, 2010, S. 28)

Neuronen können nach der Art eingeteilt werden, wie sie Verknüpfungen herstellen oder wie sie Impulse über Axone zu den Transmittern weiterleiten. Hierbei wird die Unterscheidung zwischen afferenten und efferenten Neuronen getroffen. Erstere leiten eingehende Signale oder Impulse in Richtung Gehirn, zweitere kommunizieren Impulse vom Gehirn zu den Muskeln. Zwischen diesen beiden Neuronentypen befinden sich „die vermittelnden Interneuronen [...], die zwischen Input (sensorischen Rezeptoren) und Output

(motorischen Effektoren) vermitteln“ (Braitenberg & Schüz, 1991, in Rösler, 2011, S. 19). Das Nervensystem besteht zu fast 100 % aus derartigen Zwischenneuronen, welche die Inhalte speichern und bearbeiten. Es entsteht ein assoziatives Geflecht von immenser Größe (vgl. Rösler, 2011, S. 19).

### **3.3.2 Motoneuronen**

Es gibt in etwa zwei bis drei Millionen Motoneuronen, sprich Nervenzellen, die mit der Muskulatur (Effektoren) kommunizieren. Pro Motoneuron gibt es 10.000-15.000 direkte Verknüpfungen zwischen dem Gehirn und der Muskulatur (Afferenzen). Mehrere tausende weitere Afferenzen haben Einfluss auf diese neuronalen Verbindungen und so kommt es, dass ein einen Muskel innervierendes Motoneuron von ca. einer halben Million Neuronen auf direktem und indirektem Weg beeinflusst wird. Viele zentrale Nervenzellen steuern wenige äußerliche Effektorneuronen an (vgl. Rösler, 2011, S. 25).

### **3.3.3 Gliazellen**

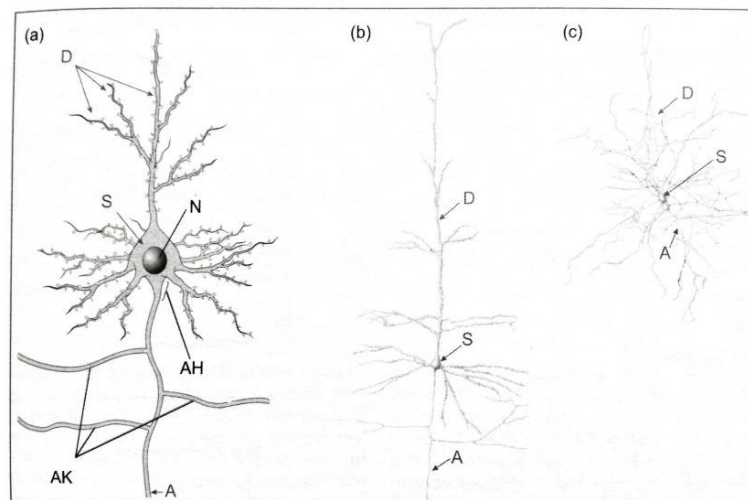
Ein weiterer Bestandteil des Nervensystems sind die Gliazellen, genauer gesagt die Astrozyten, welche sich zwischen den Nervenzellen ansiedeln und dadurch sowohl das chemische Umfeld des Außenbereichs der Zelle regulieren, als auch den Verbreitungsbereich der Neurotransmitter abgrenzen. In dem stützenden Astroglia-Gewebe finden die Neuronen Platz zur Verankerung, so Rakic, Ang und Breunig (2004, S. 36). Dieses Fasergebilde „reguliert auch die Wanderung neu gebildeter Nervenzellen von ihrem Ursprungsort an die Zielstruktur“ (vgl. Rösler, 2011, S. 24 in Anlehnung an Rakic et al. 2004, S. 36). Gliazellen wirken durch ihre Struktur und Funktion unterstützend im Nervensystem, so Unglaub Silverthorn (2009, S. 250).

### **3.3.4 Neuronen treten in Aktion**

Neuronen oder Nervenzellen sind die wichtigsten Bestandteile des Nervensystems. Anatomisch gesehen können Neuronen „von isolierenden Myelinscheiden umgeben sein oder nicht“, so Spitzer (2006, S. 230). Diese Myelinscheiden bedingen eine schnelle Leitungsgeschwindigkeit von Aktionspotentialen von etwa 110 Meter in der Sekunde. Nervenzellen ohne Myelinscheide leiten nur um die drei Meter in der gleichen Zeit (vgl. Spitzer, 2006, S. 230). Ein Neuron kann Signale chemischer oder elektrischer Natur empfangen, diese verarbeiten, indem es sie integriert, abschwächt oder verstärkt. Es produziert Signale, die nach außen gesendet werden. Eine Nervenzelle kann Impulse senden, sie kann sich mit anderen Nervenzellen in Verbindung setzen, eine andere erregen und dazu bringen, Impulse auszusenden. Zusätzlich kann ein Neuron auch eine Hemmung bei einem anderen Neuron hervorrufen, sodass dann von diesem Neuron weniger Impulse gesendet werden oder es gar zu einem Stopp in der Generierung kommt. Darüber hinaus sind Neuronen im Stande, sich zu

verändern. Dies hängt von der Häufigkeit ihres Einsatzes oder ihrer Vernachlässigung ab. Diese Fähigkeit zur Veränderung charakterisiert das Lernen und das Gedächtnis. Der Körper ist schwer zu berechnen und noch dazu gleicht keiner dem anderen, deshalb gibt es inmitten dieser vereinfachten Darstellung der neuronalen Funktionalität viele Facetten und Abstufungen (vgl. Rösler, 2011, S. 17).

Bei der Informationsverarbeitung verzweigt sich das Neuron und es tritt mit zahlreichen anderen Nervenzellen in Kontakt. Die Erscheinung des Axons und der Dendriten ist sehr variabel und sie entsteht durch ihre Funktion. Pyramidenzellen im motorischen Bereich der Hirnrinde haben kurze Dendriten, aber ein längeres Axon, welches sich bis zur Körperperipherie erstrecken kann. Sternzellen hingegen besitzen kurze Dendriten, die sich aber weit verzweigt haben, und ein Axon mit kleiner Spannweite. Haben Dendriten Dornen, so bedeutet dies, dass synaptische Verbindungen oder Übergänge veränderbar sind (vgl. Rösler, 2011, S. 18 f.).



**Abb. 2.1** Nervenzellen. (a) Schematische Darstellung eines Neurons mit Dendriten (D), dem Zellkörper (= Soma, S), Axon (A), Axonhügel (AH), Axonkollaterale (AK) und Zellkern (= Nukleus, N). Beispiele zweier Nervenzelltypen aus der Hirnrinde: (b) Pyramidenzelle, (c) Sternzelle. (Modifiziert nach Bear, Connors & Paradiso, 2009, Abb. 2.14 und Abb. 2.20.)

*Abb. 9: Drei Arten von Nervenzellen (Rösler, 2011, S. 19 in Anlehnung an Bear, Connors & Paradiso, 2009)*

Spitzer (2006, S. 41) spricht bei Aktionspotentialen von Impulsen, die der Körper und seine verschiedenen Sinnesorgane von der Außenwelt und Umgebung erhält und dann in Informationen umwandelt. Von den Neuronen aufgenommene Inhalte werden durch elektrische Impulse weiter transportiert. Die Nervenzelle erzeugt „kurze Spannungsänderungen an der Zellmembran“ (vgl. Rösler, 2011, S. 19), die auch als Aktionspotentiale bezeichnet werden. Diese entstehen, wenn sich die Ionenzusammensetzung der Zelle verändert. Chemische Reaktionen an den Dendriten beeinflussen die Konzentration der Ionen und bewirken eine Verschiebung des im Neuron herrschenden Ruhepotentials. Bei der Erreichung einer dezidierten Schwelle entlädt sich der



Impuls. Die Entladung wird auch Depolarisation genannt (vgl. Rösler, 2011, S. 19). Die neuronalen Zellverbände geben bei der Entladung „Befehle“ an Gehirnstrukturen oder Körperteile ab, so Kübler und Kleih (2016, S. 49). Das bewirkt die kurzfristige Öffnung der Ionenkanäle und das Aktionspotential am Soma findet statt. Die Weiterleitung erfolgt dann durch das Axon und ist entweder sprunghaft oder kontinuierlich (vgl. Rösler, 2011, S. 19 f.). Ein und derselbe Impuls kann je nach Beschaffenheit der Synapsenverbindung eine unterschiedliche Wirkung haben. Der Impuls kann dabei die eine Nervenzelle stärker oder auf unterschiedliche Art erregen und andere reagieren gar nicht darauf. Neurotransmitter sind die Impulsüberträger, die freigesetzt werden, wenn Impulse die Nervenbahnen durchlaufen (vgl. Spitzer, 2006, S. 41 ff.).

### **3.3.5 Neurogenese**

Beck (2014, S. 38) gibt zu bedenken, dass noch vor ein paar Jahren die Ansicht vertreten wurde, dass im postnatalen Stadium keine Neuronen mehr gebildet werden können. Vor allem das olfaktorische Gehirnareal und der Hippocampus werden im Zusammenhang mit der Neurogenese erwähnt und eine Voraussetzung dafür – vor allem für den Anstieg der Nervenzellen im Hippocampus - stellt die Bewegung dar. Sie bringt die Entwicklung der Neuronen in Gang. Infolgedessen muss sich der Mensch neuen geistigen Ansprüchen stellen, so Beck (2014, S. 38), der als Grundlage dieser Aussage auf die Forscherinnen Vivar und Van Praag verweist. In ihrem Artikel „Functional circuits of new neurons in dentate gyrus“ (Vivar & Van Praag, 2013, S. 1 ff.) zeigen sie Möglichkeiten auf, um die Bildung von Neuronen nachzuweisen. Eine Netzwerkanalyse steht an oberster Stelle, wenn die Aktivierung der Neuronen und die funktionalen Bedeutungen der Neurogenese nachgewiesen werden sollen. Sie nutzten eine neuartige Kombination eines Retrovirus gepaart mit Tollwutviren, um die Spuren und Verschaltungen, in welche die Neuronen integriert sind, die Synapsenbildungen und die Veränderung des Organismus nachverfolgen zu können. Die Tollwutviren ermöglichten eine Kontrolle über die synaptischen Verbreitungen (vgl. Vivar & Van Praag, 2013, S. 2).

In einer früheren Studie beschäftigten sich Van Praag, Shubert, Zhao und Gage (2005, S. 8680 ff.) mit Bewegung und wie sie Lernprozesse und die Neurogenese im Hippocampus verbessert. Getestet wurden 19 Monate alte Mäuse, wobei einer Gruppe ein Laufrad zur Verfügung stand und der anderen nicht. Nach einem Monat ließ sich eine gesteigerte Lernfähigkeit und eine höhere Leistung im Labyrinth bei den aktiven Mäusen feststellen. Dem Forscherteam gelang es ebenso, anhand dieses Experimentes Aussagen über Neuronen und das Alter zu tätigen. Die morphologischen Eigenschaften der neugebildeten Neuronen waren bei jungen und alten aktiven und freiwillig laufenden Mäusen ident. Demnach ist ein anfänglicher Reifungsprozess der Neuronen nicht vom Einfluss des Alters abhängig.

Freiwillige Bewegung kann, so die Forschergruppe, einige neuronale Schädigungen im morphologischen Bereich und im Verhalten, welche durch das Alter hervorgerufen werden können, eindämmen (vgl. van Praag et al., 2005, S. 8684).

Bedeutsam für die Neurogenese ist die freiwillige Entscheidung, sich körperlich zu betätigen. Die Umgebung sollte den Bewegungswillen anregen, Raum und Sicherheit bieten. Anreize für spielerisches Bewegen sind ebenso förderlich. Wurde die Bewegung unter Zwang ausgeführt, so war die Anzahl der Neuronen geringer, so Beck (2014, S. 39). Budde, Brunelli, Machado, Velasques, Ribeiro, Arias-Carrión und Voelcker-Rehage (2012, S. 125 ff.) konnten die Interaktion von Bewegung und Kognition bei einer Gruppe von Sportstudenten untersuchen. Ihr Fokus lag dabei auf der Konzentration und der selektiven Aufmerksamkeit, die sie im Vorfeld und im Nachhinein von sportlichen Aktivitäten maßen. Während die eine Gruppe maximalen Belastungen ausgesetzt war, befand sich die Kontrollgruppe in der Ruhephase. Nach der Aktivität war sowohl die Konzentration als auch die Aufmerksamkeit verstärkt. Die Studie ergab, dass diese Verbesserungen StudentInnen betrafen, die sich regelmäßig bewegen und dadurch mehr Erfahrung im motorischen und koordinativen Bereich haben, so Budde et al. (2012, S. 130). Beck (2014, S. 39) gibt zu bedenken, dass das Ergebnis möglicherweise auch mit der Empfindung bzw. der emotionalen Haltung in Verbindung gebracht werden könnte. Die psychische Einstellung der SportlerInnen war eine normale bis positive gegenüber der körperlichen Aktivität. Für Nicht-SportlerInnen bzw. SportanfängerInnen könnte es als eine Belastung wahrgenommen und dadurch ab einem gewissen Zeitpunkt als ‚Zwang‘ aufgefasst worden sein.

Neben der körperlichen Aktivität muss auch der Geist gefordert werden. Dazu zählen unter anderem zwischenmenschliche Kontakte zu den prägenden Aspekten der Neurogenese. Es müssen Anreize zum Lernen geboten, Inputs aufgenommen, klassifiziert und verarbeitet werden, damit die neuentstandenen Neuronen erhalten bleiben, so Jasper (2008, S. 21).

### **3.3.6 Die Plastizität der Neuronen**

Neuro-Plastizität wird von Bauer (2009, S. 49) als ein Umstand beschrieben, in dem „sich die Nervenzellen unseres Gehirns, abhängig von dem, was wir erleben oder tun, permanent neu verschalten.“ Kommt der Mensch in eine Situation, in der er neue oder andersartige Erfahrungen macht und anschließend Handlungen setzt, so wird die Formbarkeit oder Plastizität des Gehirns deutlich. Diese ist die Basis für das Behalten und Erinnern von Informationen, sowie auch für das Lernen und Anpassen von Verhaltens- und Handlungsweisen, so Anderson (2013, S. 117). Kurzum wird das Gehirn durch äußere Einflüsse modifiziert, geformt und bildet neue Verknüpfungen.

Durch den Umstand, dass der Mensch lernfähig ist, schafft es sein Organismus, sich an die sich verändernden kontextuellen Gegebenheiten anzupassen. Dies äußert sich in einer

flexiblen Modifizierung von Synapsen, deren Verbindungen und der Bildung neuer Neuronen. Im Säuglingsalter werden sensorische Filter ausgebildet, die durch Erfahrungen und Verstärkungen zur Weiterentwicklung fähig sind. Dabei müssen Nervenzellen zeitgleich aktiviert werden, damit sich die Verschaltung und deren Stärke entwickeln können (vgl. Rösler, 2011, S. 145).

Die Plastizität auf Entwicklungsbasis umfasst grundlegende Funktionen der Wahrnehmung, sowie diverse sensorische Filter. So entwickelt sich das elementare Orientierungsvermögen, die Raumwahrnehmung und allgemein die visuelle Perzeption von Geburt an stetig weiter. Voraussetzung dafür sind angemessene Stimuli und Inputs aus der Umgebung, die diese Entwicklung fördern. Im Falle des Fehlens derartiger Reize bleibt die Entwicklung der betreffenden wahrnehmungsbasierten Dispositionen aus. Da die Ausbildungen derartiger wahrnehmungsbedingten Fähigkeiten an Zeitpunkte gebunden sind, können Lücken später nicht so gefüllt werden wie zur vorgesehenen Zeit. Das liegt daran, dass die neuronalen Verbindungen später sehr schwer modifiziert werden können, erklärt Rösler (2011, S. 147).

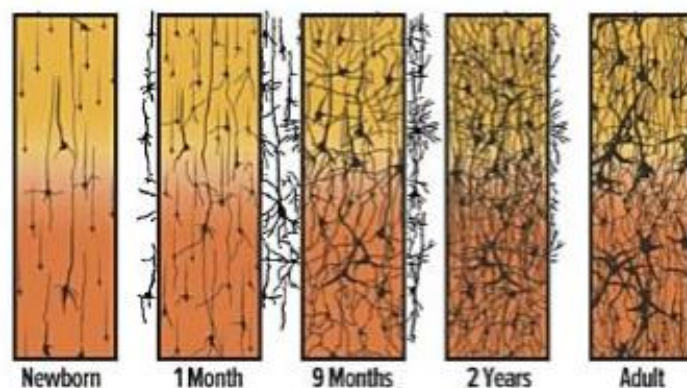
### **3.3.7 Entwicklungsbedingte neuronale Veränderungen**

Verändert sich das Gehirn in seiner Struktur, so kommt es auch im Verhalten zu einem Wandel. Je nach Entwicklungsstadium betreffen diese Veränderungen und Verformungen unterschiedliche Bereiche und deren Bestimmungen. Rösler (2011, S. 153) merkt an, dass das Netz an Synapsen und deren Verknüpfungen nach den ersten zwölf Monaten im Leben des Menschen am dichtesten ist und stützt sich dabei auf die Forschungsergebnisse von Huttenlocher, Courten, Garey und Van der Loos (1982, S. 247 ff.). Das Forscherteam hat sich in seiner Publikation den synaptischen Verknüpfungen sowie deren Dichte im visuellen Kortex gewidmet und diese über den Lebenszeitraum graphisch dargestellt. Demnach ist die synaptische Dichte im Alter von etwa acht Monaten am höchsten.

Bereits vor etwa einem Jahrhundert stellte ein Neurologe namens Paul Flechsig fest, dass das Gehirn im Wachstum deshalb an Größe zunimmt, weil die Verbindungen der Fasern zwischen den Nervenzellen dicker werden. Gehirne verstorbener Neugeborener und Kinder lieferten ihm die Grundlage für seine Forschung (vgl. Flechsig, 1920, S. 10). Rakic (2009, S. 728 f.) erläutert, dass zuerst eine übermäßig hohe Herstellung von Verknüpfungen der Neuronen stattfindet, die dann aber im folgenden Zeitabschnitt wieder aufgelöst und stabilisiert werden. Im Zuge dessen kommt es zu einer funktionellen Ausbildung der Nervenverbände und deren Zuständigkeiten. Dieses Phänomen der großen Anhäufung und folgenden Eliminierung sowie Selektierung findet in den meisten Regionen eines in der Entwicklung befindlichen Gehirns statt. Ausgangspunkt für diese Schritte und die folgenden neuronalen Verbindungen sind die äußeren Einflüsse (vgl. Rakic et al., 2004, S. 34, Rakic, 2009, S. 728 f.). Die Bildung neuer synaptischer Verbindungen und neuronaler Pfade bedarf aber einer Stärkung der bereits

bestehenden Verbindungen, welche durch genetisch kontrollierte neurale Entwicklungen entstanden sind. Andererseits ist diese Stärkung der bestehenden Verknüpfungen wiederum eine Konsequenz der Einwirkungen von außen. Pascual-Leone, Amedi, Fregni und Merabet (2005, S. 379) sprechen deshalb auch von einer zweistufigen Veränderung.

Plastizität ist laut Pascual-Leone et al. (2005, S. 379) kein gelegentlicher oder zeitgebundener Zustand des Nervensystems. Sie entwickelt sich das ganze Leben lang. Das Gehirn ist konstant Veränderungen ausgesetzt, die durch Ereignisse, Kontexte oder intrinsische Aktivitäten hervorgerufen werden. Daher kommen Vernetzungen zustande, die entweder gefestigt werden oder wieder verloren gehen, wie Eagleman (2015, S. 6) mit der folgenden Darstellung verdeutlichen möchte:



*Abb. 10: Darstellung der Entwicklung neuronaler Verknüpfungen von Neugeborenen, Kleinkindern und Erwachsenen (Eagleman, 2015, S. 6)*

Die Grafik soll die Struktur und Vernetzung von Neuronen in unterschiedlichen Lebensabschnitten verdeutlichen. Bei einem Neugeborenen existieren die Neuronen aber ohne wesentliche Verknüpfungen. Im Laufe der folgenden Monate steigert sich das Ausmaß der Vernetzungen immens. Danach werden sie sozusagen in Form gebracht und gefestigt. Dafür gibt es weniger neue Entwicklungen im Vergleich zu früher (vgl. Eagleman, 2015, S. 6).

### **3.4 Die Entstehung von Sinn, Logik und Verständnis**

Die Arbeitsweise des Gehirns bezeichnen Scherer und Bietz (2015, S. 76) als semantisch, da „die cortikale Vernetzung und ihre Prozessdynamik semantisch geordnet sind.“ Es entsteht eine zeitlich synchronisierte Ordnung von empfangenen und ausgesendeten Signalen auf Basis der Kohärenz bzw. des Zusammenhangs, sowie eine Ordnung nach Sinn und Bedeutung. Die Großhirnrinde verfügt über semantische Koordinatoren, die eine starke Verknüpfung mit dem sensorischen Assoziationskortex und den motorischen Zentren – dazu gehören das Kleinhirn und das prämotorische Areal der Großhirnrinde, auch M1 genannt - haben. Vom Gehirn empfangene Sinnessignale werden vom sensorischen Assoziationskortex

koordiniert. Beispiele für semantische Koordinatoren sind z.B. „die prä- und supplementärmotorischen Areale“ auch als PM oder SMA bezeichnet, welche das Erkennen von Handlungen und das Planen mit beeinflussen. Supplementär-motorische Bereiche sind aktiviert, wenn das Individuum Handlungssequenzen erlernt und komplizierte Bewegungsmuster antizipiert. Ohne diese Aktivierung ist die Initiierung von Bewegungen blockiert und nicht möglich. Des Weiteren sind diese Areale mit dem präfrontalen Kortex, dem Sitz von Denken und Bewusstsein, neurologisch verbunden. Wenn also motorische Impulse im primärmotorischen Kortex aktiviert werden, so durchlaufen die Nervenimpulse die prä- und supplementär-motorischen Bereiche und kommunizieren mit dem präfrontalen Kortex. Diese Aktivierung kommt gleichsam bei der Beobachtung als auch bei der Realisierung von Bewegungen zustande. Das bedeutet, dass das Lernen von Bewegungen einen Sinn- und Bedeutungsbezug benötigt und dass Nervenimpulse vom zentralen zum peripheren Nervensystem im Bewegungsvollzug semantisch-kognitiv geprägt sind. Dieses Zusammenspiel von kognitiven und motorischen Impulsen und Verarbeitungsmechanismen weist auch eine Verbindung zu den emotionalen Zentren und damit dem limbischen System auf, so Scherer und Bietz (2015, S. 76).

Dass etwas Sinn hat und das Individuum die Bedeutung von Gegebenheiten erkennt, kommt nicht alleine von einer subjektiven Betrachtung, sondern entspringt der Situation und der Intention. Die Autoren Scherer und Bietz (2015, S. 77) verweisen bei diesem Aspekt auf Merleau-Ponty (1966, S. 123 ff.), der sich mit der Wechselwirkung zwischen Mensch und Welt befasst hat. Der Mensch hat die Absicht, sich bei seinen Bewegungen an Zielen und Zwecken zu orientieren. Die Relation zwischen Subjekt und Objekt steht an oberster Stelle (vgl. Merleau-Ponty, 1966, S. 323 ff.). Die physiologischen Fakten, die präsentiert wurden, sind bei der Aufnahme und Verarbeitung von Informationen, sowie der Entstehung von Sinn im menschlichen Denken beteiligt. Im Weiteren sollen Maßnahmen bzw. Konstrukte erklärt werden, die den Menschen zum Denken und Handeln befähigen.

### **3.4.1 Repräsentation**

Eine Eigenschaft von Neuronen ist die Fähigkeiten, Repräsentation zu erstellen. Dies bedeutet, dass wenn eine Information von einem Neuron empfangen und dieses dadurch aktiviert wird, eine Darstellung des Inhaltes stattfindet, so Spitzer (2006, S. 49). Die Nervenzelle stellt den aufgenommenen Inhalt dar. Damit ist auch die Funktion eines Neurons geklärt, nämlich die Erhaltung und Aktivierung von Inputs (vgl. Spitzer, 2006, S. 49). Soll eine Information repräsentiert werden, so erfolgt eine Aktivierung, die zahlreiche Nervenzellen über gegenseitige Verknüpfungen vereinnahmt. Dadurch kommt es zur Bildung von Mustern (vgl. Anderson, 2013, S. 13). Bruner (1964, S. 2) versteht darunter eine Aufnahme von

Informationen und eine Abgleichung bzw. Codierung des neuen Inhalts mit Erfahrungen aus dem Gedächtnisspeicher.

Durch die Repräsentationen ist das Individuum in der Lage, die Kenntnisse über vertraute Geschehnisse und Objekte auf andere, neuartige Materien, Sachen oder Begebenheiten zu transferieren. Damit werden Netzwerke mit Struktur über das Wissen, die Inhalte und deren Verbindungen gebildet (vgl. Winkel et al., 2006, S. 147).

### **3.4.2 Muster**

Beim Erlernen und der Erinnerung von Mustern erklärt Anderson (2013, S. 205), dass Menschen durch die Expertise ihre Erinnerungsfähigkeit für Inhalte immens steigern, sodass Probleme in ihrem Expertenbereich beseitigt und vermieden werden können. Der Autor verweist auf Untersuchungen von De Groot (1965), der sich in Bezug auf diesen Bereich dem Schachspielen gewidmet hat. Im Vergleich von Schachexperten und Nicht-Schachspielenden Menschen lässt sich im Alltag keine auffällige Intelligenz feststellen (vgl. de Groot, 1965, S. 317). Beim Schachspielen denken die Dilettanten an ähnliche Züge wie die Experten. Zusätzlich durchdenken die Schwächeren ihre Züge länger als die Profis (vgl. de Groot, 1965, S. 86). Im Endeffekt entschieden sich die Experten immer für die besseren Züge (vgl. de Groot, 1965, S. 320). Auch konnten sich die professionellen SpielerInnen die Aufstellungen von 20 Figuren in einer Betrachtungszeit von fünf Sekunden sofort merken (vgl. de Groot, 1965, S. 333). Hobby-SchachspielerInnen waren nur im Stande, vier oder fünf Figuren in der Konstellation zu erfassen. Diese Kapazität rührt vom Arbeitsgedächtnis her. Die Schachprofis haben laut den Untersuchungen De Groots für sie übliche Muster mit einigen Figuren im Gedächtnis. Dementsprechend reicht es für sie, diese Muster abzurufen, anstatt die Stellung jeder einzelnen Figur bewusst zu erfassen. Die Stellungen müssen in den Spielen vorkommen, denn wenn beliebig aufgestellte Figurenkonstellationen zu merken sind, so ist die Gedächtniskapazität zwischen MeisterInnen und AmateurlInnen die gleiche. Zusätzlich empfinden Schachprofis den Anblick von beliebig aufgestellten Figuren als chaotisch (vgl. de Groot, 1965, S. 321 ff.).

### **3.4.3 Parallelverarbeitung**

Bei der Parallelverarbeitung geht es um die Mustererkennung in „einem einzigen Verarbeitungsschritt“ (Spitzer, 2006, S. 49). Je mehr Bildpunkte oder Informationseinheiten verarbeitet werden müssen, desto mehr Neuronen müssen an diesem Prozess beteiligt sein. Die Erkennungsdauer komplizierterer Muster dauert somit in etwa die gleiche Zeit wie die Verarbeitung einfacherer Muster oder Inputs, lediglich die Zahl der daran beteiligten Nervenzellen ist höher (vgl. Spitzer, 2006, S. 49). Anderson (2013, S. 70) fügt hinzu, dass „Menschen [...] multiple perzeptuelle Modalitäten gleichzeitig verarbeiten oder in

verschiedenen motorischen System multiple Handlungen gleichzeitig ausführen, aber nicht an zwei Dinge gleichzeitig denken“ können.

#### **3.4.4 Konzepte und semantische Netzwerke**

Die Welt um uns herum wird in Begriffe und Kategorien eingeteilt. Durch gezielte Informationen und deren Verknüpfungen entstehen Bedeutung und Wissen. Es kann etwas antizipiert und erwartet werden. Winkel et al. (2006, S. 157) verweist auf den Blickpunkt der klassischen Theorie, nach der es sich um „generalisierte kognitive Repräsentationen von Objekten (handle), die durch spezifische Eigenschaften definiert werden“<sup>6</sup>.

Quillian (1966, S. 13) spricht von zwei Arten der Konzeptbildung. Einerseits kommt es zu einer direkten Verbindung oder Assoziation. Diese führt zu einer Struktur weiterer Verknüpfungspunkte, welche die Bedeutung des Wortes oder Eindruckes wiedergeben. Andererseits gibt es indirekte Referenzen zu einem Konzept, indem eine spezielle Assoziation verknüpft wird, die zu diesem Knotenpunkt führt. Quillian (1966, S. 13) spricht von einem „token node“, einem Merkmal. Collins und Quillian (1969, S. 240 ff.) haben Studien in Bezug auf die Entstehung von Kategorien und kategorialem Wissen, sowie auf die Schnelligkeit der Verifikation der Inhalte aufgestellt. Für die Verifikation des Satzes „A canary can sing“ benötigten die Testpersonen um die 1310 ms, für die Aussage „A canary can fly“ 1380 ms und für die Behauptung „A canary has skin“ waren es 1470 ms (vgl. Quillian & Collins, 1969, S. 244). Anderson (2013, S. 106) schließt daraus:

1. „Wenn man einer Information über ein Konzept häufig begegnet, wird diese zusammen mit dem Konzept gespeichert, auch wenn sie aus einem übergeordneten Konzept abgeleitet werden könnte.
2. Je häufiger man einer Tatsache über ein Konzept begegnet, desto stärker wird sie mit dem Konzept assoziiert. Und je stärker Fakten mit Konzepten assoziiert sind, desto schneller werden entsprechende Aussagen verifiziert.
3. Das Ableiten von Tatsachen, die nicht direkt bei einem Konzept gespeichert sind, benötigt relativ viel Zeit.“

(Anderson, 2013, S. 106).

#### **3.4.5 Mentale Schemata**

Wenn Kategorien gebildet und gespeichert werden, so liefern sie dem Menschen abschätzbare Aspekte über dazugehörige Inhalte dieser Sparte. Die oben erläuterten Konzepte und semantischen Vernetzungen verarbeiten zwar die Merkmale und legen sie im

---

<sup>6</sup> Jerome S. Bruner hat sich mit dem Thema der Konzepte und Repräsentationen eingehend beschäftigt. Für eine Vertiefung des Themas kann seine Publikation herangezogen werden: Bruner, J. S. (1964). The course of cognitive growth. American Psychologist, 19, S. 1-15.

Gedächtnis ab, können aber nicht „die Natur unseres Wissens“ über Gegenstände oder Geschehnisse aufnehmen. Es werden demnach alle Informationen, die wir in Bezug auf das Objekt der Aufmerksamkeit haben, zusammengetragen und somit eine Art Vorlage oder Schablone gebildet. Ein Oberbegriff, ein Teil aus der Kategorie und der Zusammenschluss weiterer Merkmale charakterisieren ein Schema. Das kategoriale Wissen in einem Schema ist mit sogenannten „Slots (Leerstellen)“ (Anderson, 2013, S. 106) versehen, welche die Besonderheiten von Merkmalen für die Begriffe und Beschreibung einer Klasse oder Kategorie beinhalten. Als Beispiel zieht Anderson (2013, S. 106 f.) den Begriff „Haus“ heran. Ein Haus ist ein Gebäude. Ein Gebäude besteht aus Wänden, einem Dach und es steht am Boden. „Haus“ ist aber nur ein Teil des Oberbegriffes „Gebäude“, es gibt unterschiedliche Formen, sowie es auch unterschiedliche Dächer, Größen und Stile gibt.

### **3.5 Das Gehirn – ein von der Gesellschaft geformtes Konstrukt**

Die Formbarkeit des Gehirns, die oben bereits thematisiert wurde, macht es lernfähig und offen für Neues. In seinem langen Reifungsprozess wird es von der Umwelt und (Bezugs-)Personen sowohl emotional, sozial und intellektuell beeinflusst. All dies bewirkt Verknüpfungen im Gehirn und je nach Umfeld und Situation sind einige Verschaltungen dieser Milliarden Nervenzellen stärker und stabiler als andere. Vor allem das Stirnhirn steht in Verbindung mit sozialen, emotionalen und intellektuellen Fähigkeiten. Mittels bildgebender Verfahren konnten ForscherInnen auf dem Gebiet der Entwicklungspsychologie und Neurowissenschaft belegen, wie sehr frühzeitige Bindungserfahrungen auf die Gehirntätigkeit eines Kindes einwirken, welche Aufgaben das Cerebrum im Stande ist, bereits in frühen Jahren zu bewältigen, wie und in welchen Bereichen Neuronen stabil oder weniger stabil verschaltet sind (vgl. Hüther, 2004, S. 489). Schore (2001, S. 17) hebt dabei vor allem das erste Lebensjahr hervor, in dem wie oben schon gezeigt, wichtige Strukturen und neuronale Verknüpfungen hergestellt und gefestigt werden, darunter auch emotionale. Das Gehirn ist abhängig von der Erfahrung, die es in dieser sensiblen Phase vor allem im sozialen Gefüge macht.

Hüther (2004, S. 489 f.) spricht auf der einen Seite die Bindungen im frühen Kindesalter an, doch gibt dann auch noch weitere Aspekte zu bedenken, die auf das kindliche Gehirn einwirken. Diese sind beispielsweise die Lenkung der Denk- und Reflexionsprozesse, der Ausbildung oder Vernachlässigung von Fähigkeiten in verschiedenen Bereichen, das Ausleben oder Zurückhalten von Emotionen und die Integration in eine Gemeinschaft. Durch die wiederkehrende Aktivierung der Nervenzellen und neuronalen Netze kommt es zur Entwicklung, Stabilisierung und zu einem Ausbau dieser Verbindungen und damit auch zum Lernen und Automatisieren von Fähigkeiten und Fertigkeiten. Hüther (2004, S. 490) merkt darüber hinaus an, dass neben dem Wissen selbst die persönlichen Eigenschaften, sowie



Wünsche und Träume des Individuums der Einwirkung und Unterstützung anderer Menschen zu verdanken sind (vgl. Hüther 2004, S. 490).

Diese Strukturierung durch Dritte und die einhergehenden Verknüpfungen von Nervenzellen finden im Frontal- bzw. Stirnlappen und dem präfrontalen Kortex statt. Dieses Areal bedarf einer langwierigen Ausreifung und ist einer der letzten Bereiche im Reifungsverlauf der menschlichen Gehirnentwicklung. Überdies hinaus ist dieses Areal zuständig für die Zusammensetzung von Eindrücken und „aus anderen Bereichen der Großhirnrinde eintreffende Erregungsmuster“ (Hüther, 2004, S. 491). Spitzer (2006, S. 330) ergänzt diese Fakten mit der Planungs- oder Bewertungsfähigkeit eines Erwachsenen, die einem Kind noch fehlen. Während Kinder ihrem Willen folgen wollen, berufen sich die Erwachsenen oftmals auf ihr ausgereiftes Frontalhirn und denken an die Folgen.

Das Frontalhirn, sprich der Frontallappen der Großhirnrinde, ist für die Planung und Abschätzung einer Handlung mitsamt ihren Folgen essentiell, ebenso wie für die Empathie und das Gefühl für Verantwortung. Der Sozialisationsprozess und die Erziehung strukturieren und formen das Frontalhirn, so Hüther (2004, S. 491). Er merkt an, dass die Entwicklung des Gehirns nicht von jener der Denkprozesse, der Formung und Ausbildung des Gedächtnisses, des Verhaltens und der emotionalen Intelligenz getrennt werden kann. Das menschliche Gehirn ist auch nicht im Alter von drei Jahren bereits in seiner Grundstruktur ausgereift. Das Gedächtnis benötigt laut Hüther (2004, S. 491) für seinen Entwicklungsprozess „die Ausformung und Reifung cerebraler Strukturen“.

Der Neokortex, sprich die Großhirnrinde, braucht Stimuli durch Interaktion, damit sich Synapsen vernetzen und diese Netze weiter ausgeformt werden können. Im frühkindlichen Alter sind die entstandenen Verknüpfungen der Nervenzellen noch nicht in Kontexte eingebettet, wobei diese sich dann im Laufe des Heranwachsens bilden. Vor allem geschieht dies durch neue Erfahrungen, in denen die aktiv beteiligten Netze der Nervenzellen verknüpft werden. Erneute Aktivierung ebendieser Netze bewirken, dass Phänomene, Kontexte und dergleichen wiedererkannt werden (vgl. Hüther, 2004, S. 491).

## 4 Gehirnbasierte Fähigkeiten

Alltägliche Fähigkeiten wie etwa das Wahrnehmen der Umgebung, das Richten der Aufmerksamkeit auf Gegenstände oder Sachverhalte oder das Behalten von Informationen unterschiedlichster Art entspringen dem Gehirn und seinen Strukturen. Es sind nahezu Höchstleistungen, die aber kaum Beachtung finden, da sie oftmals unbewusst ablaufen.

### 4.1 Wahrnehmung

Sensorische Information wird von der Wahrnehmung in eine dem Individuum verständliche ‚Sprache‘ übersetzt. Trifft eine sensorische Information im kortikalen Bereich ein, hat die Informationsverarbeitung bereits begonnen. Neuronale Leitungen erstrecken sich von sensorischen Teilbereichen zu den jeweiligen Assoziationsarealen, die somatische, visuelle, auditorische und weitere Stimuli in die zerebrale Wahrnehmung integrieren. Oftmals unterscheidet sich der wahrgenommenen Stimuli vom aktuellen Reiz, da die Sinnesorgane die wahrgenommenen Reize nicht nur übersetzen, sondern auch interpretieren. Das Gehirn füllt fehlende Informationen auf, damit ein komplettes Bild entstehen kann oder es übersetzt zweidimensionale Konstrukte in dreidimensionale. Kurzum nimmt unser Gehirn in vielen Fällen das wahr, was es erwartet. Diese wahrnehmungsbasierte Übersetzung von sensorischen Reizen ermöglicht es, Informationen in verschiedenen Bereichen und Funktionen zu gebrauchen, so zum Beispiel in kognitiven Funktionen wie der Sprache oder auch in der motorischen Kontrolle (vgl. Unglaub Silverthorn, 2009, S. 311).

Was wir wahrnehmen, hängt von der Kapazität des Erfassens und der Bereitschaft des Gehirns ab. Anderson (2013, S. 53) erwähnt den Begriff des seriellen Flaschenhalses, der bei der Aufnahme und Verarbeitung von Informationen eine Rolle spielt. Diese Metapher steht für „Punkte [...], an denen es nicht mehr möglich ist, weiterhin alles parallel zu verarbeiten“ (Anderson, 2013, S. 53). Besonders ersichtlich ist dies im motorischen Bereich. Im Normalfall können Aktionen im motorischen Bereich problemlos zur gleichen Zeit ausgeführt werden, wenn dabei „verschiedene motorische Systeme“ gefordert sind, etwa Kauen und Gehen. Muss ein und dasselbe motorische System zwei Handlungen ausführen, wird es problematischer, so Anderson (2013, S. 53). Es kommt zu Flaschenhälsen und die Frage ist, wann diese auftreten: vor der Wahrnehmung eines Reizes, danach oder kurz vor der Handlung. Im seriellen Denkprozess setzt diese Verengung der menschlichen Wahrnehmung und Informationsaufnahme zu einem bestimmten Zeitpunkt ein, der allerdings noch nicht eindeutig identifiziert werden konnte. Vielmehr sind dadurch die Theorie der frühen und der späten Auswahl entstanden, die auch bei der Untersuchung von Aufmerksamkeitsprozessen zu Rate gezogen werden können. Schließlich ist ein sogenannter Flaschenhals der Auslöser dafür,

dass die Kognitionsprozesse bestimmte Informationen und Teilinhalte auswählen und andere ignorieren (vgl. Anderson, 2013, S. 53).

## 4.2 Aufmerksamkeit

Bei der Erforschung der Aufmerksamkeit wird laut Anderson (2013, S. 53) zwischen zielgerichteten Komponenten - „endogene Kontrolle“ - und reizgetriebenen oder stimulusabhängigen Komponenten - „exogene Kontrolle“ – unterschieden. In der linken Gehirnhälfte wird vor allem die Zielgerichtetheit gesteuert und verarbeitet, in der rechten Hemisphäre ist der Fokus auf den Reiz vertreten (vgl. Anderson, 2013, S. 53).

Spitzer (2006, S. 141) spricht auch von „Vigilanzhöhung“ oder „alerting“, welche der „selektive[n] Aufmerksamkeit“ oder „orienting“ gegenübersteht. Die Erhöhung der Aufmerksamkeit oder Vigilanz findet unabhängig vom örtlichen Befinden, aber stark von einem zuvor wahrgenommenen hinweisenden Stimulus ab. Hinweisende Signale können die Verarbeitung der Inhalte beschleunigen. Bei der selektiven Aufmerksamkeit kommt es zu einer Bevorzugung eines Reizes im Wahrnehmungsbereich durch das Individuum. Es hat die Fähigkeit zu entscheiden, welcher Stimulus wichtig und somit im Aufmerksamkeitsbereich präsent ist und welche Reize ignoriert werden. Spitzer (2006, S. 143) erklärt weiter, dass die selektive Aufmerksamkeit an einen Ort, eine Zeit und eine wahrgenommene Information gebunden ist. Je nachdem wie viel Aufmerksamkeit der Inhalt erfordert, kann der Mensch mehr oder weniger von weiteren Parametern aufnehmen und verarbeiten.

Der Wille entscheidet über das, was die Aufmerksamkeit erregt. Der Blick kann etwas Aufmerksamkeit Erregendes zentralisieren, ist aber nicht unmittelbar ausschlaggebend für eine Verlagerung der Aufmerksamkeit. Auch über das Gehör kann die Aufmerksamkeit gesteuert und Informationen gefiltert werden. Hierbei entscheidet auch die Platzierung des Individuums zur Geräuschquelle mit, wie bzw. was fokussiert wird (vgl. Rösler, 2011, S. 81). Zusätzlich ist das Individuum imstande, von einer Modalität (Hören, Sehen) zu einer anderen zu wechseln. Das bedeutet, dass in einer Situation zuerst ein auditiver Reiz Aufmerksamkeit erhält und im nächsten wird diese auf ein visuelles Ereignis gelenkt. Hierbei ist die Wahrnehmung über die menschlichen Sinnesorgane in höchstem Maße beteiligt. Sie steuert die Kontrolle der Aufmerksamkeit und deren Verschiebung (vgl. ebd., S. 81).

Über diese kontrollierte Aufmerksamkeit und deren Verlagerung hinaus existiert auch die „‘automatische‘ Steuerung der Aufmerksamkeit“ (Rösler, 2011, S. 81). Das Gehirn erfährt einen unwillkürlichen Reiz und reagiert darauf mit der Änderung des Aufmerksamkeitsfokus, beispielsweise wenn das Telefon läutet. Es kommt zu einer Neuorientierung in dem Moment, in dem das Individuum bereits ein anderes Ereignis oder Objekt fokussiert hatte (vgl. ebd., S. 81).

### 4.2.1 Bottom-up und Top-down

Die Lenkung der Aufmerksamkeit bzw. deren Modifikation kann einer Kontrolle unterliegen oder einer Automatisierung. Dafür erwähnt Rösler (2011, S. 82) die Begriffe „top-down“ und „bottom-up“. Von top-down wird dann gesprochen, wenn das Individuum sein Aufmerksamkeitspensum an Annahmen oder Vermutungen knüpft, die den Raum, bestimmte Gegenstände oder Objekte und deren Merkmale betreffen. Zielgerichtete Instruktionen und Manipulation spielen dabei eine Rolle. Das Individuum wird darauf hingewiesen, etwas Bestimmtes zu fokussieren und anderes zu ignorieren. Korrektes Verhalten wird verstärkt. Die Wahrnehmung wird gesteuert und die fokussierten Informationen und Signale erfahren eine schnellere und genauere Verarbeitung. Durch diese Fokussierung werden zielgerichtete Reaktionen des Körpers hervorgerufen. Der Mensch kann präziser handeln und effizientere Bewegungen ausführen, wenn er zuvor seine Aufmerksamkeit bündelt und zentriert. Die bottom-up gesteuerte Aufmerksamkeit geschieht durch Reize und deren Veränderungen, die zuvor außerhalb des Aufmerksamkeitsbereiches lagen und somit unvermutet waren. Der Mensch orientiert sich neu, legt seinen Fokus auf eine neue Begebenheit, die durch einen wahrgenommenen Reiz hervorgerufen wird. Die Stimuli, die den Aufmerksamkeitsfokus plötzlich verlagern und die zuvor aufgebaute Aufmerksamkeitsspanne unterbrechen, können von unterschiedlicher Intensität sein (vgl. Rösler, 2011, S. 82 ff.).

Grundlegende Effekte der Aufmerksamkeit werden in ihrer Tätigkeit und ihrer Wirksamkeit durch Nervenzellen oder auch Neuronengruppen mit spezifischen Filtermerkmalen verändert. Es kommt zu einer Verstärkung der Neuronentätigkeit, wenn die gefilterten und zur Verarbeitung bereitgestellten Eigenschaften beachtet werden. Schweift das Aufmerksamkeitszentrum aber von diesen Eigenschaften ab, um andere hervorzuheben, so kommt es zu einer Senkung der Neuronenaktivität, erklärt Rösler (2011, S. 92).

Es gibt zu bedenken, dass die Aufmerksamkeit aus psychologischer Sicht ein Knotenpunkt für psychische und auch physische Aktivitäten und Leistungen ist. Die Wahrnehmung und andere Performanzen der Kognition, wie etwa Lern- und Gedächtnisprozesse, das Lösen von Problemen oder das Verstehen von Sprache haben ihren Ausgangspunkt in der Aufmerksamkeit, ebenso wie alle Handlungen der Motorik, die Wahl des Handlungsverlaufs, der beteiligten Muskeln und Bewegungsprogramme. Die Nerven filtern Informationen und kategorisieren sie nach Präferenz für den Aufmerksamkeitsfokus. Dies kann auch körperliche Veränderungen hervorrufen, die sich beispielsweise in einer Veränderung des Herz- oder Atemrhythmus, der Muskelaktivität oder der Produktion von Körpersekreten äußern (vgl. Rösler, 2011, S. 84).

### 4.3 Gedächtnis und Wissen

Das Gedächtnis spielt beim Lernen und der Wiedergabe oder Umsetzung von Wissen und Können eine der Hauptrollen neben den motorischen und sensorischen Einheiten und Strukturen, die als Verbindung zwischen diesen zwei Akteuren oder Systemen angesehen werden können. Festgehalten und auf poetische Art beschrieben wurde diese Ansicht bereits im vorletzten Jahrhundert von Ewald Hering (1870, S. 43):

„Gedächtniss (sic!) verbindet die zahllosen Einzelphänomene zu einem Ganzen, und wie unser Leib in unzählige Atome zerstieben müsste, wenn nicht die Attraction (sic!) der Materie ihn zusammenhielte, so zerfiel ohne die bindende Macht des Gedächtnisses unser Bewusstsein in so viele Splitter, als es Augenblicke zählt.“

Die Frage ist, was mit Gedächtnis gemeint ist und wie man das Gedächtnis definieren kann. Das Gedächtnis birgt die Fähigkeit in sich, Informationen und Inhalte zu sichern und wiederzugeben. Man kann zwischen verschiedenen Gedächtnistypen unterscheiden, wie etwa zwischen dem deklarativen und expliziten Gedächtnis oder dem Lang- und Kurzzeitgedächtnis. Die Verarbeitung in diesen Gedächtnistypen verlangt und definiert sich durch die Leitung der Inhalte in verschiedenen Bahnen. Erinnerungen und Erfahrungen hinterlassen im Kortex Gedächtnisspuren und die gespeicherten Inhalte werden in der Hirnrinde in den zuständigen Bereichen aufbewahrt (vgl. Unglaub Silverthorn, 2009, S. 318). Allerdings gilt es zu beachten, dass die Erinnerung an einen Inhalt visueller oder verbaler Natur meistens die Interpretation dessen ist, was zuerst wahrgenommen wurde. Ein Bild oder ein Satz werden auf individuelle Weise interpretiert und dann abgespeichert. Diese Interpretation schlägt sich im Folgenden auf die Erinnerung nieder, so Anderson (2013, S. 95).

Das Gedächtnis kann keinem spezifischen Bereich im Gehirn zugewiesen werden, sondern ist das Resultat der Kooperation und Verknüpfung der Vielzahl an Neuronen und Synapsen (vgl. Winkel et al., 2006, S. 48). Brand und Markowitsch (2009, S. 75) erklären, dass bei der Betrachtung von Gehirn und Gedächtnis im Zuge eines Lernprozesses davon ausgegangen wird, dass ein Großteil der Gehirnanareale an der Gedächtnisleistung und Informationsverarbeitung beteiligt ist.

Die Gedächtnisleistung und das Erinnerungsvermögen vereinnahmen das gesamte Gehirn und dennoch lassen sich zwei Regionen bestimmen, die in diesen Prozessen besonders gefordert und aktiv sind. Einerseits ist es die Region des Temporallappens, die den Hippocampus umfasst. Letzterer ist zusammen mit benachbarten Strukturen im Einsatz, wenn es um die Speicherung von neuen Erinnerungen geht. Zum anderen kommt die Leistung der präfrontalen Areale bei Gedächtnisprozessen stark zum Vorschein. Sie helfen beim Enkodieren kürzlich entstandener Erinnerung und auch beim Abrufen von älteren Erinnerungen. Kurzum sind frontale Bereiche für die Konstruktion von Erinnerungen und temporale Strukturen für das langfristige Speichern ebendieser zuständig (vgl. Anderson, 2013, S. 117).

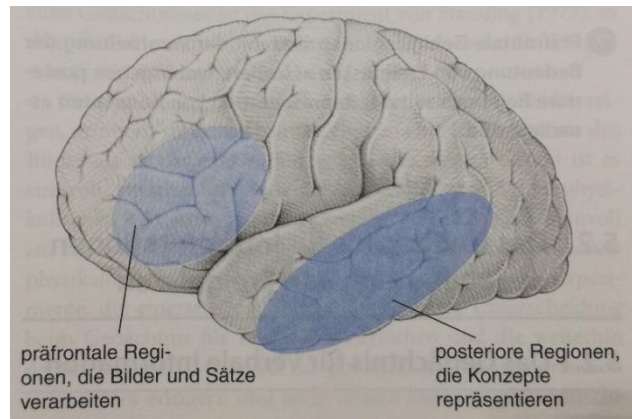


Abb. 11: Zerebrale Areale, in denen Erinnerungen gebildet und abgespeichert werden (Anderson, 2013, S. 117)

Bei der Übertragung von Inhalten vom Kurzzeitgedächtnis zum Langzeitgedächtnis ist der Hippocampus gefragt. Er und der präfrontale Kortex stehen in Verbindung und kommunizieren bei der Kombination von Inhalten, sowie bei der Lösung von Problemstellungen. Sie steuern Lernvorgänge und wirken bei den kognitiven Fähigkeiten unterschiedlicher Komplexität mit, meint Beck (2014, S. 36). Eine Unterscheidung in verschiedene Gedächtnistypen orientiert sich unter anderem an der Art der Informationen und auch an der „Zahl der Elemente, die man unmittelbar nach der Darbietung wiedergeben kann“, fügt Anderson (2013, S. 119 f.) hinzu.

Die Menge an Informationen, die in jedem Moment auf das menschliche Gehirn einströmt, wird wahrgenommen und in weiteren Schritten verarbeitet. Die Inhalte können aber auf unterschiedliche Weise behandelt und kategorisiert werden. Ob sie für das Individuum von Bedeutung sind oder nicht, bestimmt den weiteren Werdegang und die Entwicklung des Wissens. Dies soll im folgenden Abschnitt erklärt werden.

#### 4.4 Langzeit- und Kurzzeitgedächtnis

Ein Stimulus aus dem Zentralnervensystem geht zuerst in das Kurzzeitgedächtnis über, welches ein begrenztes Speichervolumen von etwa 7 bis 12 Informationseinheiten auf einmal erfassen kann. Ohne weitere Bearbeitung verschwinden diese Inhalte wieder. Werden sie weiterbearbeitet, wie dies etwa bei Wiederholung oder Anwendung auf verschiedene Kontexte der Fall ist, verweilen sie längere Zeit im Gedächtnis (vgl. Unglaub Silverthorn, 2009, S. 318).

Ein Teil des Kurzzeitgedächtnisses ist das sogenannte Arbeitsgedächtnis, das im Frontallappen sitzt. Diese Region macht es sich zur Aufgabe, Inhalte so nachzuverfolgen, dass sie für eine anstehende Aufgabe verwendet werden können. Das Arbeitsgedächtnis steht auch in Verbindung mit dem Langzeitgedächtnis, und so kann eine neu eingetroffene Information mit gespeicherten Inhalten interagieren. Dieser Gedächtnistyp ermöglicht es dem Menschen, Fakten aus Kurz- und Langzeitgedächtnis zu sammeln und diese logisch in Relation zu setzen, damit Probleme gelöst und Handlungen geplant werden können, erklärt Unglaub Silverthorn (2009, S. 318). Die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses ist limitiert und seine Hauptaufgabe ist es, ein paar wichtige Informationen aktiv zu halten, um damit mental arbeiten zu können. Es werden Informationen sortiert, verknüpft oder geformt, sodass sie für weitere Aufgaben zur Verfügung stehen, so Spitzer (2006, S. 5). Damit Informationen vom Kurzzeitgedächtnis ins Langzeitgedächtnis übergehen können und es zu einer Konsolidierung<sup>7</sup> kommt, sind Wiederholungen auf interner und externer Ebene des Organismus vonnöten, die die Informationen und wahrgenommene Inputs immer wieder darbieten (vgl. Spitzer, 2006, S. 5).

Das Langzeitgedächtnis ist im Stande, große Informationsmengen zu speichern. Damit Inhalte vom Kurzzeit- in das Langzeitgedächtnis gelangen, bedarf es einer Konsolidierung dieser Inhalte und dies benötigt Zeit. Je nach Art der Information und Verarbeitung vonseiten des Gehirns können es Sekunden, Minuten oder längere Zeitperioden sein. Die Inhalte durchschreiten bis hin zu ihrer Festigung viele Stufen im Gedächtnis und Erinnerungsvermögen, wo sie immer auch lokalisiert und abgerufen werden können. Bei der Erforschung dieser Konsolidierung konnte festgestellt werden, dass dieser Prozess synaptische Verknüpfungen in jenen Netzwerken beeinflusst, die auch bei Lernprozessen aktiv involviert sind. Einerseits können sich bei Lernphasen neue Synapsen bilden, andererseits wird die Effizienz der synaptischen Übertragung durch Langzeitpotenzierung<sup>8</sup> oder Langzeitdepression modifiziert. Dies sind Beweise der oben angesprochenen Plastizität der Neuronen und des Gehirns (vgl. Unglaub Silverthorn, 2009, S. 318 f.).

---

<sup>7</sup> Konsolidierung wird als „das zyklische ‚Kreisen‘ (Wiederholen)“ der Inhalte im gleichen Teil des Kurzzeitgedächtnisses definiert, damit die Informationen präsent gehalten werden und nach ausreichender Wiederholung in das Langzeitgedächtnis übergehen können (Birbaumer & Schmidt, 2010, S. 627). Lechner, Squire und Byrne (1999, S. 77 in Anlehnung an Müller & Pilzecker, 1990) führten den Begriff der „Konsolidierung“ für die „Nachverarbeitung und Verfestigung von Inhalten im Gedächtnis“ ein.

<sup>8</sup> Darunter wird ein Prozess verstanden, bei dem eine Synapse fortlaufende Veränderungen in der Quantität und der Qualität der synaptischen Verknüpfungen erzeugt. In diesem Fall werden die synaptischen Verknüpfungen erhöht, bei der Depression sinken sie. Diese beiden Aktionen der Synapsen gelten als maßgebliche Prozesse bei der Gedächtnisleistung und den Lernprozessen, so Unglaub Silverthorn (2009, S. 281). Die Langzeitpotenzierung ist laut Birbaumer und Schmidt (2010, S. 813) eine „Langanhaltende Zunahme der synaptischen Effektivität“; sie „tritt an Synapsen nach hochfrequenter Reizung auf“; weiters hat sie eine „Beteiligung an Lernprozessen.“

Das Langzeitgedächtnis wird in zwei Typen unterteilt, die bei ihrer Festigung und Speicherung verschiedene Bahnen nützen, einerseits das implizite, andererseits das explizite Gedächtnis (vgl. Unglaub Silverthorn, 2009, S. 319). Birbaumer und Schmidt (2010, S. 621) haben dazu eine Grafik entwickelt, die als Übersicht dienen soll.

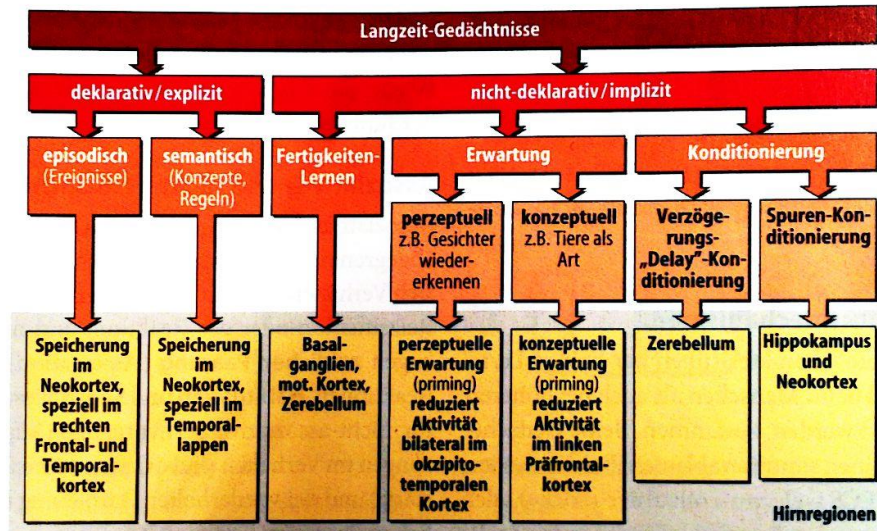


Abb. 12: Die verschiedenen Arten der Langzeitgedächtnisse (Birbaumer und Schmidt, 2010, S. 621, in Anlehnung an Schmidt, R. F., Lang, F. Thews, G., 2005).

## 4.5 Das deklarative oder explizite Gedächtnis

Kann sich das Individuum bewusst an einen Gedächtnisinhalt bzw. an aufgenommenes Wissen erinnern, so wird der Begriff „expliziter Gedächtnisinhalt“ (Anderson, 2013, S. 157) verwendet. Hier werden dem Individuum Aufmerksamkeit und Bewusstsein für seine Arbeitsschritte abverlangt. Diese Gedächtnisinhalte hängen mit komplexen kognitiven Fähigkeiten wie etwa der Evaluierung, Abgleichung und den Folgerungen zusammen. Die Leitungsbahnen, die hier gefordert sind, befinden sich im Temporallappen. Das deklarative Gedächtnis beinhaltet hauptsächlich Wissen über sich selbst und seine Umwelt, in der agiert und die mit Sprache beschrieben bzw. erklärt werden kann (vgl. Unglaub Silverthorn, 2009, S. 319).

Oftmals wandern Inhalte vom deklarativen zum reflexivem Gedächtnis, vor allem dann, wenn Informationen oder auch Bewegungen oft bewusst wiederholt und trainiert werden, bis sie in einem bestimmten Moment internalisiert sind und keine Aufmerksamkeit mehr benötigen. Sie wurden sozusagen zu einem Reflex und die Aufmerksamkeit kann auf andere Aspekte gelenkt werden. Der Ausdruck „muscle memory“ oder Muskelgedächtnis wird von SportlerInnen verwendet, die genau diesen Effekt der Automatisierung von Körperhaltungen und Bewegungen in ihrem Handeln beobachten und erleben, erklärt Unglaub Silverthorn (2009, S. 319).



### **4.5.1 Das episodische Gedächtnis**

Das episodische Gedächtnis ist laut Tulving (2005, S. 7) der Speicherort autobiographischer Details, die in einen strukturierten Raum-, Zeit- und Situationsrahmen eingebettet sind. Die Informationen beziehen sich auf das Individuum selbst und haben einen emotionalen Einfluss. Die Vergangenheit und die Erfahrungen bleiben „greifbar“, was das Individuum zukünftige Aktivitäten und Handlungen antizipieren lässt (vgl. Tulving 2002, S. 6). Vergangene Ereignisse und Erfahrungen werden gespeichert und sind abrufbar. Sie helfen dem Individuum, Vorhaben zu planen und zu realisieren. Gluck, Mercado und Myers (2010, S. 89) ergänzen, dass die Inhalte meist in einem bestimmten Kontext und einer Situation gelernt und gespeichert werden.

### **4.5.2 Das semantische Gedächtnis**

Im semantischen Gedächtnis befinden sich Inhalte des allgemeinen Wissens, welches im Laufe des Lebens erworben wird. Es ist eine Art Weltwissen, das komplex und weitläufig ist. Es hat einen Wirklichkeitswert und bezieht sich auf Objekte, Personen, Geschehnisse. Dieses Wissen ist flexibel in Input und Outcome und das Individuum kann derartige Informationen speichern, auch wenn es keinen physischen Bezug dazu hat, so Tulving (2005, S. 12). Es gibt keine Verbindung dieses Wissens mit Raum oder Zeit wie etwa beim episodischen Gedächtnis (vgl. Gluck et al., 2010, S. 88).

## **4.6 Das implizite Gedächtnis**

Das implizite oder reflexive Gedächtnis arbeitet automatisch und benötigt keinen bewussten Prozess für die Abrufung oder Neuschaffung von Inhalten. Das Areal der Amygdala mit dem limbischen System und dem Kleinhirn sind aktiv und wirken bei den Verarbeitungs- und Abrufungsprozessen mit. Inhalte im impliziten Gedächtnis sind jene, die durch Wiederholungen langsam erworben werden. Hierunter fallen motorische Fähigkeiten, Techniken und Methoden sowie Regeln. Das implizite Gedächtnis birgt das prozedurale Gedächtnis in sich, das im Wesentlichen darauf ausgerichtet ist, wie Dinge zu vollziehen sind. Reflexive Gedächtnisinhalte können entweder durch assoziative oder nicht-assoziative Lernprozesse erworben werden, die das Gedächtnis nach ihrer Verarbeitung aufbewahrt (vgl. Unglaub Silverthorn, 2009, S. 319).

### **4.6.1 Das prozedurales Gedächtnis**

Weitgehend unbewusst arbeitet das prozedurale Gedächtnis, welches bei Routineaktivitäten oder auch motorischen Fähigkeiten zum Einsatz kommt. Dementsprechend sind die Handlungen oder Vorgänge schwer zu verbalisieren (vgl. Brand & Markowitsch, 2009, S. 72, Markowitsch, 2009a, S. 88). Der implizite Gedächtnisinhalt ist das Wissen, das für die

Erinnerung schwer zugänglich ist, bei dem es aber dennoch zu einer verbesserten Performanz in gewissen Aufgabenbereichen kommt. Als Beispiel nennt Anderson (2013, S. 157) das Schreiben im Zehnfingersystem auf der Tastatur. Geschrieben wird nahezu fehlerfrei und schnell, wenn aber die Anordnung der Buchstaben auf der Tastatur erklärt werden soll, ist es den SchreiberInnen meist nicht möglich, schnell darauf zu antworten (vgl. Anderson, 2013, S. 157). Findet eine Bewusstmachung der Arbeit des prozeduralen Gedächtnisses statt, sprich versucht man automatisierte oder motorische Fähigkeiten sprachlich oder gedanklich zu formulieren, wird der Vorgang negativ beeinträchtigt (vgl. Brand & Markowitsch, 2009, S. 72).

#### **4.6.2 Das perzeptuelle Gedächtnis**

Ein weiterer Gedächtnistyp, welcher von Markowitsch (2009, S. 74) in das Klassifikationsschema hinzugefügt wurde, ist das perzeptuelle Gedächtnis. Der Fokus liegt hierbei auf dem Erkennen bzw. Wiedererkennen von Personen, Reizen und Gegenständen. Vertrautheit und Bekanntheitsgrad prägen diese Art von Gedächtnis, wobei es unwichtig ist, ob das Individuum die Wahrnehmung benennen kann oder den Ursprung dieser Bekanntschaft kennt. Aufgrund dessen wird das Gedächtnissystem als „präsemantisch“ bezeichnet (vgl. Tulving, 2002, S. 6 f., Brand und Markowitsch, 2009, S. 72).

### **4.7 Die Verarbeitung von Informationen**

Ein Mensch nimmt Informationen über Empfindungen in den Sinneskanälen auf. Im weiteren Schritt nach der Aufnahme, wird versucht, die empfangenen Signale oder Inhalte individuell zu interpretieren. Danach erfolgt die Initialisierung der aufgenommenen Daten, die vom Individuum eingespeichert werden. Dieser Prozess ist abhängig von der Aufmerksamkeit, denn nur „was unsere Aufmerksamkeit erregt, wird bewusst verarbeitet, was keine Beachtung findet, geht entweder verloren oder wird unbewusst eingespeichert.“ (Markowitsch, 2009, S. 49). Eine Aufnahme von Inhalten ist demnach steuerbar über den Zustand der Aufmerksamkeit und die Beschäftigung des Menschen mit den jeweiligen Inhalten. Dadurch kann eine Speicherung erzielt werden. Auf der anderen Seite spricht der Autor aber auch von einer unbewussten Einspeicherung, die weitaus schwieriger zu erklären ist.

Der Einspeicherungsvorgang neuer Informationen erfolgt durch deren Abgleich mit alten, bereits vorhandenen und bekannten Inhalten. Bekanntes ist für das Gehirn eher nebensächlich und erfährt nicht so viel Bedeutung wie Neues. Die neuen Inhalte erfahren eine genauere Analyse und werden mit dem vorhandenen Wissensbestand, der einen Ähnlichkeitswert aufweist, verbunden. Zuerst koexistieren die aufgenommenen Informationen und sind nicht verbunden, danach erlangen sie aber durch den Erfahrungsschatz des Individuums und die vorhandenen ähnlichen Reizen eine Sinnhaftigkeit (vgl. Markowitsch, 2009, S. 49).

Eine grobe Übersicht der Informationsverarbeitungsschritte wird von Brand und Markowitsch (2009, S. 72, Markowitsch, 2009, S. 8) folgendermaßen beschrieben:

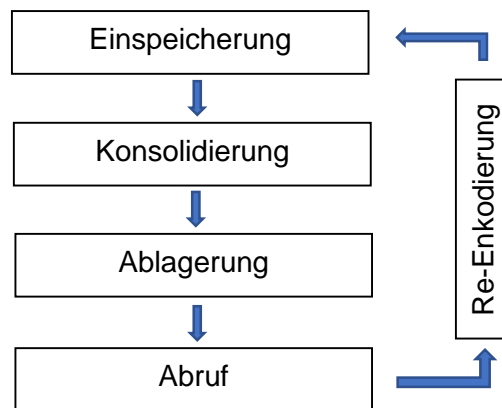


Abb. 13: Die Schritte der Informationsverarbeitung  
(Brand & Markowitsch, 2009, S. 72)

Arnold (2009, S. 185) spricht von hierarchisch strukturiertem Wahrnehmungs- und parallel dazu von einem Handlungswissen, einer „Hierarchie der Arten von Reaktionen auf Ereignisse der Umwelt in Bezug zu den Wahrnehmungselementen, die sie hervorrufen.“ Der Mensch nimmt eine Begebenheit aus seiner Umwelt wahr und integriert sie damit in seinen Informationsverarbeitungsprozess. Die Reaktion darauf fällt in die Kategorie der Handlung. Handlungswissen setzt ein bestimmtes Maß an Erfahrung bzw. Anpassung der bestehenden Erfahrung an neue Situationen und Kriterien voraus, woraus sich das Individuum sein Wissen aufbaut. Lernprozesse müssen auf lange Sicht gespeichert werden und jederzeit abrufbereit sein. Erst dann wird ein Lernprozess als erfolgreich bezeichnet. Werden die Wahrnehmung und die Handlungen mitsamt ihren Kategorisierungen miteinander in Verbindung gesetzt, wird ein Lernprozess positiv unterstützt und führt zu einer langfristigen Verinnerlichung (vgl. Arnold, 2009, S. 185).

Markowitsch (2009a, S. 104) bietet für die oben erklärten Fähigkeiten und Funktionen des menschlichen Gehirns und seinen Gedächtnisleistungen eine Grafik, die zur Veranschaulichung der komplexen Beschaffenheit für den Ort des Wissens, des Lernens, der Erinnerung und der Erfahrungen dient.

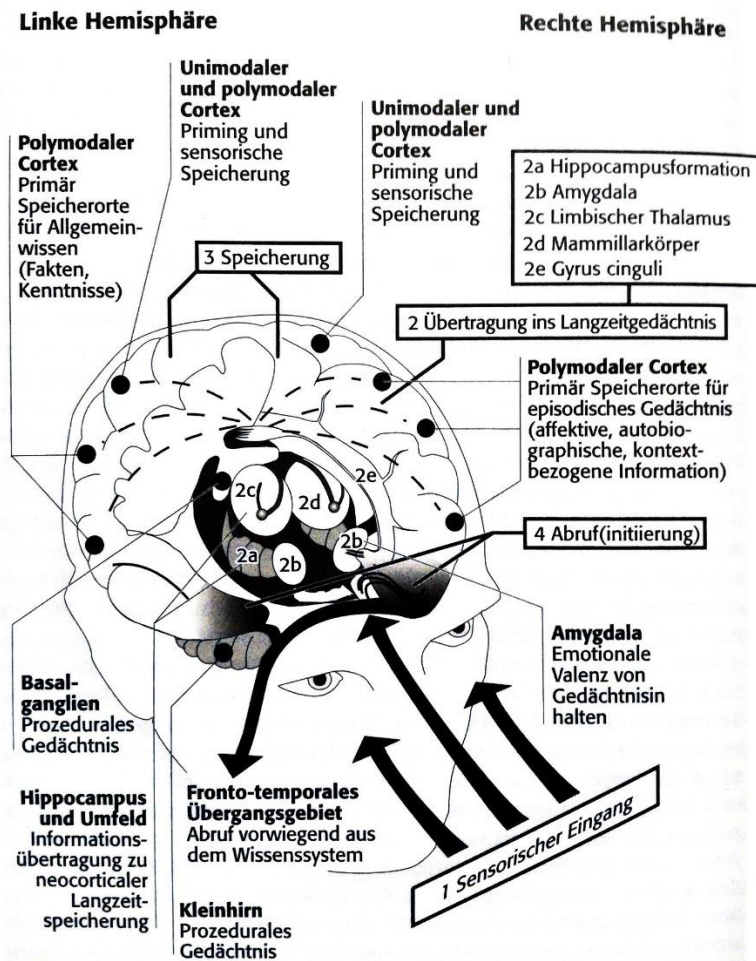


Abb. 14: Funktionen des Gehirns und des Gedächtnisses im Überblick (Markowitsch, 2009a, S. 104).

#### 4.7.1 Gedächtnisspuren – Engramme

Die Funktion und Arbeit des Gedächtnisses und seiner verschiedenen Kategorien sind gewiss nicht durch einen einzigen Mechanismus geregelt. Selbst die Messung der Hirnaktivität bei einem konditionierten Reflex bringt die Ansicht hervor, dass es keine einfache Assoziation mit einem Reiz-Reaktionsschema ist, welches sich im Kopf abspielt, wenn Neues einströmt, sondern bei weitem mehr (vgl. Lashley, 1950, S. 22). Die Ausbreitung der Aktivierung bestimmt die Art und Stärke, wie die Umgebung oder der Kontext Gedächtnisinhalte verfügbar macht. Werden Inhalte öfters und in unterschiedlichen Kontexten verwendet oder abgerufen, so ist der Zugang zu ihnen erleichtert. In Bezug auf die Abrufbarkeit von Inhalten spricht man von der „Stärke“ oder „strength“ der Gedächtnisspur. Es handelt sich dabei um eine „inhärente Abrufbarkeit“ (Anderson, 2013, S. 127). Der Aktivierungsgrad einer Gedächtnisspur kann Schwankungen verzeichnen. Er ist auf Situationen bezogen und hängt von der Konzentration und der Assoziation der Inhalte innerhalb eines Zeitraumes bzw. zu einem Thema ab. Die Häufigkeit der Nutzung einer Gedächtnisspur erhöht ihre Stärke und das bestimmt wiederum

ihre Verfügbarkeit und ihre Entwicklung. Wiederholung und Übung können Gedächtnisspuren festigen (vgl. Anderson, 2013, S. 127).

## 5 Lernen oder wie der Mensch zu Wissen kommt

Das Gehirn ermächtigt den Menschen zu lernen. Es sind komplexe Prozesse, die gemeinsam mit der Sensorik und der Motorik zu einer Handlung und einem Ergebnis führen. Janich (2009, S. 55) spricht von Teilen und deren Zusammensetzung. Dies kann auf das Gehirn übertragen werden, welches aus zahlreichen Strukturen und Arealen besteht. Es trifft aber auch auf das Lernen zu, bei dem die Welt Stück für Stück aus Teilen des Wissens zusammengesetzt wird.

### 5.1 Begriffserklärung

Lange Zeit wurden die Begriffe Lernen, Gedächtnis und Motivation dem Bereich der Psychologie zugeordnet und die Biologie außer Acht gelassen. NeurobiologInnen haben sich mehr für das Netzwerk, die zellulären Eigenschaften und Funktionen der Neuronen interessiert. Diese beiden Wissenschaften haben sich in den letzten Jahrzehnten einander angenähert. Die Basis der kognitiven Fähigkeiten bilden zelluläre Gegebenheiten und deren Funktionen, die die Plastizität beeinflussen, so zum Beispiel die Langzeitpotenzierung. Die Fähigkeit, neuronale Verbindungen durch Erfahrungen zu verändern, ist eine essentielle Erkenntnis für die kognitiven Fähigkeiten, das Gedächtnis und die Lernfähigkeit (vgl. Unglaub Silverthorn, 2009, S. 317).

Rösler (2011, S. 145) weist darauf hin, dass das menschliche Verhalten und das neuronale System Modifizierungen im Bereich der Entwicklung und des Lernens erfahren. Veränderungen auf Basis der Entwicklung werden mit dem Angeboren-Sein oder auch auf deren biologischen oder materiellen Ursprung in Verbindung gebracht. Bei Veränderungen aufgrund des Lernens kommen die Begriffe der Flexibilität, der Funktionalität und der Psychologie ins Spiel. Hierbei liegt der Unterschied in der Lokalisierung (physisch oder psychisch) und der Auswirkung dieser Veränderungen.

Lernprozesse per se lassen sich aber nicht beobachten, denn im eigentlichen Sinn sind es Verhaltensänderungen, im besten Fall dauerhafte, die stattfinden und sich an speziellen Randbedingungen orientieren, erkennen lassen und sich anpassen, so Scherer und Bietz (2015, S. 61). Die kontextuellen Bedingungen können dabei helfen, „lernbedingte von anderen, z.B. reifungsbedingten oder trainingsbedingten Veränderungen von Verhaltenspotenzialen“ (ebd., S. 61) abzugrenzen. Die Autoren weisen damit auf die oftmals fälschlich verstandene Tatsache hin, dass auf Lernprozesse direkt eingewirkt werden kann. Den Worten der Autoren zufolge leiten Veränderungen und Randbedingungen den Verlauf des Lernens. Durch sie lässt sich auf den Lernvorgang und -fortschritt Einfluss nehmen. In weiterer Folge kommt es zur Modifikation und Anpassung des Verhaltens, sowie zur Generierung und Förderung von Lernprozessen.

Meinel und Schnabel (2007, S. 148) definieren Lernen als „eine durch die gesellschaftliche Entwicklung geprägte und durch Menschen vermittelte Umwelt, in der menschliche Wesenskräfte vergegenständlicht sind“. Das verdeutlicht, dass andere Individuen an Lernprozessen bzw. an Lernprozesse auslösenden Situationen oder Aspekten maßgeblich teilhaben müssen, damit diese überhaupt entstehen können. Zull (2002, S. 78) ergänzt, dass Merken bzw. Einprägen und Lernen zwei verschiedene Dinge sind, die ineinander übergehen können und sollen, jedoch in bestimmten Fällen keine Verbindung der beiden Prozesse geschaffen wird. Inhalte werden aufgenommen und die Lernenden versuchen, sich alles zu merken, gelernt sind die Inhalte deshalb aber noch nicht.

## **5.2 Entwicklungen und Phasen des Lernens**

Der Mensch lernt sein ganzes Leben lang. Sogar im Mutterleib kann das Kind Signale akustischer und sprachlicher Art wahrnehmen und sich später daran erinnern, so Hennon, Hirsh-Pasek und Michnick-Golinkoff (2000, S. 52 ff.). Dies bildet die Grundlage für alle weiteren Lernprozesse im Schulkindalter, als Jugendliche bzw. Jugendlicher und Erwachsene bzw. Erwachsener. Angesichts dessen ist ein kurzer Blick auf diese Phasen durchaus hilfreich, um sich der Dimension der menschlichen Fähigkeiten und Fertigkeiten von seinen Anfängen über das ganze Leben hinweg bewusst zu werden.

Allgemein gilt, dass die Lernvorgänge abhängig sind vom Alter, vom Gesundheitszustand, von der Umwelt mitsamt ihrem Angebot an Reizen und auch von den zwischenmenschlichen Bindungen des Säuglings bzw. Kindes an seine Bezugspersonen (vgl. Winkel et al., 2006, S. 236). Kinder in diesem frühen Alter entwickeln bereits motorische Kompetenzen, wie Stehen, Laufen und weitere Körperbewegungen, Fertigkeiten im Bereich der Kognition, etwa die Entwicklung von Konzepten und das Denken in Kategorien, sprachliche Kompetenzen sowie das Verständnis für zwischenmenschliche Kommunikation. Sie können Gefühle ausdrücken, diese bis zu einem gewissen Grad regulieren und sie weisen auch im Bereich der Sozialkompetenz Fertigkeiten wie zum Beispiel die Kooperation, die Interaktion und die Bindung zu einer oder mehreren Bezugspersonen auf, so Petermann, Stein und Macha (2004 in Winkel et al., 2006, S. 237).

Kindheit und Jugend sind geprägt von familiären, schulischen Umständen und Freizeitaktivitäten. Die Steuerung erfolgt meist von außen, sprich von den Bezugspersonen, darunter befinden sich neben den nahen Verwandten Freunde, aber auch PädagogInnen und Betreuungspersonen sind dabei beteiligt. In dieser Lebensphase erwerben Kinder Kulturtechniken wie Schreiben oder Lesen, sie beginnen sich selbst zu reflektieren und entwickeln Lernstrategien, die ihnen beim Wissenserwerb behilflich sind (vgl. Winkel et al., 2006, S. 240).

Im Erwachsenenalter liegt der Fokus des Lernens auf dem Berufsbezug und den individuellen Fertigkeiten. Persönliche Interessensgebiete motivieren zur Bildung und das Lernen ist dadurch vorwiegend eigengesteuert. Dadurch ergibt sich die Mischung aus inzidentellem und intentionalem Lernen, worauf später noch eingegangen wird. Bildungsinstitutionen und der Arbeitsplatz gehören zu den Kontexten, in denen Lernen ermöglicht wird und stattfindet, erklären Winkel et al. (2006, S. 240).

### **5.2.1 Sensible Phasen**

Sensible Phasen und erfahrungsbasierte Vorgänge bedingen, dass das Lernen gewisser Dinge, Inhalte und Fähigkeiten an ein bestimmtes Alter oder einen Zeitpunkt gebunden sind. Das Optimum des Lernprozesses findet in einer sensiblen Lernphase statt. Danach oder auch davor kann das Individuum diesen Lernerfolg nicht so einfach erzielen. Wurde der Zeitpunkt für die Erfahrungen oder die Wissensvermittlung, in dem die vorgesehenen zerebralen Strukturen bereit dafür waren, verabsäumt, so kann auch bei intensivem Training oder Förderungen das Höchstmaß nicht mehr ganz erreicht werden (vgl. Winkel et al., 2006, S. 54). In diesen Lernprozessen werden neben dem Wissen und Können auch Werte, Ansichten, Reaktionen, Routinen und vieles mehr aufgenommen, die sich in den Wissens- und Erfahrungsbestand einfügen (vgl. Spitzer, 2006, S. 227). Bei Kindern ist die Gehirnplastizität sehr hoch und Spitzer (2006, S. 229) bezeichnet sie als „wahre Lernmaschinen, Informationsaufsauger, Regelgeneratoren und zudem Motivationskünstler“.

Birbaumer und Schmidt (2010, S. 599) stellen die Begriffe der „Prädisposition“ und der „Prägung“ vor. Unter Prädisposition wird die „Empfindlichkeit in einer bestimmten Entwicklungsphase“ verstanden. Die Autoren weisen aber darauf hin, dass diese nicht nur durch die Vererbung von Eigenschaften und die genetischen Dispositionen zustande kommt, sondern dass der Mensch für die Aufnahme der Inputs vor allem Impulse und Reize in einem definierten Zeitfenster, aber zusätzlich auch Motivation, Aufmerksamkeit und Schlaf benötigt. Die Prägung ist laut Birbaumer und Schmidt (2010, S. 627)

„das Erlernen eines Verhaltens auf ein spezifisches Reizmuster in einer begrenzten Periode der Entwicklung. Sie kommt dank zellulärer Prozesse in bestimmten Hirnarealen zustande und sie steht in Verbindung mit dem Langzeitgedächtnis. Für sie gilt in Bezug auf Motivation und Schlaf Ähnliches wie für die Prädisposition.“

Daraus kann geschlossen werden, dass es nicht nur eine zeitliche Komponente bei der erfolgreichen Aufnahme und langfristigen Speicherung von Wissen und Können gibt, sondern dass motivationale und kontextuelle Bedingungen den Lernprozess ebenso mitbestimmen.



## 5.3 Einige Kategorien des Lernens

Die Entwicklung, die Reifung und das Lernen stehen in einer wechselseitigen Beziehung zueinander, wobei oftmals die Potentiale und die gegenseitige Einflussnahme dieser drei Säulen noch nicht vollständig erfasst wurden, so Spitzer (2006, S. 201). Im Folgenden wird eine globale, streng verkürzte Übersicht der wesentlichen Konzepte des Lernens geboten, welche die Gehirn- und Verhaltensentwicklung beeinflussen und so die weiteren Abhandlungen in Richtung gehirngerechtes sowie motorisches Lernen stützen.

### 5.3.1 Imitationslernen

Imitationslernen baut auf dem Beobachtungslernen auf. Das Individuum beobachtet ein Ereignis oder eine Handlung, internalisiert diese Beobachtung und kann später in einem geeigneten Moment auf diese Observation zurückgreifen. Er oder sie imitiert das vorher wahrgenommene und dann gespeicherte Bild einer Handlung (vgl. Gluck et al., 2010, S. 430). Bandura (1969, S. 118) weist darauf hin, dass Lernen bereits gleichzeitig mit der Beobachtung stattfindet und nicht erst bei der Imitation. Er bezeichnet dieses Lernen als „modeling“ oder „Lernen am Modell“ (Gluck et al., 2010, S. 432 in Anlehnung an Bandura, 1969, S. 118).

Nachahmung bewirkt Lernen und Automatisierung. Diese Erkenntnis wurde in den letzten Jahren bzw. Jahrzehnten von HirnforscherInnen untersucht und bestätigt. Die Grundlage für die Bemächtigung des Individuums, etwas zu imitieren, was es zuvor beobachtet hat, liegt in den Spiegelneuronen. Rizzolatti, Caarada, Fogassi, Gentilucci, Luppino und Matelli (1988, S. 491 ff.) haben dazu Makaken und ihre Art und Weise, etwas zu ergreifen, zu halten oder es zum Mund zu führen, beobachtet und getestet. Dazu haben sie die Neuronen in drei Hauptgruppen mit jeweils unterschiedlichen Funktionen und Aufgaben eingeteilt. Die Untersuchungen haben ergeben, dass in etwa 50 % der aufgezeichneten Neuronen auf einen somatosensorischen Stimulus reagiert haben, während 20 % eine Empfindlichkeit gegenüber visuellen Reizen zeigten. Das liegt darin, dass visuelle Neuronen schwieriger zu steuern sind als entsprechende Nervenzellen im unteren Bereich der Area 6. Sie benötigen überdies einen motivationalen und sinngebundenen Stimulus und teilweise ist auch die Stärke des Reizes ausschlaggebend für ihre Reaktion. Bei distalen, körperfernen Neuronen gab es eine Verbindung zwischen dem motorischen Akt, der von den Neuronen kodiert wurde und dem Reizausmaß, das die Zellen effizient steuerte. Sie gehen deshalb davon aus, dass verschiedene Neuronenklassen ein Repertoire an motorischen Handlungen bilden und dass somatosensorische und visuelle Reize ein- und mitwirken (vgl. Rizzolatti, Camarda, Fogassi et al., 1988, S. 491 ff.).

Laut Birbaumer und Schmidt (2010, S. 289) sind Spiegelneurone ausschlaggebend für die Kodierung von Bewegungen und Handlungen. Dies geschieht auf der Basis von akustischen

oder visuellen Inputs oder Signalen. Auch bei Absichten oder Handlungen, die von einem Individuum selbst gedacht oder bei jemand anderem vermutet werden, kommt es zu einer Aktivierung und Feuerung der Spiegelneurone. Demnach werden abstrakte Informationen, etwa der Sinn von Bewegung kodiert. Spitzer<sup>9</sup> verwendet auch die Begriffe „Simulationsneuronen“ oder „Empathieuronen“.

### 5.3.2 Assoziatives Lernen

Lernen kann sich, wie bereits erwähnt, unter anderem in Verhaltensänderungen äußern, sie sind aber keine Voraussetzung dafür. Gelerntes kann internalisiert werden, ohne dass das Individuum während des Lernprozesses darüber reflektiert. Lernvorgänge können in eine assoziative und eine nichtassoziative Kategorie eingeteilt werden. Assoziatives Lernen erfolgt, wenn zwei Reize miteinander assoziiert und in Verbindung gebracht werden. Es kommt zu einem Input und daraus folgt eine Reaktion oder auch eine Erinnerung an ein damit verbundenes Erlebnis. Beide sind miteinander verknüpft und rufen ein bestimmtes Verhalten hervor (vgl. Unglaub Silverthorn, 2009, S. 317).

Infolge der Wahrnehmung eines Reizes wird eine Assoziation gebildet und das Gedächtnis nach Zusammenhängen mit bereits bekannten Inhalten befragt. Ein Beispiel für derartiges Assoziationslernen ist das klassische Konditionieren, wofür Ivan P. Pawlow<sup>10</sup> mit den Reiz-Reaktions-Testungen an Hunden bekannt ist, erklären Winkel et al. (2006, S. 89). Ein sogenannter „unkonditionierter Reiz“ ruft eine „unkonditionierte Reaktion“ hervor. In Pawlows Fall war es das Futter, das beim Hund einen erhöhten Speichelfluss provozierte. Er kombinierte diesen Reiz mit einem „neutralen Reiz“ (Winkel et al., 2006, S. 90), etwa dem Klingeln. Diese Kombination prägte sich der Hund ein, sodass er immer wusste, dass es Futter gab, wenn er das Klingeln wahrnahm. Durch das Training folgt auf einen vormals neutralen Reiz ein spezifisches Verhalten. Daraus wird eine konditionierte Reaktion, die immer dann einsetzt, wenn der Reiz wahrgenommen wird (vgl. Gluck et al., 2010, S. 250 f.). Auch gefühlsbedingte Reaktionen können konditioniert werden. J. B. Watson<sup>11</sup> hat als einer der ersten Forscher dieses Themenbereichs, der auch als amerikanischer Behaviorismus bezeichnet wird, Untersuchungen durchgeführt. Er konnte zeigen, dass Menschen, die unkonditionierten und neutralen Reizen ausgesetzt werden, Gefühlsreaktionen zeigen (vgl.

---

9 Der Neurologe und Gehirnforscher Manfred Spitzer präsentierte dieses Thema im bayrischen Rundfunk: <http://www.br.de/fernsehen/ard-alpha/sendungen/geist-und-gehirn/geist-und-gehirn-manfred-spitzer-gehirnforschung148.html> (letzter Zugriff am 5.5.2017).

<sup>10</sup> Für nähere Informationen über Pawlow und seine Forschungen kann der folgende Link herangezogen werden: <http://www.spektrum.de/lexikon/neurowissenschaft/pawlow/9619> (letzter Zugriff am 22.6.2017)

<sup>11</sup> John B. Watson (1878-1958) war mitunter Begründer des amerikanischen Behaviorismus und führte in Bezug auf Emotionen und Konditionierung beispielsweise ein Experiment mit einem Jungen und einer Ratte durch, die seine Theorie bestätigen sollte. Für eine Vertiefung in dieses Themengebiet soll auf sein Werk verwiesen werden: Watson, J. B. (1968). Behaviorismus. (Original aus 1930), Köln: Kiepenheuer & Witsch.

Winkel et al., 2006, S. 94 f.). Reize unterschiedlicher Art werden vom Individuum aufgenommen und mit einem zusätzlichen emotionalen Einfluss abgespeichert. Es handelt sich um ein trainiertes Verhalten, was im Grunde mit Routinen oder Wenn-Dann-Situationen verglichen werden könnte.

### **Operantes Konditionieren**

Operantes Konditionieren „bezieht sich auf den Einfluss von Verhaltenskonsequenzen und situativen Hinweisreizen auf Verhalten“ und bedeutet eine „Veränderung der Auftretenshäufigkeit von Verhalten in Abhängigkeit von verstärkenden oder bestrafenden Verhaltenskonsequenzen“, so Winkel et al. (2006, S. 105). Was als Belohnung oder Bestrafung angesehen wird, ist individuell und situationsbedingt unterschiedlich (vgl. Winkel et al., 2006, S. 106). Die Skinner-Box<sup>12</sup> ist ein bekanntes Beispiel für diese Art der Konditionierung. Ein im Käfig befindliches Tier entdeckt einen Hebel, durch den bei Berührung eines bestimmten Punktes Futter in den Käfig gelangt. Der Schluss dieses Experiments ist, dass eine Reaktion zu einer bestimmten Konsequenz führt, die einander bedingen. Dieses Schema wird internalisiert (vgl. Gluck et al., 2010, S. 302). Damit operantes Konditionieren Erfolg aufweist, haben Bower und Hilgard (1981, S. 76 ff.) fünf Punkte herausgearbeitet, die sich auf das Verhalten und im Zuge dessen auch auf das (Bewegungs-)Lernen positiv auswirken: Kontingenz, Kontiguität, Wiederholung, Reihenfolge und Folgerichtigkeit. Diese Aspekte wurden mit den Ansichten der Autoren Watson (1914) und Guthrie (1935) angereichert, die sich ebenfalls mit bewegungsabhängigen und –gesteuerten Stimuli beschäftigten, so Bower und Hilgard (1981, S. 93).

Bower und Hilgard (1981, S. 92 f., 1983, S. 140 ff.) haben eine Zusammenfassung der Folgerungen Guthries in Bezug auf das Lernen und auf die daraus entstehenden Probleme aufgestellt, welche sich um die nachfolgenden Begriffe stützt:

- „Kapazität“ - das Individuum ist fähig, zu differenzieren beispielsweise bei Bewegungen und zu diskriminieren, etwa bei propriozeptiven Signalen.
- „Übung“ - durch das wiederholte Ausgesetztsein einer Kombination von Stimuli können Reaktionen trainiert werden. Das ergibt einen erfolgreichen Outcome. Wiederholung ist unumgänglich und gehört zum Lernprozess dazu.
- „Motivation“ - Motivation bringt das Individuum zum Handeln. Belohnung für korrektes Verhalten oder Handeln hilft nicht dabei, die richtige Reaktion zu stärken, sondern verhindert eine Abschwächung der Fähigkeit oder Fertigkeit bzw. des Inhalts. Leichte

---

<sup>12</sup> Die Skinner-Box geht auf Burrhus F. Skinner (1904-1990) zurück, der sich mit der Beobachtung von Verhalten und Umwelt eingehend befasste. In seinem Werk „Erziehung als Verhaltensformung. Grundlagen einer Technologie des Lehrens“ aus dem Jahr 1971 bietet er eine Abhandlung über Konsequenzen im menschlichen Verhalten, die die Forschung bereicherte.

Bestrafung kann als anregend empfunden werden, bei stärkerer Bestrafung kann es zu einer Verhaltensänderung führen, wenn der auslösende Stimulus präsent ist. So kann auch die Aktivität des Organismus aufrechterhalten werden, bis das Individuum Belohnung erfährt. Bis dahin agiert es so, dass Bestrafung vermieden wird.

- „Verständnis“ - Verstehen basiert auf Einsicht und Antizipation. Daran orientieren sich auch die Reaktionen. Das Individuum nimmt sich frühere Erfahrungen zum Vorbild und versucht, Situationen und Handlungen zu assoziieren.
- „Übungsübertragung“ - Bestehendes Wissen kann auf weitere Bereiche übertragen werden. Wenn propriozeptive Stimuli sich ähneln, werden auch die Reaktionen konditioniert. Deshalb dienen neue Situationen als Reaktionsübung.
- „Vergessen“ - Das Gelernte ist so lange präsent, bis es von neuen Inhalten überlagert wird. Neue Antworten (responses) oder Reaktionen verdrängen die alten. Es ist ähnlich wie das Erinnern: es hängt von Gewohnheiten und Signalen ab, wenn sie nicht mit neuen Inhalten verknüpft oder präsent gehalten werden, verblassen sie.

(Bower & Hilgard, 1983, S. 140 ff.)

### **Lernen am Erfolg**

Eine weitere Unterkategorie des Assoziativen Lernens ist das Lernen am Erfolg. Es wurde von Edward L. Thorndike geprägt, der ein Lernmodell mit Gesetzen über das Lernen und das Vergessen aufstellte (vgl. Thorndike & Joncich, 1962, S. 78 ff). Zum einen gibt es das „Gesetz der Übung“, durch welches sich die Verknüpfungen zwischen Reiz und Reaktion intensivieren, wenn regelmäßig geübt wird. Zum anderen besagt das „Gesetz der Wirkung“, dass Verhaltensweisen, die vor einer zufriedenstellenden Situation gezeigt oder vollzogen werden, viel eher eine Wiederholung erfahren als bei nichtzufriedenstellenden Zuständen. Das „Gesetz der Bereitschaft“ bringt zum Ausdruck, dass Lernen nur dann stattfinden kann, wenn das Individuum bereit ist und den Willen zum Erwerb zeigt. Ein vollkommen wohlthuender Zustand, in dem keine Anforderungen an den Menschen gestellt werden, führt im Normalfall zu keiner Progression, so Winkel et al. (2006, S. 101, in Anlehnung an Thorndike & Joncich, 1962, S. 78 ff.).

### **5.3.3 Nicht-assoziatives Lernen**

Nicht-assoziatives Lernen rührt aus einer Verhaltensänderung nach wiederholter Aussetzung des Individuums zu einem einzelnen Reiz. Zu dieser Kategorie gehören die Termini ‚Gewöhnung‘ und ‚Sensibilisierung‘, die es dem Menschen ermöglichen, Inputs zu filtern und sie entweder zu ignorieren oder bewusster wahrzunehmen. Bereits bekannte und ausgewertete Informationen und Stimuli werden vom Gehirn als unwesentlich eingestuft, was die Gewöhnung charakterisiert und dadurch kann es seine Aufmerksamkeit auf neue oder wichtig erscheinende Stimuli richten. Kupferberg und Kandel (2011, S. 675) sprechen von

einer „Empfindlichkeitssteigerung“ gegenüber eines Reizes. Dies wird unter Sensibilisierung verstanden. Diese beiden Fähigkeiten unterstützten die Wahrnehmung und sind laut Unglaub Silverthorn (2009, S. 318) im Grunde für die Erhöhung der „Überlebenschancen“ gedacht. Ist man im Lernprozess einem unbekanntem Reiz ausgesetzt, kommt es zu einer gesteigerten Reaktion. Konzentration und Aufmerksamkeit sind auf diesen Stimulus fokussiert. Beide Verhaltensphänomene sind anpassungsfähig und sollen dabei helfen, schädliche Reize zu vermeiden (vgl. Unglaub Silverthorn, 2009, S. 318).

### **Habituation und Dishabituation**

Wenn man einem Reiz mehrere Male ausgesetzt war, ist dieser bekannt und wird im Gedächtnis gespeichert. Im Zuge dessen ist das Individuum befähigt, diesen Reiz nicht mehr zu beachten und darauf nicht zu reagieren (vgl. Gluck et al., 2010, S. 213). Habituation hat den Vorteil, dass das Individuum seine Energie und Aufmerksamkeit lenken und sich Situationen oder Reizen widmen oder sie ignorieren kann. Winkel et al. (2006, S. 71) betonen, dass Habituation keine „Abschwächung der allgemeinen Reaktionsfähigkeit, sondern eine spezifische Veränderung der Reaktionsbereitschaft auf den wiederholt dargebotenen Reiz“ sei. Insbesondere wird Habituation mit Reflexen in Verbindung gebracht. Als Beispiel dient die Orientierungsreaktion. Befindet sich der Mensch in einer neuen Umgebung oder Situation, muss er neue Reize identifizieren und richtig einschätzen. Während für unbekannte Stimuli die Sensibilität steigt, wird die Wahrnehmung bekannter Reize vermindert, so Winkel et al. (2006, S. 69 f.). Es handelt sich dabei aber nicht um eine Anpassung, betonen Birbaumer und Schmidt (2010, S. 504). Adaptation impliziert eine „Erhöhung der Reizschwelle eines Sinnesorgans bei kontinuierlicher Reizung“ während Habituation „die Verringerung der Intensität einer OR [Orientierungsreaktion] nach wiederholter, identischer Darbietung eines Reizes“ ist.

Dishabituation ist laut Gluck et al. (2010, S. 214) die Bestätigung dafür, dass Habituation nicht auf weitere Stimuli verallgemeinert wird. Hat sich das Individuum an einen bestimmten Reiz gewöhnt und wird ihm oder ihr dann etwas Neues gezeigt, so reagiert er oder sie, wenn ersten Stimulus präsentiert wird, stärker auf ihn als zuvor. Winkel et al. (2006, S. 72) ergänzen, dass diese stärkere Reaktion auf den bereits bekannten Stimulus nur von beschränkter Dauer ist, da sich die Reaktion bei wiederholter Darbietung wieder verringert (vgl. Winkel et al., 2006, S. 72).

### **Sensitivierung**

Sensitivierung ist im Gegensatz zu Habituation eine erhöhte Reaktionsbereitschaft bei wiederkehrenden Stimuli (vgl. Winkel et al., 2006, S. 15). Gluck et al. (2010, S. 215) verwenden den Begriff Sensibilisierung und erklären, dass es bei diesem Vorgang nach einem alarmierenden Stimulus zu einer erhöhten Reaktion auf einen Folgereiz kommt, wobei diese in einer anderen Situation weitaus abgeschwächer ausgefallen wäre. Sie bringen als Beispiel

die Opfer eines Wirbelsturms, die nach der Katastrophe um einiges stärker auf Warnungen reagierten als zuvor (vgl. Gluck et al., 2010, S. 215).

Der Effekt der Sensitivierung kann auch auf Basis der Neurophysiologie erklärt werden. Thompson und Glanzman (1976, S. 53 ff.) haben sich mit Rückenmarkproben beschäftigt und dabei zwei Neuronentypen differenziert, die bei der Reizverarbeitung mitwirken. An den direkt am Reflexbogen beteiligten Neuronen, beispielsweise die sensorischen Nervenzellen, Motoneurone und Interneurone, ließen sich Charakteristika der Habituation aufweisen. Somit werden sie als H-Neurone typisiert. Nervenzellen, die sich außerhalb des Reflexbogens befinden und den Grad der Aktivierung des Zentralnervensystems aufzeigen, werden als S-Neurone bezeichnet. Sie sorgen dafür, dass die Motoneurone zu einer erhöhten Reaktion im Stande sind, wenn im Organismus allgemein ein gesteigertes Aktivierungsniveau gegeben ist. Dies wird als „Dual-Process-Theory“ bezeichnet (vgl. Thompson & Glanzmann, 1976, S. 68, in Winkel et al., 2006, S. 79).

### **Generalisierung und Diskrimination**

Unter Generalisierung wird eine Übertragung von Wissen und Strategien verstanden, die aus früheren Prozessen bekannt sind und auf neue transferiert werden. Reize und mentale Repräsentation, die bereits im Gedächtnis vorhanden sind, werden mit unbekanntem Stimuli abgeglichen (vgl. Gluck et al., 2010, S. 344). Liegen Ähnlichkeiten vor, kommt es zur Generalisierung, sodass auch diese neu eingetroffenen Reize zu keiner Orientierungsreaktion führen, erklären Winkel et al. (2006, S. 73). Kann das Individuum Unterschiede bei ähnlichen Reizen feststellen, so wird dies als Diskrimination bezeichnet. Diese Fähigkeit verlangt im Anfangsstadium ein hohes Maß an Aufmerksamkeit und Achtsamkeit. Nach wiederkehrender Erfahrung werden die Unterschiede deutlicher. Sie können auf diese Weise im Gedächtnis abgelegt und abgerufen werden, so Gluck et al. (2010, S. 353).

Diese Theorien beschäftigen sich mit der Wahrnehmung, Kategorisierung und Abgleichung von Reizen, die das Individuum in verschiedenen Kontexten aufnehmen kann. Bekanntheitsgrad, Erfahrungswerte und die Aufmerksamkeit spielen eine wichtige Rolle.

### **5.3.4 Explizites Lernen und Implizites Lernen**

Die intensive Verarbeitung von Informationen bewirkt eine Leistungssteigerung im Bereich Merken und Behalten. Es handelt sich um den Erwerb von Wissen, das über verschiedene Sinneskanäle aufgenommen und verarbeitet, im Zuge dessen aber auf mehreren Ebenen wiedergegeben werden kann, so Winkel et al. (2006, S. 211). Dies kann auf bewusste und gesteuerte oder auch auf unbewusste Weise geschehen.

Explizites Wissen kann über mehrere Wege bewusst ausgedrückt und präsentiert werden. Die Aufnahme und Reproduktion ist vom Alter, dem kognitiven Zustand des Lerners bzw. der

Lernerin, sowie auch seinem Befinden abhängig (vgl. Winkel et al., 2006, S. 211). Bei der Unterscheidung von implizitem und explizitem Wissen bringt Spitzer (2006, S. 62) die beiden Begriffe „Wissen“ und „Können“ ins Spiel und gibt als Beispiel den Umgang mit der Muttersprache. Wer in seiner Muttersprache spricht, kann sich ohne Probleme fehlerfrei und verständlich ausdrücken, ohne dabei jede einzelne Grammatikregel zu beherrschen. Er beherrscht sie, ist sich aber einiger Dinge nicht bewusst, was ein Beleg für implizites Wissen ist. Jemand, der über eine Sprache bewusst nachdenkt und die Regeln betrachtet, weiß über die Grammatik Bescheid und kann sie erklären. Dies wird als explizit kategorisiert (vgl. Spitzer, 2006, S. 62).

Implizites Lernen erfolgt „ohne die Beteiligung des Bewusstseins“, so Winkel et al. (2006, S. 209). Derartige Lernprozesse finden demnach nebenbei bzw. ohne spezielle Absicht statt. Wie häufig Wiederholungen getätigt werden, ist ausschlaggebend für die Speicherung von Inputs. Die erworbenen Kenntnisse werden über lange Zeit im Gedächtnis abgelegt. Ein komplettes Vergessen dieses Wissens ist kaum möglich. Das implizite Lernen ist mit den Sinnen und der sensorischen Wahrnehmung eng verbunden. Je nachdem welche Sinne bei der Informationsaufnahme beteiligt waren, können die Inhalte am einfachsten über diese Modalität wiedergegeben werden. Eine erfolgreiche Verarbeitung ist messbar. Gerade das implizite Lernen ist nicht an das Alter des Individuums, die zusätzlichen Anforderungen von außen, die Aufmerksamkeit oder die kognitiven Voraussetzungen gebunden, ergänzen Winkel et al. (2006, S. 211).

In einem Training oder einer Lernsequenz wird gezielt geübt und auf ein Ergebnis hingearbeitet. Trotzdem kann der Lerner bzw. die Lernerin oft nicht erklären, wie der Prozess abläuft, da er oder sie nicht bewusst allen Teilschritten folgen kann. Der Inhalt oder die Handlung wird beherrscht, kann aber nicht erklärt werden (vgl. Winkel et al., 2006, S. 210). Kiesel und Koch (2012, S. 83 f.) sprechen ebenso vom unbewussten Lernen, führen aber dann weiter aus, dass das Ziel des impliziten Lernens eine Verbalisierung und somit eine Bewusstmachung erlernten Wissens ist. Wird dieses vorerst unbewusste Wissen bewusst und greifbar gemacht, ergeben sich neue Möglichkeiten, wie diese Kenntnisse verknüpft und auf andere Bereiche angewendet werden können.

Der Wissensstand ist dem Lerner bzw. der Lernerin weitgehend unbekannt, somit kann der Fortschritt des Wissens schwer beurteilt werden. Eine der Überprüfungsmöglichkeiten ist die Beobachtung, ob der Lerner bzw. die Lernerin mit Lerninhalten effizienter umgeht als zuvor oder ob er oder sie auch unter schwierigen Umständen mit der Aufgabe zurechtkommt. Der implizite Wissensstand hat auch Auswirkungen auf das Verhalten, beispielsweise bei Entscheidungen, wenn der Lerner bzw. die Lernerin die Wahl zwischen mehreren Aufgaben hat. Was eine Bewusstmachung ermöglicht, ist das Gedächtnis. Es kann zu Phasen des

„bewussten Nachdenkens“ zu einer Rekonstruktion explizit abgespeicherter Inhalte kommen, in denen implizites Wissen bewusstgemacht werden kann, so Winkel et al. (2006, S. 212).

Spitzer (2006, S. 176) erklärt diese impliziten Vorgänge mit der Tatsache, dass das Gehirn bereits im Voraus kalkuliert, was auf den Menschen zukommt und sich mitsamt den am Prozess teilhabenden Strukturen darauf vorbereitet. Das Geschehen ereignet sich, das Gehirn und der Körper reagieren und die Situation ist vorbei, ohne dass dabei etwas gespeichert oder explizit verarbeitet werden musste. Das notwendige implizite Wissen und Können war vorhanden und hat die Aufgabe gemeistert. Für das Gehirn war das von keiner großer Bedeutung und es erfolgt keine weitere Abspeicherung (vgl. Spitzer, 2006, S. 176).

### **Prozedurales Lernen**

Neben dem impliziten Lernen gibt es noch weitere Kategorien des Lernens. Einerseits das prozedurale Lernen, welches das Erwerben von Kompetenzen und Fertigkeiten umfasst. Das latente Wissen kann bewusst sein und verbalisiert werden. Beim Erwerb ist dieses Wissen noch nicht verstärkt worden. Ein Beispiel für das latente Lernen ist das Zurechtfinden in einem Labyrinth. Sobald eine Verstärkung stattgefunden hat, nimmt dieses Wissen Einfluss auf das Verhalten (vgl. Winkel et al., 2006, S. 210).

### **Inzidentelles und intentionales Lernen**

Inzidentelles Lernen ereignet sich dann, wenn beiläufig Inhalte wahrgenommen und verarbeitet werden, etwa durch das schnelle Betrachten eines Gegenstandes oder das Überfliegen der Zeitung (vgl. Winkel et al., 2006, S. 210). Gelernt wird nicht nur der Inhalt, sondern mit ihm prägt sich der Lerner bzw. die Lernerin auch den Kontext ein, so Birbaumer und Schmidt (2010, S. 629). Im Gegenteil dazu ist das intentionale Lernen geprägt von Struktur und Planung der Lerninhalte (vgl. Winkel et al., 2006, S. 210).

## **5.3.5 Erfahrungslernen**

Greenough (1984, S. 229 ff.) hat sich über „erfahrungserwartende und erfahrungsabhängige Prozesse“ Gedanken gemacht. Bei ersterem ist das neuronale System bereit für Inputs und deren Verarbeitung. In bestimmten Lernprozessen erwartet das Individuum gewisse Erfahrungen zu machen, beispielsweise die Exponiertheit der Muttersprache und deren Aneignung. Diese richten sich oftmals nach dem Alter bzw. einer Phase. Handelt es sich aber um Lernprozesse, die an Erfahrungen gebunden und von denen sie abhängig sind, sogenannte „erfahrungsabhängige Prozesse“ (Winkel et al., 2006, S. 53), so sind Lern- und Erfahrungsprozesse nicht nur in den sensiblen Phasen und in begrenzten Zeitfenstern möglich, sondern ereignen sich unabhängig vom Alter. Im Zuge der erfahrungsabhängigen Vorgänge kommt es zu Verknüpfungen zwischen Synapsen und Neuronen oder anderen



strukturbasierten Modifikationen, die sich am derzeitigen Geschehen und den aktuellen Bedürfnissen orientieren. Diese Erfahrungen und die dadurch entstehenden Lernprozesse halten die Plastizität des neuronalen Systems lebenslang aufrecht (vgl. ebd., S. 53).

Anderson (2013, S. 208 f.) ergänzt, dass ein Individuum mit viel Erfahrung in einem Wissens- oder Könnensgebiet die Kompetenz entwickelt, Informationen mit Bezug auf die Problemstellungen im Langzeitgedächtnis abzulegen und abrufen zu können. Damit dieses Niveau an Wissen und Können bzw. die Expertise erreicht wird, ist zielgerichtetes Üben erforderlich (vgl. Anderson, 2013, S. 208 f.)

### **5.3.6 Taktisches Lernen und strategisches Lernen**

Unter Taktik versteht Anderson (2013, S. 201) „eine Methode, durch die man ein bestimmtes Ziel erreicht“. Somit kann taktisches Lernen als ein Prozess verstanden werden, in dem das Individuum durch die wiederholte Konfrontation mit Aufgaben verschiedene Reaktionen und Handlungssequenzen erlernt, mit denen es die Problemstellung oder Teile davon lösen kann. Taktisches Lernen zentriert die Aufmerksamkeit auf einzelne Kompetenzen und deren Erwerb im Lernprozess (vgl. Anderson, 2013, S. 201 f.). Strategisches Lernen richtet den Fokus auf die Organisation der Problemlösung und auf die Kombination von Teilkompetenzen. Es kann als Strukturierung des Problemlöseprozesses angesehen werden. Damit können einzelne Fertigkeiten zu einem Gefüge zusammengeschlossen werden, erklärt Anderson (2013, S. 202 f.).

In all diesen Lernkategorien ist das Gehirn und die Kognition mehr oder weniger gefordert. Jeder Gegenstand, jede Situation, jedes Thema beansprucht verschiedene Gehirnregionen und veranlasst die Weiterentwicklung, die Verknüpfung oder die Überlagerung von Wissen und Können. Gegenstand des kognitiven oder gehirnbasierten Lernens ist die optimale Ausnützung der zerebralen Kapazität, damit sowohl Neues als auch Bestehendes besser verankert wird und für die Nutzung bereitsteht, erklärt Arnold (2009, S. 182). Im Folgenden soll spezifisch auf das gehirngerechte Lernen im Bereich Bewegung und Sport eingegangen werden.

## **5.4 Kognitives oder „brain-based“ learning**

Theorien, wie das Lernen vor sich geht, gibt es zur Genüge. Oftmals werden bei den daraus entstehenden Lernmodellen aber nur Effekte auf bestimmte Eigenschaften und Besonderheiten dargelegt. Die Merkmale von Handlungen und Bewegungen sind relevant für das Lernen, können aber den sich ergebenden Lernvorgang nicht erklären (vgl. Scherer & Bietz, 2015, S. 62). Das Zentralnervensystem spielt jedenfalls eine maßgebliche Rolle, denn es ist der Hauptakteur bei der Aufnahme, Verarbeitung, Abspeicherung, dem Abruf und der

situationsadäquaten Umsetzung bzw. Anwendung von gelernten und internalisierten Inhalten, so Winkel et al. (2006, S. 41).

#### **5.4.1 Blooming und Pruning**

Das Nervensystem ist in alle Lernprozesse involviert, es wird auf den Kompetenz- und Wissenserwerb sowie die daraus resultierenden Erfahrungen vorbereitet. In einem bestimmten Zeitraum erhöht sich das Wachstum der Synapsen immens, was als „Blooming“ oder „Sprossung“ bezeichnet wird. Es handelt sich um eine sensible Phase, in der das Individuum Neues erkennt und erfährt. Voraussetzung für Lernprozesse sind sensorische Reize in Verbindung mit dem Motivations- und Aufmerksamkeitszustand, welche eine gesteigerte Ausschüttung von Adrenalin in den Gehirnarealen bedingen, sowie die  $\beta$ -adrenergen Rezeptoren aktivieren (vgl. Birbaumer & Schmidt, 2010, S. 599)

Birbaumer und Schmidt (2010, S. 598) erklären, dass der Zelltod bei der Entwicklung des Embryos und der Neuronen wichtig für das Gehirn und seine Verknüpfungen ist. Abhängig von der Gehirnregion kommt es kurz nach der Geburt zu einem Zellsterben im Ausmaß von 20-80 %. Dadurch entsteht die Bestimmung der Arten und des Ausmaßes von Neuronenverknüpfungen in den unterschiedlichen Gehirnarealen. In den ersten beiden Lebensjahren gehen um die 100.000 synaptische Verbindungen pro Sekunde zugrunde. Potentielle Synapsen werden gebildet und sterben ab, so sie nicht genutzt werden. Es findet demnach eine Selektion statt: Für das Individuum wichtige Informationen und Erinnerungen bleiben erhalten, nicht genutzte oder weiterverarbeitete Informationen gehen verloren. Dieser Prozess wird „Pruning“ genannt, was als „Stutzung“ übersetzt werden kann (Birbaumer & Schmidt, 2010, S. 598).

#### **5.4.2 Priming**

Die überblicksartige Einführung bzw. Heranführung der Lernenden an das zu behandelnde Thema bewirkt den Vorgang des Primings, eine unwillkürliche Verarbeitung, welche die Wiedererkennung von wahrgenommenen Inhalten fördert. Des Weiteren ordnet und strukturiert das Gedächtnis die gewonnenen ersten Eindrücke, die auch als „Hinweisreize“ (Brand & Markowitsch, 2009, S. 81) gebraucht werden. Auch die selbstständige Strukturierung der Lerninhalte und die Klassifikation der Informationen nach ihrer Wichtigkeit sollen die Leistungen der Wiedererkennung, des Behaltens und des Verknüpfens fördern (vgl. Brand & Markowitsch, 2009, S. 81 f.)

#### **5.4.3 Die Rolle des Hippocampus**

Informationsaufnahme ist noch lange kein Garant dafür, dass diese gespeichert und abrufbar gemacht wird. Es muss interessant sein, möglicherweise ein Problem, das gelöst werden soll und etwas Unerwartetes in sich trägt. Der Lerner bzw. die Lernerin sollte sich während dieses

Aufnahmeprozesses positiv auf das Thema einstellen und ihre Haltung mit dem Thema in Verbindung bringen, damit es sich zu einer weiter verarbeitbaren, speicherbaren Information entwickelt (vgl. Herrmann, 2009, S. 160). Alles, was in irgendeiner Weise als besonders erscheint, wird vom Hippocampus mitbearbeitet. Spitzer (2006, S. 160) gibt ihm den Namen „Neuigkeitsdetektor“, da er besonders auf die unbekanntenen Inputs reagiert, diese als solche deklariert und versucht, das Neue in dafür verantwortliche Strukturen des Gehirns einzuordnen. Wenn der Hippocampus einen Inhalt speichern möchte, kommt es zu einer zerebralen Aktivität. Es wird eine „neuronale Repräsentation“ gebildet, die eine Integration der neuen Wissensinhalte in den Bestand erleichtert (Spitzer, 2006, S. 34).

Informationen, die vom Hippocampus wahrgenommen und verarbeitet wurden, benötigen für eine langfristige Speicherung die Bearbeitung von kortikalen Strukturen, so Spitzer, (2006, S. 123 f.). Anderson (2013, S. 93) spricht davon, dass Informationen aus bestimmten Erfahrungen mit der Zeit verloren gehen, jedoch werden die Informationen je nach Bedeutungsgrad für das Individuum selektiert. Für den Menschen wichtige Informationen bleiben erhalten, Nebensächliches verblasst. In präfrontalen Bereichen werden visuelle Eindrücke, Ereignisse und verbale Inhalte gespeichert, in posterioren Arealen liegen die Konzepte, die Repräsentationen hervorrufen (vgl. Anderson, 2013, S. 93).

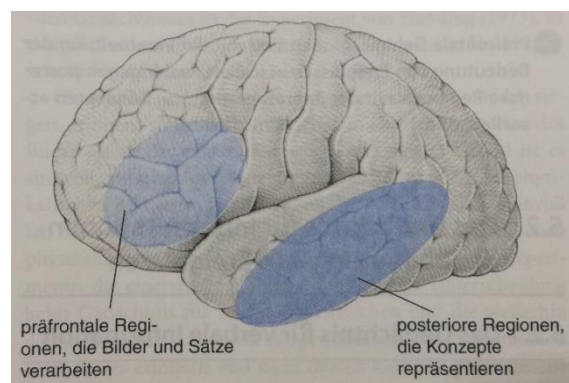


Abb. 15: Areale für die Speicherung von Informationen, Bedeutungen und Repräsentationen (Anderson, 2013, S. 93)

Die linke Gehirnhälfte weist beim Lernen verbaler Inhalte höhere Aktivität auf. Werden Bilder oder visuelle Inhalte aufgenommen, so beobachtet Gabrieli (2001, S. 256 ff.) fallweise eine aktive rechte Hemisphäre oder auch eine gemeinsame Teilhabe beider Hemisphären. Tendenziell gibt er zu bedenken, dass die linke Gehirnhälfte auf bildhafte Inhalte verbunden mit sprachbezogenem Wissen spezialisiert ist. Das Wahrgenommene wird benannt und in Folge dessen gedanklich weiterverarbeitet (vgl. Gabrieli, 2001, S. 256 ff.).

#### **5.4.4 Die Beteiligung verschiedener Gehirnareale**

Je nach dem, was gelernt wird – Faktenwissen oder neue Bewegungen – werden unterschiedliche Gehirnregionen aktiv. Vor allem bei der Wissensvermittlung semantischer bzw. bedeutungsbezogener Inhalte, die auf das episodische Gedächtnis abzielen, ist es wichtig, das Gedächtnis weniger zu beanspruchen und dafür auf strategische und gezielte Art die Leistungen im Lernen und Merken aufzubauen und zu fördern. Dafür sind eine aufmerksame und konzentrierte Geisteshaltung, sowie Problemlösungsstrategien vonnöten, so Brand und Markowitsch (2009, S. 81). Winkel et al. (2006, S. 41 f.) betonen, dass je nach Lernform andere Gehirnbereiche aktiviert werden. Explizites Lernen, bei dem Faktenwissen über Menschen, Welt und Objekte angehäuft wird, findet unter Beteiligung des mittig gelegenen Bereichs im Temporallappen statt. Kommt es zu impliziten Lernprozessen, wie etwa die Ausweitung der Fähigkeiten im sensorischen und motorischen Bereich, werden die jeweiligen Systeme der Sensorik und Motorik, darunter das Cerebellum, angesprochen (vgl. Birbaumer & Schmidt, 2010, S. 620 f.)

Da diese Arbeit über zwei Wege, nämlich einerseits dem Gehirn, andererseits der Motorik zum Ziel eines gehirngerechten Sportunterrichts gelangt, erfolgt hier ein Schwenk zu einem Abschnitt, der sich dem Körper und seiner motorischen bzw. sportlichen Kompetenzen annimmt und neue Aspekte in die Arbeit einbringt, die später für die Synthese der beiden Pole wichtig sind.

## 6 Motorik und Bewegung

Das Zusammenspiel von Gehirn, Nervensystem und Bewegung ist für das Thema dieser Arbeit essentiell. LernerInnen wie auch SportlerInnen können durch das Wissen über diese Komponenten bewusster die körperlichen und geistigen Funktionen wahrnehmen und sie in ihren Lernprozess integrieren. Über das motorische System mitsamt seinen beteiligten Strukturen soll im Folgenden ein Überblick gegeben werden.

### 6.1 Begriffserklärung

Meinel und Schnabel (2007, S. 16) weisen darauf hin, dass der fundamentale Sinn der Motorik auf die Menschheitsentwicklung in die Bereiche der Psyche, des Geistes, der Kultur, der Ästhetik und der Moral einwirkt. Für Ghez und Gordon (2011, S. 500) ist „Die Aufgabe der motorischen Systeme bei der Kontrolle der Bewegung (movement, locomotion) [...] die Umkehrung der Aufgabe, die die Sinnessysteme bei der Wahrnehmung erfüllen.“ Das bedeutet, dass ein inneres Bild der Umgebung bzw. der „Außenwelt oder des körperlichen Zustandes“ entsteht, wenn sensorische Inhalte wahrgenommen und dann verarbeitet werden. Bei der Verarbeitung motorischer Inputs hat das Individuum zuerst eine mentale Repräsentation, also ein Bild des angestrebten Bewegungsergebnisses, erklären Ghez und Gordon (2011, S. 500).

### 6.2 Bewegung. Physiologisch erklärt.

Die Erregbarkeit des Körpers ermöglicht das Empfangen von Reizen und eine darauffolgende Reaktion. Ebenso grundlegend für die Erregbarkeit ist das Ruhemembranpotenzial. Es verändert biologische Impulse so, dass sie vom Körper erkannt, weitergeleitet und verarbeitet werden können. Damit die Körperzellen auf Signale reagieren können, muss das Ruhemembranpotential erst diese Aufgaben erfüllen (vgl. Laube, 2011, S. 129 ff.). Weitere damit in Zusammenhang stehende Termini sind das „Aktionspotenzial“, welches als „Körpereigene elektrische Sprache“ bezeichnet wird, die „Erregungsleitung“, die diese elektrischen Signale transportiert und die „Erregungsübertragung“, welche die Reize von einer Zelle zur nächsten überträgt und so den Grundstein der

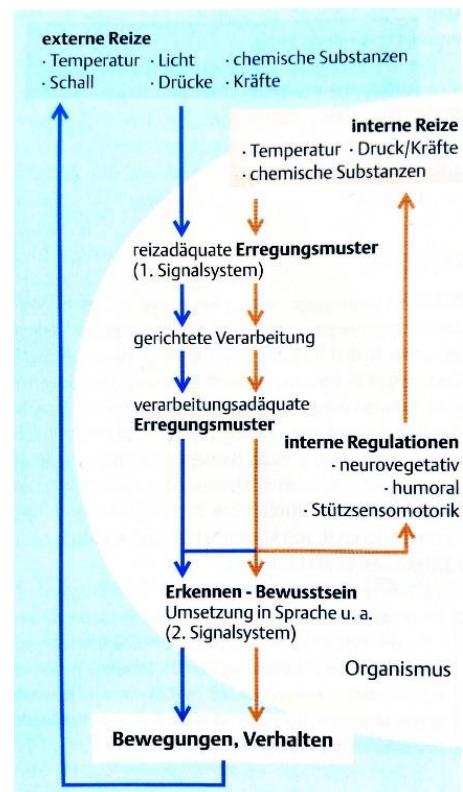


Abb. 16: Reize, Erregungsmuster, Reaktionen des Körpers (Laube, 2011, S. 129)

Verarbeitung von Informationen darstellt (Laube, 2011, S. 129 ff.).

Der Körper reagiert auf die Stimuli aus seiner Umgebung und auch aus seinem Inneren. Die Erregbarkeit und das Ruhemembranpotential ermöglichen eine Wahrnehmung und eine Verarbeitung der eingehenden Inputs. Für die Aufnahme der Signale und Informationen aus der Umwelt benötigt der Mensch die Sinnesorgane. Das sensorische und das neurale System befähigen den Menschen dazu, wahrzunehmen, sich zu orientieren, mit Bewusstsein zu erkennen und zu handeln (vgl. Laube, 2011, S. 129). Birbaumer und Schmidt (2010, S. 299) fügen hinzu, dass Inputs aus der Umgebung ausschließlich dann Sinnesreize genannt werden dürfen, wenn sie in Verbindung mit dem adäquaten Sinnesorgan treten. Die Erregungsmuster der verschiedenen Sinnesorgane, welche im Zentralnervensystem aufgenommen und weiterverarbeitet wurden, können nur durch die Herstellung des Bewusstseins im Zentralnervensystem vom Menschen aufgefasst und verstanden werden.

Die Grafik soll die Wahrnehmung, Verarbeitung und Weiterbehandlung der eintreffenden Reize verdeutlichen. Neuronale Rezeptoren helfen dabei, sie dem Körper verständlich zu machen, damit dieser ein treffendes Erregungsmuster realisieren kann. Die Wirkung verdankt das Erregungsmuster der humoralen und der neurovegetativen Ordnung im menschlichen Organismus. Die Reaktionen der menschlichen Sensorik stellen wiederum neue Stimuli und Wirkungen dar. Das Individuum bringt dies durch Handlungen zum Ausdruck und somit schließt sich dieser Kreislauf, so Laube (2011, S. 129).

### **6.2.1 Das sensomotorische System**

Das sensomotorische System, so Laube (2011, S. 145), weist folgende Komponenten und deren Zuständigkeiten auf:

- "Rezeptoren: Übersetzung der externen und internen Reize,
- Afferente Bahnsysteme: Transport der transformierten Informationen zu den neuronalen Netzwerken (aufsteigende Bahnsysteme)
- Spinale und supraspinale neuronale Netzwerke: Verarbeitung der Informationen zu einer gerichteten Antwort,
- Efferente Bahnsysteme: Transport der erarbeiteten Antwort der neuronalen Netzwerke als Impulsmuster zu den Effektoren,
- Effektoren: Beantwortung mit der spezifischen Muskelfunktion"

Das sensomotorische System stellt "die aktive Komponente des Stütz- und Bewegungssystems" (Laube, 201, S. 144) dar und vereint zwei Arten der Motorik, die für jegliche Bewegungshandlung als Voraussetzung gelten:

### **Zielsensomotorik**

- „Sie erkennt auf dynamische Art die Körperhaltung, die Gelenkstellung und den Funktionsbereich der Muskeln, Bänder, Sehnen und Kapseln.
- Sie passt ihre Handlung der Situation an.
- Sie antizipiert das Ergebnis durch die Kontrolle und Korrektur ihrer Bewegungshandlungen.
- Durch die Rückkoppelung und Regulierung kann die Bewegung programmiert und präzisiert werden.“

### **Stützensensomotorik**

- „Sie stabilisiert die Haltung der Gelenkspartner und sichert das Gleichgewicht durch spinale und supraspinale Strukturen der Sensomotorik.
- Sicherheit und Qualität in der Bewegung sollen die Produkte der Stützensensomotorik sein.“

Um Bewegungen wahrzunehmen und dann im nächsten Schritt präzise und zielführend reagieren zu können, müssen die Sensoren zum Einsatz kommen. Mechanosensoren sind in der Haut wie auch in tieferen Schichten, etwa den Muskeln, Gelenken, Faszien und Sehnen, zu finden und dienen als Messstellen der Intensität, der Geschwindigkeit und der Beschleunigung. Nozizeptoren sind "freie Nervenendigungen" (Laube, 2011, S. 149), die Schmerz oder starke Reize erkennen lassen, Gleichgewichtssensoren geben Auskünfte in Bezug auf vestibuläre Zustände und Photosensoren nehmen visuelle Reize wahr (vgl. Laube, 2011, S. 149).

### **6.2.2 Die Bedeutung von Rückenmark, Hirnstamm und Kortex**

Drei strukturelle Ebenen sind beim sensomotorischen System beteiligt: das Rückenmark, der Hirnstamm und der Kortex. Vom Rückenmark gehen eigeninitiierte, aber auch unbewusste Bewegungen aus. Der Hirnstamm arbeitet mit dem Rückenmark zusammen und reguliert so die Körperhaltung und die Stellungen. Es erfolgt ebenfalls eine Kommunikation mit dem Stoffwechsel, dem Herz-Kreislaufsystem und der Atmung. Alles, was im Kortex passiert, muss mit dem Rückenmark und dem Hirnstamm verbunden sein, ansonsten ist der Mensch in seiner Bewegungsfunktion unfähig. Im Gegensatz zum Rückenmark erfolgt im Kortex eine wahrnehmungs- und bewusstseinsbasierte Verarbeitung und Umsetzung von Inputs. Es kommt zu einer Entscheidungsfindung der von Rückenmark und Hirnstamm eintreffenden Inputs und deren Nutzung (vgl. Laube, 2011, S. 158).

Die drei Ebenen werden auch von Unglaub Silverthorn (2009, S. 311) als maßgeblich für Bewegungen empfunden. Sie gibt zu bedenken, dass für die Informationen über Bewegungen der Skelettmuskulatur mehrere Regionen des Zentralnervensystems zuständig sind. Einfache Reiz-Reaktions-Schemata, wie sie etwa bei Reflexen vorkommen, werden im Hirnstamm oder im Rückenmark verarbeitet. Auch wenn hierbei keine Integration in den zerebralen Kortex

vonnöten ist, können diese Reflexe verändert werden und Input vonseiten des kognitiven Systems erhalten (vgl. Unglaub Silverthorn, 2009, S. 311). Präzise, zielgerichtete Bewegungshandlungen benötigen sehr wohl „die motorische Kontrolle durch supraspinale Zentren“, ergänzen Birbaumer und Schmidt (2010, S. 267). Sie führen weiter aus, dass „die in den subkortikalen Motivationsarealen und im assoziativen Kortex entstehenden Handlungsantriebe und Bewegungsentwürfe anschließend in Bewegungsprogramme umgesetzt“ werden (Birbaumer & Schmidt, 2010, S. 267). Dementsprechend kommt jeder Ebene eine entsprechende Aufgabe bei der Bewegungsplanung und -ausführung zu, die im Zusammenwirken aller drei die Zielbewegung oder zumindest Ansätze ergeben sollte.

## **6.3 Muskuläre Grundlagen**

Die Skelettmuskulatur ist hauptsächlich verantwortlich für die Bewegung des Körpers. Sie bedient sich verschiedener Kontraktionsformen, um Kräfte zu erzeugen und so den Grundstein für Bewegungen zu setzen oder aber auch in einer bestimmten Position zu verharren und Widerstand zu leisten (vgl. Unglaub Silverthorn, 2009, S. 417).

### **6.3.1 Neurologische Komponenten der Skelettmuskulatur**

Der Anteil der Skelettmuskulatur beim Menschen beträgt in etwa 40-50 % des Körpergewichtes, was sie zum größten Körperorgan macht. Als Effektororgan hat sie die Aufgabe, neben der Ermöglichung lebenserhaltender Bewegungen wie das Schlucken oder auch die Atmung, eine Verbindung und Aktionen mit den externen Gegebenheiten aufrecht zu erhalten, so Birbaumer und Schmidt (2010, S. 256). Der Skelettmuskel besteht laut Unglaub Silverthorn (2009, S. 439) aus folgenden Komponenten:

- Sensorische Rezeptoren, auch Propriozeptoren genannt, befinden sich in der Skelettmuskulatur, in Gelenkscapseln und Bändern. Sie geben Auskunft über die Gelenksstellung, die Position der Gliedmaßen, die Bewegungen und die körperliche Arbeit beim Heben und Bewegen von Objekten.
- Sensorische Neuronen transportieren das Signal der Propriozeptoren zum Nervensystem.
- Das Zentralnervensystem schließt die eingehenden Signale, welche Netzwerke und Bahnen der erregenden und hemmenden Interneuronen nützen, ein. Sensorische Informationen werden oft unbewusst aufgenommen und weiter verarbeitet. Sie können in den Kortex eingegliedert und infolgedessen wahrgenommen werden. Manche Reflexe können durch bewusste Zuführung von Inhalten verändert werden.



- Somatische Motoneuronen transportieren das ausgehende Signal. Jene somatischen Motoneuronen, die die kontraktilen Fasern der Skelettmuskulatur innervieren, werden auch als Alpha-Motoneuronen bezeichnet.
- Die Effektoren sind kontraktile Skelettmuskelfasern, die auch unter dem Namen „extrafusale Muskelfasern“ bekannt sind. Kommt es in den Alpha-Motoneuronen zu Aktionspotentialen, wird eine Kontraktion in diesen extrafusalen Muskelfasern hervorgerufen.  
(vgl. Unglaub Silverthorn, 2009, S. 439).

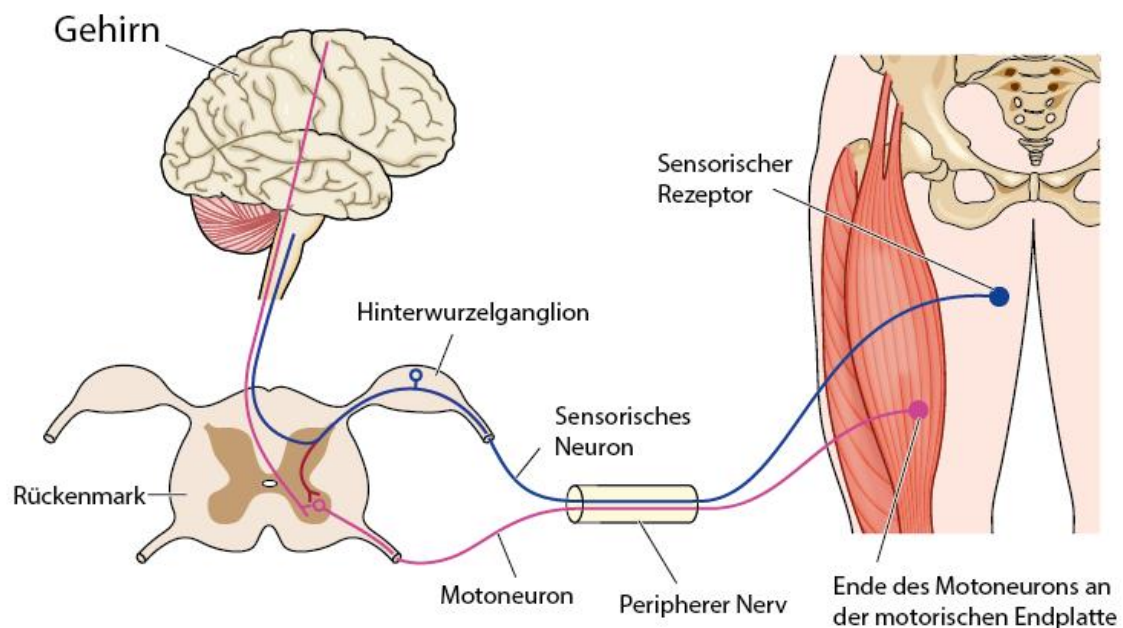


Abb. 17: Der Weg eines Reizes vom Gehirn zum Muskel (<https://www.study-hamnat.de/backend/ueben/aufgabe/id/869/uid/28>) (letzter Zugriff am 13.6.2017)

Diese Komponenten erfüllen, wie oben schon erwähnt, wichtige motorische Aufgaben. Im Sport wie auch im Alltag arbeiten die Muskeln auf unterschiedliche Art. Ebenso gibt es verschiedene Kontraktionsarten, welche die Muskelarbeit mitbestimmen.

### 6.3.2 Muskularbeit

Zu unterscheiden sind schnell und langsam zuckende Muskelfasern. Erstere müssen die muskelinternen Querbrücken schneller bewegen, um die Geschwindigkeit zu erhöhen. Der Energieaufwand ist höher. Die Muskulatur rund um die Augen zählt zu den schnellzuckenden Muskelfasern. Zweitere enthalten um einiges mehr Myoglobin als die schnellzuckenden Muskelfasern und demnach kann allein nach der Farbe eine Unterscheidung zwischen langsam und schnellzuckend getroffen werden. Ein Beispiel ist die Rückenmuskulatur (vgl. Birbaumer & Schmidt, 2010, S. 261).

Die Kontraktionskraft eines Muskels lässt sich einerseits dank der Erregungsfrequenz, ausgehend von der einzelnen Zuckung bis zum Tetanus, einer anhaltenden Kontraktion, und andererseits aufgrund der Menge der "aktivierten motorischen Einheiten" einteilen. Letztere bedingen auch die Kontraktionsgeschwindigkeit und deren Änderung, so Birbaumer und Schmidt (2011, S. 263).

Die isotonische Kontraktion erzeugt Kraft, mit welcher der Mensch Widerständen entgegengewirkt und diese überwinden kann. Konzentrisch bedeutet, dass sich der Muskel verkürzt, exzentrisch ist das Gegenteil, eine Verlängerung des Muskels. Eine isometrische Kontraktion liegt dann vor, wenn der Muskel seine Länge beibehält, während er Arbeit verrichtet. Er hält das Gewicht mit der Kraft, die der Muskel erzeugt (vgl. Unglaub Silverthorn, 2009, S. 417).

Dank der elastischen Fasern in den Muskelsehnen, des verbindenden Gewebes zwischen Muskel und Knochen und auch zwischen den elastischen Anteilen kann der Muskel auf effiziente Weise arbeiten. In den Muskelfasern treten elastische zytoskeletale<sup>13</sup> Proteine zwischen den Myofibrillen und als Teil des Sarkomers auf, die sich bei Bewegungen aufeinander abstimmen und in Serien geschaltet sind. Dafür erhalten sie die Bezeichnung der serienelastischen Elemente. Wenn sich das Sarkomer während einer isometrischen Kontraktion verkürzt, strecken sich gleichzeitig die elastischen Komponenten. Diese Dehnung erlaubt es der Faser, eine relativ konstante Länge zu bewahren, während Kraft erzeugt wird. Sobald die elastischen Elemente gestreckt sind und die Kraft vom Sarkomer erzeugt wurde, um der Last oder Belastung entgegenzuwirken, verkürzt sich der Muskel und die Kontraktion wird isotonisch, da es zu einer Überwindung der Last durch die Muskelkraft kommt, erläutert Unglaub Silverthorn (2009, S. 417).

## 6.4 Klassifizierung von Bewegung

En gros gibt es drei Kategorien der Bewegung: die Reflexbewegung, die willkürliche oder freiwillige Bewegung und die rhythmische Bewegung, so Unglaub Silverthorn (2009, S. 446). Miteinander verbundene Neuronenverbände sind für die Ausführung wichtiger zerebraler Funktionen, wie beispielsweise das Verarbeiten von Informationen sensorischer Natur, das Kodieren emotionaler und motorischer Reaktionen, sowie die Lern- und Gedächtnisleistungen notwendig (vgl. Kandel, 2011, S. 29). Reflexe sind Teil dieser Reaktionen, haben einen großen Einfluss sowohl auf sportliche als auch auf alltägliche Handlungen und Anforderungen und finden deshalb ihren Platz in diesem Kapitel.

---

<sup>13</sup> Als Zytoskelett wird das "gerüstartige Maschenwerk" verstanden, welches die Neurone durch Mikrotubuli verbindet und durchzieht (Birbaumer & Schmidt, 2010, S. 28).

### **6.4.1 Reflexe**

„Ein Reflex ist eine unwillkürliche, stereotyp (immer gleich oder fast gleich) ablaufende Reaktion auf einen spezifischen Reiz“, so Birbaumer und Schmidt (2010, S. 265). Reflexe bewirken Bewegungen oder Handlungen und sind auf Strukturen des Zentralnervensystems angewiesen. Es können zwei Kategorien unterschieden werden. Bei der reflexgesteuerten Bewegung bewirken externe Reize Reaktionen, welche entweder angeboren sind oder erlernt wurden. Gibt es keine Reize aus der Umwelt und ist ausschließlich das Zentralnervensystem für den Impuls verantwortlich, wie etwa bei der Atmung, so wird dies als programmgesteuerte Bewegung bezeichnet (vgl. Birbaumer & Schmidt, 2010, S. 265). Wie diese Reflexe zustande kommen, weiterverarbeitet werden und schließlich das Gehirn als auch die Motorik unterstützen und beeinflussen, bestimmt das Nervensystem. Dies soll im Anschluss näher beleuchtet werden.

Viele Reflexe sind genetisch vorprogrammiert und bereits zum Zeitpunkt der Geburt aktiv, andere werden im Laufe des Lebens durch Erfahrungen erlernt. Man kann in diesem Fall auch von konditionierten Reflexen sprechen (vgl. Unglaub Silverthorn, 2009, S. 436 f.). Reflexe gehören zu den unwillkürlichen, automatischen Reaktionen und Bewegungsformen. Die nächstfolgende Stufe ist die Lokomotion, die mehrere Reflexgruppierungen automatisch aktiviert. Danach können jene Bewegungen benannt werden, die großteils automatisiert, unwillkürlich und als komplex angesehen werden, beispielsweise die Mimik und die Gestik. Die letzte Stufe stellen die zielgerichteten willkürlichen Bewegungen dar, wie etwa das Sprechen, aber auch koordinative Handlungen (vgl. Birbaumer & Schmidt, 2010, S. 266).

#### **Neurale Reflexe**

Neurale Reflexe haben zu Beginn einen Stimulus, der den sensorischen Rezeptor aktiviert. Dieser Empfänger sendet die Reize in Form von Aktionspotentialen durch die sensorischen Neuronen hindurch zum Zentralnervensystem. Hier gelangen alle Informationen hin und werden ausgewertet, damit eine passende Reaktion ausgesucht werden kann. In Folge dessen werden wieder Aktionspotentiale generiert, allerdings in die entgegengesetzte Richtung. Efferente Neuronen steuern diese Reaktionen dann zu den jeweiligen Muskeln und Drüsen, die Effektoren. Durch die Feedbacksignale von Muskel- und Gelenksrezeptoren bleibt das Zentralnervensystem permanent über die Bewegungen und Körperpositionen informiert. Eine Feedforwardinformation während eines Reflexes hilft bei der frühzeitigen Erkennung eines Reizes und einer Reaktion (vgl. Unglaub Silverthorn, 2009, S. 436).

Birbaumer und Schmidt (2010, S. 270) erklären, dass dieses Reiz-Reaktions-Schema eines Reflexes auch „Reflexbogen“ genannt wird. Die an den Reflexen beteiligten Sensoren bringen über ihre afferenten Nervenfasern den Reiz zum zentralen Neuron, welches über die efferenten Nervenfasern eine Reaktion in Richtung Effektor leitet. Effektoren in der Motorik

sind die Skelettmuskeln (vgl. Birbaumer & Schmidt, 2010, S. 270 f.). Reflexbahnen des Nervensystems bestehen aus neuronalen Ketten oder Netzwerken, die sensorische Rezeptoren mit Muskeln und Drüsen verbinden. Man unterscheidet verschiedene Arten von Reflexen. Somatische Reflexe verknüpfen somatische Motoneuronen mit Skelettmuskeln. Sind Reflexe von autonomen Neuronen gesteuert, so nennt man sie autonome Reflexe<sup>14</sup>. Diese beiden Typen gehören zum efferenten Bereich des Nervensystems, welches die Reflexe kontrolliert (vgl. Unglaub Silverthorn, 2009, S. 436).

Ist der Reflex im Zentralnervensystem integriert, unterscheidet man den spinalen Reflex und den kranialen Reflex. Ersterer entsteht im bzw. kommt aus dem Rückenmark. Diese Reflexe können durch einen höheren Input aus dem Gehirn verändert und verstärkt werden, sie können aber auch ohne Input auftreten (vgl. Unglaub Silverthorn, 2009, S. 436). Kandel (2011, S. 29) beschreibt spinale Reflexe als „Verhaltensreaktionen, die von neuronalen Schaltkreisen vermittelt werden“. Zweiterer kommt direkt aus dem Gehirn, erklärt Unglaub Silverthorn (2009, S. 436).

### **Skelettmuskelreflexe**

In fast allen Bewegungen, die getätigt werden, sind die Skelettmuskeln involviert. Die Rezeptoren leiten Änderungen in den Gelenksstellungen, der Muskelspannung und deren Länge an das Zentralnervensystem weiter. Wenn der Muskel kontrahiert werden soll, werden somatische Motoneuronen aktiviert und zu den Muskelfasern gesendet. Soll der Muskel entspannt werden, damit er reagieren kann, aktivieren sensorische Inputs hemmende Interneuronen im Zentralnervensystem. Sie verhindern eine Aktivität der somatischen Motoneuronen und kontrollieren den Muskel. Somatische Motoneuronen bewirken immer eine Kontraktion. Es gibt kein hemmendes Neuron, das eine Synapse mit dem Skelettmuskel besitzt und es zur Entspannung bringt. Diese Entspannung ist das Ergebnis der Abwesenheit von erregenden Inputs durch das somatische Motoneuron. Erregung und Hemmung von somatischen Motoneuronen und den mit ihnen verbundenen Skelettmuskeln passieren in den Synapsen mit dem Zentralnervensystem (vgl. Unglaub Silverthorn, 2009, S. 439).

Zu den Propriozeptoren zählen die Muskelspindeln, die Golgi-Sehnenorgane und die Gelenksrezeptoren. Letztere sind in den Gelenkskapseln und benachbarten Bändern integriert. Sie werden durch die mechanische Distorsion stimuliert, die Veränderungen in den Stellungen von Knochen und flexiblen Gelenksverbindungen hervorruft. Sensorische Informationen eines Gelenksrezeptors gelangen in das Kleinhirn, wo sie weiterverarbeitet werden (vgl. Unglaub Silverthorn, 2009, S. 439). Für das somatosensorische System besonders hervorzuheben sind die Propriozeptoren der Halswirbelsäule, des Iliosakralgelenks

---

<sup>14</sup> Bei autonomen Reflexen handelt es sich meist um viszerale Reflexe, denn sie binden innere Organe mit ein (vgl. Unglaub Silverthorn, 2009, S. 437).

und der Füße. Diese propriozeptiven Zentren sind zusammen mit dem Gleichgewichtszentrum für die Propriozeption des Halses zuständig. Dadurch können Stell- und Haltereфлекse zielführend realisiert werden. Zusätzlich greift das somatosensorische System auch auf Inputs optischer Natur zurück, wodurch die Körperstellung, -haltung und die Balance unterstützt und so die Vorbereitungen für die nächste Bewegungssequenz eingeleitet werden können (vgl. Laube, 2011, S. 150).

#### **6.4.2 Die Verbindung zwischen Sensorik und Motorik**

Die Verknüpfung von sensorischer Information und motorischer Aktion liegt auf der Hand und damit diese Verschaltung funktioniert, werden Inputs und Signale aus der peripheren Ebene des Körpers an die mitwirkenden und notwendigen motorischen Strukturen geleitet, damit sie Stellungen und Ausführungen planen, koordinieren und steuern können (vgl. Birbaumer & Schmidt, 2010, S. 267).

Die Motorleistungskomponente („motor output component“) wird mit dem efferenten Bereich in Verbindung gebracht. Man kann diese motorische Leistung in drei Hauptkategorien unterteilen. Einerseits gibt es die Bewegung der Skelettmuskulatur, die vom somatisch-motorischen Sektor kontrolliert wird. Zur zweiten Kategorie gehörend werden die neuroendokrinen Signale genannt. Darunter sind Neurohormone zu verstehen, die von Neuronen ins Blut abgesondert werden, welche vorrangig im Hypothalamus und im Nebennierenmark vorkommen. Der dritte Punkt sind viszerale Rückinformationen, die sich in Aktionen glatter Muskel und Herzmuskeln oder endokriner bzw. exokriner Drüsen äußern. Diese viszeralen Reaktionen werden vom autonomen Sektor des Nervensystems gesteuert (vgl. Unglaub Silverthorn, 2009, S. 311). Auf der anderen Seite sind die afferenten Informationen der Schlüssel für jegliche Bewegungsinitiation und -regulation. Das Zentralnervensystem hat dabei eine Kontroll- und Regelungsfunktion. Deshalb ist das Individuum ohne afferente Inputs nur bedingt handlungsfähig (vgl. Laube, 2011, S. 196 f.).

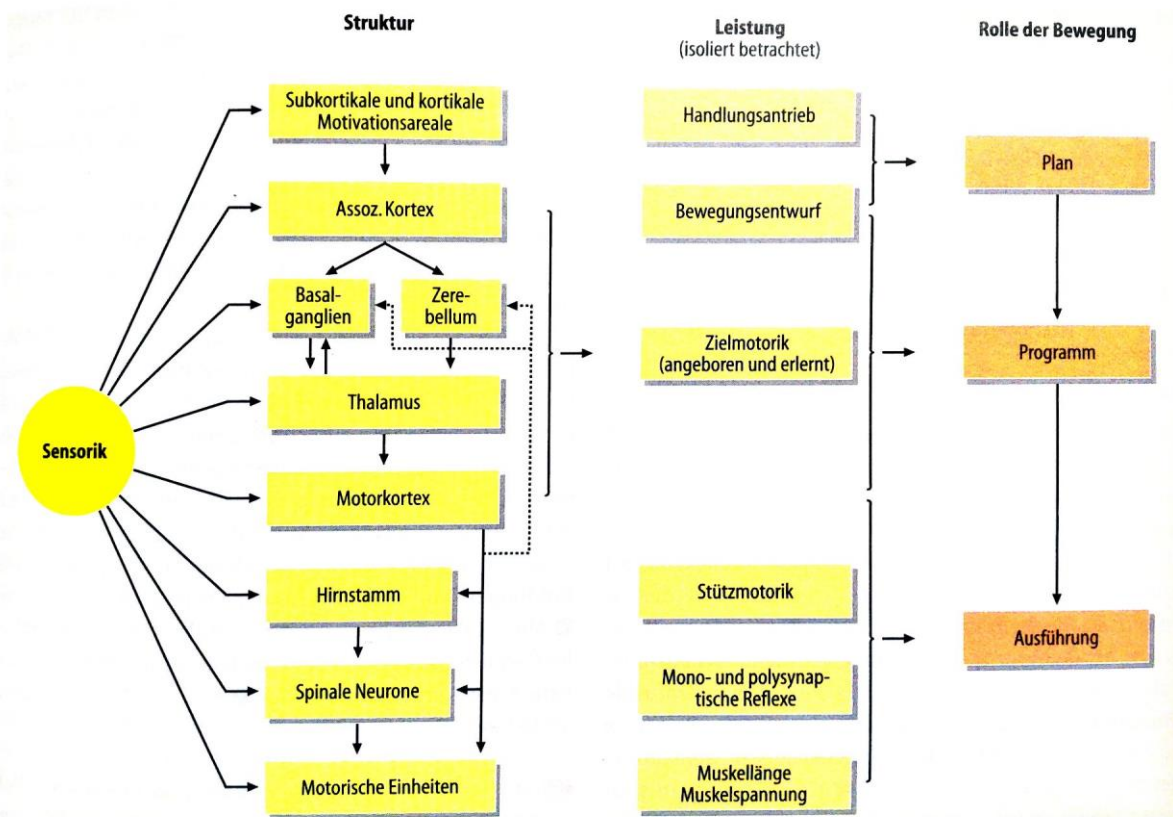


Abb. 18: Schematische Darstellung des motorischen Systems (Birbaumer & Schmidt, 2010, S. 267)

Wie oben bereits erörtert wurde, hängt an den ausgeführten Bewegungen ein System ineinander übergehender Funktionen und Strukturen, die von den Sinnen ausgehend über die zerebralen Strukturen und zentralnervösen Einheiten motorische Handlungen, deren Planung und Durchführung ermöglichen. Die sensorischen Aspekte befinden sich auf der linken Seite. Sie sind die Voraussetzung für motorische Leistungen, welche im nächsten Schritt die Bewegung einleiten und durchführen, erklären Birbaumer und Schmidt (2010, S. 267). Die Symbiose aus sensorischen, motorischen und auch kognitiven Einheiten soll dadurch verdeutlicht werden.

### 6.4.3 Rhythmische und willkürliche Bewegungen

Neben der Strategie der Sensomotorik und der Antizipation von Handlungen und Bewegungen kommt es durch das sensomotorische Gedächtnis zur Konstruktion des „Bewegungsprogramms“, so Laube (2011, S. 199). Bekannte sensomotorische Elemente helfen dabei, auf supraspinalem und spinalem Niveau Muster für die Innervation zu schaffen (Laube, 2011, S. 199). Gesteuerte Bewegungen haben ihren Ursprung im kognitiven System, genauer gesagt im primären motorischen Kortex und im motorischen Assoziationsbereich des Frontallappens. Diese Bereiche erhalten Informationen sowohl vom sensorischen Bereich des Kleinhirns als auch von den Basalganglien. Pyramidenzellen oder „long output neurons“ wie Unglaub Silverthorn (2009, S. 311) sie nennt, lassen ihre Axone von den motorischen Arealen

durch den Hirnstamm in das Rückenmark hineinragen. Andere Leitungen gehen vom Kortex zu den Basalganglien und in tiefere Hirnarealen. Efferente motorische Bahnen reichen von der einen Körperhälfte zur anderen und diese Kreuzung bewirkt bei einer Schädigung des motorischen Bereiches einen Funktionsverlust auf der gegenüberliegenden Körperseite (vgl. Unglaub Silverthorn, 2009, S. 311).

Darüber hinaus forschten die Wissenschaftler (Lashley, 1924, S. 249 ff., Jacobson, 1932, S. 225 ff) im Bereich der selbstgesteuerten und konditionierten Bewegung. Sie führten Experimente an Affen in Bezug auf deren motorische Leistungen durch, denen zuvor der Bereich des motorischen Kortex entfernt wurde. Die Untersuchungen ergaben, dass diese auch ohne den motorischen Kortex Boxen öffnen und somit konditionierte Bewegungen und Reflexe ausüben konnten. Somit war es für die Forscher ausgeschlossen, dass der motorische Kortex allein konditionierte Reflexe und Reflexbögen steuert. Während die allgemeine Forschermeinung dieser Zeit davon ausging, dass der motorische Kortex für die endgültige Vernetzung eingeübter und freiwilliger Bewegungen zuständig wäre, interpretierte Lashley (1950, S. 6 f.) die willkürlichen Bewegungen als Teil des weitläufigen posturalen Reflexsystems, das die Basalnuclei, das zerebellare und das vestibuläre System miteinschließen (vgl. Lashley, 1950, S. 6 f.).

In der sensomotorischen Strategie wird auf komplexe Weise geplant, was in der Bewegungssituation ausgeführt werden soll. Die Erreichung des Ziels dank effektiven Handelns ist das Maß, an dem sich die Strategie orientiert. Unter anderem sollte die Aussicht auf Erfolg gegeben sein und zielorientierte Handlungen gesetzt werden. Die Entscheidung für eine Strategie hängt vom Niveau der sensomotorischen Fähigkeiten und des Lernstandes, sowie der Erfahrung ab. Dazu soll die Bewegungsregulation herangezogen werden. Sie ist sozusagen ein Vergleichswert, mit dem das Ergebnis des eigenen Handelns und Leistens verglichen werden kann. Werden dann der Referenzwert und das Bewegungsergebnis abgewogen, kommt es entweder zu einer erhöhten Kontrolle aufgrund der Konzentration und des bewussten Handelns oder es werden Korrekturen eingeleitet, um das Ergebnis dem Referenzwert anzunähern. Durch dieses Zusammenspiel aus dem Referenzwert, dem Vergleich und der Korrektur wird die Antizipation des Bewegungsergebnisses geschult, die dann bei nachfolgenden Aktionen zur Verfügung steht. Die verschiedenen Afferenzmuster bedingen Erfolge im Bewegungsvollzug aufgrund der dynamischen Veränderung von Haltung und Stellung des Körpers und seiner Gliedmaßen, sowie muskuläre Spannungs- und Längenwechsel. Dank des Signalsystems, das die Serien der Aktionspotenziale leitet, kommt es zur Organisation und Ausführung der verarbeiteten Informationen (vgl. Laube, 2011, S. 198).

## 6.5 Bewegung aus sportlicher Sicht

Eine Handlungsausführung benötigt immer zuerst eine Handlungsintention und darauffolgend einen mehr oder minder ausführlichen Handlungsentwurf. Beim Erlernen einer Bewegung wird als Erstes versucht, sich die zu lernende Bewegung oder Aufgabe vorzustellen und sich im Anschluss an die Umsetzung oder Lösung anzunähern (vgl. Scherer & Bietz, 2015, S. 79 bzw. Meinel & Schnabel, 2007, S. 51). Es kommt zu erwünschten oder angestrebten, erwarteten und tatsächlichen Handlungseffekten und –verläufen, die oftmals nicht deckungsgleich sind. Intention, Erwartung und Erfahrung sind nach Scherer und Bietz (2015, S. 79) Bestandteile von Handlungsverläufen. Beim Bewegungslernen besteht im Allgemeinen eine wechselhafte Beziehung zwischen dem Entwurf, dessen Verwirklichung und der daraus entstehenden Erfahrung (vgl. Scherer & Bietz, 2015, S. 79).

Meinel und Schnabel (2007, S. 53 ff.) sind der Meinung, dass das Antizipieren einer Bewegungshandlung dessen Ausführung bestimmt. Antizipation wird mit dem Terminus der „Programmvorannahme“ gleichgesetzt und kann als ein „Aufbau eines inneren Modells der motorischen Handlung“ verstanden werden, „das im Verlauf des motorischen Akts durch Regelvorgänge differenziert und modifiziert wird“ (Meinel und Schnabel, 2007, S. 54). Von der Handlung bzw. Bewegung soll es also meistens schon ein Bild im Kopf geben, welches das Individuum körperlich umsetzen wird. Je nach Verlauf ergeben sich Änderungen durch äußere oder innere Einflüsse, die ausgeglichen werden sollen.

Scherer und Bietz (2015, S. 80) bringen aber eine andere Perspektive ins Spiel. Sie lehnen die Aussage bezüglich Antizipation ab. Die Ausführung von Bewegungshandlungen wird nicht von antizipativen Handlungsentwürfen bestimmt. Eher handle es sich um eine Konfrontation zwischen Mensch und Welt, in der sich die Aktion und ihre Durchführung einfügen müssen. „Insbesondere bei komplexen Bewegungen, wie sie beim Sport gang und gäbe sind, können sie [die Intentionen] [...] lediglich subjektseitige Attraktoren bilden, die im Zusammenspiel mit objektiven Faktoren von Handlungssituationen emergente Prozesse der konkreten Bewegungsformung ermöglichen und begrenzen“, so Scherer und Bietz (2015, S. 80). Die Größe des Bewegungsraumes bestimmt die dem Körper, dessen Bewegung und Problemlösung zuteilwerdende Freiheit, deren Toleranzen und Grenzen (vgl. Scherer & Bietz, 2015, S. 80).

Bei den Handlungs- und Bewegungsentwürfen reicht die Skala von virtuell erlebter und nachgeahmter Bewegung bis hin zur Ausreifung detaillierter Bewegungssequenzen mit deutlichem Körperbezug. Die kognitiven Fähigkeiten des Menschen und dessen Leistungsvermögen sind derart flexibel und beeinflussbar, dass Bewegungsdetails sowohl unter verbalen, visuellen, taktilen, kinästhetischen Bedingungen sowie in einer Verbindung dieser eben genannten sensorischen Kanäle verarbeitet und ausgeführt werden können.



Diese Bewegungsdetails können sich auch auf verschiedene Dimensionen wie etwa den Verlauf der Bewegung, die Auswirkungen und Bewegungsziele, aber auch den Raum selbst richten (vgl. Scherer & Bietz, 2015, S. 80).

Ist dem Individuum eine Bewegung und deren Ausführung bekannt, so sind auch die vorwegzunehmenden Prozesse und Effekte vertraut, Handlungsentwürfe jedoch eher flüchtig und hintergründig. Ein störungsfreier Ablauf der Bewegung bewirkt, dass eben diese Entwürfe kaum bewusst werden. Bewegungshandlungen werden in einen vertrauten Bewegungskontext („Bewegungsräume“) übertragen, der Fokus der Ausführung liegt auf dem Ziel und weniger auf der Bewegung selbst (vgl. Scherer & Bietz, 2015, S. 80). Die Aufgabe, Bewegungen zu programmieren und zu planen wird erschwert, wenn das Ergebnis der Bewegungshandlung von externen Systemen beeinflusst wird und der Sportler bzw. die Sportlerin den Bewegungsverlauf darauf abstimmen muss. Es gilt, vorausschauend zu agieren, wie beispielsweise im Sportspiel, wo auf den Ball, die Mit- und GegenspielerInnen geachtet werden muss (vgl. Meinel & Schnabel, 2007 S. 56).

# **7 Motorisches Lernen oder die Informationsverarbeitung des Körpers**

In Bewegungshandlungen sind sowohl das mentale als auch das motorische Lernen von großer Bedeutung. Ersteres umfasst den Erwerb von Wissen ebenso wie weiteren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten. Zweiteres bezieht sich, wie der Namen schon sagt, auf die Motorik. Das Erlangen motorischer Kompetenzen sei das Ziel eines jeden Trainings, so Meinel & Schnabel (2007, S. 149). Da das motorische und das mentale Lernen in gewisser Weise verknüpft sind, werden in dieser Ausarbeitung auch beide Kategorie behandelt.

## **7.1 Begriffserklärung**

Beim motorischen Lernen stehen die körperlichen Fähigkeiten und Fertigkeiten im Vordergrund, darunter auch die Möglichkeiten des Körpers, Bewegungen zu erwerben. Motorische und mentale Lernprozesse sind miteinander verwoben, wirken gegenseitig aufeinander ein und entwickeln sich auch gemeinsam. Das Denken und Handeln gehen demnach bei Lernprozessen Hand in Hand und dieser Erkenntnis soll und wird bereits im Unterricht, vor allem im Sportunterricht, Rechnung getragen (vgl. Meinel und Schnabel, 2007, S. 149).

Motorisches Lernen ist laut Meinel und Schnabel (2007, S. 149) „die Aneignung [...] von Verhaltensweisen und –formen, speziell von Handlungen und Fertigkeiten, deren Hauptinhalt die motorische Aktion, die motorische Leistung ist“. Aufmerksamkeit, Konzentration, Erinnerungsvermögen bzw. Gedächtnisleistung sind mentale Komponenten, die bei der Umsetzung der körperlichen Anforderungen mitwirken. Voraussetzung für die Aneignung sportmotorischen Verhaltens oder Fertigkeiten sind Vorlagen, Vorbilder oder Inputs, die im Individuum bestimmte Reize aktivieren und Prozesse in Gang setzen, damit es probieren, imitieren und aktiv werden kann. Es soll eine sportmotorische Aufgaben- oder Problemstellung bewältigt werden. Dabei orientiert sich der oder die Handelnde am Endergebnis bzw. Handlungsziel und steuert so den Ablauf der notwendigen Bewegungen. Das Ergebnis steht beim motorischen Realisierungsprozess im Vordergrund. Dafür benötigtes Wissen und erforderliche Kenntnisse sind Hilfsmittel zur Erlangung dieses motorischen Lernziels (vgl. Meinel & Schnabel, 2007, S. 149 f.).

## **7.2 Sportmotorische Fähigkeiten und Fertigkeiten**

Unter den sportmotorischen Fähigkeiten werden neun Elemente verstanden, die im Grunde als Basis für das motorische Handeln angesehen werden können. Im Bereich der Kondition finden sich die Ausdauer, die Kraft und die Schnelligkeit wieder, die auch als energetische Fähigkeiten bezeichnet werden. Die Koordination besteht aus den informationellen

Fähigkeiten Orientierung, Differenzierung, Gleichgewicht, Reaktion, Rhythmisierung und Beweglichkeit (vgl. Lange, 2014, S. 54). Weineck (2007, S. 795) ergänzt diese Ausführung mit der Umstellungs- und Koppelungsfähigkeit.

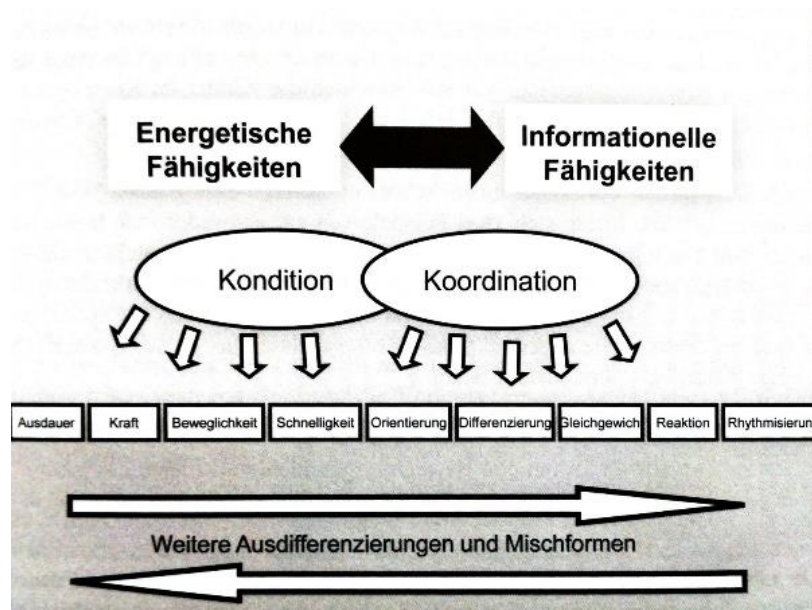


Abb. 19: "Fähigkeitsdimensionen der Motorik" (Lange, 2014, S. 55)

Motorische Fertigkeiten werden als Handlungen verstanden, die Wiederholungen und Übungssequenzen benötigen, um Festigung und eine teilweise Automatisierung zu erreichen. Die Abnahme des Bewusstseitsgrades und der Aufmerksamkeit schreitet mit dem Aufstieg des Kompetenzniveaus voran, erklären Meinel und Schnabel (2007, S. 150). Sie definieren eine motorische Fertigkeit wie folgt:

„Spezifische, relativ gefestigte koordinative Leistungsvoraussetzung zur motorischen Realisierung einer Handlung oder Teilhandlung ohne bewusste Steuerung und Regelung, d. h. scheinbar automatisch. Sie muss in der Regel in einem längeren Lern- bzw. Übungsprozess erworben werden.“ (Meinel & Schnabel, 2007, S. 150).

### 7.3 Die drei Phasen des Fertigkeitserwerbs

Anderson (2013, S. 196) spricht beim Fertigkeitserwerb von drei Phasen und verweist dabei auf die Autoren Fitts und Posner (1967), die in diesem Gebiet schon Forschungen getätigt haben:

Die erste Phase wird als „kognitive Phase“ bezeichnet. Hier geht es um die Einprägung derjenigen Fakten, die das Individuum für das Verständnis und die Ausführung der Fertigkeit benötigt. Sie können auch als „Operatoren für eine Aufgabe“ (Anderson, 2013, S. 196)

deklariert werden. Oftmals werden diese Operatoren verbalisiert und damit der Vorgang der Problemlösung beschrieben. Die Kenntnisse sind in dieser Phase zwar vorhanden, können aber noch nicht schnell und sicher angewendet werden. Das bedeutet, dass sie sich noch im deklarativen Stadium befinden (vgl. Anderson, 2013, S. 196).

Die nachfolgende Phase im Fertigkeitserwerb wird „assoziative Phase“ genannt. In diesem Stadium werden einerseits Fehler und Probleme erkannt und beseitigt, andererseits die für die Fertigkeit notwendigen Sequenzen und Elemente stärker verknüpft. Die Zeit der Handlung wird verkürzt und die Fertigkeit kann problemlos ausgeführt werden. Dies ist das prozedurale Wissen, das zum Einsatz kommt (vgl. ebd., S. 196).

In der dritten Phase, der „autonomen Phase“ kommt es zur Steigerung der Schnelligkeit und zur Automatisierung des Vorganges, der die Fertigkeit charakterisiert und ausmacht. Sowohl simple als auch komplexe Aufgaben können bis zu einem gewissen Grad automatisiert werden und benötigen dann für eine exakte Ausführung weniger Aufmerksamkeit. Beispiele dafür sind das Autofahren oder auch das Schachspielen (vgl. Anderson, 2013, S. 196).

Arnold (2009, S. 184) ergänzt, dass sich Lernprozesse aus vier verschiedenen Stadien zusammensetzen, die bei der Erarbeitung eines Wissensgebietes beachtet werden sollen. Zuerst findet eine „konkrete Erfahrung“ statt, darauf folgt eine „reflexive Beobachtung“, in weiterer Folge stellt das Individuum „abstrakte Hypothesen“ auf, die im Anschluss eine „aktive Überprüfung, Übertragung oder Anwendung“ hervorrufen (Arnold, 2009, S. 184).

### **7.3.1 Die Automatisierung von Fertigkeiten**

Zu einer Automatisierung kommt es bei hinreichender Übung und Erfahrung in Bezug auf den Erwerb von Fertigkeiten. In der Expertise ist der Anteil der Kognition, der Aufmerksamkeit und der Konzentration bei der Verarbeitung und Ausführung von Tätigkeiten geringer als am Beginn des Lernprozesses. Es gibt unterschiedliche Grade der Automatisiertheit, so Anderson (2013, S. 70). Er liefert zur Belegung dieser Aussage Informationen über ein Experiment der Forschergruppe Spelke, Hirst und Neisser (1976, S. 216 ff.). Sie untersuchten die Interferenzen von Fertigkeiten und wie diese durch Übung bzw. Training vermindert werden können. Die ProbandInnen mussten einen Text lesen und bekamen zusätzlich zufällig ausgewählte Wörter diktiert. Gemessen wurden das Leseverständnis, die Geschwindigkeit und die Auffassung der diktierten Wörter. Hauptaspekt der Untersuchung war demnach die Simultanität von Lesen und Schreiben. Zu Beginn stagnierten die Lesegeschwindigkeit der ProbandInnen und das Verständnis. Auch die Aufnahmefähigkeit der diktierten Wörter war gering. Im Laufe der Übungssequenzen steigerten sich die Testpersonen aber in allen Kategorien, sodass am Ende die Lesekompetenz nicht mehr negativ beeinflusst wurde und das Aufnehmen der Wörter automatisch, also ohne bewusste Konzentration darauf, erfolgte (vgl. Spelke, Hirst & Neisser, 1976, S. 216 ff.).

## 7.4 Aspekte und Merkmale des motorischen Lernens

Die Einflüsse, die auf Bewegungen wirken und das darauffolgende motorische Handeln lassen Scherer und Bietz (2015, S. 69) von einer „Person-Umwelt-Relation“ sprechen, wenn sie sich der Analyse von Lernprozessen unbekannter Bewegungen annähern. Es geht erst um den Einstieg in die Thematik der zu lernenden Bewegung oder der Bewegungsabfolge, aus der sich Sinn und Aufgabe erkennen lassen sollen. Das Individuum hat eine Intention, wenn es sich einer Bewegungsaufgabe oder einer neuen Situation stellt. Es schätzt seine Kompetenz ein, hat bestimmte Erwartungen und Befürchtungen. Sobald der Körper ins Spiel kommt und begonnen wird, die Aufgabe umzusetzen, werden gewisse Aspekte wahrgenommen und Reaktionen eingeleitet. Erwartungen und Befürchtungen haben sich verwirklicht oder auch nicht (vgl. Scherer & Bietz, 2015, S. 69). Das Zusammenspiel von Hippocampus, Striatum und präfrontalem Kortex erfährt durch Bewegung und Sport einen förderlichen Einfluss, da das Individuum in sport- und bewegungsbezogenen Situationen meist einem Kontext ausgesetzt ist, wo es sein Verhalten abstimmen, auf Veränderungen reagieren, Handlungsimpulse richtig interpretieren, ausführen bzw. hemmen und Informationen kombinieren muss (vgl. Beck, 2014, S. 37).

Ist eine Bewegungshandlung vollzogen, liegt ein Ergebnis vor, welches bestimmte Folgen und Effekte nach sich zieht. Durch bestehende Erfahrungen können sich neue Handlungsmöglichkeiten ergeben, die weitere Aktionen einleiten. Dadurch kommt es zu einer Konfrontation der eigenen Handlungen mit physikalischen Bedingungen des Kontextes, in dem die Bewegung stattfindet. Neue oder andere Resultate verändern das Denken und die Bedeutung. Anfänglich geht es um die Wahrnehmung, um die Erfahrung von Bewegungen oder Abläufen und im weiteren Schritt dreht sich das Interesse und die Aufmerksamkeit um Bewegungen, die wahrgenommen werden. Der Handlungsspielraum ist durch die neuen Erfahrungen erweitert worden und bietet dem Lerner und der Lernerin die Möglichkeit, sich zu bewegen und die Differenzen oder auch Ähnlichkeiten wahrzunehmen. Die Umwelt wie etwa die Beschaffenheit von Geräten und ihre Funktionalität werden bewusst. Durch weiteres Testen und Versuchen gewinnt das Individuum an Kompetenzen und Handlungsmöglichkeiten (vgl. Scherer & Bietz, 2015, S. 70). Die Autoren sprechen in diesem Verlauf die ein- und mitwirkenden Faktoren beim Lernen von Bewegungen an und lassen den Einfluss von kognitiven, psychologischen und physikalischen Aspekten in einem Kontinuum erscheinen. Situationen, Bedingungen und Erwartungen steuern den Bewegungsverlauf maßgeblich.

Das motorische Lernen bzw. die Aneignungsprozesse sportlicher Bewegungen weisen auf einige wichtige Faktoren hin: jeder Lernvorgang besteht aus mehreren Einzelvorgängen, die miteinander verknüpft werden. Hierbei können die Teilbewegungen mehrere „Entwicklungslinien“ wie Meinel und Schnabel (2007, S. 203) sie nennen, aufweisen. Diese

sind das Resultat der Schwierigkeit in der Regulation und der Erscheinungsform der Bewegung (vgl. Meinel & Schnabel, 2007, S. 203). Eine Bewegung kann also in Sequenzen eingeteilt werden. Davon können die Teilsequenzen beobachtet und auf ihr Niveau hin beurteilt werden. Nicht außer Acht dürfen dabei die Komplexität der Bewegung und die Beherrschung bzw. Kontrolle gelassen werden.

Die „Entwicklungslinien“, die gegenseitige und reziproke Verknüpfungen aufweisen, beinhalten laut nach Meinel und Schnabel (2007, S. 203) folgende Teilaspekte:

- „Erfüllung der aus dem Handlungsziel abgeleiteten motorischen Aufgabenstellung und die erzielte Leistung;
- Bewegungsausführung, Bewegungsgüte, erfasst u. a. durch Merkmale eines gut koordinierten Bewegungsablaufs;
- Bewegungsempfindungen und deren Verarbeitung (Informationsaufnahme und -verarbeitung);
- Interne Repräsentation, Bewegungsvorstellung in Verbindung mit Bewegungsprogrammierung und -antizipation;
- Steuerung und Regelung (insbesondere die Regelgüte und ihr äußerer Ausdruck in der Bewegungskoordination).“

Demzufolge ist die sportmotorische Entwicklung breit gefächert und umfasst von den internen Vorstellungen und Mechanismen über die beobachtbare Ausführung und Darbietung der Fertigkeiten ein vielschichtiges Gebilde eines umfangreichen Lernprozesses. Besonders zu unterstreichen gilt die Koordination der Bewegungssequenzen, um sich der Zielbewegung in ihrer Ausführungsqualität schrittweise anzunähern. Dafür bedarf es der Verarbeitung sensorischer Reize und der Reaktion des Körpers darauf. Ausgehend vom Gehirn und dem Zentralnervensystem muss der Bewegungsapparat auf die gestellten Anforderungen vorbereitet und gefasst sein. Am Anfang steht allerdings das innere Bild bzw. die mentale Vorstellung der Bewegung und ihrer Teile. Repräsentationen unterstützen die Bewegungsvorstellung und helfen bei der Verarbeitung, Integration und Verknüpfung neuer Inputs.

Der Aufbau der motorischen Fertigkeiten folgt im Normalfall keinen linearen, nacheinander ablaufenden, unabhängigen Bewegungssequenzen, viel eher entwickelt sich ein Spektrum von Fertigkeiten, die auch auf andere Kompetenzen Einfluss nehmen und Wechselwirkungen hervorrufen (vgl. Meinel & Schnabel, 2007, S. 203). Die motorischen Lernprozesse wirken sich viel mehr auf andere Bewegungsbereiche aus, als dass sie nur in einer Bewegung linear ihr Niveau verbessern. Wie bei allen Lern- und Entwicklungsprozessen gibt es auch im Sport und dem motorischen Lernen „sensible Phasen“ (Weineck, 2007, S. 22). Die Koordination und ihre Fähigkeiten entwickeln sich vor allem im Kindesalter, eine Steigerung der konditionellen

Dispositionen erfährt der Mensch besonders im Jugendlichen- bzw. jungen Erwachsenenstadium (vgl. ebd., S. 22). Jeder motorische Lernbaustein trägt zur Vervollständigung der körperlichen Leistungsfähigkeit und sportlichen Performanz, sowie auch zur Persönlichkeitsentwicklung bei (vgl. Meinel & Schnabel, 2007, S. 203). Der Sportler bzw. die Sportlerin wächst durch die erworbenen motorischen Fertigkeiten sowohl physisch als auch persönlich.

## 7.5 Die Bewegungskoordination im motorischen Lernprozess

Im motorischen Lernprozess stehen die Koordination der Bewegung und die Entfaltung der motorischen Fähigkeiten konditioneller und koordinativer Art in einem Abhängigkeitsverhältnis. Möchte der Sportler bzw. die Sportlerin ihre Bewegungskoordination weiterentwickeln, so bedarf dies eines dezidierten Niveaus der Fähigkeiten im Bereich der Motorik (vgl. Meinel & Schnabel, 2007, S. 205 bezugnehmend auf Diessner, 1966). Auch umgekehrt funktioniert eine Verbesserung der konditionellen und koordinativen Fähigkeiten nur dann, wenn die Bewegungskoordination entsprechend ausgereift ist (vgl. Meinel & Schnabel, 2007, S. 205). Die Autoren Scherer und Bietz (2015, S. 194) verweisen darauf, dass Bewegungslernen aufgrund der sich ständig verändernden fortschreitenden Kenntnisse und Fertigkeiten ausschließlich als induktiv bezeichnet werden kann. Eine deduktive, stoffgestützte Lehr- und Lernmethode würde den Lernvorgang im Sport nicht unterstützen (vgl. Scherer & Bietz, 2015, S. 194).

Bewegungskoordination verlangt dem Gehirn und auch dem Nervensystem hohe Leistungen ab. Die Handlungen müssen vorbereitet, reguliert und kontrolliert werden, damit mehrere Teilhandlungen koordiniert werden können und daraus gekonnte Bewegungen entstehen, so Meinel und Schnabel (2007, S. 28 ff.). Dafür haben die Autoren eine Grafik entwickelt, welche die Ansprüche an Körper und Gehirn verdeutlichen sollen:

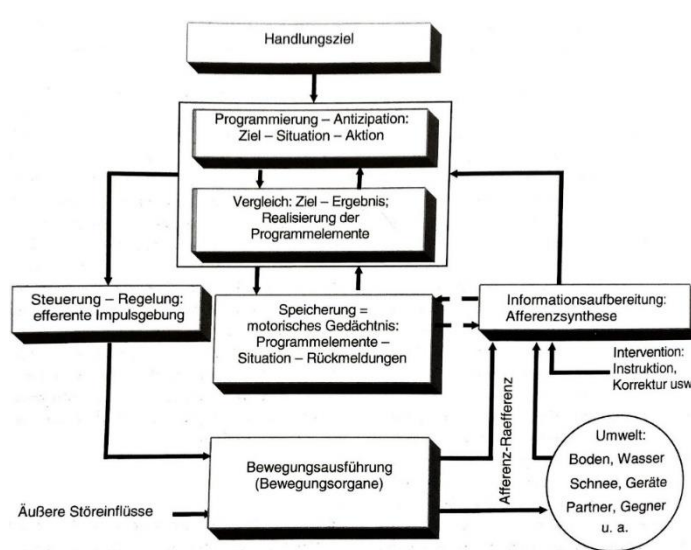


Abb. 20: Vereinfachte Darstellung der Bewegungskoordination (Meinel & Schnabel, 2007, S. 38 in Anlehnung an Bernšteijn, 1957)

In Anlehnung an Bernštejn (1957, in Meinel & Schnabel, 2007, S. 38) werden Koordinationsaufgaben von folgenden Merkmalen charakterisiert:

- (1) „Die Vorausnahme eines Handlungsziels und-ergebnisses [...]
- (2) Die afferente und reafferente Informationsaufnahme und -aufbereitung (Afferenzsynthese). Dadurch werden Informationen über die Ausgangssituation sowie über die Zwischen- und Endergebnisse des Bewegungsvollzugs gewonnen und weitervermittelt.
- (3) Die Programmierung des Bewegungsablaufs und die Vorhersage der Zwischen- und Endergebnisse (Antizipation).
- (4) Das Abfragen des motorischen Speichers und die Speicherung von Ausführungs- und Korrekturmustern.
- (5) Die Realisierung der Steuerung und Regelung durch die Erteilung efferenter Steuer- und Korrekturimpulse an die Muskeln.
- (6) Die Bewegungsausführung durch die Bewegungsorgane (Bewegungsapparat). Die Skelettmuskulatur als aktiver energieliefernder Teil des Bewegungsapparats stellt darum das zu steuernde und zu regelnde Organ dar.
- (7) Der Vergleich der eingehenden und gespeicherten Informationen (Istwerte) mit dem vorgegebenen Ziel, dem Handlungsprogramm und den erwarteten Rückinformationen (Sollwerte).“

Bei den Regulierungs- und Kontrollvorgängen in der Bewegungskoordination werden noch zwei Begriffe genannt, welche von der Geschwindigkeit der Ausführung und der dazugehörigen sensorischen Unterstützung und Korrektur abhängen. Werden schnelle Bewegungen ausgeführt, wie etwa Würfe oder Schläge, haben der Bewegungsapparat und das Zentralnervensystem sehr eingeschränkte „Möglichkeiten der prozessualen Rückkoppelung und Korrektur, da die Rückkoppelungsschleifen langsamer sind als die Bewegungsausführungen“ erklären Scherer und Böger (2011, S. 81). Das Individuum führt die Bewegung auf Basis der „Programmierung vor Bewegungsbeginn“ aus. Diesen Prozess nennt man „Open-loop“-Kontrolle. Bei langsamer ablaufenden Bewegungsausführungen besteht während des Bewegungsvorgangs die Möglichkeit, Regulierung und Kontrolle über ein Feedback zu erhalten. Als Beispiel nennen die Autoren das Greifen, etwa beim Klettern. In diesem Fall wird von „Closed-loop“-Kontrolle gesprochen (Scherer & Böger, 2011, S. 81 f.).



## **8 Die Wechselwirkungen von Sport, Körper und Gehirn**

Um die Umsetzung der oben dargelegten motorischen Handlungsabsichten und Bewegungsverläufe näher zu betrachten, sowie den Aspekt der Aneignung von Bewegungswissen und die dafür notwendigen mentalen Prozesse zu erklären, soll das folgende Kapitel auf die gegenseitigen Einflüsse zwischen Sport, Körper und Gehirn ausgerichtet werden.

### **8.1 Die Wirkung von Sport auf den Körper**

Motorisches Lernen bewirkt neben den beobachtbaren Kompetenzen und deren Entwicklung auch eine Ausweitung der Funktionen der Organsysteme im menschlichen Körper. Hierin eingeschlossen sind das Zentralnervensystem, die Atmung, der Stoffwechsel und natürlich auch der Bewegungsapparat an sich. Es kommt zu Regulationen und Anpassungen dieser Systeme und der verknüpften zerebralen Strukturen des Sportlers bzw. der Sportlerin (vgl. Meinel & Schnabel, 2007, S. 205).

Die Beanspruchung ist individuell und hängt vom Trainings-, Ausbildungs- und auch dem kognitiven Zustand ab. Auch „Vorbelastungen“ zählen für Meinel und Schnabel (2007, S. 208) zu Faktoren, die die weitere Beanspruchung steuern und sowohl aktivieren als auch hemmen können. Die Bewegung und die Fertigkeit sollten an das Ziel angepasst und dosiert werden. Die Autoren schlagen eine „höhere energetische Beanspruchung, zumindest in der zweiten Lernphase“, der Phase der Bewegungsfestigung, vor.

Sport hat auch eine nicht zu unterschätzende Wirkung auf die Persönlichkeit von SchülerInnen und SportlerInnen. Es lassen sich hier einige Parallelen zu den übrigen Lernprozessen ziehen, so etwa die Verhaltensänderung bei Erfolgen und Misserfolgen in der Verfolgung eines bestimmten (Bewegungs-) Ziels oder auch die damit verbundenen Gefühle und die Motivation. Ist das Interesse für eine Bewegung gegeben bzw. kann sich die Bewegung in den Lebenskontext, die Vorstellung und Erwartungen des Schülers oder der Schülerin eingliedern, wird der Lernfortschritt positiv beeinflusst und die SchülerInnen sind aktiver bei der Sache (vgl. Meinel & Schnabel, 2007, S. 208).

Beim motorischen Lernen werden auch die Denkfähigkeit und der Intellekt gefördert. Beispielsweise geschieht dies „bei der bewussten Beobachtung, Selbstbeobachtung und Korrektur sowie bei der Anwendung erlernter Bewegungen.“, so Meinel und Schnabel (2007, S. 208). Muss sich ein Mensch selbst einschätzen, muss er seine Aufmerksamkeit auf bestimmte Aspekte richten und wird während des körperlichen Trainings auch auf die Ausbildung und Stärkung mentaler Fähigkeiten geachtet, so handelt es sich um eine

umfassende Ausbildung von Körper und Geist. Je nach Altersstufe muss das Training variieren (vgl. Meinel & Schnabel, 2007, S. 208).

Im Bereich der embodied cognition liegt der Fokus auf der Verbindung zwischen Körper und Kognition. Dabei werden motorische Handlungen mit ihrem Bezug auf den Kontext untersucht (vgl. Anderson, 2013, S. 103). Es ist ein Bereich, der Forschungen über „die Repräsentation der Bedeutung in den perzeptuellen und motorischen Systemen“ anstellt, unter Einbezug der „Interaktion mit der Welt“ (Anderson, 2013, S. 104).

## **8.2 Wirkung von Sport auf das Gehirn**

Der Zusammenhang zwischen den kognitiven Fähigkeiten und der Motorik bzw. den exekutiven Fähigkeiten – Inhibitorische Kontrolle, Arbeitsgedächtnis und die kognitive Flexibilität - erfreut sich an Interesse u.a. im Bereich der Sportpädagogik. Diamond (2013, S. 136) gibt zu verstehen, dass die Vorzüge des Trainings der exekutiven Fähigkeiten die Förderung der mentalen und körperlichen Gesundheit, sowie die kognitive, soziale und psychologische Entwicklung betreffen. Es sei von großer Bedeutung, bereits im jungen Kindesalter mit dem Training der exekutiven Fähigkeiten zu beginnen. Die exekutiven Fähigkeiten können in jedem Alter trainiert und verbessert werden. Wiederholung hat eine Schlüsselfunktion, wie dies auch herausfordernde, abwechslungsreiche Übungsformen der Fall ist, so Diamond (2013, S. 156).

Die Studie von Windisch, Voelcker-Rehage und Budde (2011, S. 307 ff.) zeigt die Wichtigkeit von Koordinationstraining in kognitiven und damit auch neurowissenschaftlichen Belangen auf. Sie erwähnen dabei die Forschungen von Isaacs, Anderson, Alcantara, Black und Greenough (1992, S. 110 ff.), die anhand tierischer Daten bei Trainingsexperimenten den Zusammenhang zwischen Akrobatik-Trainingssequenzen und einem aktiveren Kleinhirn bei Mäusen herstellen konnten. Die Entwicklung des Cerebellums war charakterisiert durch „ein erhöhtes Volumen der Kleinhirnneurone verbunden mit vermehrter Kapillarisation und verstärkter Innervierung“, so Windisch et al. (2011, S. 310). Zusätzlich ist der durch das Training erhöhte BDNF (brain-derived neurotrophic factor) bedeutsam im Sinne der trainingsbedingten Transformationen auf das Gehirn und seine kognitiven Dispositionen. Er steuert und reguliert die Strukturveränderungen von Dendriten und Axonen und unterstützt dadurch die plastischen Eigenschaften der Synapsen. Der BDNF wirkt beim Neuronenwachstum und den Gedächtnisvorgängen mit (vgl. Vaynman, Zhe Yin & Gomez-Pinilla, 2004, S. 2580 ff.).

Raine, Lee, Kramer und seine Forschungsgruppe (2013, 1 ff.) konnten dank bildgebenden Verfahren nachweisen, dass sich Bewegung und Aktivität auf die Synapsen im Striatum und im Hippocampus positiv und förderlich auswirkt. Vor allem aerobes Training führe dazu, dass die besagten zerebralen Strukturen an Volumen zunehmen (vgl. Beck, 2014, S. 37). Diese

Volumenzunahme ist das Resultat vergrößerter Synapsen, einer erhöhten Anzahl ebendieser und einer gesteigerten Menge an Zellfortsätzen, die den Synapsen als Unterstützungsfläche dienen. Zusätzlich dazu kommt es zu einer Verstärkung der Fettschicht, die sich um die Verbindungsbahnen der Neuronen legt, was zu einer schnelleren Signalübertragung führt. In diesem Experiment von Kramer und seiner Forschungsgruppe standen das steigende Volumen der zerebralen Strukturen und das Verhalten in Zusammenhang. Der Fokus der Gruppe lag auf der sportlichen Tätigkeit, der Zunahme an grauer Hirnmasse und den auszuführenden Handlungen, die sich gegenseitig beeinflussen. Es wirkte sich förderlich auf die Leistungen im Bereich des Gedächtnisses und Lernens aus (vgl. Beck, 2014, S. 38.).

Auf der anderen Seite stellt das koordinative Training hohe Ansprüche an die menschliche Kognition, da sie auf die Genauigkeit und Geschwindigkeit von Bewegungsausführungen ausgerichtet ist. Völcker-Rehage, Tittlbach, Jasper und Regelin (2013, S. 38) sehen hinter koordinativen Vorgängen "ein komplexes System von Informationsaufnahme (Wahrnehmung), Informationsverarbeitung (einschließlich der kognitiven Prozesse, Informationsspeicherung (Gedächtnis, Erfahrung) und Informationsabgabe (Bewegungssteuerung). Dazu gibt es Studien, die sowohl kurzfristige Veränderungen wie etwa eine "Voraktivierung" des präfrontalen Kortex und des Cerebellums bewirken, als auch langfristige Effekte zeigen, beispielsweise eine erhöhte synaptische Kommunikation und damit eine Steigerung der kognitiven Leistungsfähigkeit (Windisch et al., 2011, S. 310)

Wie weiter oben schon von Van Praag et al. (2005, S. 8684) erwähnt wurde, ist es die Freiwilligkeit, die den Neuronenaufbau während der sportlichen Aktivität fördert. Während des Trainings oder Spielens steigt die Anzahl der Neuronen und Synapsen, mit denen der Mensch exekutive Aufgaben erfüllen kann. Diese Tätigkeiten haben Einfluss auf das Befinden und damit auch auf den Erfolg bei der Leistungserbringung, so Beck (2014, S. 39). Der Autor gibt zu bedenken, dass diese Kombination von Bewegung und Merk- bzw. Lernfähigkeit bereits in den Anfängen der Menschheit von großer Bedeutung in Belangen des Überlebens war (vgl. Beck, 2014, S. 40, Kempermann, 2013, S. 1180 f.).

Bei Betrachtung dieser Folgerungen und Erkenntnisse kann sich das koordinative Training durchaus als Mechanismus für neurowissenschaftliche und kognitive Entwicklungen des Gehirns in die Ausarbeitung einfügen.

## **9 Brain-based learning im Sportunterricht.**

### **Überlegungen und Leitmotive**

Nachdem nun sowohl das allgemeine Lernen mit der Aufnahme und Generierung von Wissen thematisiert, als auch ein Blick auf die motorischen Lernprozesse im Sport geworfen wurde, soll nun überlegt werden, welche Aspekte und Bedingungen notwendig sind, damit gehirngerechtes Lernen im Sportunterricht Einzug findet.

Im Folgenden werden Erkenntnisse über das gehirngerechte Lernen dargebracht, die als fächerübergreifend angesehen werden sollten und somit auch für den Sportunterricht zu beachten sind. Lernen findet in unterschiedlichen Kontexten statt und gerade im Bereich des Bewegungslernen gibt es verschiedene Ebenen des Aneignens, die teilweise auf andere Gebiete übertragbar sind bzw. von diesen herrühren. Es folgt eine Vorstellung verschiedener Rahmenbedingungen und Maßnahmen zur Förderung des brain-based learning.

#### **9.1 Neugier und Herausforderung**

Ein wichtiger Bestandteil in Lernprozessen ist die Neugier gepaart mit spielerischen und emotionalen Aspekten, so Braun und Meier (2004, S. 507). Intrinsische Lernmotivation wird vor allem von der Neugier gesteuert. Der Mensch ist dank ihr bereit bzw. verspürt das Bedürfnis, Neues zu entdecken, sich unbekanntem Reizen auszusetzen, sie zu wahrzunehmen und auch zu manipulieren. Zusätzlich kommt es durch die Wahrnehmung und die Erlebnisse bzw. die Erfahrung – so sie positiv sind - zu einer Verstärkung der Neugier und damit auch des Lerneffektes (vgl. Herrmann, 2009, S. 148). Nebenbei wird dem Sicherheitsgefühl im Lernkontext bzw. dem Entspannungszustand des Umfeldes eine beträchtliche Bedeutung zugeschrieben, so Sachser (2004, S. 478). In einer derartigen Umgebung kann sich das Individuum komplett auf den Gegenstand der Aufmerksamkeit und Faszination einlassen. Es entdeckt Neues und vergisst sich dabei selbst (vgl. Herrmann, 2009, S. 149). Demnach leiten Neugier, Vorwissen bzw. Erfahrungen und Sicherheit das gehirngerechte Lernen ein und sind Voraussetzung für weitere Entwicklungen.

Im Grunde ist hier ein geschützter Raum gemeint, in dem der Lerner bzw. die Lernerin Neues entdeckt und sein bzw. ihr Wissen erweitert. Lange (2014, S. 106) interpretiert diesen Aspekt auf andere Weise. Er erklärt, dass Gefahr im Sinne der Wortgeschichte nicht weit vom Wort ‚Erfahrung‘ entfernt ist (vgl. Kluge, 2002, S. 337). Dies bezieht er auf den Sportunterricht. Die Aufgaben im Unterricht müssen u.a. den Aspekt des Wagens beinhalten, indem - fern von Risiken für Verletzungen oder psychischer Gefährdung - die Lernenden herausgefordert werden, etwas Neues und Anspruchsvolles auszuprobieren, sich körperlich und persönlich weiter zu entwickeln (vgl. Lange, 2014, S. 106). Eine Herausforderung, die das Individuum

bewältigen kann, ist die Grundvoraussetzung dafür, dass Lernprozesse in Gang kommen. Das Finden einer Lösung muss als positiv und ein wenig über dem erwarteten Erfolg liegen, damit das Gehirn bereit ist, weiter zu lernen. Das führt in künftigen Lernphasen zu einer Optimierung des Verhaltens und zu einer Schärfung der Filter, die die Speicherung von Inhalten mit positiver Konnotation und für das Individuum stimmigen Erfahrungen unterstützt (vgl. Herrmann, 2009, S. 161 und Spitzer, 2006, S. 177).

## **9.2 Erfahrung oder Vorwissen**

Das Vorwissen erleichtert die nachfolgenden Lernprozesse, da hierbei an bereits erworbenes Wissen angeknüpft werden kann und so der erste Schritt in ein neues Themengebiet erleichtert wird (vgl. Herrmann, 2009, S. 157). Lange (1998 in Lange, 2014, S. 106 f.) beschreibt, wie sich das Sammeln von Bewegungserfahrungen in den Lernprozessen geändert hat. Im Schwimmunterricht werden beispielsweise Techniksequenzen, wie sie im Endstadium aussehen sollten, nicht mehr isoliert trainiert. Stattdessen führen die SchülerInnen unterschiedliche Übungen zur Koordination im Wasser aus, was den Bewegungsspielraum erweitern soll. So war und ist das Kraulen mit gespreizten Fingern oder mit Paddels Teil seines Übungsprogramms. Durch Differenzierungsaufgaben, die durchaus an der Zieltechnik vorbeigehen, sollen die Kinder ein Gefühl für die Funktion des Körpers bekommen und wie sie ihn zielführend einsetzen sollten. Mithilfe dieser Erfahrungen nähert sich das Individuum an die ausgereifte Technik des Schwimmens, aber auch an jede weitere Bewegung an (vgl. Lange, 2014, S. 106 f.). Kurzum benötigen SchülerInnen die Möglichkeit des Ausprobierens, durchaus mit Input der Lehrperson und wie oben erwähnt auch mit Aufgaben, die die Bewegung erschweren, um die Wahrnehmung zu schärfen und den Körper infolgedessen effizienter einsetzen zu können.

Im Lernprozess ist das Handeln eine der wichtigsten Kompetenzen, um das Wissen zu erweitern und Fähigkeiten sowie Fertigkeiten aufzubauen und weiterzuentwickeln. Bereits zu Beginn eines Lernvorgangs ist das Individuum handlungsfähig und bringt gewisse Kenntnisse und Intentionen in den Prozess mit ein. Somit kann die Handlungskompetenz nicht als Ziel von Bewegungslernprozessen dargestellt sein (vgl. Scherer & Bietz, 2015, S. 193), sondern begleitet diese durch die verschiedenen Lernphasen. „Bewegungslernen ist die erfahrungsgeleitete Überschreitung und Differenzierung aktuell gegebener Handlungsmöglichkeiten.“, meinen Scherer und Bietz (2015, S. 194).

## **9.3 Motivation und Emotion**

Das menschliche Handeln und Aktiv-sein wird angetrieben durch andere Menschen, Geschichten und Gefühle, so Spitzer (2006, S. 160). Das Gemeinsame bzw. Soziale sollte demnach mit im Vordergrund stehen, unterstreicht Spitzer (2006, S. 161). Birbaumer und

Schmidt (2010, S. 712) erklären, dass es sich bei Gefühlen um „Reaktionsmuster auf 3 Verhaltensebenen (subjektiv, physiologisch, motorisch) [handelt], die Annäherung oder Vermeidung auslösen und mit unterschiedlicher Erregung einhergehen“. Sowohl der Körper als auch der Geist und die Fertigkeiten sind in diese Prozesse verwickelt und bewirken entweder eine bejahende oder eine ablehnende Haltung gegenüber eines Reizes, einer Aufgabe, einer Situation oder eines bzw. einer Gleichgesinnten. Gemeinsam mit der geistigen Haltung verändern sich beispielsweise die Herzfrequenz, die Schweißproduktion oder Produktion von Hormonen. Zu unterscheiden sind hierbei die Emotionen, die eher auf spezielle motorisch orientierte Reaktionen und Handlungen ausgerichtet sind, wie etwa das Annähern oder Vermeiden bzw. Entfernen, von den Stimmungen, welche sich auf gedankliche Prozesse und die Vorstellung, somit auf die Kognition beziehen (vgl. Birbaumer & Schmidt, 2010, S. 712).

Zull (2002, S. 48 f.) betrachtet es als äußerst wichtig, dass in Bezug auf die Emotionen von LernerInnen zu allererst die Fragen stehen: ‚Was will ich?‘, ‚Was ist mir wichtig?‘ ‚Was will ich nicht?‘. Sowohl für die PädagogInnen als auch für die SchülerInnen selbst ist es nicht immer leicht, eine Antwort darauf zu finden. Die Überlegung, warum diese Reflexion wichtig ist, wird durch die Erkenntnis gestützt, dass in diesen Fragen Hoffnungen und Ängste stecken, Emotionen also, die den Menschen in seinem Tun und Schaffen antreiben bzw. motivieren können. Das, was als wichtig erscheint, wird mit einer förderlichen, emotionalen Haltung gelernt. Aus biologischer Sicht ist es der Drang zu überleben. Das Gehirn will überleben und so wird es mitsamt der Sensorik und der Motorik zu einer „survival machine“, so Zull (2002, S. 49). Das Individuum nimmt die Reize auf, integriert sie und forscht nach, ob sie entweder Gefahren oder Möglichkeiten bieten. Je nachdem versucht es, Risiken zu vermeiden und Gelegenheiten zu ergreifen (vgl. Zull, 2002, S. 49). Ist eine Lernsituation attraktiv und motivierend gestaltet und kann damit eine emotionale Verbindung mit Notwendigkeit für die Lernenden hergestellt werden, so erhöht sich die Lernbereitschaft und Aufnahmefähigkeit des Gehirns. Neben Spaß hat auch die Belohnung einen hohen Stellenwert bei Lernprozessen (vgl. Herrmann, 2009, S. 152).

Erfolgreiches Lernen hängt von Lernprozessen mit Erfolgserlebnissen ab. Erfolge bringen Motivation, Motivation bedingt Neugier und den Willen, mehr zu erfahren und mehr zu bewirken. Gelingen Lernprozesse, so wird Dopamin ausgeschüttet und das Individuum hat Spaß am Erbringen weiterer Leistungen. Der Ausdruck „Dopamin-Dusche“ wurde von Scheich (2003<sup>15</sup>) verwendet und soll auf die Emotionalität, vor allem die Glücksgefühle und die Freude am Lernen hinweisen. Dopamin hat verschiedene Aufgaben und Bereiche, in denen es

---

<sup>15</sup> Der Artikel erschien in Die Zeit Online, Nr. 39 und kann unter diesem Link abgerufen werden: [http://www.zeit.de/2003/39/Neurodidaktik\\_2](http://www.zeit.de/2003/39/Neurodidaktik_2) (letzter Zugriff am 10.6.2017).

körperliche Reaktionen bewirkt. Ein Zuständigkeitsbereich ist die Regelung des Bewegungsflusses. Parkinson äußert sich in Muskelzittern, -starre und -steifheit und wird mit einem Dopaminmangel in Verbindung gebracht. Dopamin wirkt ebenso in der Area 10, die Verknüpfungen zum Frontallappen und zum Striatum hat. Ein Dopaminausstoß in diesen Bereichen, allen voran im Nucleus accumbens, führt einerseits zu mehr Klarheit im Denken, andererseits werden mithilfe des Dopamins Nervenzellen angesteuert, welche sogenannte Opiode erzeugen. Das Gehirn produziert Stoffe, die von Opiaten nicht weit entfernt sind. Die Fasern dieser Opiode können mit dem Kortex in Kontakt treten und verursachen ein angenehmes Gefühl der Belohnung, das durchaus einen Suchtfaktor darstellen kann (vgl. Spitzer, 2006, S. 177 ff.). Das Gehirn wird auf diese Weise aktiviert und „bei Laune gehalten“ (vgl. Herrmann, 2009, S. 153). Können die SchülerInnen Lerninhalte und Kompetenzen anwenden, beispielsweise in einem Wettkampf oder werden Einsichten und Erfahrungen in Bezug auf sportliches Können gewonnen, so kann die Lernmotivation auf lange Sicht erhalten werden, erklären Meinel und Schnabel (2007, S. 158).

Sind SchülerInnen motiviert und interessiert, werden Gehirnstrukturen aktiviert, „die durch leichten Erwartungsstress, Belohnungserwartung, gezielte Aufmerksamkeit und Konzentration das Aufnehmen von Informationen steigern und für die Verankerung des Wissens im Langzeitgedächtnis sorgen, d.h. für effektives Lernen“, so Herrmann (2009, S. 162). Speziell das motorische Lernen basiert auf Aktivität. Es ist eine bewusste und zielgerichtete Auseinandersetzung mit der Umwelt, wobei sowohl sie als auch der bzw. die LernerIn Veränderungen durchschreitet, so Meinel und Schnabel (2007, S. 157 f.). Ein Motiv kann als „Beweggrund“ (Meinel & Schnabel, 2007, S. 158) übersetzt werden. Daraus lässt sich ableiten, dass die Aktivität und die Tätigkeit bei den Lernprozessen von einem „Gefüge von Motiven (Beweggründen) vielfältiger Art“ (Löwe, 1970, S. 45) bestimmt wird, das sich im Endeffekt als Motivation charakterisiert. Motivation und Aktivität sind funktionell miteinander verknüpft. In (motorischen) Lernprozessen können Motivation, Emotionen und Haltungen durch den Einfluss der Pädagogik gesteuert und geführt werden (vgl. Meinel & Schnabel, 2007, S. 158).

Sind Lernprozesse von positiven Emotionen begleitet, werden dabei unterschiedliche Gehirnstrukturen und -ebenen aktiviert und dies wiederum steigert den Lernerfolg. Brand und Markowitsch (2009, S. 83) erklären den Zusammenhang von Emotionen und Gedächtnis folgendermaßen:

„erstens werden [...] emotionale Inhalte (damit sind auch emotionale Kontextinformationen gemeint) leichter eingespeichert und erinnert; zweitens dienen emotionale Aspekte der Lernsituation als Abrufhinweise (Quellengedächtnis); drittens aktivieren positive Emotionen während des

Lernens das sogenannte Belohnungssystem im Gehirn, das verhaltensverstärkend wirkt.“ (Brand & Markowitsch, 2009, S. 83)

## 9.4 Vertrauen

Neben der Neugier kommt auch das Vertrauen zum Einsatz, das nach Herrmann (2009, S. 152) durch die Neugier entsteht. Das Vertrauen auf Erfolg ist wichtig, ebenso wie das Vertrauen, Fehler machen zu dürfen ohne schlimme Folgen befürchten zu müssen. Die LernerInnen sind auf der Suche nach mehr und am Ende werden sie belohnt. Darum geht es bei Vertrauen auf andere und auch auf sich selbst. Das Individuum wird durch diese Erfahrungen selbstbewusster und erkennt, dass es selbst etwas bewirken kann. Das „Vertrauen in die eigenen Möglichkeiten, Fähigkeiten und Fertigkeiten“, das „Vertrauen in die Lösbarkeit schwieriger Situationen“ und das „Vertrauen in die Sinnhaftigkeit der Welt“ (Hüther, 2009, S. 46) sind es, die die Lust am Lernen, am Entdecken und deren Nachhaltigkeit fördern.

Lange (2014, S. 126) verweist auf die Wahrnehmung und der Arbeit an ihr, sodass die SchülerInnen in ihrer psychischen und physischen Ausdruckskraft gestärkt werden. Etwas ausdrücken und Raum dafür nutzen zu können, bedeutet Entfaltung. Man erhält einen „unmittelbaren und bewusst-aktiven ‚Zugriff auf ihre Umwelt‘“ (Lange, 2014, S. 126). Sie sind sich ihrer Fähigkeiten bewusst und lernen sie zu schätzen. Mit einer positiven Einstellung zu sich selbst lassen sich Kinder eher auf neue Inhalte und Probleme ein und können sich dadurch auch im Unterricht bemerkbar machen. Dadurch tragen sie zum Unterrichtsgeschehen bei, gestalten dieses mit und werden zu einem aktiven Teil des Lernprozesses (vgl. Lange, 2014, S. 126).

In diesem Bereich geht es auch um Erwartungen und dazu hat bereits Bandura (1977, S. 191 ff.) eine Art „Theorie der Selbstwirksamkeit“ aufgestellt, mit welcher der Verlauf von der Erwartung bis zur Umsetzung thematisiert wird:

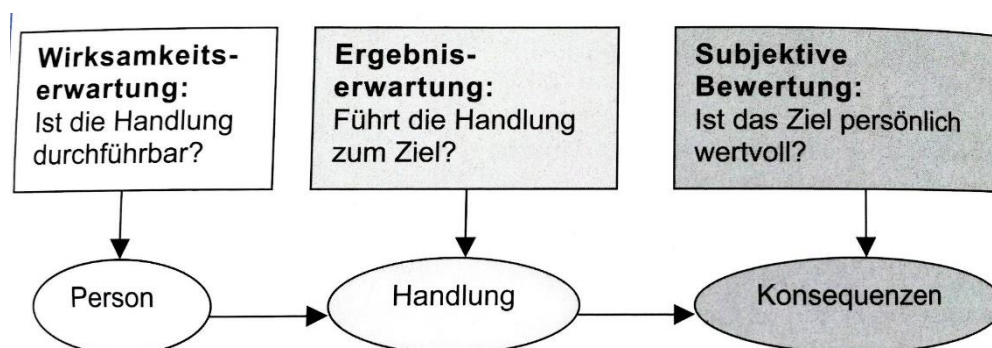


Abb. 21: Erwartung – Ergebnis – Bewertung in Bezug auf die Selbstwirksamkeit (Winkel et al., 2006, S. 204 adaptiert nach Bandura, 1977, S. 193)



Die Grafik soll den Werdegang eines Eindruckes bzw. einer wahrgenommenen Aufgabe und damit die Reflexion über die eigenen Kenntnisse von der Einleitung einer Handlung bis hin zur Realisierung und Bewertung des eigenen Tuns veranschaulichen.

Die Stärke der Überzeugung in die eigene Selbstwirksamkeit bewirkt die Fähigkeit und Bereitschaft, sich Situationen und Anforderungen zu stellen (vgl. Bandura, 1977, S. 193). Oftmals glauben LernerInnen, ihre Fähigkeiten und Möglichkeiten reichen für die gestellten Anforderungen nicht aus und entwickeln deshalb Angst und Abneigung. Andererseits bringen sich Menschen mehr in einschüchternde Situationen ein, wenn sie sich selbst als fähig und sicher fühlen. Das Gefühl von Selbstwirksamkeit bestimmt die Wahl von Aktivitäten, Problemstellungen und Lernkontexten, aber durch die Erwartung eines Lern- oder Handlungserfolges, können die Bewältigung der gestellten Anforderungen und Aufgaben unterstützt und gefördert werden. Die Erwartungen an die eigene Leistungsfähigkeit sind des Weiteren ausschlaggebend für die Dauer, die sich das Individuum schwierigen Aufgaben und Widerständen gegenüberstellen will und kann. Je stärker die wahrgenommene Selbsteffizienz, desto aktiver ist der Lerner bzw. die Lernerin in der Bearbeitung der Problemstellung. All jene, die sich ihren subjektiv als schwierig oder furchteinflößend eingestuft und empfundenen Aufgaben gegenüberstellen und diese überwinden, gewinnen die korrigierende Erfahrung gegenüber der Situation und Aufgabe. Zugleich wird das Gefühl der Selbstwahrnehmung gestärkt (vgl. Bandura, 1977, S. 193 f.). Derartige Erlebnisse und Erfahrungen haben Einfluss auf die Motivation und so auf weitere Lernerfahrungen.

## **9.5 Lernkontext**

Aufmerksamkeit, Vorwissen und Interesse bestimmen nicht alleine den Erfolg der Lernenden, denn mindestens genauso wichtig ist der Kontext oder die Situation, in die das Lernen eingebettet ist (vgl. Roth, 2009, S. 67). Dank des Quellengedächtnisses bleibt mit dem Lerninhalt auch eine Information über die Art der Vermittlung, die Vermittlungsperson, sowie die Zeit und den Ort des Lerngeschehens erhalten (Schacter, 1996, S. 17). Sensorische Erfahrungen helfen den Lernenden, ‚gut‘ und ‚böse‘ zu unterscheiden und diese in ihr weiteres Handeln zu integrieren. Schmerzhaftes, angstbehaftetes Erlebnisse bewirken Vermeidung, positiv bewertete Erfahrungen rufen Motivation für Wiederholung und eine Ausweitung des Wirkungsbereiches hervor. Es sind die Belohnungs- und Angstzentren aktiviert und werden die aufgenommenen Inhalte verstanden, können auch die Zentren reagieren. Dieses Verständnis bewirkt das ‚Überleben‘, wie Zull (2002, S. 51) erläutert.

Die sensorischen Erfahrungen in Zusammenhang mit dem Gedächtnis wirken bei der Art und Weise der Konsolidierung mit und sie tragen zur Förderung oder Hemmung in den Erinnerungsvorgängen bei. Waren beispielsweise Konflikte, Angst oder eine abschreckende Atmosphäre Teil der Lernsituation, so ist es für die Informationen nicht sehr wahrscheinlich,

langfristig abgespeichert zu werden (vgl. Roth, 2009, S. 67). Wenn aber etwas Sinn hat und es auch das Individuum emotional beschäftigt, können viele Details aus dem Gedächtnis abgerufen werden (vgl. Zull, 2002, S. 78). Intensive Gefühle zusammen mit einem bestimmten Inhalt gehen in das Langzeitgedächtnis über. Zull (2002, S. 83) vermutet, dass es eine direkte Einwirkung des Körpers auf das Gehirn ist, denn schließlich werden physiologische Reaktionen ausgelöst, die ebenso mit eingespeichert werden.

Die Umgebung und Situationen, in denen sich der Mensch befindet, werden vom limbischen System evaluiert, sie werden auf Bekanntheit geprüft und mit bereits gemachten Erfahrungen abgeglichen. Dabei spielen auch die Gefühle eine Rolle. Ob etwas gut für den Menschen ist oder eher Negatives bewirkt, wird ebenso vom limbischen System überprüft und auch wie das Individuum im Zuge dieser Evaluierungen am besten reagieren sollte. Für den Lernerfolg ist das limbische System deshalb essentiell, da es über das Schenken von Aufmerksamkeit entscheidet, über das Zuhören, Einprägen und die folgenden Übungssequenzen. Es entscheidet, ob die Inputs für den Menschen wichtig sein könnten und leitet dann weitere Schritte ein. Wenn sie es nicht sind, so lenkt es den Fokus auf andere Ereignisse oder Signale. Hat das limbische System einen Input für wichtig befunden, kommen Neuromodulatoren ins Spiel, die Wissen generieren und Verknüpfungen für neue Zusammenhänge fördern. Es werden Verbindungen von einer Information zu einer anderen konstruiert und damit wird die Speicherung neuer Informationen erheblich leichter als bei zusammenhangslosen Inputs (vgl. Herrmann, 2009, S. 160, auch Roth, 2009, S. 59).

Birbaumer und Schmidt (2010, S. 635) betonen, dass eine „anregende Umgebung, die zu aktivem Handeln führt, [...] die neokortikalen Wachstumsprozesse [fördert]; in eintöniger Umgebung bleiben sie aus<sup>16</sup>.“ Wichtig ist dabei, dass sich die Individuen aktiv mit den Gegenständen und dargebotenen Situationen auseinandersetzen, damit ein Lernerfolg eintreten kann. Daraus kann geschlossen werden, dass umso besser gelernt wird, je mehr Anregung durch die Umwelt geboten wird und auch, je intensiver die Sinne an der Erschließung und Verinnerlichung der Inhalte beteiligt sind. Zull (2002, S. 152) erklärt, dass im Lernen visuelle, akustische, taktile und weitere sensorische Inhalte über die Sinnesorgane zum Gehirn transportiert werden. Das funktioniert mit Bildern, Symbolen, Sprache, Bewegung und wird mit Emotionen verbunden. Das Aufgenommene erfährt eine Verbindung mit bereits vorhandenem Wissen.

---

<sup>16</sup> René Spitz (1887-1974) hat Forschungen in rumänischen Waisenhäusern an verwaorlosten Kindern betrieben und dabei ihre psychische und geistige Entwicklung beobachtet. Weitere Informationen sind beispielsweise unter diesem Link gefunden werden: <https://www.psya.de/psychischer-hospitalismus-172.html> (letzter Zugriff am 13.4.2017)

## 9.6 Selbstständigkeit und Aktiv-sein

Anstatt ständig passiv zuhören zu müssen, sollen die SchülerInnen aktiv werden, so Herrmann (2009, S. 149). Arnold (2009, S. 185) erklärt, dass ein selbstständiger Eingriff in den Kontext eines Lernprozesses dessen Gesamterscheinung verändert. Das Individuum steuert die Rahmenbedingungen eines Lernvorganges. Die Realisierung und der Gebrauch von Lerninhalten gehören zum Lernprozess dazu und runden ihn ab. Die Erstellung einer temporären Reihenfolge bzw. einer Sequenz hilft dem Individuum, die Lösung von Aufgaben zu planen, die Lernsequenzen wahrzunehmen, sich der Techniken zur Inhaltsbeschaffung und methodischen Umsetzung bewusst zu werden, sowie Erarbeitungsstrategien anwenden zu können. Werden diese Kompetenzen dazu verwendet, um auf ein eigens definiertes Ziel hinzuarbeiten und wird über ausreichend Wissen und Können verfügt, um die Fähigkeiten umsetzen zu können, kann man von einem kompletten Lernprozess sprechen (vgl. Arnold, 2009, S. 186).

Neues soll entdeckt und selbstständig konstruiert werden. „Selbstorganisiertes Lernen ersetzt den fragend-entwickelnden Unterricht“, so Herrmann (2009, S. 149). Der Schüler bzw. die Schülerin übernimmt für das zu bearbeitende Pensum und seinen bzw. ihren Fortschritt auch die Verantwortung. Defizite können entstehen, lassen sich aber durch die variable Ordnung und Aneignung der Inhalte nachlernen und sinnvoll integrieren. Herrmann (2009, S. 149) merkt an, dass die SchülerInnen ein höheres Maß an Konzentration, Ruhe, Kooperation und Leistungsbewusstsein zeigen als in anderen Unterrichtsformen (vgl. Herrmann, 2009, S. 149). Diese Forderung verlangt sowohl den SchülerInnen als auch den Lehrpersonen viel an Verantwortung und Vertrauen ab. Sie kann aber im Endeffekt durch die Integration der SchülerInnen in die Planung ihres Lernfortschrittes eine positive Einstellung und motivierte Haltung gegenüber des Inhaltes bewirken.

## 9.7 Spielen

Spielen ist eine frühkindliche Form des Lernens. Es geschieht ohne Zweck und ist die „intensivste intrinsisch motivierte Lerntätigkeit“, so Herrmann (2009, S. 150). Sich spielerisch Kenntnisse und Fertigkeiten anzueignen umfasst die Wahrnehmung, die Emotionen, die Kognition und das gemeinschaftliche Handeln (vgl. Herrmann, 2009, S. 150 f.). Bei der Wahrnehmung oder Entdeckung einer Bewegung kommt es auch zu spielerischen Annäherungsversuchen. Das Kind wagt sich an Neues heran, mit Erfolgen und Rückschlägen, es erwartet Spannendes hinter jeder entdeckten Tätigkeit. Durch diesen „Modus einer (anthropologisch bedingten) Weltoffenheit, die sich sehr treffend durch den Terminus Bewegungsneugierde kennzeichnen lässt“ behält der bzw. die Lernende das Interesse und die Motivation zum Weiterlernen und Weiterentdecken (Lange, 2014, S. 16).

Lange (2014, S. 16) misst den Begriffen „Spiel, Raum und Bewegung bzw. Beweglichkeit“ eine große Bedeutung im Bewegungslernen bei und verweist darauf, dass vor allem der Raum gegeben sein muss, um Lernen zu können. Dazu zählt der Raum, ausprobieren und Grenzen testen zu können, auch der Raum, den die Lehrperson den SchülerInnen durch die Planungen, Geräte, Methoden und Sozialformen zum Üben und Entdecken zur Verfügung stellt (vgl. Lange, 2014, S. 16). Bewegung und Lernen als Spiel zu sehen ist eine Möglichkeit, eine andere wäre es, das Ganze als „Ironie“ zu betrachten, so Volkamer (2003, S. 77). Es werden Runden gelaufen statt Wege mit einem Ziel, es geht um das Tempo, obwohl keine Gefahr besteht, es geht darum, Körbe zu machen, wobei der Ball durchfällt und der Moment der Präzision und des Ruhms sogleich wieder vorbei ist. Es sind permanent Probleme, Widerstände, Hürden zu meistern, die durch den Sport gestellt werden und die die Sporttreibenden freiwillig bezwingen, um sich und anderen etwas beweisen wollen und immer aufs Neue wieder damit beginnen (vgl. Volkamer, 2003, S. 77 ff.). Dies ist eine ironisch-philosophische Sichtweise Sport zu betrachten und seine Wirkung auf die Menschen auszulegen. Die Bewegung und das Spiel erhalten Wirklichkeitscharakter und vermutlich ist dies auch der Ansporn, sich darin zu vertiefen.

## **9.8 Leisten und Entspannen**

Wie weiter oben schon ausgeführt, ist das menschliche Gehirn zu Beginn des Daseins noch relativ unausgereift, jedoch mit einem hohen Potential versehen. Mit der Zeit entwickeln sich Strukturen und Netzwerke, die für Problemlösungen und weitere Lernprozesse benötigt und weiter ausgeformt werden. Spitzer (2006, S. 239) sieht den Nutzen einer langsamen Entwicklung des menschlichen Gehirns darin, dass es möglich ist, „komplexe Inputmuster zu verarbeiten“. Dies ist in Form von Entdecken, Ausprobieren, Erfahren, Fehler machen und Lernen möglich. Die Kompetenz, sich komplizierteren Sachverhalten gegenüber zu stellen, steigt mit der Entwicklung. Hinzu kommt die Verschiedenheit der Erfahrungen und der allgemeinen Prägung eines jeden Individuums. Eine Art Synchronisierung kann in Form „von Reifung und angebotener Lernerfahrung“ (Spitzer, 2006, S. 240) geschehen.

Das richtige Maß an Anspannung und Entspannung für einen optimalen Lernfortschritt und -erfolg ist individuell und damit relativ schwierig umsetzbar in einer von der Lehrperson getakteten Stunde (vgl. Herrmann, 2009, S. 151). Neuromodulatoren, z.B. Dopamin, fördern die Gedächtnisleistung und damit den Lernprozess. Damit Dopamin im Gehirn gebildet wird, ist Entspannung während der Lernphasen nötig. Die Lernatmosphäre selbst kann auch mit einem geringfügig angespannten Gefühl für die Erbringungen einer bestimmten Leistung und Aussicht auf Erfolg charakterisiert sein (vgl. Herrmann, 2009, S. 161). Weitere Neuromodulatoren sind beispielsweise das Noradrenalin, welches auf Stress, psychische und physische Erregung und Aufmerksamkeitszentrierung wirkt, das Serotonin, welches eine

beruhigende Wirkung hat und das Acetylcholin, das sowohl Lernen als auch die Aufmerksamkeit fördert (vgl. Roth, 2009, S. 60). Gehen die bisher erzielten Erfolge über die Erwartungen hinaus, wird die Bildung der Neuromodulatoren erhöht, bleibt diese Rückmeldung bezüglich der Erfolge aus, stellt sich die Bildung von Dopamin ein und die Lernprozesse kommen ins Stocken. Das kann auch in stress- oder angstgefüllten Situationen passieren. Dadurch stellt sich die Frage, wie sinnvoll das schulische Bewertungssystem ist, bei dem zumeist unter Druck und möglicherweise auch Angst Wissen und Können präsentiert und reproduziert werden soll (vgl. Herrmann, 2009, S. 161).

### **9.8.1 Schlaf in Zusammenhang mit Lernen und Gedächtnis**

Birbaumer und Schmidt (2010, S. 599) weisen darauf hin, dass Schlaf gemeinsam mit aktivierten cholinergen Gehirnstrukturen eine permanente Aufrechterhaltung und Genese „von neuronalen Zelladhäsionsmolekülen und stabilen Proteinsynthesen und Genexpression“ unterstützt. Ungenügend Schlaf bzw. eine Hinderung am Schlafen können zu Wachstumsproblemen, synaptischen Rückbildungen und sogar Retardierung führen (vgl. Birbaumer und Schmidt, 2010, S. 599). Im Schlaf gibt es bekanntlich unterschiedliche Phasen, in denen Gehirnströme und -aktivitäten gemessen werden können. Erst nähert sich der Mensch dem Tiefschlafstadium an, dann erlangt er ein Stadium, in dem der Schlaf wieder leichter zu sein scheint. In dieser Phase bewegt sich die Kurve des Hirnstroms in etwa gleich wie im Wachzustand, obwohl es in diesem Zeitabschnitt am schwierigsten ist, den Schlafenden oder die Schlafende zu wecken. Es gelingt dem Gehirn dabei, sich sozusagen zu isolieren, die „Weckschwelle“ ist hoch, die Muskelspannung gering, einzig und allein die Augen bewegen sich. Daher stammt der Name „REM-Schlaf“, das sich von „Rapid Eye Movements“ ableitet (Spitzer, 2006, S. 122).

Durch die Verknüpfungen zwischen dem Kortex und dem Hippocampus werden Inhalte vorübergehend stabilisiert. Im Tiefschlaf erfolgt eine erneute Präsentation des Gelernten (vgl. Spitzer, 2006, S. 123 f.). Spitzer (2006, S. 124) nennt dies eine „off-line Nachbearbeitung“ und verweist auf Stickgold, Hobson, Fosse und Fosse (2000, S. 1052), die dieses Thema des „Offline memory reprocessing“ in einer Publikation behandelten. In diesem Prozess erfolgt eine Synchronisierung vom Hippocampus und dem Kortex. Dadurch werden „die Gedächtnisspuren vom Hippocampus in den Kortex übertragen“ (Spitzer, 2006, S. 124). Im Tiefschlaf ereignet sich diese Wissensübertragung vom Hippocampus zum Kortex, der wie Spitzer (2006, S. 125) meint, überaus langsam lernt. „Der Hippokampus fungiert im Schlaf als Lehrer des Kortex“ (Spitzer, 2006, S. 125). Auf diese Weise kommt es zu besseren Lern- und Behaltensleistungen und das, was am Vortag nicht funktioniert hat, gelingt nun. Es geschieht eine Konsolidierung (Spitzer, 2006, S. 121, siehe auch Lechner et al., 1999, S. 77).

## 9.8.2 Stress und seine Wirkung auf den Körper

Stressbedingte Reize werden von Birbaumer und Schmidt (2010, S. 149) auch „aversive Reize“ genannt und durch verschiedene Aspekte hervorgerufen bzw. beeinflusst:

- „objektive, physikalische Intensität der aversiven Reize,
- subjektiv-psychologische Intensität der aversiven Reize (Bewertung und Ursachenzuschreibung),
- Vermeidungs- und Bewältigungsmöglichkeit („coping“) der Reizsituation,
- Vorerfahrung mit Stress (Immunisierung versus „Überwältigtsein“), die Lerngeschichte einer Person (z.B. frühe Vernachlässigung, Missbrauch),
- Dauer und Häufigkeit von Stressreizen,
- konstitutionelle psychologische und physiologische Faktoren („Stressempfindlichkeit“, Persönlichkeit)
- tonischer Ausgangs-(Aktivierungs-)zustand des Lebewesens vor und während Stressreizen (einschließlich zirkadianer<sup>17</sup> und ultradianer<sup>18</sup> und anderer Periodizitäten und Schlafstadien),
- soziale Stützung und Bindung („social support“),
- motorische „Abfuhrmöglichkeiten“ (z.B. regelmäßiger, nicht-kompetitiver Sport).“

Es sind vielmehr die „subjektiv-psychologischen als die objektiv-physikalischen Bedingungen“, die Stress im neuronalen und hormonellen Organismus bewirken. Ebenfalls entscheidet die „Verfügbarkeit von Bewältigungsverhalten“, wie sehr Stressreize den Körper und die Psyche belasten (Birbaumer & Schmidt, 2010, S. 149). Spitzer (2006, S. 167) unterscheidet zwischen dem „Stressor“ (Situation) und dem „Stress“ (Zustand), wobei der erste Terminus die Ursache vom zweiten darstellt. Vorhersehbarer Stress ist leichter zu bewältigen als eine plötzlich eintretende stressbehaftete Situation. Dies rührt daher, dass der Mensch seines Bewusstseins, alles unter Kontrolle zu haben, beraubt wird. Durch Kontrolle und Kontrollierbarkeit lässt sich Stress im Allgemeinen besser bewältigen, betont Spitzer (2006, S. 168).

Während Bewegungsausführungen im Alltag oder während eines Wettkampfs ist der Sportler bzw. die Sportlerin kognitiv gefordert. Kommt es zu Misserfolg, Versagen, Verletzungen oder anderen negativen Erfahrungen, bleiben Spuren zurück, die hemmend wirken und die

---

<sup>17</sup> Zirkadian: „circa = ungefähr; dies = Tag“, „Die zirkadianen [...] Rhythmen sind zum Großteil keine passiven Konsequenzen des Hell-Dunkel-Rhythmus des Tages, sondern Ausdruck der Aktivität organismusinterner Oszillatoren („Uhren“) mit definierten Oszillationsperioden [...], die meist von „Zeitgebern“ der Umgebung synchronisiert [...] werden.

<sup>18</sup> Ultradiane Rhythmen = kürzere Perioden, das Gegenteil von infradiane Perioden = längere Perioden

Denkvorgänge auf negative Weise prägen. Stress im physiologischen Bereich kann den Organismus aus dem Gleichgewicht bringen. Schmerzen oder Mangelerscheinungen können hier die Folge sein. Andererseits können auch externe Faktoren wie etwa Geräusche, Licht oder auch Musik die Konzentration und den Energiehaushalt beeinträchtigen, wobei hier beachtet werden muss, dass diese Einflüsse individuell verschieden und situationsabhängig sind (vgl. Meyners, 2010, S. 207 f.).<sup>19</sup>

## **9.9 Wahrnehmung, Bewusstsein und der Umgang mit Informationen**

Das Gehirn erhält zeitgleich eine Vielzahl an Informationen, die von ihm sowohl als Einheit als auch als separate Teile dargeboten werden. Dieser Vorgang erfolgt teils bewusst und teils unbewusst, wobei dies von der Aufmerksamkeit und der Mustererkennung mitsamt ihren zerebralen Verknüpfungen gesteuert wird (vgl. Herrmann, 2006, S. 153). Bewusstsein und das bewusste Wahrnehmen von Situationen und Umgebungen ist ein Teil der körperlichen und neuronalen Reaktionen. Hierbei werden bestimmte Hirnareale aktiviert. Durch die Interaktion dieser Erregungsstrukturen kann das Individuum Reize bewusst wahrnehmen, so Birbaumer und Schmidt (2010, S. 9).

Das Individuum fokussiert Objekte, die zuvor wahrgenommen und durch die Aufmerksamkeit bzw. die Neugier in das Blickfeld gerückt wurden. Nebenbei wirken aber auch noch andere Einflüsse auf den wahrnehmenden und konzentrierten Menschen ein. Obwohl dem Objekt die eigentliche Aufmerksamkeit gilt, ist das Gehirn damit beschäftigt, die Umgebung und deren Veränderungen zu prüfen. Dies ist ein Grund, warum oftmals die Konzentration gestört wird und es zu Ablenkungen kommt (vgl. Herrmann, 2009, S. 151). Sensorischer Input wird permanent überprüft und vor allem die Amygdala reagiert sehr sensibel. Sie ist spezialisiert darauf, negative emotionale Aspekte der eintretenden Informationen herauszufiltern. Wenn das Individuum also Angst, Einschüchterung oder Schwierigkeiten wahrnimmt, so werden die Aktionen nicht mehr vom sensorischen Kortex kontrolliert, der die Inhalte mit ihren Details zu erfassen versucht, sondern die Amygdala wird aktiv und mit ihr ein gewisses Überlebensverfahren, bei dem die Detaillierung nur vereinzelt funktioniert, so Zull (2002, S. 141).

Die Eindrücke werden von Sinnesorganen aufgenommen und an das Arbeitsgedächtnis weitergeleitet, wo sie im weiteren Schritt für die Bearbeitung einer Aufgabe herangezogen

---

<sup>19</sup> Meyners erläutert in seinem Beitrag auch die Wirkung und Möglichkeiten der angewandten Kinesiologie, die einen Beitrag zur Unterstützung gehirngerechten Lernens sowie der Behandlung von Stress leistet und durchaus eine Vertiefung verdient, aber in dieser Arbeit keinen Platz finden.

werden können. Das Arbeitsgedächtnis unterstützt bei Denk- und Planungsvorgängen. Damit eine Information bewusst genutzt werden kann, muss sie sich im Kurzzeitgedächtnis befinden, so Jasper (2008, S. 44). Die Autorin unterscheidet ebenfalls zwischen dem Arbeitsgedächtnis „als Zentrum flüssiger Intelligenz“ und dem allgemeinen Gedächtnis mit seinen Unterkategorien als „das Zentrum kristallisierter Intelligenz“ (Jasper, 2008, S. 44). Das Individuum entscheidet im Anschluss, ob die Information für den aktuellen Zeitpunkt und zum Lösen einer vorliegenden Problemstellung notwendig ist, ob sie somit gleich genutzt und als Handlung realisiert wird oder ob das Wahrgenommene für später wichtig ist und bis zu seinem Abruf im Gedächtnis bleiben soll (vgl. ebd., S. 44).

Wie es dann von der Wahrnehmung zur Handlung kommt, erklärt Arnold (2009, S. 185) anhand ihrer Ausführung über den Terminus des „perception-action cycle“, ein Kreislauf zwischen Wahrnehmung und Handlung. Es gibt ein reziprokes Verhältnis zwischen den beiden Polen, die Lernvorgänge ermöglichen und sicherstellen (vgl. Arnold, 2009, S. 185). „Executive memory“ und „Perceptual memory“, so wie Arnold (2009, S. 186) die beiden Bereiche bezeichnet, beeinflussen sich gegenseitig, weisen aber auch in jedem Bereich einzeln Bezüge und Abgleichungen zwischen den verschiedenen Ebenen auf. Im Bereich der Executive memory, welcher Handlungen von Verhalten und Sprache einschließt, sind die Ebenen der Konzepte, der Pläne, der Programme, der Handlungen und des „phyletic motor“<sup>20</sup> präsent, die sich aufeinander beziehen und abstimmen. Gleichzeitig gibt es im Wahrnehmungsgedächtnis die Ebenen der Konzepte, der Semantik, eine episodische und polysensorische Stufe, sowie eine „Phyletic sensory“ und dieser Gedächtnisteil nimmt Einfluss auf die fünf Sinne (Arnold, 2009, S. 186, Fuster, 2003, S. 128).

Jasper (2008, S. 44) gibt zu bedenken, dass die SchülerInnen im Sportunterricht Anforderungen ausgesetzt werden, die entweder die sofortige Reaktion und Nutzung von Informationen verlangt oder das Behalten für einen späteren oder länger andauernden Prozess. Kurze präzise Anweisungen in Bezug auf eine Bewegungshandlung können sofort umgesetzt und so zur Leistungsverbesserung herangezogen werden. Regelwissen oder Kenntnisse über ein Sportspiel etwa sollen längere Zeit im Gedächtnis behalten werden, auch wenn nicht sie nicht sofort zum Einsatz kommen bzw. für jede Situation notwendig sind (vgl. Jasper, 2008, S. 44).

Laube (2011, S. 198 f.) weist darauf hin, dass eine (Bewegungs-)Handlung verbalisiert werden sollte, um sie als bewusst wahrgenommen zu klassifizieren. Das regt die Vorstellung an und die Bewegungshandlung wird auf diese Art und Weise mental durchgeführt. „Wer den Lösungsweg einer sensomotorischen Aufgabe gut beschreiben kann, wird wahrscheinlich eine

---

<sup>20</sup> „phyletic“ bezeichnet eine evolutionäre Entwicklung einer Spezies, aber auch in anderen Gruppen und Bereichen (<https://en.oxforddictionaries.com/definition/phyletic>, letzter Zugriff am 4.8.2017).



geringere Fehlerquote aufweisen“, so Laube (2011, S. 199). Das sensomotorische Gedächtnis wird bei jeglicher Form von strategischem oder antizipativem Denken und Handeln im Bewegungsmodus aktiviert (vgl. Laube, 2011, S. 198 f.). Verfügt der Lerner oder die Lernerin über das eben dargelegte Wissen und hat er oder sie ein Lernziel anvisiert, so ist es möglich Aussagen über einen punktuellen Standpunkt im Lernprozess und dessen Fortschritt tätigen zu können. Die Verknüpfungen der Neuronen werden durch die Verbalisierung des aktuellen Lernstandes stärker, die Flexibilität und Festigung der gelernten Inhalte werden gefördert. Flexibilität im Denken und Handeln wie auch die Koordinierung von Wissen hängen besonders von den Informationen, den Arbeitstechniken und methodischen Aspekten ab. Dadurch wird das Individuum dann befähigt, Entscheidungen auf adaptiver Ebene selbst zu treffen und zu steuern (vgl. Arnold, 2009, S. 186).

Spitzer (2006, S. 9) spricht von der „Verarbeitungstiefe“. Er meint damit die Intensität, mit der sich ein Individuum mit einem Input beschäftigt und diesen für weitere Zwecke nützt. Ist die Verarbeitungstiefe höher, steigen die neuronalen Impulse und die Synapsen verändern sich. Wird eine Situation oder Begebenheit aus mehreren Perspektiven oder über mehrere Kanäle wahrgenommen und analysiert, kann das Individuum die Informationen erfolgreich abspeichern (vgl. Beck, 2014, S. 44). Der Autor benutzt in diesem Zusammenhang den Ausdruck „geistige Betroffenheit“ (ebd., S. 44) und erklärt dies mit Sportspielen oder Bewegungsaufgaben, die viel Übung, Wiederholung und mentale Einstimmung auf den Bewegungsakt bedürfen. Ein Beispiel stellen Tanzchoreographien dar. Der Lerner bzw. die Lernerin muss die Haltungen, Positionen und Figuren kennenlernen, üben und wiederholen, sich auf die Musik, aber auch auf den Trainer bzw. die Trainerin abstimmen. Es ist erforderlich, sich auf die Bewegung einzulassen und die volle Konzentration darauf zu lenken, um Erfolg zu haben. Bei Ballspielen sind es ebenso mehrere Punkte, die beachtet und kombiniert werden müssen: einerseits müssen eigene Vorteile herausgespielt werden, um Punkte oder Tore zu erzielen, Strategien sind zu befolgen, bei denen sich die SpielerInnen aufeinander abstimmen müssen, andererseits gibt es GegnerInnen, die beobachtet und analysiert werden sollten, während das Spiel läuft. Die Effizienz des Lernens besteht darin, selbst Lösungen zu finden und sich dabei auf die Gegebenheiten, die die Materie mit sich bringt, einzulassen (vgl. Beck, 2014, S. 45).

# 10 Lehren oder worauf die Wissensvermittlung aufbaut

Damit Lernen stattfinden kann, muss der Blick neben den Inhalten, der Organisation und den Rahmenbedingungen auch auf die Vermittlung fallen, auf das Lehren. Hier soll ein Bogen von den Subjekten des Lernens und den Objekten, Themen, Inputs des Unterrichts zum Initiator bzw. zur Initiatorin derartiger Lernprozesse gespannt werden. Diese drei Eckpunkte sollen zu einem Ganzen verbunden werden, damit sie als Einheit im Kontext des gehirngerechten Sportunterrichts agieren können. Diese Beziehung soll im Anschluss reflektiert werden.

## 10.1 Eine Dreiecksbeziehung

Lehren bedeutet laut Scherer & Bietz (2015, S. 184), dass den Lernenden „ein Zugang zu produktiver Auseinandersetzung mit der Sache [eröffnet wird], bei der diejenigen Erfahrungen gemacht werden können, die für eine kompetente Bewältigung der Sache erforderlich sind“. Dafür ist ein gewisser Spielraum notwendig, der eine Annäherung und Beschäftigung der SchülerInnen mit dem Gegenstand ermöglicht (vgl. Scherer & Bietz, 2015, S. 184). Einerseits ist die Verbindung zwischen SchülerInnen und der Sache zu schaffen. Dazu müssen dem Schüler bzw. der Schülerin durch die Präsentation der Inhalte oder Bewegungen in situativen Kontexten begleitet von didaktisch-methodischen Maßnahmen Möglichkeiten des Entdeckens und Ausprobierens geboten werden. Die Sache muss kennengelernt und individuell erschlossen werden. Es wird auch versucht, Verbindungen mit bereits Bekanntem oder Vorhandenem im eigenen Lebens- und Lernumfeld zu finden und herzustellen (vgl. Scherer & Bietz, 2015, S. 185). Besonders unterstützend wirkt das Interesse beim Lernen eines neuen Inhaltes oder einer neuen Bewegung. Dadurch ist der Lernende bereit, sich in den Sachverhalt zu vertiefen und den Schwierigkeiten anzunähern. Zusätzlich muss der Fokus auch auf die Sache an sich gelegt werden. Sie ist der Ankerpunkt, an den sich der Lernende heranwagt. Sie stellt eine Aufgabe oder ein Problem dar, das zu lösen ist und das auch gelöst werden will. Der Lehrer bzw. die Lehrerin ist ein weiterer Aspekt in diesem Lerngefüge, der bzw. die als Aufgabe die Vermittlung zwischen dem bzw. der Lernenden und dem Gegenstand hat (vgl. Lange, 2014, S. 13).

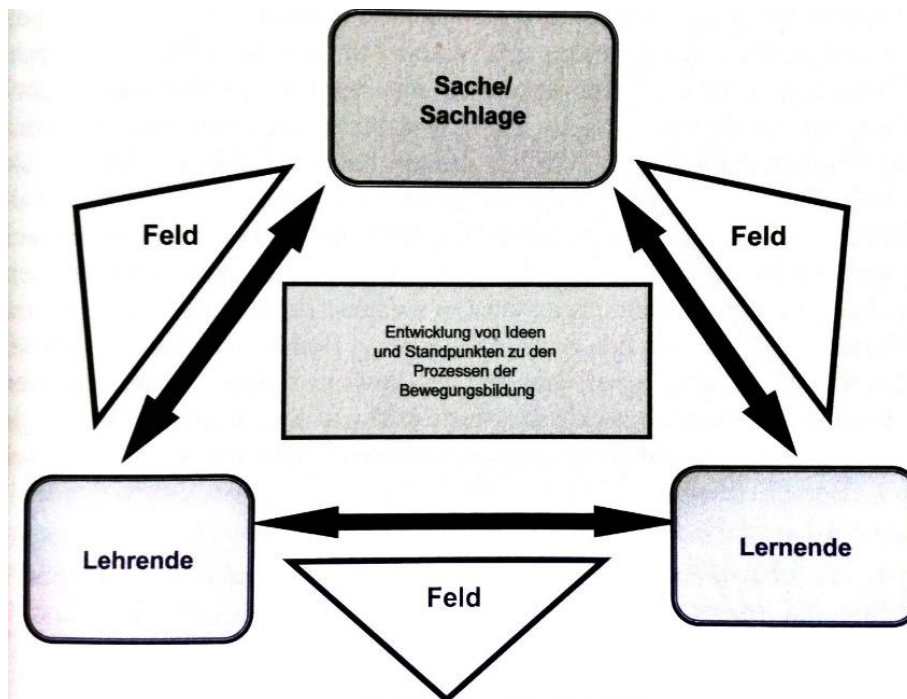


Abb. 22: "Sportdidaktisches Modell" (Lange, 2014, S. 9)

In dieser Grafik von Lange (2014, S. 9) werden die drei Eckpunkte durch Pfeile verbunden, die in beide Richtungen zeigen und dadurch die Wechselbeziehung verdeutlichen sollen. Es kristallisieren sich Themen, Aufgaben und Problemfelder heraus, die von den Beteiligten unterschiedlich wahrgenommen werden. Dadurch entwickeln sich Perspektiven und Lösungsmöglichkeiten, die zu den Bewegungslernprozessen und zur Zielannäherung beitragen.

Nicht nur die Beziehung des Lernenden bzw. der Lernenden mit dem Inhalt ist erforderlich für den Erwerb neuer Fähigkeiten und Fertigkeiten, sondern auch die personelle Ebene zwischen SchülerInnen und Lehrkraft erfüllt einen wichtigen Teil in der Aneignung und Verarbeitung von neuem Wissen (vgl. Scherer & Bietz, 2015, S. 186). Die Autoren nehmen hier Bezug auf Funke-Wieneke (1995, S. 10 ff.) und bezeichnen die Lehrperson als „Mitinterpretin der Lage, in der sich die Schüler befinden“. Durch diese empathischen Züge ist es möglich, die Sinne, die Emotionen und die kognitiven Fähigkeiten der SchülerInnen anzusprechen und weiterzuentwickeln (vgl. Scherer & Bietz, 2015, S. 186). Diese Interaktion zwischen Lehrperson, SchülerInnen und dem Gegenstand, wie sie Gruschka (2002, S. 87 ff.) dargestellt und erörtert hat, ist sehr komplex und verändert die Beteiligten im didaktisierten Kontext.

Es wächst die Gemeinsamkeit in den Kennenlern-, Verarbeitungs- und Aneignungsprozessen neuer Informationen und Inhalte. Jedes Subjekt bringt seine Erfahrungen, Einstellungen, seinen Wissenshorizont und seine Kompetenzen mit in diesen Lernvorgang, der dadurch individuell geprägt ist, so Oevermann (1996, S. 100). Hinzu kommt noch eine weitere Perspektive, nämlich das „kulturell und gesellschaftlich geprägte Feld von Bedeutung“, so

Lange (2014, S. 13). Bewegungen, erklärt der Autor weiter, erfüllen in bestimmten Dimensionen Zwecke. Das Individuum ist auf Bewegungen oder den Umgang mit Objekten und Situationen in gewisser Weise angewiesen und wird deshalb umso mehr motiviert bzw. dazu gebracht, die Bewegung zu lernen (vgl. ebd., S. 13).

„Da Bildung niemals in den Sachen an sich steckt, sondern immer nur im Zusammenhang mit Menschen zu verstehen ist, die sich in diese Sachlagen verwickeln bzw. für diese Sachen interessieren und deshalb an und mit ihnen arbeiten, muss auch das einschlägige Bildungspotenzial des Sich-Bewegens innerhalb der Grenzen solcher Verwicklungen gesucht und eingegrenzt werden“, so Lange (2014, S. 25). Diese Aussage soll die oben angeführte Grafik verdeutlichen und ergänzen, dass die Inhalte veränderlich sind, je nachdem wer sie bearbeitet oder mit wem sie erarbeitet werden. Die Sachen an sich existieren, benötigen aber die Eingliederung in Beziehungs- und Lernprozesse, um ihren Beitrag zum Lernen leisten zu können. Dafür sind alle drei Eckpunkte notwendig, die sich in den Lernkontext einbetten und so Bildung entwickeln.

## 10.2 Die Ziele der Sportdidaktik

Bereits Johann Amos Comenius (1592-1670) hat sich mit dem Lehren, im Speziellen mit der Didaktik befasst und sie als „Lehrkunst“ bezeichnet, so Lange (2014, S. 58). Wenn nun das Handeln eines Lehrers bzw. einer Lehrerin als Kunst bezeichnet wird, so kann man sie als KünstlerInnen betrachten. Es gilt, viel zu bedenken, einzuplanen, flexibel zu reagieren und trotzdem das Unterrichtsziel deutlich zu machen und zu erreichen. Zum Teil ist dies wahrhaft ein Kunststück.

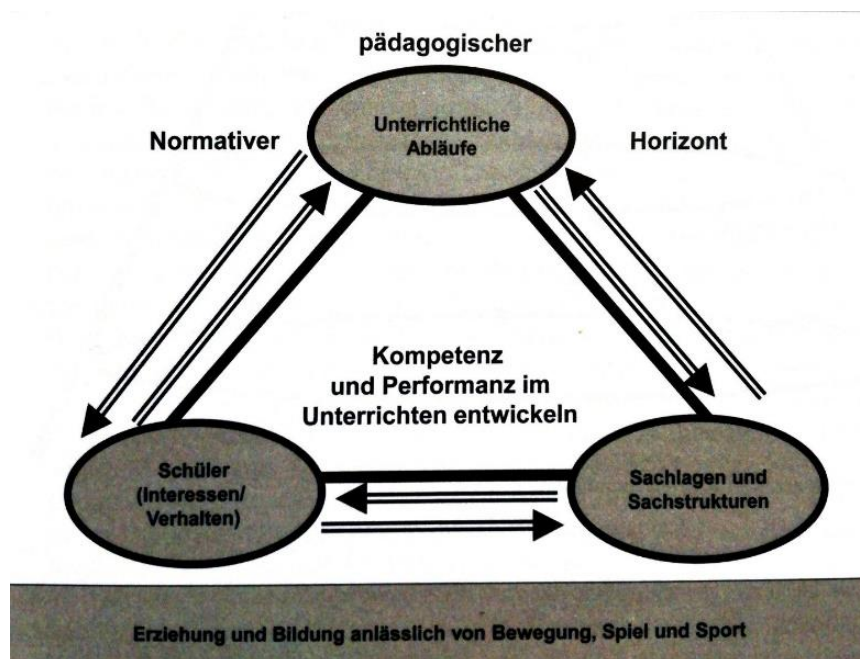


Abb. 23: "Anhaltspunkte für die Entwicklung unterrichtlichen Könnens" (Lange, 2014, S. 45)

Die Grafik der Dreiecksbeziehung lässt sich unter dem Aspekt der Sportdidaktik zuzüglich der Aspekte Sport, Bewegung und Spiel präzisieren, vor allem wenn im Gedächtnis behalten wird, dass dies vor einem pädagogischen Hintergrund des Sportunterrichts geschieht. Die SchülerInnen sind mit ihren Interessen und ihrem Verhalten in der Grafik enthalten, die Lehrperson verkörpert den Unterricht und die darin enthaltenen Abläufe. Als Sache oder Gegenstand werden Sachlagen und Sachstrukturen angeführt, was auf die Variabilität der Situationen und Gegenstände im Sportunterricht hinweisen könnte. Durch das Wissen um diese Wechselbeziehungen sollen sich die Fertigkeiten und die Leistung des Unterrichtenden steigern.

Scherer und Bietz (2015, S. 201) haben sich mit den fundamentalen Aspekten des Sportunterrichts befasst und daraus theoretische Schlussfolgerungen gezogen. Aus verschiedenen Blickwinkeln und strukturellen Ausgangspunkten betrachteten sie einen auf Lernen und Bildung ausgerichteten Sportunterricht. Daraus filterten sie folgende Perspektiven und Zusammenhänge heraus, welche die Lehrkraft bei der Organisation und der Methodik ihres Unterrichts unterstützen und leiten sollen:

- „1. Die ganzheitlich-genetische Perspektive ist darin begründet, dass stets ein ganzheitlicher und handelnder Mensch lernt und sich dessen Handeln im Lernprozess genetisch entwickelt;
2. die sinnorientierte Perspektive darin, dass das Bewegungslernen immer in ein Bewegungsthema eingebettet ist, das unterschiedliche methodische Ansatzpunkte bietet und den kontextuellen Rahmen aufspannt,
3. die funktionsorientierte Perspektive darin, dass Bewegungen Mittel dieses themenbezogenen Handelns sind und dergestalt beim Lernen in ihren Funktionen als Lösungen je spezifischer Bewegungsprobleme erfahren werden sollten;
4. die situationsorientierte Perspektive darin, dass Bewegungslernen in konkreten und komplexen Handlungssituationen stattfindet, in denen sich Sinn und Funktion des Bewegens widerspiegeln und deren Strukturen für das Lernen genutzt werden können, und
5. die gestalterorientierte Perspektive darin, dass Sinn und Funktion, Mensch und Situation aus Sicht des handelnden Menschen sich als phänomenale Gestalten darstellen, die im Lernprozess zu Einheiten verschmelzen.“

(Scherer & Bietz, 2015, S. 201).

Die angeführten Perspektiven versuchen das Geschehen und die Beteiligten im Sportunterricht zu erfassen und daraus lernprozessorientierte Konsequenzen zu ziehen bzw. Kontexte zu schaffen, die für Lernende und Lehrende nachvollziehbar und förderlich sind.

### **10.3 Zur Lehrkraft**

Spitzer (2006, S. 411) tätigt die Aussage „dass der Lehrer (oder die Lehrerin) der mit weitem Abstand wichtigste Faktor beim Lernen in der Schule“ ist. Er oder sie ist für vieles verantwortlich, kann einiges in Gang bringen, aber oftmals auch nur zusehen und das Lernen geschehen lassen. Erfolgreiches Lernen hat viel mit der Lehrerhaltung, seinem oder ihrem Handeln, sowie mit dem didaktischen Wissen und Können zu tun. Zusätzlich muss die Beziehungsebene zwischen SchülerInnen und LehrerIn stimmig sein, es muss wertschätzend miteinander umgegangen werden. Die Unterrichtsform und der Einsatz von Medien ist in diesem Bezug zweitrangig, so Spitzer (2006, S. 412 f.).

Die Lehrkraft selbst trägt also einen beträchtlichen Teil zum Lernprozess der SchülerInnen bei. Begeisterung schafft Wille und dadurch wird der Weg zum Erfolg bereitet. Im Lernprozess zählen positive Emotionen zu den Hauptkriterien, durch die Behaltensleistungen und Lernerfolge gesteigert werden können. Die SchülerInnen müssen sich in irgendeiner Weise mit den Inhalten konfrontiert sehen bzw. deren Sinn für sich in ihrem persönlichen Kontext erkennen, sie müssen sich emotional auf die Inputs einlassen. Durch die positiven Gefühle und Einstellungen wird das Belohnungszentrum zur Verstärkung des Verhaltens aktiviert, was ebenfalls als Lernunterstützung und Konsolidierung des Wissens dient (vgl. Brand & Markowitsch, 2009, S. 83).

„Lehren ist Drama“, so würde der Leitsatz heißen, wenn man die Ausführungen von Lange (2014, S. 62 f.) kurzfassen wollte. Unterricht hat dramaturgische Züge und kann dementsprechend auch ‚Kunst‘ genannt werden, wie dies weiter oben schon erwähnt wurde. Diese theatralischen Charakteristika verlangen ein gewisses Maß an Talent, sich in die Situationen einzufühlen und diese an das Publikum heranzutragen. Die Lehrkraft setzt sich und auch die Situation in Szene und möchte dadurch Kognitionsprozesse fördern. Erlern kann dies allerdings nur an realen Situationen werden, in Momenten der Wechselwirkung zwischen Lehren und Lernen, in denen man als LehrerIn Reaktionen und Rückmeldungen unterschiedlicher Form erhält (vgl. ebd., S. 62 f.).

#### **10.3.1 Brennen für das Fach**

Schirp (2003, S. 309) unterstreicht, dass die Lehrkraft Interesse und Leidenschaft für ihr Fach empfinden muss, um ihr Wissen und Können an die SchülerInnen erfolgreich weitergeben zu können (vgl. Schirp, 2003, S. 309). Wenn einem Menschen eine Sache Freude bereitet und er etwas aus intrinsischer Motivation heraus realisiert, dann macht er diese Sache gut. Das ist

beim Lernen genauso wie beim Lehren. Diese beiden Termini gehen oftmals ineinander über. Je mehr Vorschriften und Leitsätze von außen kommen, desto mehr muss sich die Lehrkraft in Anpassung üben und dies kann zu einem Verlust der Freude für das Fach und die Themen führen, so Spitzer (2006, S. 413).

Nur wer sich für sein Fach brennend interessiert und leidenschaftlich dabei ist, es immer wieder neu zu entdecken und die wichtigen Inhalte weitergibt, schafft es, diese Begeisterung zu übertragen und hat die Motivation, Lehrinhalte auf kreative Art und Weise den SchülerInnen zu präsentieren, die eine derartige Vermittlung besser aufnehmen als starre Konzepte in immergleichen Methoden und Formen. Dadurch können die SchülerInnen in der Findung individueller Zugänge und Erschließungsmöglichkeiten unterstützt werden. Es bedeutet auch, dass faszinierte LehrerInnen sich auch einmal von den Regelgehalten entfernen und so den eigenen Blick für anderes zu schärfen suchen, so Lange (2014, S. 59 in Bezug auf Heursen, (1997, S. 33 ff.).

### **10.3.2 Das Wirken auf andere**

Laut Roth und Koop (2015, S. 38 f.), die sich auf psychologische und neurologische Erkenntnisse beziehen, ist es einem Individuum möglich, in den ersten Augenblicken einer neuen Begegnung eine Einschätzung auf Glaubhaftigkeit des Gegenübers vorzunehmen (vgl. Roth, 2015, S.38 f.). Diese großteils unbewusste Evaluierung umfasst den Gesichtsausdruck, vor allem die Augen- und Mundpartie, die Stimmlage und deren Tönung, sowie die körperliche Haltung und die Gestik. Die Amygdala, der rechte „insuläre Cortex“, der rechtsseitige „temporale-parietale Cortex“, welcher besonders auf die Wahrnehmung von Gesichtszügen spezialisiert ist und „der orbitofrontale Cortex“ sind bei dieser Bewertungssequenz aktiv. Ein durch Angst oder Beklommenheit hervorgerufener Körpergeruch wird von der Amygdala aufgenommen und verarbeitet (Roth, 2009, S. 62).

Auch beim Unterrichten können die SchülerInnen Unsicherheit und Unmotiviertheit bei der Lehrperson relativ rasch erkennen, indem sie ihren Tonfall, ihre Vortragsart, ihre Haltung, ihre Mimik und Gestik mitsamt den ausgesendeten Signalen unbewusst interpretieren. Für den Lehrer bzw. die Lehrerin ist es kaum möglich, seine bzw. ihre innere Haltung mit dem Willen zu steuern. Für die SchülerInnen wirkt eine derartige Unmotiviertheit ermüdend und ruft eine Stagnation der Aufmerksamkeit hervor (vgl. Roth, 2009, S. 62).

### **10.3.3 Reflexion und Positionierung**

Sportunterricht aber auch jeder andere Unterricht entwickelt sich im Laufe der Zeit weiter, wenn die Lehrkraft sich mit ihrem eigenen Handeln auseinandersetzt. Lange (2014, S. 45 f.) schreibt unter der Prämisse der „Konstruktiven Sportdidaktik“ über den Kreislauf des Positionierens, Handelns und Reflektierens und meint, dass

„es Lehramtsanwärtern, aber auch *gestandenen* Lehrerpersönlichkeiten gelingen kann, ihr Handeln, Reflektieren und Positionieren immer treffsicherer aufeinander abzustimmen, um auf dieser Basis letztlich eine authentische und überzeugende Lehrerrolle auszubilden und zu habitualisieren“.

Der Autor bringt damit zum Ausdruck, dass ohne diese Schritte die Authentizität und Überzeugung eines Lehrers bzw. einer Lehrerin nicht gewährt ist. Ohne Reflexion und Auseinandersetzung mit sich selbst und seiner Position in einer Gruppe oder Situation kann kein Lernfortschritt, kein Ansatz zur Verbesserung verzeichnet werden. Diese metakognitive Konfrontation mit Geschehenem und Möglichem bedingt einen Schritt in Richtung Innovation (vgl. Lange, 2014, S. 45 f.).

Darauf baut die Entwicklung von Unterrichtsmodellen auf, die erprobt, evaluiert und gedeutet werden. Schlüsselmomente und Situationen dienen als Ansatz für die Ideen und Fortschritte in der Sportdidaktik und auch in der Weiterentwicklung des didaktischen Handelns der Lehrkräfte (vgl. Lange, 2014, S. 46 f.) Roth und Koop (2015, S. 86 ff.) erwähnen beispielsweise den Lehrplan und die Zeitstruktur der Schule als Taktvorgabe im Vermittlungsprozess, die Abwertung von Schule und Lernen im privaten Kreis, den Druck mitsamt der Versagensangst oder die Monotonie im Unterricht als Aspekte, gegen die LehrerInnen ankämpfen und sich neu positionieren müssen.

### **10.3.4 Kommunikation: Rückmeldungen geben**

Die Rückinformation oder auch das Feedback hat im (motorischen) Lernprozess einen hohen Stellenwert. „Lernen als erfahrungsbedingte Verhaltensentwicklung bedarf zwangsläufig der Rückmeldung über den Effekt des Verhaltens selbst“, so Meinel und Schnabel (2007, S. 152). Weitere Ausdrücke, die diesen Aspekt ein wenig detaillieren, sind „Knowledge of Results (KR)“ und „Knowledge of Performance (KP)“, erklären Meinel und Schnabel (2007, S. 152) weiter. Das Individuum muss also von der Lehrkraft über zwei Aspekte innerhalb seiner Darbietung informiert werden, nämlich über den Verlauf und über das Ergebnis. Aber auch über die Sequenzen innerhalb der Bewegungsausführung kann und soll informiert werden. So wird der Lerner bzw. die Lernerin sowohl mit externen Informationen einer beobachtenden Person, als auch mithilfe ihr eigenes Wahrnehmungssystem informiert, wie die Bewegung verlaufen ist. Es handelt sich somit um ein extrinsisches und ein intrinsisches Feedback, die den Lernprozess beeinflussen (vgl. Meinel & Schnabel, 2007, S. 152).

Einerseits kann mit dem Feedback eine Erhaltung oder gar eine Steigerung der Motivation und der Lernaktivität erzielt werden. Der Lerner bzw. die Lernerin erhält Informationen über den derzeitigen Könnensstand und kann abschätzen, ob er oder sie Fortschritte gemacht hat und



wie viel ihm oder ihr bis zum Bewegungsziel noch fehlt. Dem Beobachter bzw. der Beurteilerin muss klar sein, dass seine oder ihre Rückmeldung einen emotionalen Aspekt beinhaltet und er ein Erfolgserlebnis oder im gegensätzlichen Fall ein Misserfolgserlebnis provoziert. Im Anschluss daran wird der Lerner bzw. die Lernerin bestärkt oder gehemmt. Resultate sind dann entweder Motivation für das Weitermachen oder Resignation. Sollen Bewegungen korrigiert werden, ist die Beobachtung der Bewegungssequenzen der erste Schritt. Besonders durch die Analyse auf kinästhetischer Ebene wird der Lernprozess beschleunigt (vgl. Meinel & Schnabel, 2007, S. 152 f.)

## **10.4 Bewegungskoordination schulen**

Wie weiter oben schon erwähnt, zählt die Koordination von Bewegungen mitsamt den koordinativen Fähigkeiten zu den Bereichen, die das gehirngerechte Lernen und die kognitive Entwicklung fördern. Die Koordination von Bewegungen wird von den Sinnesorganen sowohl vor der Bewegungshandlung, als auch währenddessen und danach geprägt. Dabei wirken sich sowohl hemmende als auch unterstützende Einflüsse ausschließlich über den afferenten und den refferenten Informationsfluss auf die Bewegungshandlung aus (vgl. Meinel & Schnabel, 2007, S. 52). Nach Birbaumer und Schmidt (2010, S. 816) geht es dabei um „efferente motorische Kommandosignale“, die „mit afferenten Signalen verrechnet [werden], um das Bild der Umwelt bei Körperbewegungen stabil zu halten“. Neben den Sinnesorganen, die die Informationsaufnahme unterstützen, kommt auch die Verbalisierung zu den Einflussfaktoren hinzu (vgl. Meinel & Schnabel, 2007, S. 52).

Bei den Lernprozessen, in denen speziell die Sensorik geschult werden soll, um koordinativ agieren zu können, sind Bedingungen notwendig, die Beobachtungen und eigenständige Übung zulassen. Sie sollen eine Erleichterung für das „bewusste Erfassen der Bewegungsempfindungen (sensorische Information)“ (Meinel & Schnabel, 2007, S. 53) darstellen. Die Autoren bringen das Beispiel der Schwimmbehelfe im Anfängerstadium, mit denen der Lerner bzw. die Lernerin das Element Wasser, den Widerstand und die Möglichkeiten zur Fortbewegung auf kinästhetische Weise erfahren soll (vgl. Meinel & Schnabel, 2007, S. 53). Die Koordination von Bewegungen in verschiedene Sportarten ist vom unaufhörlichen Versuch geprägt, Harmonie und Bewegungsfluss zu erzeugen, die am Ende eine korrekte Bewegungshandlung charakterisieren. Die Lernenden nehmen Widerstände wahr und versuchen sie durch Handlungen, die sie aus verschiedenen Bewegungserfahrungen internalisiert haben, zu überwinden. Voraussetzung für einen ausreichenden Erfahrungsschatz ist die Variation in den Übungssequenzen (vgl. Lange, 2010, S. 171).

Das Wahrnehmen von Bewegungen ist Voraussetzung für deren Steuerung. Die Koordination von Bewegungshandlungen muss analysiert und geschult werden. Damit die Informationsaufnahme der Sinnesorgane vertieft wird, braucht es Übungen und Aufgaben, welche die Beobachtung und das körperliche Umsetzen implizieren. Auf diese Weise werden Erfahrungen gesammelt, die reflektiert und verbessert werden können. Wahrnehmungen der Lernenden und Lehrenden sollten unmittelbar nach der Ausführung verglichen werden. Zur Unterstützung kann auch das Medium der Videoaufnahme herangezogen werden (vgl. Meinel & Schnabel, 2007, S. 53).

Ein weiterer Schritt für die Ausreifung koordinativer Bewegungen ist die Verbindung der sensorischen Empfindungen mit der Verbalisierung. Der Lerner bzw. die Lernerin lenkt den Beobachtungs- und Empfindungsfokus auf die Handlung, die Lehrperson unterstützt diese Aufmerksamkeitszentrierung und dadurch sollen die Lernenden befähigt werden, ihr Tun und Fühlen in Worte zu fassen. Ziel ist es, das Vorstellungsvermögen auch auf komplexe Bewegungen übertragen zu können und damit auch das visuelle, das taktile und das kinästhetische System zu aktivieren, sowie statische und dynamische Komponenten der Bewegung herauszufiltern (vgl. Meinel & Schnabel, 2007, S. 53). Lange (2010, S. 171) gibt zu bedenken, dass bei komplizierteren Bewegungen sowohl Gefühle, die Kognition und auch der Wille mitwirken. Somit kann der äußerliche Aspekt nicht als einziges Kriterium für den Lern- und Entwicklungsprozess herangezogen werden.

Die Lehrkraft muss sich über die Menge der Informationen, die Art und Weise ihrer Kommunikation und des Zeitpunktes im Klaren sein. Entwicklung und Bewusstsein der Lernenden sind hier zu beachten, damit weder Überforderung noch ein Defizit an Informationen vorliegt, was zu Demotivation und einer negativ behafteten Einstellung führen kann (vgl. Meinel & Schnabel, 2007, S. 53). Aber nicht nur die Aufgaben sollten angepasst werden und Abwechslung aufweisen, um Eintönigkeit des Unterrichts und die Lustlosigkeit der LernerInnen zu vermeiden, auch die Umgebung spielt eine Rolle für die Einstellung zur Bewegung. Lange (2010, S. 171) erwähnt, dass der Bewegungsraum und die Situation ein gewisses Maß an Attraktivität für die Lernenden aufweisen müssen. So wird sowohl die Möglichkeit als auch der Wille gefördert, variable Gelegenheiten auszunützen, sich auszuprobieren, es mit Herausforderungen aufzunehmen und Bewegungserlebnisse sammeln zu können (vgl. ebd., S. 171).

Hier könnte beispielsweise auf den Aufbau eines Parcours verwiesen werden, der auf unterschiedliche Könnensstufen angepasst ist. Auch das Verwenden neuartiger Geräte und Materialien bedingt Interesse. Die Kombination aus dem Angebot an Geräten oder Stationen und der selbstständigen Entscheidung der SchülerInnen, was er oder sie ausprobieren möchte und wie intensiv die Betätigung sein soll, könnte eine Möglichkeit für motivationsfördernden

Sportunterricht darstellen. Hierbei soll auf Beckmann (2010, S. 516) verwiesen werden, die von einer „Erlebnislandschaft“ spricht, welche von den didaktisch-methodischen Überlegungen Kretschmers (2008, S. 385) geprägt ist: „Eine Bewegungslandschaft ist ein Gerätearrangement mit einem oder mehreren Bewegungsschwerpunkten, das zumeist in der Sporthalle in Form eines Parcours oder in Stationen angeboten wird. Häufig wird das Geräteangebot mit einer Bewegungs- oder Spielidee verknüpft. So entstehen fiktive Landschaften oder Fantasiewelten“ (Kretschmer, 2008, S. 385, in Beckmann, 2010, S. 515).

Die Aufmerksamkeitslenkung schafft mehr Bewusstheit für das Empfinden, das Steuern und die Regulierung von Bewegungshandlungen. Ist der Lerner bzw. die Lernerin in der Lage, sich die korrekte Bewegung und deren Sequenzen vorzustellen und zu empfinden, kommt es auf die „bewusste Konzentration“ (Meinel & Schnabel, 2007, S. 53) an, die durch Motivation unterstützt werden sollte (vgl. ebd.). Spiele können schwierigen Bewegungsaufgaben einen förderlichen Aspekt verleihen, damit die Motivation und damit der Wille zur Weiterentwicklung wächst bzw. beibehalten bleibt. Herausforderung, Anstrengung und Schwierigkeiten helfen den Lernenden bei ihrem Fertigkeitstraining und deren Erweiterung. Beim Fußballspiel beispielsweise sollte an der Treffsicherheit gearbeitet werden. Variationen im Bereich der Spieleraufstellung, der Materialverwendung, der Feldbegrenzung und der Gegner fördern im Idealfall eine Leistungssteigerung der SpielerInnen. Übungseinheiten zur Ballkontrolle und zum Umgangs mit dem Medium in unterschiedlichen Situationen erweitert das Handlungsspektrum (vgl. Lange, 2010, S. 173). Daraus schließend kann etwa mit Tennis-, Tischtennis-, Gymnastik- und Fußbällen geübt werden, um das Gefühl für das Medium zu schulen. Weiters lässt sich daraus ableiten, dass für die Übungszwecke der Schwierigkeitsgrad der koordinativen Anforderungen variiert werden sollte, indem beispielsweise ein Parcours mit dem Ball zu bewältigen ist, Partner- oder Kleingruppenübungen und -spiele für Pässe und Verteidigung im Lernprozess vorkommen sollten und die SpielerInnen in unterschiedlichen Positionen agieren müssen.

Bewegungslernen ist Erfahrungslernen, so unter anderem Lange (2010, S. 37 f.). Es werden physische Erfahrungen gemacht, die sich auf den Kontext und die darin vorkommenden Subjekte beziehen. Jeder und jede muss selbstständig Erfahrungen machen und für jeden und jede sind es individuelle Haltungen und Resultate, die dabei entstehen. Daraus ergeben sich Grenzen für die Sprache und die Demonstration, sowie für jegliche Form von Medien. Sie können bis zu einem bestimmten Grad wirksam und unterstützend sein, jedoch können sie ab einem Zeitpunkt nur mehr bedingt weiterhelfen. Die Lehrkraft ist dazu angehalten, diese Zeitpunkte wahrzunehmen und ihre Unterstützung so anzubieten, dass sie für die Lernenden spürbar und hilfreich ist (vgl. Scherer & Bietz, 2015, S. 194).

## 11 Brain-based teaching im Sportunterricht

Ein Lehrer bzw. eine Lehrerin sollte sich vor allem darüber im Klaren sein, dass die SchülerInnen im Grunde lernen wollen. Sie wollen Neues entdecken, sich weiterentwickeln, ihre Grenzen testen und sie ausweiten, sie wollen spielen und sich messen, sie wollen etwas können und dafür Anerkennung erhalten, sie wollen für ihre Ziele arbeiten und sie erreichen. Sie haben viel vorzuweisen, was im gemeinsamen Erarbeiten und Lernen einen reichhaltigen Beitrag leisten kann. Und bei all den Schwierigkeiten oder Problemen, die sich im Schulalltag auftun, ist vor allem diese Perspektive führend gegenüber allen Bewertungen, Kompromissen, Erfolgen und Rückschlägen:

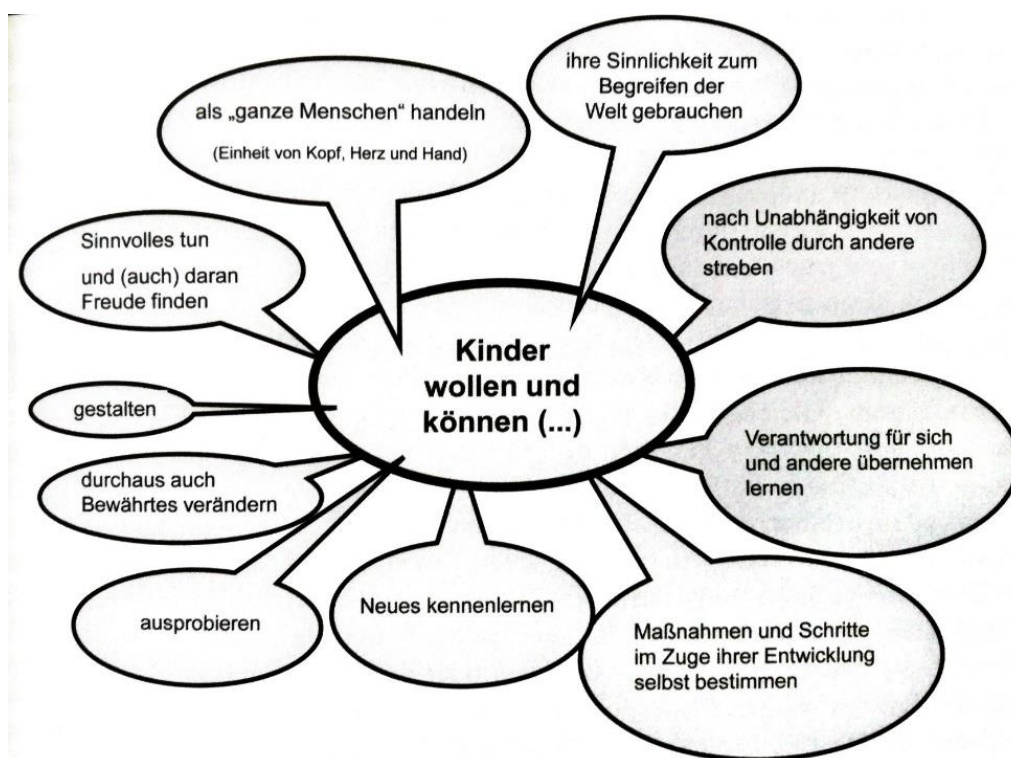


Abb. 24: Was Kinder wollen und können (Lange, 2014, S. 11)

Im Zuge dessen gibt es von der Sportpädagogik Forderungen und Ansichten, die in einen gehirngerechten Sportunterricht mit einfließen und beachtet werden sollten. Die Didaktik im Sportunterricht befindet sich im „Spannungsfeld zwischen sportbezogener Sachlogik bzw. methodischen Traditionslinien einerseits und kindlicher Experimentierfreude andererseits (sic!)“, so Lange (2014, S. 135). Die Lehrkraft muss den Gegenstand didaktisch und methodisch so gestalten, dass die LernerInnen Freude und Sinnhaftigkeit erkennen und vor allem ihre Kenntnisse und Fähigkeiten erweitern.

Es zählt zum Aufgabenbereich der Schule, des Unterrichts und damit auch der Lehrkraft, den SchülerInnen zu zeigen, dass sie selbst etwas bewirken können. Diese Selbstwirksamkeit soll sich dann festigen und weiterentwickeln. Deshalb ist es notwendig, dass die SchülerInnen

unterschiedlichen Aufgaben und Herausforderungen gegenüberstehen, die sie bewältigen sollen. Grundlage dafür ist vorerst eine Unterstützung vonseiten der Lehrkraft und um diese Hilfe anzunehmen, braucht es Vertrauen. Dazu kommt, dass Misserfolge zum Lernen dazugehören und nicht primär als Grund für Blockaden wahrgenommen werden. Hierfür sind Entmutigung, Sanktionen und die Einstellung, dass etwas unerreichbar ist, hauptsächlich verantwortlich. Das Ziel muss erreichbar scheinen, man muss sich ihm Schritt für Schritt annähern und Teilerfolge am Weg dorthin verzeichnen können, betont Hermann (2009, S. 152).

Methoden im Sport verlangen einerseits die Einnahme gewisser Rollen in der Vermittlung und andererseits die Aufnahme neuer Inhalte. Die Beziehung wie auch die Kommunikation spielen hier eine wesentliche Rolle. Klarerweise sind auch die Umstände, in denen gelernt und gelehrt wird, aber auch das Ziel, das erreicht werden soll, in die Methodik einzuberechnen. In ihrem methodisch-didaktischen Handeln verfolgt die Lehrkraft einen Plan, mit dem sowohl die sportlich-bewegungsorientierte und kognitive Bildung wie auch die Qualität des Trainings und des Unterrichtes sichergestellt werden sollen. Individualität in der Erschließung der Inhalte und in den Zugängen zu neuen Aufgaben verlangen methodische Vielfalt und auch Flexibilität (vgl. Lange, 2014, S. 166). Diese Dinge wurden bereits aus der Sicht der SchülerInnen bzw. SportlerInnen thematisiert, erhalten aber auch auf dem Standpunkt des Lehrers bzw. der Lehrerin erneut Bedeutung. Auf welche Aspekte in einem sportlich-kognitiv förderlichen Unterricht geachtet werden soll, wird in den nächsten Kapiteln erklärt.

## **11.1 Spiele und Übungen**

Lange (2014, S. 25 f.) betont, dass schwierige Bewegungsaufgaben oder Herausforderungen oftmals durch einen spielerischen Charakter das Interesse und die Kontinuität des Übens aufrecht erhalten können. Spiele und variable, abwechslungsreiche Trainingssequenzen bedingen die Entwicklung vielfältiger Kompetenzen. Die Lust an der Bewegung, an deren Umsetzung, am Spiel muss erhalten bleiben. Damit die Lernenden ihr Niveau steigern, bedarf es neuer Situationen und Herausforderungen, GegnerInnen, die die Grenzen aufzeigen und sie auf diese Weise dazu bringen, an sich weiter zu arbeiten. Faszination und auch Widerstände oder Hürden sind es, die den Willen zum Weitermachen stärken und nicht zu Langeweile führen. Die Variationen der Übungen und Trainingssequenzen sind nicht beliebig zu wählen, sondern sollten aufeinander abgestimmt und aufbauend sein, damit sich durch den Lernprozess der Bewegung die Perspektiven der Lernenden erweitern und sie befähigen, ihr Können auszubauen (vgl. Lange, 2014, S. 25 f.).

Damit Inhalte erfolgreich vermittelt, aufgenommen und gespeichert werden, bedarf es der „Präsentation, Erarbeitung, Aneignung und Übertragung von „Mustern“ („Schemata“), so Herrmann (2009, S. 155 ff.). Um vertiefender zu lehren und auch zu lernen, brauchen

SchülerInnen zeitlich gesehen kürzere Übungsformen, die aber mit einer höheren Frequenz, sprich mehr Wiederholungen, erfolgen. Dies wirkt sich förderlich auf die Repräsentation der Muster aus, über die das Gehirn verfügt. Abwechslung der Übungen, sowie die Einbettung der Lerninhalte in einen Kontext helfen der Kognition, Aufgenommenes zu verstehen und einzuordnen. Für eine noch bessere Konsolidierung ist es von Vorteil, wenn diese Inputs Verknüpfungen mit mehreren Kontexten aufweisen. Man kann es auch als sogenanntes fachübergreifendes Lernen ansehen. Von Vorteil sind auch die Strukturen, Hierarchien und die Abfolge von Regeln und Übungen, damit die Inhalte leichter eingeordnet und gespeichert werden können. Haben die Informationen in den Lernprozessen einen Bezug zur persönlichen Lebenswelt der SchülerInnen, wird der Speichervorgang erleichtert. Hierunter wird auf das explizite Wissen verwiesen (vgl. Schirp, 2003, S. 306 ff.).

Zu beachten ist, dass der Sport als Gegenstand oder Bewegungsaufgabe per se durch die von Schule und Methodik aufgezwungenen Etiketten nicht seinen wahren Charakter verlieren darf, wenn er an die SchülerInnen herangetragen wird. Die Beziehung zwischen Sport und SchülerInnen entsteht, wenn das Wesen des Sports erkennbar ist und möglichst originalgetreu bleibt. Danach soll sich durch die Beschäftigung mit der Sache bei den SchülerInnen ein individueller Bezug entwickeln, der sie sowohl körperlich als auch seelisch Erfahrungen machen lässt. So können sie unverfälscht einschätzen, in wie weit die Sportarten für ihre Lebensumstände von Bedeutung sind und wie viel Motivation sie für eine Vertiefung haben. Volkamer (1979, S. 19) verdeutlicht dies folgendermaßen:

„Eine falsch verstandene Methodisierung des Sportunterrichts führt zu einer Verfälschung des Sports und nimmt dem Schüler eine Möglichkeit der ungebrochenen Selbsterfahrung im physischen wie auch im psychischen Bereich. [...] Schüler und Sache werden auseinander genommen und die Methode wird zwischengeschaltet; der Unterrichtsgegenstand wird versachlicht, verschult die Unmittelbarkeit [...] die Emotionalität bleibt unberücksichtigt, und die Schüler werden möglicherweise auf ein Ziel hin manipuliert, mit dem sie sich nicht identifizieren.“

Lernvorgänge können weder als vorhersagbar noch als linear deklariert werden. Vielmehr gibt es sprunghafte Entwicklungen, Stagnation, durch Wechselwirkungen hervorgerufene kritische Phasen oder Schwankungen. Dies alles zeugt von einer Diskontinuität, auf die im Unterricht Rücksicht genommen werden sollte, so Scherer und Bietz (2015, S. 198), die auf die Publikation von Müller und Fikus (1998, S. 19 ff.) mit einer Übersicht zu diesem Thema verweisen. Eine didaktische Struktur, die von Nichtlinearität zeugt, ist linearen Übungen und Übungsreihen vorzuziehen. Die bereits vorhandenen Erfahrungen verknüpfen sich mit den neuen Lernerfahrungen und genau dieser Vorgang muss von der Lehrkraft in Form einer

angepassten offenen oder geschlossenen Struktur, sowie weiträumigen oder engeren Erfahrungs- und Lernfeldern unterstützt werden. Es sind abwechslungsreiche Übungen, die von Mehrdimensionalität bestimmt sind und Spielräume lassen (vgl. Scherer & Bietz, 2015, S. 198).

Bewegungen unterstützen die Lernprozesse, helfen, Erfahrungen zu generieren, zu speichern und zu verknüpfen und erfüllen durch den Transfer eine wichtige Funktion für den Aufbau an Wissen und Können. Der Lehrer bzw. die Lehrerin hat die Aufgabe, die Bedürfnisse und Verläufe der Lernprozesse der SchülerInnen zu beobachten und weitere Lernsituationen zu schaffen, die daran anknüpfen. Oftmals müssen Brücken zwischen zwei Lernelementen geschlagen werden, um einen Fortschritt voranzutreiben. Diese können als Hilfsbewegungen verstanden werden, die von Profis oftmals eher vermieden werden, am Weg zur Zieltechnik aber unterstützend wirken, so Scherer & Bietz (2015, S. 199). Sie nehmen hierfür das Beispiel des Rutschens beim Snowboard her. Zu Beginn erfüllt es die Funktion, ein Gefühl für den Griff der Kante, für den Winkel und die Auswirkungen der Winkelveränderung zu bekommen. In einem späteren Stadium kommt das Rutschen kaum bis gar nicht mehr vor. Für die Lehrkraft ist es wichtig zu wissen, wann diese Bewegung eine „Brückenfunktion für das Weiterlernen“ (Scherer & Bietz, 2015, S. 199) darstellt und für den Lernprozess notwendig ist und wann sie nicht mehr benötigt wird. Es muss also eine Orientierung am Niveau des Schülers bzw. der Schülerin erfolgen.

## **11.2 Wissen, Erfahrung und Transfer**

Kann an früher erworbene Kenntnisse angeknüpft werden, so erleichtert dies das Verinnerlichen darauf aufbauender Inhalte. Damit ein Individuum von Vorwissen profitieren kann, müssen diese Fähigkeiten und Fertigkeiten trainiert und geübt werden. Den Übungszeiten muss eine vorrangige Bedeutung zukommen und im Vergleich dazu sollte die Vermittlung von neuem Wissen nicht auf Kosten der Übungszeiten stattfinden (vgl. Herrmann, 2009, S. 158). Im Sportunterricht kann man nicht nicht Erfahrungen machen, meint Lange (2014, S. 107) und spielt dabei auf das Zitat und gleichnamige Werk von Paul Watzlawick „Man kann nicht nicht kommunizieren“<sup>21</sup>. Die Lernenden wie auch die Lehrenden kommen nicht darum herum, Erfahrungen im Sport- und Bewegungsunterricht zu machen. Ermöglicht die Lehrkraft den SchülerInnen Zugang zu Bewegungsanlässen und -aufgaben, so wird es immer „Fragen nach den Ursachen, Zusammenhängen, Steuerungsmöglichkeiten und Entwicklungsverläufen“ (Lange, 2014, S. 107 f.) geben. Scherer und Bietz (2015, S. 79) sprechen von Erfahrung und Erwartung, deren Beziehung zwar Diskrepanzen aufweisen, aber

---

<sup>21</sup> Weitere Informationen zu Paul Watzlawick und seinen fünf Axiomen können beispielsweise der folgenden Webseite entnommen werden: <http://www.watzlawickehrenring.at/paul-watzlawick.html> (letzter Zugriff am 23.5.2017)

grundlegend für die Lernprozesse sind. „Bewegungslernen vollzieht sich im Wechselspiel zwischen Entwurf, Realisierung und Erfahrung“ (Scherer & Bietz, 2014, S. 79).

Dadurch, dass Erfahrung und auch der Transfer beim Bewegungslernen von großer Bedeutung sind, ist es ein didaktisches und auch ein methodisches Ziel, diese beiden Maxime in die Aneignungsprozesse zu integrieren. Die Autoren Scherer, Kuhn und Reszel (2010, S. 156) haben zu dieser Thematik eine Studie zwischen Skateboardern und Snowboardern durchgeführt und konnten feststellen, dass Snowboarden mit höheren Lernerfolgen behaftet ist, wenn davor die Erfahrung des Skateboardens gegeben war und wenn diese auf das Snowboard transferiert werden konnte. Allerdings weisen sie darauf hin, dass es sich um implizite Prozesse in diesen Lernsequenzen handeln muss (vgl. Scherer et al., 2010, S. 156). Scherer und Bietz (2015, S. 195) führen darauf hin weiter aus, dass dieses Schaffen von Erfahrung nicht vorrangig an eine feldförmige, gestufte oder reihenförmige Struktur geknüpft ist, sondern primär von den Transferbedingungen, sowie von Vorerfahrungen abhängt. Sie unterstützen deshalb sowohl ein von der Lehrkraft arrangiertes serielles Üben und Lernen, wie auch einen kontrastierenden und differenzierenden Aufbau der Übungsreihen. Dadurch sollen „Effekterfahrungen“ hervorgerufen werden, die dem Individuum Informationen auf unterschiedlichen Ebenen geben (Scherer & Bietz, 2015, S. 195).

Diesen Reflexionen und Erörterungen entsprechend fordern Scherer und Bietz (2015, S. 193) die Orientierung der Unterrichtsmethoden auf ein erfahrungsbasiertes Lernen, bei dem die Lernenden selbstständig aktiv sind und durch die Veränderung eines bereits bekannten Inhalts, sowie durch die Variation und Differenzierung von Übungen eine Speicherung, ein Transfer und eine Vernetzung des Erlernten hervorgerufen werden.

### **11.3 Individualität und Selbstständigkeit**

Individuelles und selbstständiges Lernen soll von der Methodik und den Arrangements der Lehrkraft unterstützt werden. Die Individualität des Zugangs zu episodischem und deklarativem Lernen, sowie auch die Wahrnehmung von Ergebnissen und Erfahrungen in den Lernprozessen helfen bei der Erhaltung bzw. einem Aufbau einer positiven Einstellung (vgl. Schirp, 2003, S. 312). In Bezug auf die Bedingungen individuellen Lernens müssen die SchülerInnen und SportlerInnen laut Lange (2014, S. 109 f.) Klarheit über die Bedeutungen und Erfahrungen haben, die Sachlage kennen und Möglichkeiten bzw. Perspektiven, die die Lernsituation bietet, im Blick haben. Hierbei verweist der Autor auf Dewey (2000, S. 204 ff.), der sich in diesem Bezug Aspekte für die Unterrichtssituation überlegt hat. Daraus hat Lange (2014, S. 110) folgende Schlüsse gezogen:



„Erstens, soll der Schüler eine wirkliche, für den Erwerb von Erfahrungen geeignete Sachlage, vor sich haben. Es soll eine zusammenhängende Tätigkeit vorhanden sein, an der er um ihrer selbst willen interessiert ist.

Zweitens, soll aus dieser Sachlage ein echtes Problem erwachsen, was zum weiteren Denken anregt.

Drittens, soll er das nötige Wissen besitzen und die notwendigen Beobachtungen anstellen, die zur Problembehandlung nötig sind.

Viertens, soll er auf mögliche Lösungen verpflichtet sein und sie in geordneter Weise entwickeln.

Fünftens, soll er die Möglichkeit und die Gelegenheit haben, seine Gedanken durch praktische Anwendung zu erproben, ihren Sinn zu klären und ihren Wert selbständig zu entdecken.“

Finden Lernvorgänge mit Bewegungsbezug statt, so bedarf dies nicht immer einer vermittelnden Hilfe der Lehrkraft, denn oftmals findet Lernen ohne Absicht und Führung statt, meinen die Autoren Scherer und Bietz (2015, S. 193) und verweisen dabei auf die Bezeichnung des Menschen als „selbstbelehrendes System“ (Scherer & Bietz, 2015, S. 193 in Bezug auf Hoffmann, 1993, S.41 f.). Beim Lernen von Bewegungen kann das Individuum relativ autonom vorgehen und sich dabei auf Erfahrungen, die neuronalen Repräsentationen und sein Vorwissen stützen (vgl. Scherer & Bietz, 2015, S. 193). Selbst entdecken und selbst probieren ist laut diesen Erläuterungen sehr förderlich für weiterführende Lernprozesse und vor allem auch für die Aufrechterhaltung des Interesses, wie dies weiter oben schon angedacht wurde.

Individualität ist die eine Seite der „Medaille“, die beim Sport entdeckt und gefördert werden soll. Diese kann aber auf unterschiedliche Weise genützt werden, beispielsweise wenn sich das Individuum mit seinen Stärken und auch Schwächen in eine Gemeinschaft einbringen muss. Herrmann (2009, S. 163) verweist darauf, dass die gemeinschaftliche Arbeit in Teams in vielen Bereichen praktiziert wird, wenn komplexe Aufgaben anstehen und hohe Leistungen gefragt sind, sei dies in Bereichen der Forschung, bei militärischen Einrichtungen oder anderen dienstleistenden Unternehmungen. So ist Teamfähigkeit erstens eine unter anderem in der Schule zu lernende Kompetenz und zweitens kann die Arbeit in der Gruppe sowohl psychisch als auch kognitiv positive (Lern-)Effekte erzielen (vgl. Herrmann, 2009, S. 163). Demnach kann dazu angeleitet werden, die individuellen Fähigkeiten und Fertigkeiten der SchülerInnen, die sie erworben haben, in eine gemeinsame Lösung von Problemsituationen einzubringen.

## 11.4 Emotionen

Es muss darauf geachtet werden, dass SchülerInnen begeistert sind, dass sie sich betroffen und gefesselt fühlen (vgl. Herrmann, 2009, S. 162). Dies bedarf Übung, einen großen Wissensbestand und vor allem eigene Begeisterung der Lehrkraft. Daraus lässt sich schließen, dass Wissensinhalte als besonders und neu präsentiert werden sollen. Die Lehrperson kann und muss zwar ‚das Rad nicht neu erfinden‘, sie kann es aber in ein besonderes Licht rücken, indem sie Verbindungen herstellt, zu Eselsbrücken verhilft und die Fakten mit etwas Gefühlvollem, etwas Ansprechendem, etwas Vorstellbarem verbindet. Eine derartige Wirkung können beispielsweise Geschichten erfüllen. Der Sinn von Lerninhalten wird mit Geschichten leichter erfassbar und lässt sich demnach schneller abspeichern (vgl. Spitzer, 2006, S. 35). Geschichten helfen dabei, Fakten, deren Funktion, Wirkung, Entwicklung und Kontext zu verbildlichen. Es entstehen Bilder im Kopf, die sich um diese Tatsachen herum einbetten und diese lebendiger wirken lassen. Sie erhalten durch diese Geschichten und die individuellen Bilder auch eine persönliche Konnotation.

Die „Selbstkonzepte der Lernenden“ (Schirp, 2003, S. 312) sollen eine höhere Bedeutung im schulischen Kontext erfahren. Das kann dadurch geschehen, dass die persönlichen Erfahrungen und Gefühle der SchülerInnen einen Platz in den Lernprozessen finden. Eine Unterrichtsorganisation, in der soziale und kooperative Aspekte zum Tragen kommen, unterstützt das Lernen und Verstehen und hilft den SchülerInnen, ihre Haltung, die emotionale Beteiligung und ihren Fortschritt ausdrücken zu können (vgl. Schirp, 2003, S. 312).

Eine wertschätzende Haltung in Bezug auf die Bemühungen und Resultate in den Lernprozessen sind genauso unabdingbar in einem gehirngerechten Unterricht wie die Forderung, dass SchülerInnen während des Lernens und Leistens ihre Emotionen kontrollieren können. Dazu leisten Bewegungs- und Entspannungssequenzen einen wichtigen Beitrag (vgl. Schirp, 2003, S. 312).

## 11.5 Sinnhaftigkeit und Kontext

Lernen, vor allem auch Bewegungslernen, ist sowohl an einen Sinn als auch an einen Kontext geknüpft. Dadurch sollten die Inhalte im Sportunterricht ein „Gefüge von Bewegungsthemen, Aufgaben und darauf bezogenen Lösungen“ ergeben, so Scherer & Bietz (2015, S. 195). Bewegungslernen muss in einem Sinnrahmen erfolgen, in dem anschauliche und verständliche Aufgaben gestellt werden, die an verschiedene Bewegungsthemen geknüpft sind und die eine bestimmte Bewegungsausführung als Lösung verlangen. „Elementarisierungen und Vereinfachungen von Bewegungsaufgaben, aus Gründen der Komplexitätsreduktion und Lernbarkeit“ (Scherer & Bietz, 2015, S. 195) gehören zu den Lern- und Lehrprozessen dazu. Der Bezug auf den grundlegenden Sinn einer Bewegung spielt eine

größere Rolle als der Bezug auf die Zieltechnik, die oftmals in den Übungsphasen und methodischen Reihen im Vordergrund steht. Doch wenn SchülerInnen oder SportlerInnen nicht wissen, worum es bei den Lern- und Übungssequenzen geht, kann eine Annäherung an die ausgereifte Technik nur schwer stattfinden. Demnach steht das „Was“ vor dem „Wie“, wie es Scherer und Bietz (2015, S. 195 in Bezug auf Bietz & Böcker, 2009, S. 122) erklären.

Um Lernen zu ermöglichen – in welchen Bereichen auch immer – muss eine „angemessene“ Situation geschaffen werden, die „auf das lernende Gehirn abgestimmt“ ist, wie Brand und Markowitsch (2009, S. 81) sagen. Die Leistungen in den Bereichen ‚Lernen und Behalten‘ werden von „Reduktionen der Anforderungen an das Gedächtnis und Strategien zur gezielten Erhöhung bestimmter Lern- und Gedächtnisleistungen“ (ebd., S. 81) bestimmt. Im Sinne der Gegenüberstellung von Relevanz versus Großflächigkeit wird Lernen durch die Unterstreichung der wichtigen Inhalte gefördert, ohne dabei weitere, kontextentfernere Randinformationen mit einzubeziehen, so Brand und Markowitsch (2009, S. 81). Die Lehrkraft sollte bei ihrer Unterrichtstätigkeit darauf achten, dass unterschiedliche Gedächtnisformen beansprucht werden, damit die gebildeten Repräsentationen unterschiedliche Zugriffe auf den Bestand an Erinnerungen ermöglichen. Werden unterschiedliche Sinne im Lernprozess beansprucht, verankert sich die Information besser im Gedächtnis (vgl. Herrmann, 2009, S. 163 f.)

Die Lernenden müssen subjektiv die Gelegenheiten wahrnehmen, in denen sie wirksam sein und Handlungen vollziehen können. Daher sind die Methoden und die Didaktisierung so zu wählen, dass sich die Handlungsmöglichkeiten an der jeweiligen Situation und den Bedingungen ausrichten können, so Scherer (2009, S. 235 f.). Darunter kann man die Orientierung an Bewegungsräumen, die Auswahl an Instrumenten oder Sozialformen oder auch Veränderungen bzw. Anpassung der Regeln sowie der Ziele verstehen. Ein situatives Arrangement bietet einen direkten Zugang zu den aktuellen Problemstellungen, in dem die Lernenden sich mit ihrem Körper und ihrem Geist den Aufgaben stellen und diese bewältigen müssen. Sie handeln und dies bewirkt lernen (vgl. Scherer & Bietz, 2015, S. 196).

Handlungen setzen sich aus den Aufgaben und dem situativen Kontext zusammen, in dem sie passieren. Sie nehmen Gestalt an, in dem sich Kontext und Funktion verbinden und sich die Handlungen mehr und mehr entwickeln. Verschiedene Teilstücke setzen sich zu einer Handlung zusammen und werden zusätzlich „durch Verschmelzung von Sinneseindrücken, durch anschauliches „Verwachsen“ mit Geräten und durch die Ausbildung räumlicher, zeitlicher und situativer Bezugssysteme und Kohärenzen“ (Scherer & Bietz, 2015, S. 197, in Scherer & Böger, 2011, S. 87 f.) gebildet. Dadurch werden die Bewegungen und Handlungen immer flüssiger, rhythmischer und dynamischer, wobei die Impulse akzentuierter erfolgen und so besser ausgenutzt werden können (vgl. Scherer & Böger, 2011, S. 87 f.). Die Lehrkraft kann

diese Lernprozesse unterstützen, indem sie ihre methodischen Eingriffe an dieser Formung der Gestalt orientiert. Die Autoren Scherer und Bietz (2015, S. 197) verweisen beispielsweise auf die Unterstützung des Bewegungsrhythmus, die bereits durch Otto Hanebuth<sup>22</sup> (1961) als „ein eigenständiger didaktischer Ansatz einer rhythmischen Lehrweise“ deklariert wurde. Ebenso kann durch Differenzierung und Variabilität die Handhabung von Objekten und Geräten geübt und gelernt und zusätzlich verschiedene Sinnessysteme fokussiert oder auch manipuliert werden (vgl. Scherer & Bietz, 2015, S. 197 in Anlehnung an Hanebuth, 1961). Rhythmus, das Angebot an differenzierter Übungsausführungen und -möglichkeiten, sowie auch die Sensibilisierung der Sensorik sind Werkzeuge, die die Lehrperson in ihren Arrangements für die Förderung der Lernprozesse einsetzen kann.

## 11.6 Struktur und Fokus

Wenn die Autoren Brand und Markowitsch (2009, S. 81) von „Reduktionen der Anforderungen an das Gedächtnis“ sprechen, so ist hier die Setzung eines Fokus gemeint, der benötigte Signale und Inputs verdeutlichen und Nebensächliches ausblenden soll. Vorrangige Inhalte sollen betont werden, ohne dabei Anmerkungen von unwichtigen Details zu machen, die dann gerade durch diese Erwähnung Aufmerksamkeit erlangen. Die Autoren schlagen vor, zu Unterrichtsbeginn einen kurzen Ausblick über die Themen der Einheit zu geben, damit einerseits das Priming, eine unbewusste Aufnahme und Bearbeitung von Inhalten, die im Nachhinein das Wiedererkennen erleichtern und andererseits eine strukturierte Organisation die Speicherung der aufgenommenen Inhalte unterstützt. Struktur bei der Aufnahme erleichtert das Abrufen von Wissen (vgl. Brand & Markowitsch, 2009, S. 81). Anderson (2013, S. 195) ergänzt, dass die Aktivität der Gehirnareale bzw. die Anzahl der mitwirkenden Gehirnbereiche während einer Aufgabe, die geübt wurde, sinkt.

Das Ziel eines strukturierten Unterrichts ist Ordnung. Sie sorgt für geregelte Abläufe und Funktionstüchtigkeit. Genauso muss im Kopf Ordnung herrschen, damit die Zusammenhänge, Bewertungen und Bedeutungen klarer werden. Das limbische System übernimmt hierbei einen entscheidenden Teil der Arbeit. Bei der Bewertung von Wissen und den Verarbeitungsabläufen spielen die Emotionen eine große Rolle. Als positiv bewertete Inhalte und Erregungen in den Synapsen werden weitergeleitet und abgelegt, negative Zustände bei der Erregung der Synapsen und der Bewertung führen zu einer Hemmung in der Weiterleitung und Ablegung der Inhalte. Eine Verankerung des Wissens wird durch ständige Wiederholung erzielt, damit zu einem späteren Zeitpunkt unbewusst bzw. unter geringer Erregung das Wissen und Können wiedergegeben werden können (vgl. Herrmann, 2009, S. 163 f.).

---

<sup>22</sup> Für eine tiefer gehende Auseinandersetzung mit dem Thema des Rhythmus bietet der Autor eine weitreichende Abhandlung in seinem Werk: Hanebuth, O. (1961). Der Rhythmus in den Leibesübungen. Frankfurt a. M.: Limpert.

## 11.7 Leistungsfeststellung

Bis dato werden in den motorischen Lernprozessen hauptsächlich konditionelle Aspekte kontrolliert und einer Bewertung unterzogen. Sie gewähren eine Beobachtung des Lernfortschrittes durch die erzielten Werte wie Zeit, Strecke und dergleichen. Die Koordination und mit ihr die „Entwicklungslinien“ wie Meinel und Schnabel (2007, S. 203 ff.) sie definieren, bedürfen aber ebenso eines Kontrollmechanismus. Die Autoren schlagen vor, dass zusätzlich zur Bewegungsgüte bzw. -qualität, auch der Grad der Fertigkeit sowie die Ausprägung der Vorstellung der Bewegung beobachtet werden sollten. Die Sportlehrkraft beobachtet und beurteilt den Lerner bzw. die Lernerin mittels gegebener Leistungskriterien und muss dabei zusätzlich versuchen, den Lernverlauf in seiner Komplexität zu überblicken und zu evaluieren. Dabei können Kenntnisse aus der Biomechanik und der Sportpsychologie herangezogen werden und die Lehrperson in ihrer Tätigkeit unterstützen (vgl. Meinel & Schnabel, 2007, S. 204).

Schirp (2003, S. 312) schreibt davon, dass „ein variables System der Leistungsfeststellung erforderlich“ ist, um den „jeweiligen Entwicklungsstadien und den emotionalen Selbstkonzepten der Schüler/innen“ gerecht zu werden. Dazu sind Übungsformen, Fördermaßnahmen und Kompetenzerfassungen mit großer Variation und Flexibilität nötig (vgl. Schirp, 2003, S. 312). Volkamer (2003, S. 210) spricht gar von einem „Verzicht auf Zensuren“ und meint weiter: „ein guter Sportunterricht bietet Kindern systematisch und methodisch überlegt anspruchsvolle Inhalte, die erstrebenswert sind, die Anstrengung und Leistungsbereitschaft fördern und wecken, Ziele mit denen sich Kinder identifizieren können“. Den Aussagen zufolge, die durchaus konträr sind, gilt es, eine Balance zu finden, mit der es möglich ist, das Interesse am Sport aufrecht zu erhalten, die Motivation zu fördern und Maßstäbe zu setzen, an denen sich die SchülerInnen orientieren und auch messen können. Auch dies kann motivierend und förderlich für die weitere sportliche Entwicklung sein.

## **12 Impulse und Praxisbeispiele für einen gehirngerechten Sportunterricht**

Die Lehrkraft ist sich der Auswirkungen von Übungen und Aufgaben ihres Sportunterrichts auf das Gehirn oftmals gar nicht bewusst. Somit erfährt dieser Aspekt in den Sportstunden mit dem Fokus auf unterschiedliche Themenbereiche wie etwa das Training der Koordination, der Sportspiele, das Bewegen an Geräten oder das Tanzen weniger Beachtung, als ihm zuteilwerden sollte. Jasper (2008, S. 61) spricht von „entscheidende[n] Kleinigkeiten, die an bekannten Bewegungs- und Spielformen verändert werden können, um sie gleichzeitig als Training für die geistige Leistungsfähigkeit wirken zu lassen“. So wird beispielsweise die Durchblutung des Gehirns bereits schon durch Aktivitäten und Übungen der Finger veranlasst, was eine erhöhte Aufnahmefähigkeit bedingt. Im Folgenden werden einige ausgewählte Ideen präsentiert, wie die Komponenten der Gehirnleistung in den Sport- und Bewegungsbereich integriert werden können. Die Autorin merkt an, dass die Übungen nicht eine ganze Stunde einnehmen, sondern vielmehr auf verschiedene Einheiten verteilt werden sollten, damit das Training Kontinuität aufweist (vgl. Jasper, 2008, S. 61 ff).

### **12.1 Ein Spiel für Gedächtnisförderung**

Für das Gedächtnis und die visuelle Wahrnehmung schlägt Jasper (2008, S. 63) das Spiel „Wer stand wo“ mit Variationen vor. Dabei stellt sich die Gruppe in einem Viereck auf, sodass auf jeder Seite gleich viele Leute platziert sind. Die Position eines jeden einzelnen soll von allen teilnehmenden SpielerInnen eingepreßt werden. Danach ertönt Musik und alle sollen sich bewegen. Bewegungen im Takt sind geistig anspruchsvoller als simples Herumlaufen. Sobald die Musik stoppt, muss die Aufstellung so schnell wie möglich eingenommen werden. Als Variation kann eine Spiegelung der Aufstellung verlangt werden, eine Verschiebung um zwei Plätze nach links oder rechts oder gar eine Standortänderung von einigen wenigen Personen, ohne dass sich die anderen täuschen lassen (vgl. Jasper, 2008, S. 63). Hier wird den SchülerInnen Beobachtung, Reaktion, Rhythmusgefühl, so dies von der Lehrkraft gewünscht wird, und Orientierung abverlangt.

### **12.2 Ein Spiel für Problemlösungskompetenz**

Ein weiteres Spiel, das Problemlösekompetenz und Koordination erfordert, ist das „Atomspiel“ (Jasper, 2008, S. 64). Die SchülerInnen sollen sich zur Musik bewegen, entweder überlässt man ihnen die Fortbewegungsart oder man variiert sie. Vorwärtslaufen, Rückwärtslaufen, Hopselauf, einbeiniges Hüpfen wären Möglichkeiten dafür. Wird die Musik abgedreht und die Lehrkraft zeigt oder ruft eine Zahl, müssen sich so schnell wie möglich SchülerInnen zu dieser Anzahl zusammenfinden. Dies kann im koedukativen Unterricht etwa nach

Geschlechtertrennung erfolgen, nach Haarfarbe, Größe oder auch Geburtsmonat (vgl. Jasper, 2008, S. 65). Weiters könnte die Lehrkraft neben der Zahl auch noch Körperteile erwähnen, die den Boden berühren dürfen. ‚2, 3 Füße, 1 Hand‘ würde somit bedeuten, dass sich zwei SchülerInnen zu einem ‚Atom‘ zusammenschließen sollen, wobei von diesem ‚Atom‘ nur drei Füße und eine Hand den Boden berühren dürfen.

### **12.3 Ein Spiel für die Schulung von Reaktion und Geschicklichkeit**

Die „Reaktions-Geschicklichkeits-Staffel“ (Jasper, 2008, S. 69) beinhaltet sowohl koordinative als auch sensomotorische Aspekte, die die Komponente des gehirngerechten Lernens unterstützen können. Der Ablauf ist wie bei einer normalen Staffel, eine Gruppe sollte aber aus nicht mehr als vier Personen bestehen. Es gibt verschiedene Schläger und einen Ball. Dieser muss mit den zur Verfügung stehenden Schlägern transportiert werden. Ein Schüler bzw. eine Schülerin balanciert den Ball auf einem Federballschläger, der oder die nächste auf einem Tischtennisschläger etc. Die SchülerInnen wie auch die Schläger können nummeriert werden und dann kann beispielsweise die Lehrkraft eine Nummer rufen, die als nächstes an der Reihe ist. Hierbei kann auch die Art der Fortbewegung, sowie auch die Nummerierung oder die Startposition geändert werden (vgl. Jasper, 2008, S. 69 f.). Derartige Staffelspiele vereinen Wettkampf mit sensorischen, motorischen und kognitiven Leistungen und sind für verschiedene Altersklassen und Sportbereiche attraktiv.

### **12.4 „Lateralität, Fokussierung, Zentrierung“ nach Meyners**

Auch Meyners (2010, S. 209 ff.) hat sich mit dem Thema der Kombination Gehirn-Motorik beschäftigt und verweist auf die Termini „Lateralität, Fokussierung, Zentrierung“, welche LernerInnen und SportlerInnen oftmals nur defizitär umsetzen können, deren Training aber motorische und koordinative Bewegungshandlungen verbessern kann.

#### **12.4.1 Lateralität**

Unter „Lateralität“ wird die Kreuzung zwischen rechter und linker Hirnhemisphäre verstanden, damit im „Mittelfeld“ (Meyners, 2010, S. 210) gearbeitet werden kann. Gelingt dies nicht, werden Lernprozesse erschwert und das Gehirn kann nicht effizient arbeiten. „Switching“ ist die Konsequenz. Lateralität ist von großer Bedeutung im Sport und zeichnet sich bereits im Kleinkindalter ab. Kindern, die wenig krabbeln, viel sitzen und früh zu gehen beginnen, fehlt es an den beim Krabbeln vorhandenen „Kreuzmusterbewegungen“, so Meyners (2010, S. 210) und das wiederum ruft verstärkte Homolateralität, Unkoordiniertheit und mitunter Lernschwächen in der weiteren Entwicklung hervor. Eine Schulung der Lateralität soll die Koordination und Raumorientierung positiv unterstützen (vgl. Meyners, 2010, S. 210).

### **Übung zur Unterstützung der Lateralität**

Die SchülerInnen sollen immer in Bewegung bleiben, entweder wird leicht gehüpft oder gefedert. Sie können sich auch vorwärts, rückwärts oder seitlich bewegen. Die Aufgabe besteht darin, Arme und Beine entgegengesetzt zu bewegen. So wird die Mittellinie im Gehirn überquert. Die linke Hand greift zum rechten Fuß, zuerst vor dem Körper, dann dahinter. Es kann beispielsweise auch die rechte Hand und das linke Bein vorbewegt oder hochgezogen werden, wie etwa beim Hopselauf. Den Ausführungen sind keine Grenzen gesetzt. Sowohl das Tempo als auch die Körperposition können variiert werden. Die Übung kann sowohl in der Aktivierungs- als auch in der Dehnphase vertreten sein (vgl. Meyners, 2010, S. 210 f.).

### **12.4.2 Fokussierung**

Die Kreuzung der Linie zwischen dem Hinterhirn, das Informationen speichert und dem Vorderhirn, in dem Inhalte erst einer Verarbeitung unterzogen werden, wird als „Fokussierung“ bezeichnet (Meyners, 2010, S. 210). Es handelt sich sozusagen um einen Querschnitt in der Frontalansicht des menschlichen Gehirns. Einige LernerInnen und SportlerInnen haben Probleme, sich in Lernsituationen oder auch im Wettkampf auf eine Sache zu konzentrieren. Sie sind zu aktiv und benötigen eine Beruhigung ihres Geistes. Dazu sind spezifische Übungen imstande, die dabei helfen sollen, Anforderungen und Aufgaben klarer zu betrachten, die notwendige mentale Einstellung zu erlangen und so die Bewegungshandlungen gezielter durchführen zu können (vgl. Meyners, 2010, S. 210).

### **Übung zur Unterstützung der Fokussierung**

Bei dieser Übung kommt es zu einer isometrischen Kontraktion, bei der ein Arm gegen den Widerstand der anderen Hand drückt. Der Arm wird direkt neben dem Ohr nach oben gestreckt. Von dort aus kann er in vier verschiedene Richtungen bewegt werden, wobei er immer von der Hand des zweiten Arms an der Bewegung gehindert wird. Der nach oben gestreckte linke Arm drückt nach vorne und wird daran von der rechten Hand gehindert. Der Kraftaufwand soll in etwa zehn Sekunden gehalten werden und kann sowohl stehend als auch sitzend ausgeführt werden. Verkürzungen oder Verspannungen in den Muskeln kann so ebenfalls entgegengewirkt werden (vgl. Meyners, 2010, S. 212 f.).

### **12.4.3 Zentrierung**

Der Terminus „Zentrierung“ bedeutet in diesem Zusammenhang die Kreuzung der Linie zwischen „Emotionalität und Abstraktion“. Es ist die „Koordination der unteren und oberen Hirnfunktionen, also des limbischen Systems (Emotionalität) und des Großhirns (Sitz des



abstrakten Denkens“, erklärt Meyners (2010, S. 210). Gallwey (2012, S. 188 f.) bringt zum Ausdruck, dass Vernunft und Gefühl harmonieren müssen, damit Lernprozesse und die Gedächtnisleistung erfolgreich sind. Die Konzentration auf das Hier und Jetzt ist dafür ausschlaggebend. Meyners (2010, S. 210) fügt hinzu, dass ein Mangel an der Fähigkeit zu zentriertem Arbeiten und Handeln grundlose Angstzustände, Vermeidung von Handlungen und Situationen oder auch den Aufbau einer negativen inneren Haltung bewirken könnte. Daraus resultiert psychische Anspannung, die Leistungen negativ beeinflusst oder gar hemmt (vgl. Meyners, 2010, S. 210).

### **Übung zur Unterstützung der Zentrierung**

Die Finger werden links und rechts über dem Auge auf den Höckern der Stirnbeine zwischen Haaransatz und Augenbraue platziert. Diese Punkte können im Uhrzeigersinn leicht massiert werden. Die Konzentration soll nun auf ein negativ behaftetes Gefühl oder eine angstausslösende Situation fallen, bei dem oder in der ein besserer Umgang angestrebt werden soll. Durch die Berührung der Finger auf den genannten Stellen und die leichte Massage sollten sich die Spannungen lösen (vgl. Meyners, 2010, S. 215).

## **12.5 Weitere kognitionsfördernde Spiele**

Die Autoren Jäger, Schmidt, Conzelmann und Roebers (2014, S. 1 ff.) testeten Volksschulkinder auf den Effekt von Bewegung auf ihre kognitiven Fähigkeiten. In ihren Untersuchungen stellten sie fest, dass 40 Minuten nach der Bewegungssequenz der Experimentgruppe die Kortisolkonzentration signifikant höher war als bei der passiven Kontrollgruppe, die währenddessen konzentriert einer mündlichen Darbietung folgen musste (Jäger et al., 2014, S. 3). Das Kortisol zählt zu der Gruppe der Glukokortikoiden und hat Einfluss auf das Nervensystem und die Sinnesorgane. Es wird mit Stress, Euphorie und einer Erhöhung der Wahrnehmung in Verbindung gebracht. Weiters bewirkt es Veränderungen im limbischen System und dem Hippocampus, wodurch auch das Verhalten beeinflusst wird (vgl. Birbaumer & Schmidt, 2010, S. 133, 143). Zur Überprüfung der These stellten die AutorInnen drei Übungen zusammen, anhand derer sie sich positive Effekte der Bewegung auf die Hirnleistungen erwarteten:

Zum Aufwärmen sollten sich die Kinder zu Musik bewegen. Die Aufgabe war es, zu Teilen eines Songtextes Bewegungen ausführen. Zuerst sollten sie zwei unterschiedliche Bewegungen zu zwei bestimmten Wörtern ausführen, dann sollte ein zusätzliches Wort mit einer Bewegung hinzugezogen werden und zuletzt sollten die Lernenden alle drei Wörter mit neuen Bewegungen verbinden (vgl. Jäger et al., 2014, S. 3).

Das folgende Spiel in dieser Studie sollte die Reaktion infolge der Farbwahrnehmung und anschließender motorischer Handlung darstellen. Die SchülerInnen legten sich paarweise nebeneinander auf den Boden. Die Lehrperson zeigte den SchülerInnen Bälle in verschiedenen Farben. Jede Farbe war ein Hinweis auf eine Aufgabenstellung. Je nach Farbe musste entweder der oder die rechts Liegende den Partner bzw. die Partnerin auf der linken Seite fangen oder umgekehrt. Die dritte Farbe bedeutet am Platz zu bleiben und seitlich zu rollen und die vierte Farbe stand stellvertretend für den gemeinsamen Sprint zu allen vier Wänden des Turnsaals. Es gab auch einen Wechsel der Aufgaben. Dieses Training förderte die Hemmung von Verhaltensweisen bei neuer Zuweisung von Aufgaben und eine Aktualisierung der Regeln, die bereits verinnerlicht wurden (vgl. Jäger et al., 2014, S. 3).

Für das letzte Spiel wurden verschiedene Turngeräte und Gegenstände im Turnsaal verteilt. Die SchülerInnen sollten sich in Zweiertteams zusammen finden, wobei ein Schüler bzw. eine Schülerin auf einem Objekt balancieren musste, während sich der oder die andere SchülerIn zwischen den und über die Objekte bewegte, ganz nach der Reihenfolge seines oder ihres Beliebens. Zu einem bestimmten Zeitpunkt wurde das Spiel unterbrochen und das balancierende Kind musste über die drei letzten Gegenstände springen, die sein oder ihre PartnerIn übersprungen hatte (vgl. Jäger et al., 2014, S. 3). Hier hatte ein Kind die völlige Freiheit, wahllos Gegenstände zu überspringen, während das andere sowohl balancieren als auch beobachten musste. Es wird sowohl das motorische wie auch das kognitive System gefördert, damit einerseits die Bewegungsaufgabe gelöst, als auch das Gedächtnis bei der Sache bleiben kann.

Die Autoren Jäger et al. (2014, S. 7) gestehen diesen Übungen einen spielerischen Charakter zu, der sie kindgerecht macht und ihnen trotzdem ähnliche Effekte wie ausdauerbasierte Trainingssequenzen zuspricht. Körperliche Betätigung, die kognitive Förderungen implizieren, haben beispielsweise Einflüsse auf die Hemmung (inhibition). Wirkungen der genannten Bewegungsaufgaben auf die Erneuerung oder Aktualisierung „updating“ sowie auf die Verlagerung oder Veränderung „shifting“ von Informationen sind weitaus schwieriger zu beurteilen (vgl. Jäger et al., 2014, S. 7). Die statistische Auswertung brachte zwar keine signifikanten Ergebnisse für den Zusammenhang zwischen Sport und kognitiver Leistungssteigerung hervor, dennoch wird eine Bestätigung der positiven Effekte dieses Zusammenspiels in weiteren Studien erwartet, so Jäger et al., (2014, S. 9).

Schlussfolgernd aus den Ausführungen soll nun eine kurze Ideensammlung für weitere Unterrichtsinhalte mit brain-based Charakter dargeboten werden. Wichtig für die Förderung des Zusammenspiels zwischen Gehirn und Körper sind Aufgaben, die in der Bewegung mehrere Körperteile und Sinnessysteme koordinieren. Laufend einen Ball dribbeln und dabei die Umgebung nach Mit- und Gegenspielers absuchen, wäre ein Beispiel oder auch einer

Tanzchoreographie zu folgen, sich dabei im Spiegel zu sehen und sein Bewegungen auf das der Lehrkraft und die übrigen TänzerInnen abzustimmen. Eine aus mehreren Elementen zusammengestellte Kür im Bodenturnen, deren Reihenfolge sich gemerkt werden muss und in der jede Bewegung koordiniert und präzise ausgeführt werden soll, sowie das Bewegen und Ausführen von Aufgaben auf dem Schwebebalken, bei dem Gleichgewicht und Orientierung, sowie auch Bewegungskoordination gefragt sind, können in das gehirngerechte Lernen im Sportunterricht eingereiht werden. Spiele mit unterschiedlichen Bällen, um die Differenzierungsfähigkeit zu schulen oder auch die oben genannten Gerätelandschaften bieten vielfältiges Training der motorischen und kognitiven Fähigkeiten, aber auch simple Aktivitäten, die unter anderem auch zur Gruppenstärkung dienen, weisen brain-based Momente auf: einige Personen stehen auf einer Decke und sie muss umgedreht werden, ohne dass jemand von der Decke auf den Boden steigt. Auch dem Entspannungstraining, etwa mit Fantasiereisen, können Aspekte der kognitiven Förderung, etwa der Schärfung der Konzentration oder der Entspannung, zugesprochen werden. Wie oben bereits angedeutet, ist der Unterricht offen dafür, den Fokus auf das gehirngerechte Lernen zu legen und bietet viele Gelegenheiten dafür, dies zu tun.

## 13 Sportunterricht heute

Nachdem nun einige Vorschläge und Impulse für einen gehirngerechten Sportunterricht präsentiert wurden, soll nun ein kurzer Blick auf das Geschehen, die Forderungen und Ansprüche sowie auch die Diskussionsthemen rund um den aktuellen Schulsportkontext gerichtet werden. Was macht den Bewegungs- und Sportunterricht heute aus? Welche Charakteristika weist er auf, um als gehaltvoll und förderlich für die SchülerInnen zu gelten? Diese Fragen haben PädagogInnen, SportlerInnen, TrainerInnen und im Endeffekt auch die Ministerien beschäftigt, die für einen Umbruch gesorgt haben und sorgen.

### 13.1 Bildungsstandards und Implikationen

Die Bildungsstandards haben sich in den letzten Jahren in bildungspolitischen Neuerungen und Debatten einen beträchtlichen Stellenwert verschafft. Sie dienen als Orientierungshilfe für das Unterrichtshandeln und sollen für die Sicherstellung von Qualität und Nachhaltigkeit in der Bildung sorgen. Im Jahr 2014 wurde die offizielle Fassung der Bildungsstandards für Bewegung und Sport im Auftrag des Bundesministeriums für Unterricht, Kunst und Kultur veröffentlicht, die als Einführung und zum Überblick für die Unterrichtenden dienen soll. LehrerInnen erhielten 2011 einen Katalog mit Kompetenzen, die im Unterricht getestet werden mussten und nachfolgend als Orientierung für die Festlegung der Bildungsstandards galt. Wichtig darin ist die Entwicklung und Festigung von Kompetenzen (vgl. Einführung zu den Bildungsstandards, 2014, S. 3 ff.<sup>23</sup>).

Das Schlagwort in den Bildungsstandards lautet „Kompetenz“. Laut Weinert (2001, S. 27) handelt es sich dabei um die

„verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können.“

Kognition und gehirnbasierte Fähigkeiten und Fertigkeiten werden mit Aspekten der Motivation, des Willens und der sozialen Intelligenz eines Menschen in Verbindung gebracht, um sich so den Anforderungen im Laufe des Lebens stellen zu können. Dies soll im Unterricht durch verschiedene Arrangements und unter Beachtung von Richtlinien vermittelt werden.

---

<sup>23</sup> Unter dem folgenden Link wird eine Einführung in die Bildungsstandards geboten: [http://www.bewegung.ac.at/fileadmin/unterricht/Einfuehrung\\_zum\\_Bildungsstandard\\_Bewegung\\_und\\_Sport.pdf](http://www.bewegung.ac.at/fileadmin/unterricht/Einfuehrung_zum_Bildungsstandard_Bewegung_und_Sport.pdf) (letzter Zugriff am 29.5.2017)

Wie bereits schon weiter oben erwähnt wurde, ist das Handeln im Unterricht, vor allem im gehirnbasierten Lernen von großer Bedeutung und darauf stützen sich auch die Überlegungen zu den Kompetenzmodellen. Sie implizieren drei Dimensionen des Handelns:

- „(A) REPRODUKTION: Wiedergeben und Verstehen; Kenntnisse
  - (B) TRANSFER: Anwenden in unterschiedlichen Bereichen und Situationen;  
Fertigkeiten
  - (C) REFLEXION / PROBLEMLÖSEN: Analysieren/Evaluieren;  
Kompetenzen“
- (Kompetenzmodell und Kompetenzkatalog Sekundarstufe II <sup>24</sup>, 2014, S. 5).

Laut diesen drei Dimensionen sind zuerst die mentalen Fähigkeiten wie das Erinnern, das Abrufen von mentalen Schemata und Mustern, das Imitieren, sowie die Gedächtnisabfrage vertreten. Diese Stufe führt dann zu einer Anwendung einer Fähigkeit oder Fertigkeit auf einen anderen Bereich bzw. in einer anderen Situation. Das Gehirn wie auch das zentrale Nervensystem versuchen sich darin, etwas Bekanntes auf etwas Unbekanntes zu übertragen, da sich bestimmte Aspekte decken und ähneln. Danach wird darüber reflektiert, das Geschehene wird bewertet und das Individuum sucht nach weiteren Möglichkeiten, die Aufgabenstellungen zu lösen.

Die genannten drei Dimensionen sind auf zwei Ziele ausgerichtet: die Entwicklung von kognitiven und sensomotorischen Fertigkeiten. Im ersten Punkt geht es um das Handlungswissen und die „Wissensrepräsentationen“. Die SchülerInnen sollen beispielsweise eine Bewegung beschreiben können, über die mechanischen Gesetzmäßigkeiten Bescheid wissen und die Bewegungsausführung dann reproduzieren. Nachdem sie die Erfahrung durch die Bewegungsvorstellung und auch -ausführung gemacht haben, sollten sie bestimmte Merkmale dieser Bewegung auf eine andere mental übertragen können. Im nächsten Schritt erfolgt dann eine Evaluierung im Sinne von Möglichkeiten zur Verbesserung, die Einsicht in die Gründe für Fehler und Überlegungen von anderen Wegen, diese Aufgabenstellung effizienter zu lösen (vgl. Kompetenzmodell und Kompetenzkatalog, 2014, S. 6). Das Wissen um eine Aufgabe und die kognitive Annäherung an ihre Lösung stehen hier im Vordergrund.

Beim zweiten Punkt, der Entwicklung der sensomotorischen Fertigkeiten geht es um das aktive Tun, die Bewegung und den Einfluss, den der Körper und das Zentralnervensystem auf die Bewegungsaufgaben haben. Die sensomotorische Reproduktion besagt, dass die SchülerInnen durch das Zusehen oder Wahrnehmen von Bewegungen, diese bildlich und/oder verbal nachvollziehen können und danach fähig sind, diese Bewegungsvorstellung physisch

---

Näheres zum Kompetenzmodell und dem dazugehörigen Katalog kann unter folgendem Link nachgelesen werden:

[http://www.bewegung.ac.at/fileadmin/unterricht/Kompetenzmodell\\_und\\_Kompetenzkatalog\\_Sekundarstufe\\_II.pdf](http://www.bewegung.ac.at/fileadmin/unterricht/Kompetenzmodell_und_Kompetenzkatalog_Sekundarstufe_II.pdf) (letzter Zugriff am 29.5.2017)



Die aufgelisteten Sportarten sollen aus verschiedenen Perspektiven erlebt und gelehrt werden. Spielen, Leisten, Erleben, aber auch Gestalten sind enthalten. Dabei darf die Befindlichkeit des eigenen Körpers inmitten dieser Aktivitäten nicht untergehen. Von der Kompetenzseite her lassen sich Kategorien einteilen, die als Leitgedanken das Können, das Wissen und das Wollen tragen. Mit diesem Kompetenzmodell wird versucht, eine Symbiose aus mentalen, physischen bzw. motorischen Aspekten sowie der Motivation zu schaffen. Fertigkeiten in Bezug auf sich selbst, die Umwelt, die Umsetzung von Aufgaben und die Problemstellungen, wie auch auf ein bestimmtes Niveau in den Sportarten und sportartübergreifenden Aktivitäten werden abverlangt.

Es handelt sich im Spezifischen um vier Kompetenzbereiche, die alle gleichsam entwickelt und gefördert werden sollen: Selbst-, Sozial-, Methoden- und Fachkompetenz. Mittels Bewegungsaktivitäten, -erlebnissen und motorischen Aufgabenstellungen sind diese Kompetenzen in den Sportunterricht einzubauen. Sie können in Teilkompetenzen untergliedert sein und werden mit Deskriptoren bzw. „Ich kann“-Beschreibungen für die SchülerInnen verständlich gemacht. Die Fachkompetenz umfasst die Ausbildung und Vertiefung von konditionellen und koordinativen Fähigkeiten. Sowohl Fach- als auch Methodenkompetenz sollen befähigen, sich mit dem Thema Sport und dessen Wirkung auf die psychische und physische Gesundheit auseinander zu setzen. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass diese Überlegungen und Ausführungen im Katalog nicht im Stande sind, alle Lern- und Erfahrungsbereiche der SchülerInnen miteinzubeziehen. Dadurch soll eine Integration von Interessen, Begabungen und Vorwissen erleichtert werden (vgl. Kompetenzmodell und Kompetenzkatalog, 2014, S. 4 f.).

### **13.3 Das Für und Wider von Standardisierungen**

Die Pisa-Studie brachte über den Umweg der Bedenken in den geprüften Fächern den Stein zur Reflexion des Sportunterrichts ins Rollen. Es wurde vom „Versagen des Schulsystems“ (Volkamer, 2003, S. 201) gesprochen. Vergleiche mit Schweden und Finnland zeigen die angeblich missliche Lage des Schulsystems auf. Den systematischen Unterschieden der Bildungs- und Schulkultur im staatlichen Vergleich wird aber kaum Beachtung geschenkt. Die Reaktion auf die Ergebnisse der Studie war die Einführung von Standardisierungen, die in den Lehrplan und damit in den Unterricht integriert werden müssen (vgl. Volkamer, 2003, S. 203).

Durchaus positiv wird an der Einführung der Bildungsstandards die dadurch entstehende Aufwertung des Sportunterrichtes auf die Ebene eines kompetenzvermittelnden Unterrichtsfaches gesehen. Nicht nur die Hauptfächer vermitteln Fertigkeiten für den Alltag und die Zukunft, sondern auch im Sportunterricht wird auf Bildung und Kompetenzen geachtet. Die Bildungsstandards machen dies für Eltern und Mitwirkende im Lern- und Entwicklungsprozess der Kinder einsehbar (vgl. Einführung zu den Bildungsstandards, 2014,

S. 5). Lange (2014, S. 51) erklärt, dass die Konsequenzen dieser Standardisierung die Methoden-, Inhalts- und Zielebene ansprechen sollen. Anhand eines Outputs vonseiten der SchülerInnen kann die Lehrkraft die Effizienz ihres Unterrichtsrepertoires auf die geforderten Kompetenzen prüfen und modifizieren. Standardisierung soll laut Lange (2014, S. 50) ein „pädagogischer Richtungsgeber“ sein.

Lange (2014, S. 49) bringt die Einführung von Bildungsstandards mit der Präsenz einer „gewissen Reparaturmentalität und der daran gebundenen bildungspolitischen Ängstlichkeit“ in Verbindung. Die Bildungsstandards sollen die Themenzusammenstellungen des Sportunterrichts leiten und dadurch Inhalte, Methoden und Ziele neu oder besser definieren (vgl. Lange, 2014, S. 49). Im Zuge der Standardisierungsdiskussion verweist Lange (2014, S. 49) auf Gatzemann (2008, S. 50 f.), der sich diesem Thema unter Hinzuziehung von VertreterInnen des Faches Bewegung und Sport, aber auch von PhilosophInnen und TheoretikerInnen widmete. Gatzemann (2008, S. 50) äußert sich über die vage formulierten Konzepte für die Pädagogik des Sportunterrichts, die viele Fach- und Sachkundige nach etwas ‚Greifbarem‘ und Umsetzbaren suchen ließen, eher kritisch. Es fehle bei den aufliegenden Versuchen, Sportunterricht in die Bildungstheorie einzubinden, an Konkretisierung und Belegung durch Beispiele (vgl. Gatzemann, 2008, S. 50).

Der Autor fasste während einer bildungspolitischen Diskussion theoretisch-philosophische Beiträge zusammen und traf dabei auf verschiedene Ansätze und Sichtweisen. Teilweise sieht man die bildungspolitische Arbeit am Sportunterricht als sekundär gegenüber den Hauptfächern, für die es bereits ausgereift formulierte Bildungsstandards gibt. Die vorhandenen Richtlinien des Sportunterrichts unterschieden sich kaum von verjährten Lehrplänen und weisen Aufbrüche zu Neuerungen nur auf dem Papier auf, so Gatzemann (2008, S. 50). Franz Bockrath (in Gatzemann, 2008, S. 51) spräche in Bezug auf Bildungsstandards von gezogenen Grenzen, die der Entfaltung von Potentialen widerspräche und so das kognitive Lernen einschränken. Er spricht dabei vom impliziten Wissen und weist auf die Tatsache hin, dass Lernen an das Erfahren der Umgebung, der Wechselbeziehung von Körper und Umwelt, an Inputs und Emotionen gekoppelt ist und „nebenbei“ passiert, was Gatzemann (2008, S. 50) anzweifelt.

Des Weiteren erwähnt er zwei weitere Gegner der Standards in dieser bildungsphilosophischen Debatte, die als Argumente einerseits die Unmessbarkeit von Bildung vorbringen und andererseits anmerken, dass sich die Zergliederbarkeit und Sachlogik des Lernens und Bildens, sowie die Messung von Resultaten dem menschlichen Denken sowie den theoretischen Überlegungen entziehe, so Monika Röscher und Franz Schürmann (in Gatzemann, 2008, S. 51). Es ist laut den oben genannten TheoretikerInnen nur schwer möglich, das tatsächliche Ausmaß und den Umfang von Bildung messen und bewerten zu



können. Vor allem erfolgt Lernen individuell, ist durch die individuellen Schemata und Erfahrungen geprägt und lässt sich dadurch mehr oder weniger gut und effizient verknüpfen und speichern.

Es wird von einer kontraproduktiven Festlegung einer derartigen „Normierung“ eben aufgrund der unterschiedlichen Basis oder des Vorwissens der Kinder gesprochen. Nicht außer Acht zu lassen ist der Schulstandort, der ebenfalls eine Standardisierung erschweren könnte. Lehrkräfte erfahren Einschränkungen in Bezug auf ihre Kompetenzen, da für spezifische Inhalte oder Aktivitäten wenig Platz ist. Einer Spontaneität und Befriedigung aktueller Lernbedürfnisse der SchülerInnen kann durch die Vorschriften der Bildungsstandards nicht besonders flexibel entgegengeblendet werden und die Tatsache, dass die Standards in jedem Fach einzuhalten sind, bewirkt eine Herabsetzung der Einzigartigkeit und Besonderheit eines jeden Unterrichtsfaches (vgl. Einführung zu den Bildungsstandards, 2014, S. 5). Volkamer (2003, S. 203) meint in diesem Zusammenhang: „Von systematischer Förderung [...] ist kaum die Rede – die kostet im Gegensatz zu Standards und Druck Geld.“ (Volkamer, 2003, S. 203). Es kann also einerseits als Absicherung und Erleichterung gesehen werden, wenn die Inhalte eines Unterrichtsfaches vorgegeben und für alle gleich sind. Andererseits ist es, wie die Ausführungen zeigen, eine Beschneidung der Freiheit, Unterricht an den Interessen der SchülerInnen und LehrerInnen, an aktuellen Gegebenheiten, Exkursen in unbekannte und deshalb interessante Sphären auszurichten. In diesem Falle kann man wieder von ‚Kunst‘ sprechen, die die Lehrkraft in ihrem Handeln beweisen muss, wenn sie sowohl die Richtlinien des Lehrplans einhält als auch den Bedürfnissen, die sich aus der individuellen Dreiecksbeziehung aus SchülerInnen, LehrerInnen und der Sache ergeben, Rechnung trägt.

### **13.4 Einen Konsens finden**

Nach den Ausführungen in Bezug auf Lernen, Lehren und Bildung unter der Prämisse der gehirngerechten Ausrichtung soll es nun zu einer holistischen Betrachtung und einem Konsens kommen. Dafür soll die Interpretation der Perspektiven von Caine und Caine (2000, Caine et al., 2004, in: Arnold, 2009, S. 189) einen Überblick der wichtigsten Aspekte in den Lernprozessen und Anregungen für ebendiese bieten. Arnold (2009, S. 190 ff.) versucht mit den zwölf Prinzipien den Blick auf den Lerner bzw. die Lernerin zu lenken, was in weiterer Folge als die Darbietung von Impulsen und Anhaltspunkten für die Lehrperson und ihren Unterricht angesehen werden soll.

„1. Prinzip: Lernen ist ein physiologischer Vorgang [...] Körper und Geist [bilden] eine vollkommene Einheit [...] Schüler lernen effektiver, wenn sie Erfahrungen machen können, die vielfältig ihre Sinne ansprechen.“

2. Prinzip: Das Gehirn ist sozial [...] Schüler lernen effektiver, wenn in den Lernprozess soziale Interaktionen einbezogen werden.
3. Prinzip: Die Suche nach Sinn ist angeboren [...] Schüler lernen effektiver, wenn ihre Interessen und Ideen miteinbezogen und gewürdigt werden.
4. Prinzip: Sinnsuche geschieht durch die Bildung von (neuronalen) Mustern [...] Schüler verstärken und erweitern ihr Lernen, wenn neue Muster mit dem vorhandenen Vorwissen verbunden werden.
5. Prinzip: Emotionen sind wichtig für die Musterbildung [...] Sie begleiten jeden Gedanken, jede Entscheidung, jede Handlung [...] Schüler lernen effektiver, wenn durch Informationen und Erfahrungen begleitende positive Emotionen hervorgerufen werden.
6. Prinzip: Das Gehirn verarbeitet Informationen in Teilen und als Ganzes gleichzeitig [...] Schüler lernen effektiver, wenn ihnen ein Verständnis des Ganzen vermittelt wird, das die Details miteinander verbindet.
7. Prinzip: Lernen erfolgt sowohl durch gerichtete Aufmerksamkeit als auch durch periphere Wahrnehmung [...] Schüler lernen effektiver, wenn ihre Aufmerksamkeit vertieft wird und wenn zugleich Lernumgebungen geschaffen werden, die den Lernprozess unterstützen, dass die Aufmerksamkeit nicht abgelenkt wird.
8. Prinzip: Lernen geschieht sowohl bewusst als auch unbewusst [...] Schüler lernen effektiver, wenn sie Zeit haben, ihr eigenes Lernen zu reflektieren.
9. Prinzip: Es gibt mindestens zwei Arten von Gedächtnis. Die eine ist die Speicherung und Archivierung von isolierten Fakten, Fertigkeiten und Abläufen, die andere ist die gleichzeitige Aktivierung vielfältiger Systeme, um Erfahrungen sinnvoll zu verarbeiten. [...] Schüler lernen effektiver durch Verknüpfungen von Informationen und Erfahrungen, die vielfältige Erinnerungswege zulassen.
10. Prinzip: Lernen ist entwicklungsabhängig [...] Alle Lernprozesse bauen auf vorher Gelerntem auf, und sie sind von Veränderungen im Körper und im Gehirn begleitet, die ihrerseits durch Erfahrungen verändert werden [...] Schüler lernen effektiver, wenn ihre individuellen Unterschiede hinsichtlich Entwicklung und Reife, Kenntnissen und Fertigkeiten berücksichtigt werden.

11. Prinzip: Komplexes Lernen wird durch Herausforderungen gefördert, durch Angst und Bedrohung verhindert, was von Hilflosigkeit und Erschöpfung begleitet ist [...] Schüler lernen effektiver in einer unterstützenden, motivierenden und herausfordernden Umgebung.

12. Prinzip: Jedes Gehirn ist einzigartig [...] Schüler lernen effektiver, wenn ihre einzigartigen individuellen Talente, Fähigkeiten und Fertigkeiten angesprochen werden.“

(Arnold, 2009, S. 190 ff.)

Diese Prinzipien sollen Leitgedanken für den Sportunterricht, aber auch für das Lernen im Allgemeinen bieten. SchülerInnen soll dafür die Möglichkeit gegeben werden, mithilfe dieser Aspekte Erfahrungen zu machen und so darin bestärkt werden, dass Lernen auf vielfältige Weise, in unterschiedlichen Situationen und unter variierenden Bedingungen stattfindet.

Gerade im Sportunterricht, der sich von den Bedingungen her von anderen Fächern abhebt, kann laut Lange (2014, S. 2) ein „Transferpotenzial“ gesehen werden. Lern- und Trainingsprozesse können dabei eine Schlüsselfunktion für die Entwicklung darstellen. Schließlich können den Lernenden ihre körperlichen und auch geistigen Limits bewusst werden und sie dazu bringen, die Grenzen neu zu setzen, wenn sie sich interessiert einer unbekanntes Hürde stellen können. Für dieses Ausprobieren, sei es mit Erfolg oder Misserfolg, drohen keine Sanktionen oder Konsequenzen, denn Hotz (1991, S. III) sieht den Sport als „variationsreiches Übungsfeld“, das vor allem für Lehrkräfte einen „Modellcharakter für menschliches Handeln“ impliziert. Dies soll ein Hinweis darauf sein, dass durch Sport „wertvolle Beiträge auf dem Weg zur Individuation und Sozialisation“ geleistet werden, so Hotz (1991, S. III).

Neben den Ansprüchen, den der Bewegungs- und Sportunterricht an sich, die Lernenden und Lehrenden stellt, versucht Volkamer (2003, S. 212), den Blick, wenn auch mit einem gewissen Hang zum Idealismus, auf die Essenz der Schule zu richten. Er philosophiert über eine Schule, in der „Kinder und Jugendliche sich mit Interesse einer Sache widmen, sich ohne schulischen Zwang und Zeitdruck in sie vertiefen, vertiefen dürfen – und das unter Anleitung und Betreuung von engagierten Sachkundigen, geduldigen, an der Entwicklung des Kindes interessierten Erwachsenen, die ihrerseits ebenfalls nicht unter dem Druck von Lernzielen und Lehrplanvorschriften stehen.“ Es ist eine teils unrealistische, idealisierende Forderung Volkamers, wenn man in die verschiedenen Turnsäle und Klassenräume hineinblickt und sich über die bereits oben angesprochenen Richtlinien und Ansprüche Gedanken macht. Dennoch sollte der Fokus der Schule, Menschen zu bilden, ihnen Möglichkeiten des Lernens und Entdeckens zu bieten, sie auf Aufgaben und Zukunft vorzubereiten, sie dabei in ihren individuellen Veranlagungen zu fördern und nicht dem Druck von theoretischen Modellen und

Schemata auszusetzen, erhalten bleiben. Funke (1989, S. 11) sieht die Lehrkraft als Leitfigur in diesem Gefüge an Sport und Lernenden. „Der Pädagoge ist [...] der einzige, der wohl einen einigermaßen tragfähigen Begriff von der menschlichen Bewegung im Rahmen der Sportwissenschaft entwickeln kann. [...] Nur der Sportpädagoge sieht noch, was wirklich ist, nicht Bewegungen, sondern sich bewegende Menschen“.

## 14 Résumé

Die vorliegende Arbeit ist weitläufig und enthält viele Aspekte, Perspektiven und Verweise in Bezug auf das Gehirn mitsamt der es zu erforschen suchenden Wissenschaften, der Bewegung, dem Lernen, dem Lehren und dem Unterricht. Diese wurde ausführlich dargelegt und sollen nun zusammenfassend die Abhandlung Revue passieren lassen.

Die Präsenz der Fragestellungen rund um das Gehirn ist nicht nur in den Neurowissenschaften gegeben, sondern beschäftigt auch zahlreiche andere natur- und geisteswissenschaftliche Forschungsrichtungen. Der Anspruch, den die Neurowissenschaft auf die Erforschung des Gehirns als oberste Disziplin erhebt, wird kritisiert, da sie selbst in ihren Forschungen und Erkenntnissen von der Interdisziplinarität profitiert (vgl. Kap. 2, S. 17 ff.). Das Gehirn ist ausschlaggebend für Bewegungen, für das Lernen und die damit verbundenen Möglichkeiten, Probleme zu lösen, sich weiter zu entwickeln und Veränderungen für sich selbst und seine Umwelt zu bewirken, wie aus den vorangegangenen Abhandlungen herausgelesen werden kann. Es ist überaus komplex, sich der Vorgänge auf physiologischer, psychologischer und pädagogischer Ebene bewusst zu werden und entsprechende Maßnahmen setzen zu können, die das Etikett „gehirngerecht“ oder „brain-based“ tragen (vgl. Kap. 3, S. 27 ff.)

Dafür musste die menschliche Fähigkeit des Lernens näher betrachtet werden, durch die es zu derartigen Wissens- und Kompetenzentwicklungen kommt. Der Mensch ist in jeder Sekunde umgeben von Informationen aus der Umwelt, aber auch aus seinem eigenen Körper. Diese muss er verarbeiten und interpretieren. Für diese Prozesse stehen ihm unterschiedliche Ebenen und Typen des Gedächtnisses zur Verfügung, die bei der Ansammlung, Eingliederung, Konsolidierung und Kategorisierung von Wissen Unterstützung leisten (vgl. Kap. 4, S. 49 ff.). Lernen, die Aneignung von Wissen, dessen Speicherung, Abruf und Anwendung macht den Menschen zu dem, was er ist. Bereits in der frühen Kindheit werden Lernprozesse in Gang gebracht, die das Überleben sichern und auf das weitere Leben mit all seinen Herausforderungen vorbereiten. Dabei dürfen die verschiedenen Kategorien des Lernens und Verinnerlichens nicht außer Acht gelassen werden (vgl. Kap. 5, S. 61 ff.)

An diesem Punkt erfolgte mit dem Schwenk in Richtung Physiologie und Bewegung der Übergang zum sportbezogenen Abschnitt der Arbeit, der in das Lernen im Sport einführen soll. Mit den Informationen zum Zentralnervensystem, den Muskeln und den motorischen Fähigkeiten und Fertigkeiten sollte der handelnde Mensch im Mittelpunkt stehen. Vom Gehirn ausgehenden ist er auf die physiologischen Dispositionen seines Körpers angewiesen, um sich bewegen und dadurch handeln zu können. Vor allem die Koordination wurde von Studien und Publikationen als besonders erwähnenswert in Bezug auf körperliche und geistige Fertigkeiten genannt. Sport beeinflusst das Gehirn durch die Provokation zerebraler Strukturen

zur Überwindung von Widerständen und der Ausweitung körperlicher Fähigkeiten sowie auch physiologischer Gegebenheiten. Das Gehirn beeinflusst den Sport durch verschiedene Denkweisen und Strategien, etwa wie Hindernisse zu überwinden sind, wie in Situationen agiert werden sollte und wie daraus nach und nach eine Verinnerlichung entsteht (vgl. Kap. 6, S. 76 ff.)

Lernen stellte in dieser Arbeit ein zentrales Thema dar, das aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet wurde. Einerseits kamen verschiedene Lernmechanismen und -kategorien zum Vorschein, andererseits fiel der Fokus auch auf das motorische Lernen bis dieser Themenbereich schließlich mit dem gehirngerechten Lernen, den Ansprüchen und Forderungen abgerundet wurde. Es wurden Sichtweisen und Empfehlungen präsentiert, wie man die Rahmenbedingungen, Situationen und Umstände förderlich für den Geist und auch den Körper gestalten könnte. Schließlich zielen diese Inputs besonders auf die Anwendung im Sportunterricht ab. Die Abhandlungen betrafen eine Annäherung an die Thematik des gehirngerechten Lernens über Reize, Inhalte, Anregungen, motivationale und emotionale Aspekte, die Schaffung von Schwierigkeiten und Hindernissen zur Überwindung und Weiterentwicklung der kognitiven Fähigkeiten, sowie den Zugang über die Motorik und das Zusammenspiel zwischen Sport und Gehirn in beiden Richtungen (vgl. Kap. 7, 8 & 9, S. 89 ff.)

Zusätzlich sollte der Begriff „brain-based“, wie bereits die Überschrift zu verstehen gibt, auch in den Bereich des Lehrens vordringen. So wurden neben den Forderungen für das Lernen auch Ansprüche an einen gehirngerechten Unterricht gestellt. Sowohl der Lehrperson als zentrale Figur, die die Inhalte und die Lernenden durch Methodik und Didaktik vereinen sollte, als auch ihrem Unterrichtshandeln galt die Aufmerksamkeit. Weg von der Monotonie, von den starren Übungsreihen, isolierten Techniktrainings hin zu einem variablen, offenen Unterricht, der Entdeckung, Eigenständigkeit, Reflexion, Handeln in verschiedenen Kontexten, Wagnis, positive Emotionen und das Wollen fördert, lautet die Devise. Den Sinnen, dem Denken, dem aktiven Ausprobieren soll der Weg bereitet werden (vgl. Kap. 10, S. 114 ff.)

Sind diese Forderungen im heutigen Sportunterricht präsent oder wird ihnen Folge geleistet? Dafür fehlen statische Analysen und ausgewertete Daten, dennoch kann mit einem Blick in die Vereinbarungen des Lehrplans und der Bildungsstandards die Haltung und Einstellung zum Bewegungs- und Sportunterricht abgelesen werden. Kompetenzen in den verschiedensten Bereichen werden den SchülerInnen abverlangt, wofür die Lehrkräfte Sorge tragen müssen. Das Ziel sei eine Standardisierung, die Vergleiche unter SchülerInnen und auch zwischen verschiedenen Ländern zuließe. Einige Stimmen sprechen hier von fehlender Explizitheit, aufgedrückten Normen, die Motivation und Freiheit einschränken, andere von einer Möglichkeit, Können und Wissen sichtbar und erfahrbar zu machen (vgl. Kap. 13, S. 140 ff.).

Im Grunde muss ein Konsens gefunden werden, der sowohl die Sache, also den Schulsport, definiert, dafür Richtlinien und Anhaltspunkte vorgibt, die dann von den Lehrkräften an die SchülerInnen weitergetragen werden sollen. Im Zentrum steht die Wissens- und Könnensvermittlung, die durch die Berücksichtigung von gehirngerechten Lern- und Lehrstrategien erfolgreich realisiert werden soll. Die SchülerInnen sollen sowohl im motorischen als auch im kognitiven Bereich Bildung und Weiterentwicklung erfahren und das kann nur dann stattfinden, wenn die Motivation, die Anreize und die Rahmenbedingungen stimmen und zwar sowohl auf SchülerInnen- als auch auf LehrerInnenseite.

## 15 Ausblick

Der Ausdruck gehirngerecht oder „brain-based“ wurde mittlerweile von verschiedenen Richtungen analysiert und er hört nicht auf, die ForscherInnen zu beschäftigen. Das Gehirn gibt viele Fragen auf, lässt Überzeugte durch neue Erkenntnisse wieder zweifeln oder eröffnet neue Perspektiven. Der „Neurozug“ wie Beck (2016, S. 10) ihn nennt, hat viele WissenschaftlerInnen und ihre Thesen erfasst, bedingt aber wie dies auch in der Abhandlung erklärt wurde viele Mythen und Skepsis (vgl. Kap. 2, S. 24). Um das Bild des Gehirns im rechten Licht zu behalten, schlägt Beck (2016, S. 298) vor, einfachen Erklärungen dieses komplexen Organs bzw. Vergleichen mit Maschinen, Computer oder anderen programmierbaren bzw. vorhersagbaren Mechanismen kritisch zu begegnen. Ebenso ist – wie auch in allen anderen Wissenschaften – die Quelle der Information die halbe Wahrheit. Danach ist die Untersuchungsmethode einer Publikation genauer zu betrachten, um Fehlschlüssen oder -interpretationen entgegen zu wirken und so die Verbreitung von Mythen einzuschränken. Die TeilnehmerInnenanzahl, die technischen Hilfsmittel, ausgeklügelte Datenerfassungsmethoden und nachvollziehbare Auswertungen können den Ruf der Neurowissenschaften und die Wahrheit über das Gehirn wahren (vgl. Beck, 2016, S. 298 ff.). Ein kritischer Blick und das Heranziehen mehrere Forschungsergebnisse für eine These führen zu einer höheren Wahrscheinlichkeit, das menschliche Gehirn richtig einzuschätzen.

Die Faszination über das Gehirn soll bestehen bleiben, schließlich ist es für viele Menschen und ForscherInnen und auch für Beck (2016, S 303) „das coolste und spannendste Organ von allen“. Was aber steckt hinter all dem ‚Trubel‘ um das Gehirn und seine Fähigkeiten? Was bringt die ForscherInnen dazu, ihre Untersuchungen weiter zu führen und sie an die Bevölkerung, an LehrerInnen, Eltern, SportlerInnen und viele weitere Interessenten heranzutragen? Janich (2009, S. 91) spricht von „Popularisierung“. WissenschaftlerInnen präsentieren ihr Wissen den Laien. Das öffentliche Interesse wird geschürt, gelenkt und befriedigt, was wiederum den Status der Wissenschaft und die Finanzen erhöht (vgl. Janich, 2009, S. 92). Das Ziel in alldem sind Erkenntnisse. Der Geist soll erklärt werden, damit daraus Profit, auf welche Art und Weise auch immer, gemacht wird, sei es im Kampf gegen Krankheiten, in der Entwicklung neuer Methoden im Lernen und Lehren oder um Macht und Manipulation auf dem Weg zur Entschlüsselung von weiteren Geheimnissen der Menschheit. Es sei verwiesen auf Beck (2016, S. 285 ff.), der dazu Denkanstöße gibt.

Gehirntraining (u. a. Jasper, 2008), Lernförderung (u.a. Herrmann, 2009) und Sport für ein fittes Gehirn (u.a. Voelcker-Rehage et al., 2013) sind nur einige Werke, die in dieser Arbeit ihren Platz gefunden haben und auf die Notwendigkeit hinweisen, das Gehirn zu fördern, effektiver zu nützen und dadurch auf eine Verbesserung in vielen anderen Bereichen des



Alltags hoffen lassen. Es geht schlicht und einfach um Optimierung und dafür wird so einiges in Kauf genommen. Die Hürden für dieses Vorhaben werden immer einfacher zu überwinden.

Zur Steigerung der Gehirnleistung können weitere technische Maßnahmen wie beispielsweise das Brain-Computer-Interface und das Neurofeedbacktraining herangezogen werden. Dabei werden Gleichstromverschiebungen in unterschiedlichen Frequenzbereichen gemessen, während Aufgaben zur Signaldetektion, motorischen Entscheidung oder Reaktionsfähigkeit (Rockstroh, Elbert, Birbaumer, Lutzenberger, 1990, S. 151 ff.) gestellt werden. Ein Neurofeedbacktraining im LKP<sup>25</sup>-Bereich (Kübler & Kleih, 2016, S. 49) bewirkt laut Real, Kübler und Kleih (2014, in Kübler & Kleih, 2016, S. 49) eine erhöhte Leistung bei Aufgabenstellungen zur Aufmerksamkeit. Zu einer langfristigen Leistungssteigerung kann es aber nur durch weiter folgende Trainingssequenzen im Alltag kommen. Das Neurofeedback ist laut Kübler und Kleih (2016, S. 55) ein „nicht-invasiver Ansatz [...] sich selbstwirksam zu erleben“. Der Punkt der Selbstwirksamkeit wurde schon im pädagogischen und didaktischen Teil erwähnt und zielt auf die Motivation, die Positionierung und die Entwicklung der Lernenden ab (vgl. Kap. 11, S. 104 f.). Kübler und Kleih (2016, S. 55) beziehen diese Selbstwirksamkeit auf den Eingriff in die Gehirnaktivität, die durch die Technisierung anschaulich gemacht wird. Neurofeedback ist aber nicht nur imstande Aufzeichnungen der Hirnaktivitäten und Bewegungen in einem definierten Zeitfenster festzuhalten, sondern es ist auch bei der Ursachenbekämpfung auftretender Krankheiten und Folgeerscheinungen behilflich (vgl. Kübler und Kleih, 2016, S. 55).

Eine weitere Methode im Bereich des Feedbacks und der darauffolgenden Möglichkeit zur Leistungssteigerung ist die Messung von sensomotorischen Rhythmen (SMR), so Pfurtscheller und Lopes da Silva (2011, S. 935 ff.). In den sensomotorischen Gehirnarealen werden die Frequenzen der Rhythmen gemessen, die im Allgemeinen bei 8-12 Hz liegen. So kann das Gehirn laut Kübler und Kleih (2016, S. 49) auf seine „elektrische Aktivität“ überprüft werden. Die Rhythmen weisen bei „entspannter Wachheit“ eine starke Ausprägung auf. Kommt es zu einer Bewegungsvorstellung, einer Planung oder wird sie ausgeführt, so entsteht eine Desynchronisierung der sensomotorischen Rhythmen, so Pfurtscheller und Lopes da Silva (2011, S. 935 ff.). Dabei entsteht eine Ungleichmäßigkeit in der Gehirnaktivität und das ist das Indiz für Bewegung oder einen intensiven Reflexionsprozess (vgl. Kübler & Kleih, 2016, S. 49). Gruzelier (2014, S. 142 ff.) konnte feststellen, dass eine erhöhte Amplitude der sensomotorischen Rhythmen eine Verbesserung im Bereich der sensomotorischen Regulierung oder Anpassung hervorruft. Das wiederum führe zu einer effizienten Steuerung und Einsatzfähigkeit der Aufmerksamkeit. Alles in allem werden durch die Erhöhung der SMR

---

<sup>25</sup> LKP = langsame kortikale Potentiale. Zu Englisch: SCP = slow cortical potentials (Kübler & Kleih, 2014, S. 49)

notwendige Aspekte in die Lösung von Aufgaben und die Förderung der allgemeinen Handlungsfähigkeit einbezogen (vgl. Gruzelier, 2014, S. 142 ff.).

Die zunehmende Technisierung in den Forschungen rund um die Gehirn- und Neurofrage veranlasst zu einer Reflexion über die Sinnhaftigkeit und Ethik von Verbesserungsmaßnahmen. Reiner (2013, S. 3 ff.) unterscheidet zwischen den „Transhumanisten“, die eine Verbesserung menschlicher Denk- und Handlungsweisen mit technischer Unterstützung befürworten, und den „Biokonservativen“, welche den Standpunkt vertreten, dass derartige Aufbesserungsmaßnahmen und Einflüsse in Gehirnprozesse wider die Natur sind. Überlegungen auf dieser Basis inkludieren Sichtweisen aus der Philosophie und der Ethik in diese Diskussion mit ein und verdeutlichen das Ausmaß, das dieses Forschungsgebiet mittlerweile einnimmt.

Bei Neuroenhancement wird versucht, über Verfahren und Prozesse im Bereich der Biomedizin die Charakteristika und Kompetenzen des Gehirns gesunder (Test-)Personen noch weiter zu fördern. Die mentalen Funktionen sollen weiter ausgebaut werden (vgl. Schütz, Hildt & Hampel, 2016, S. 11). Die ForscherInnen haben durch das steigende Interesse an den neuartigen Perspektiven der Neurowissenschaften, die auch das breite Publikum erreicht haben, die Motivation entwickelt, kognitive Funktionen zu steigern, sowohl bei gesunden Patienten, als auch bei pathologischen Veränderungen, wie etwa ADHS<sup>26</sup> oder Alzheimer-Erkrankungen, so Partridge et al. (2011, S. 2). „Functional Food“ oder auch Medikamente wie Ritalin (Hopbach, 2010, S. 7.) haben bereits ihren Platz im Alltag und der Forschung gefunden. Sagener (2013<sup>27</sup>) weist darauf hin, dass Prüfungs- und Versagensangst unter amerikanischen Studierenden zu einer vermehrten Einnahme von „Braindoping-Mittel“ führen. Der Wunsch nach Gesundheit, nach Intelligenz, nach Macht durch Wissen kommt durch diese Tendenzen zum Vorschein und die eingesetzten Methoden spielen darauf ab, dass oftmals die Ansicht der oben genannten „Transhumanisten“ bevorzugt wird.

Schütz, Hildt und Hampel (2016, S. 13) weisen auf Problematiken hin, die sich durch den Umgang mit diesem Thema in der Gesellschaft ergeben:

- „Es gibt derzeit keine klare operationale Definition von Neuroenhancement, die Regulierungsdiskursen zugrunde gelegt werden kann. Neuroenhancement ist ein Oberbegriff, der lediglich ein Ziel beschreibt, auch dies nur grob, die Verbesserung oder genauer

---

<sup>26</sup> Eine interessante Abhandlung über das Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitätssyndrom, kurz ADHS sowie Behandlungsmöglichkeiten werden von Kübler und Kleih (2016, S. 52 ff.) geboten. Im Unterricht wie auch im alltäglichen Umfeld häufen sich die Krankheitsfälle. So ist es durchaus sinnvoll, sich darüber zu informieren. In dieser Arbeit findet eine weitere Abhandlung jedoch keinen Platz.

<sup>27</sup> <http://www.zeit.de/studium/uni-leben/2013-07/studie-gehirndoping-studenten> (letzter Zugriff am 17.6.2017).

Steigerung kognitiver Fähigkeiten, ohne konkret anzugeben, mit welchem Mittel dieses Ziel erreicht werden soll.

- Die für Neuroenhancement eingesetzten Verfahren können unterschiedlicher Natur sein, von der Verwendung therapeutisch induzierter Medikamente, bis hin zur Stimulierung des Gehirns durch elektrische Ströme oder Magnetfelder.
- Nicht nur die technisch-wissenschaftlichen Grundlagen sind ungeklärt, Aussagen über die Auswirkungen von Neuroenhancement sind zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch weitgehend spekulativ, da Risiken, Nebenwirkungen, aber auch die Möglichkeiten, noch kaum abgeschätzt werden können.“

Generell versucht sich der Mensch weiterzuentwickeln, technologisch und auch kognitiv. Die technische Weiterentwicklung ist leicht zu erkennen und wird auch, wie diese Arbeit gezeigt hat, für die kognitive genutzt. Janich (2009, S. 178) spricht von einem neuen „Menschenbild“, welches mithilfe der Wissenschaften – dabei sticht vor allem die Neurowissenschaft heraus – geschaffen werden soll. Es gibt herausragende Erkenntnisse in diesem Bereich, doch philosophisch gesehen gleicht das Menschenbild eher einer „Organismusmaschine“ (Janich, 2009, S. 179), die gescannt, programmiert und berechnet wird. Wie in vielen anderen Bereichen wird ständig nach Innovation gesucht, ohne dabei zuerst die vorhandenen Ressourcen und das Wissen zu nützen, um etwas Neues zu bewirken. Das Besinnen auf Bestehendes, das Reflektieren über dessen Einsatz und schließlich die Planung, um mit dem, was man hat, zu dem was man will zu kommen, könnte Sinnvolles und Vielversprechendes schaffen.

Was kann noch getan werden, um den Menschen in seiner kognitiven Entwicklung und Leistungssteigerung zu fördern? Einige Ansätze waren bereits Thema der Arbeit und können als Richtungsweiser verstanden werden. Lernen ist ein Schlüssel zu höheren kognitiven Performanzen, aber nur dann, wenn es erfolgreich und mit dauerhaften Ergebnissen und Entwicklungen abläuft. Dazu muss es modelliert, durchdacht und gehirngerecht organisiert sein, damit Wissen abgespeichert, erinnert und angewendet werden kann. Strategien und Übungen können die kognitive Leistungsfähigkeit steigern und das Individuum so auf Lernerfolge und Höchstleistungen, auch im Sport, vorbereiten. Gehirngerechtes Training zielt auch darauf ab, die Fitness in anderen Sportarten zu gewährleisten, denn kein Sport läuft ohne Gedächtnis-, Assoziations-, Kalkulierungs- und Programmierungsprozesse ab. Beck (2014, S. 125 f.) betont die reziproke Wirkung von mentalen Prozessen wie strategisches Denken und Handlungsplanung unter Druckbedingungen auf die Handlungsgeschwindigkeit und Entscheidungsfindung.

Die gegenseitigen Vorteile, die das Gehirn und der Körper voneinander genießen, so sie ein dafür ausgerichtetes Training und durchdachte Lernkontexte mit Ansprüchen an die Sinne, an die kognitiven Fähigkeiten, an den Bewegungsapparat vorfinden, gepaart mit der Unterstützung einer Lehrkraft als Planungsfigur und LenkerIn in Problemlösesituationen, sollten in dieser Arbeit deutlich hervorgekommen sein und können weiteren Überlegungen eine Grundlage bieten.

# Bibliographie

## Werke:

- Anderson, J. R. (2013). *Kognitive Psychologie*. 7. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer Verlag.
- Baddely, A., Eysenck, M. & Anderson, M. C. (2009). *Memory*. London: Psychology Press.
- Bandura, A. (1969). *Principles of behaviour modification*. New York: Holt, Rinehart & Winston, Inc.
- Bear, M. F., Connors, B. W. & Paradiso, M. A. (2009). *Neurowissenschaften. Ein grundlegendes Lehrbuch für Biologie, Medizin und Psychologie*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Beck, F. (2014). *Sport macht schlau. Mit Hirnforschung zu geistigen und sportlichen Höchstleistungen*. Berlin: Goldegg Verlag GmbH.
- Beck, H. (2016). *Hirnrissig. Die 20,5 größten Neuromythen – und wie unser Gehirn wirklich tickt*. München: Wilhelm Goldmann Verlag.
- Birbaumer, N. & Schmidt, R. F. (2010). *Biologische Psychologie*. 7. überarbeitete und ergänzte Auflage. Heidelberg: Springer Medizin Verlag Heidelberg.
- Bower, G. H. & Hilgard, E. R. (1981). *Theories of learning*. Englewood Cliffs, NJ : Prentice Hall.
- Bower, G. H. & Hilgard, E. R. (1983). *Theorien des Lernens I*. In deutscher Sprache herausgegeben und neu übersetzt von Hans Aebli und Urs Aeschbacher. Stuttgart: Verlagsgemeinschaft Ernst Klett-J. G. Cotta'sche Buchhandlung.
- Braitenberg, V. & Schüz, A. (1991). *Anatomy of the Cortex*. Heidelberg: Springer.
- Brodmann, K. (1909). *Vergleichende Lokalisationslehre der Grosshirnrinde. In ihren Principien dargestellt auf Grund des Zellenbaues*. Leipzig: Johannes Ambrosius Barth Verlag.
- Caine, R. N., Caine, G., McClintic, C. L. & Klimek, K. J. (2004). *12 Brain/Mind Learning Principles in Action. The Fieldbook for Making Connections, Teaching, and the human Brain*. Thousand Oaks CA: Corwin Press.
- Caspary, R. (2010). *Alles Neuro? Was die Hirnforschung verspricht und nicht halten kann*. Freiburg im Breisgau: Herder.
- De Groot, A. D. (1965). *Thought and choice in chess*. The Hague: Mouton.
- Diemer, A. (1977). *Elementarkurs Philosophie. Hermeneutik*. Düsseldorf, Wien: Econ Verlag.
- Eagleman, D. (2015). *The brain. The story of you*. New York: Pantheon Books and colophon.
- Fitts, P. M. & Posner, M. I. (1967). *Human Performance*. Belmont, CA: Brooks Cole.
- Flechsig, P. (1920). *Anatomie des menschlichen Gehirns und Rückenmarks auf*

- myelogenetischer Grundlage*. Thieme Verlag: Leipzig.
- Fuster, J. (2003). *Cortex and Mind: Unifying Cognition*. Oxford: Oxford Univ. Press.
- Gallwey, W. T. (2012). *Tennis – Das Innere Spiel. Durch entspannte Konzentration zur Bestleistung*. München: Wilhelm Goldmann Verlag.
- Gazzaniga, M. S., vry, R. B. & Mangun, G. R. (2014). *Cognitive Neuroscience. The Biology of the Mind*. 4. Auflage. International Student Edition. New York: W. W. Norton.
- Gluck, M. A., Mercado, E. & Myers, C. E. (2010). *Lernen und Gedächtnis. Vom Gehirn zum Verhalten*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Gruschka, A. (2002). *Didaktik. Das Kreuz mit der Vermittlung*. Wetzlar: Büchse der Pandora.
- Guthrie, E. R. (1935). *The psychology of learning*. New York: Harper & Row.
- Hanebuth, O. (1961). *Der Rhythmus in den Leibesübungen*. Frankfurt a. M. : Limpert.
- Hering, E. (1870). *Über das Gedächtnis als eine allgemeine Function der organisirten Materie*. Wien: Akad. Verlagsgesellschaft.
- Heursen, G. (1997). *Ungewöhnliche Didaktiken*. Hamburg: Bergmann & Helbig.
- Hoffmann, J. (1993). *Vorhersage und Erkenntnis*. Göttingen, Bern, Toronto, Seattle: Hogrefe.
- Hotz, A. (1991). *Praxis der Trainings- und Bewegungslehre*. Frankfurt a. M.: Verlag Moritz Diesterweg, Verlag Sauerländer.
- Janich, P. (2009). *Kein neues Menschenbild. Zur Sprache der Hirnforschung*. Frankfurt: Edition Unseld Suhrkamp.
- Jasper, B. M. (2008). *Brainfitness. Denken und Bewegen*. 2., überarbeitete Auflage. Aachen: Meyer & Meyer Verlag.
- Kandel, E. R. & Schwartz, J. H. (1984). *Principles of neural science* (2. Auflage.). New York: Elsevier.
- Keeton, W. T. (1980). *Biological science*. New York: W. W. Norton.
- Kiesel, A. & Koch, I. (2012). *Lernen. Grundlagen der Lernpsychologie*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialmedien.
- Kluge, F. (2002). *Etymologisches Wörterbuch der deutschen Sprache*. Bearbeitet von Seebold, E. Berlin & New York: Walter De Gruyter.
- Lange, H. (2014). *Sportdidaktik und Sportpädagogik. Ein fachdidaktischer Grundriss*. München: Oldenburg Wissenschaftsverlag GmbH.
- Löwe, H. (1970): *Einführung in die Lernpsychologie des Erwachsenenalters*. Berlin.
- Markowitsch, H. J. (2009). *Das Gedächtnis. Entwicklung, Funktionen, Störungen*. München: Verlag C. H. Beck oHG.
- Markowitsch, H. J. (2009a). *Dem Gedächtnis auf der Spur. Vom Erinnern und Vergessen*. Darmstadt: WBG Wissenschaftliche Buchgesellschaft.

- Meinel, K. & Schnabel, G. (2007). *Bewegungslehre. Sportmotorik*. Aachen: Meyer & Meyer Verlag.
- Merleau-Ponty, M. (1966). *Phänomenologie der Wahrnehmung*. Berlin: De Gruyter Studienbuch.
- Neisser, U. (1967). *Cognitive psychology*. New York: Meredith Publishing Company.
- Petermann, F., Stein, I. A. & Macha, T. (2004). *Entwicklungsdiagnostik mit dem ET6-6*, 2. veränderte Aufl., Frankfurt am Main : Harcourt Test Services.
- Quillian, M. R. (1966). *Semantic memory*. Cambridge, MA: Bolt Beranek and Newman.
- Rösler, F. (2011). *Physiologie der Kognition. Eine Einführung in die Kognitive Neurowissenschaft*. Heidelberg: Spektrum.
- Roth, G. & Koop, M. (2015). *Besser lehren – besser lernen. Schulpraxis und Hirnforschung im Tandem*. Stuttgart: Dr. Josef Raabe Verlags-GmbH.
- Schacter, D. L. (1996). *Searching for Memory. The brain, the mind, and the past*. New York: Basic Books.
- Scherer, H.-G. & Bietz, J. (2015). *Lehren und Lernen von Bewegungen*. Schneider Verlag Hohengehren.
- Schmidt, R. F., Lang, F. Thews, G. (2005). *Physiologie des Menschen*, 29. Auflage. Berlin & Heidelberg: Springer Verlag.
- Skinner, B. F. (1971). *Erziehung als Verhaltensformung. Grundlagen einer Technologie des Lehrens*. Neubiberg (München): Keimer.
- Spitzer, M. (2006). *Lernen. Gehirnforschung und die Schule des Lebens*. Heidelberg: Spektrum.
- Thorndike, E. L. & Joncich, G. M. (Hrsg.) (1962). *Psychology and the science of education. Selected writings of Edward. L. Thorndike*. New York: Bureau of Publications. Teacher College. Columbia Univ.
- Unglaub Silverthorn, D. (2009). *Human physiology. An integrated Approach*. 4. Ausgabe. San Francisco: Pearson Education, (Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.).
- Voelcker-Rehage, S., Tittlbach, S., Jasper, B.M. & Regelin, P. (2013). *Gehirntraining durch Bewegung*. Frankfurt: Meyer & Meyer Verlag.
- Volkamer, M. (2003). *Sportpädagogisches Kaleidoskop: Texte, Episoden und Skizzen zu sportpädagogischen Problemen – ein Lesebuch*. 1. Auflage. Hamburg: Feldhaus.
- Watson, J. B. (1914). *Behavior, an introduction to comparative psychology*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Watson, J. B. (1968). *Behaviorismus*. (Original aus 1930), Köln: Kiepenheuer & Witsch.
- Weineck, J. (2007). *Optimales Training. Leistungsphysiologische Trainingslehre unter*

*besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings*. Balingen: Spitta Verlag GmbH & Co. KG.

Winkel, S., Petermann, F. & Petermann, U. (2006). *Lernpsychologie*. Paderborn: Verlag Ferdinand Schöningh GmbH & Co. KG.

Zull, J. E. (2002). *The Art of Changing the Brain*. Virginia: Stylus Publishing, LLC.

### **Beiträge:**

Arnold, M. (2009). Brain-based learning and teaching – Prinzipien und Elemente. In U. Herrmann, U. (Hrsg.), *Neurodidaktik. Grundlagen und Vorschläge für gehirngerechtes Lehren und Lernen*. 2. Auflage. (S. 182-195). Weinheim und Basel: Beltz.

Bauer, J. (2009). Kleine Zellen, große Gefühle – wie Spiegelneuronen funktionieren. Die neurobiologischen Grundlagen der „Theory of Mind“. In U. Hermann (Hrsg.), *Neurodidaktik. Grundlagen und Vorschläge für gehirngerechtes Lehren und Lernen*. 2. Auflage. (S. 49-57). Weinheim und Basel: Beltz.

Beckmann, H. (2010). Bewegungs- und Erlebnislandschaften bauen. In H. Lange & S. Sinning (Hrsg.), *Handbuch Methoden im Sport*. (S. 515-526). Balingen: Spitta Verlag GmbH & Co. KG.

Bietz, J. & Böcker, P. (2009). Spielen und Spiele spielen. In R. Laging (Hrsg.), *Inhalte und Themen des Bewegungs- und Sportunterrichts*. (S. 108-136). Baltmannsweiler: Schneider.

Brand, M. & Markowitsch, H. J. (2009). Lernen und Gedächtnis aus neurowissenschaftlicher Perspektive. Konsequenzen für die Gestaltung des Schulunterrichts. In U. Hermann (Hrsg.), *Neurodidaktik. Grundlagen und Vorschläge für gehirngerechtes Lehren und Lernen*. 2. Auflage. (S. 69-85). Weinheim und Basel: Beltz.

Crick, F. H. C. & Asanuma, C. (1986). Certain aspects of the anatomy and physiology of the cerebral cortex. In J. L. McClelland & D. E. Rumelhart (Hrsg.), *Parallel distributed processing: Explorations in the microstructure of cognition*. (Vol. 2, S. 331-371). Cambridge, MA: MIT Press/Bradford Books.

Friedrich, G. (2009). Neurodidaktik – eine neue Didaktik? In: U. Herrmann (Hrsg.), *Neurodidaktik. Grundlagen und Vorschläge für gehirngerechtes Lehren und Lernen*, 2. Auflage. (S. 272-285). Weinheim, Basel: Beltz Verlag.

Gabrieli, J. D. E. (2001). Functional neuroimaging of episodic memory. In R. Cabeza & A. Lingstone (Hrsg.), *Handbook of functional neuroimaging of cognition* (S. 253-292.). Cambridge, MA: MIT Press.

Ghez, C. & Gordon, J. (2011). Bewegung. Einführung in die Motorik. In: E. R. Kandel, J. H. Schwartz. & T. M. Jessell, (Hrsg.), *Neurowissenschaften. Eine Einführung*. (S. 497-511). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Hammer, B. (2013). Neuroinformatik. In S. Achim & S. Walter (Hrsg.), *Handbuch Kognitionswissenschaft*. (S. 52-55). Stuttgart, Weimar: Verlag J. B. Metzler.

Hennon, E. A., Hirsh-Pasek, K. & Michnick-Golinkoff, R. (2000). Die besondere Reise vom Fötus zum spracherwerbenden Kind. In H. Grimm (Hrsg.), *Sprache, Band 3 Sprachentwicklung* (S. 41-101). Göttingen: Hogrefe.



- Herrmann, U. (2009). Gehirnforschung und die neurodidaktische Revision des schulisch organisierten Lehrens und Lernens. In: U. Herrmann, U. (Hrsg.), *Neurodidaktik. Grundlagen und Vorschläge für gehirngerechtes Lehren und Lernen*. 2. Auflage. (S. 148-181). Weinheim und Basel: Beltz.
- Hertzberg, J. (2013). Kognitive Robotik. In S. Achim & S. Walter (Hrsg.), *Handbuch Kognitionswissenschaft*. (S. 47-51). Stuttgart, Weimar: Verlag J. B. Metzler.
- Hüther, G. (2009). Die Bedeutung sozialer Erfahrungen für die Strukturierung des menschlichen Gehirns. In: U. Herrmann (Hrsg.), *Neurodidaktik. Grundlagen und Vorschläge für gehirngerechtes Lehren und Lernen*. 2. Auflage. (S. 41-48). Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- Kandel, E. (2011). Ein Überblick. Gehirn und Verhalten. In E. R. Kandel, J. H. Schwartz & T. M. Jessell, (Hrsg), *Neurowissenschaften. Eine Einführung*. (S. 5-19). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Kandel, E. (2011). Ein Überblick. Neuronen und Verhalten In E. R. Kandel, J. H. Schwartz & T. M. Jessell, (Hrsg), *Neurowissenschaften. Eine Einführung*. (S. 21-41). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Kretschmer, J. (2010). Bewegungslandschaften – Anspruch und Wirklichkeit. In: H. Lange & S. Sinning, (Hrsg.), *Handbuch Sportdidaktik*. (S. 385-400). Balingen: Spitta.
- Kübler, A. & Kleih, S. (2016). Verbesserung der kognitiven Leistungsfähigkeit durch Neurofeedback. In: R. Schütz, E. Hildt, & J. Hampel (Hrsg), *Neuroenhancement: Interdisziplinäre Perspektiven auf eine Kontroverse*. (S. 47-64). Bielefeld: transcript Verlag.
- Kupferberg, I. & Kandel, E. (2011). Lernen und Gedächtnis. In E. R. Kandel, J. H. Schwartz & T. M. Jessell (Hrsg.), *Neurowissenschaften. Eine Einführung*. (S. 667-684). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Lange, H. (2010) Bewegungskoordination – Koordinationslernen. In H. Lange & S. Sinning (Hrsg.), *Methoden im Sport. Ein Handbuch*. (S. 165-181). Balingen: Spitta Verlag GmbH & Co. KG.
- Laube, W. (2011). Physiologie, Leistungsphysiologie, Pathophysiologie. In A. Hüter-Becker & M. Dölken, (Hrsg), *Biomechanik, Bewegungslehre, Leistungsphysiologie, Trainingslehre*. 2. Auflage. (S. 129-305). Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG.
- Meyners, E. (2010). Angewandte Kinesiologie – gehirngerechtes Lernen. In: H. Lange & S. Sinning (Hrsg.), *Methoden im Sport. Ein Handbuch*. (S. 201-217). Balingen: Spitta Verlag GmbH & Co. KG.
- Müller, L. & Fikus, M. (1998). Emergenz und Bewegungslernen. Eine Einführung in den Workshop. In L. Müller & M. Fikus, (Hrsg.), *Sich Bewegen – wie Neues entsteht: Emergenztheorien und Bewegungslernen*. (S. 19-39). Hamburg: Czwalina.
- Oevermann, U. (1996). Theoretische Skizze einer revidierten Theorie professionalisierten Handelns. In A. Combe & W. Helsper (Hrsg.). *Pädagogische Professionalität – Untersuchungen zum Typus pädagogischen Handelns*. (S. 70-182). Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Pfurtscheller, G. & Lopes da Silva, F. H. (2011). EEG event-related desynchronization (ERD)

- and event related synchronization (ERS). In D. L. Schomer, E. Niedermeyer & F. H. Lopes da Silva (Hrsg.), *Electroencephalography*. (S. 935-948). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Rakic, P., Ang, E. S. B. C. & Breunig, J. (2004). Setting the stage for cognition. Genesis of the primate cerebral cortex. In: M. S. Gazzaniga (Hrsg.), *The Cognitive Neurosciences III*. (S. 33-50). Cambridge, MA: MIT Press.
- Reichert, J. (1997). Objektive Hermeneutik. In: R. Hitzler & A. Honer (Hrsg.), *Sozialwissenschaftliche Hermeneutik. Eine Einführung*. (S. 31-58). Opladen: Leske + Budrich.
- Reiner, P. B. (2013). The Biopolitics of Cognitive Enhancement. In: E. Hildt, A. G. Franke (Hrsg.), *Cognitive Enhancement. An Interdisciplinary Perspective*. (S. 187-206). Springer: Dordrecht.
- Roth, G. (2009). Warum sind Lehren und Lernen so schwierig? In U. Hermann (Hrsg.) (2009), *Neurodidaktik. Grundlagen und Vorschläge für gehirngerechtes Lehren und Lernen*. 2. Auflage. (S. 58-68). Weinheim und Basel: Beltz.
- Scherer, H.-G. & Böger, C. (2011). Bewegungswissenschaft. In C. Kröger & W.-D. Miethling (Hrsg.), *Sporttheorie für die gymnasiale Oberstufe*. (S. 69-89). Schorndorf: Hofmann.
- Scherer, H.-G., Kuhn, M. & Reszel, B. (2010). Transfer beim Bewegungslernen. In G. Amesberger, T. Finke, & S. Würth (Hrsg.), *Psychophysiologie im Sport – zwischen Experiment und Handlungsorientierung*. (Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, Bd. 201, S. 156). Hamburg: Czwalina.
- Schmidt, U. (2013). Künstliche-Intelligenz-Forschung. In S. Achim & S. Walter (Hrsg.), *Handbuch Kognitionswissenschaft*. (S. 44-46). Stuttgart, Weimar: Verlag J. B. Metzler.
- Schütz, R., Hildt, E. & Hampel, J. (2016). Neuroenhancement als gesellschaftliches Phänomen. In: R. Schütz, E. Hildt, J. Hampel (Hrsg.), *Neuroenhancement: Interdisziplinäre Perspektiven auf eine Kontroverse*. (S. 7-24). Bielefeld: transcript Verlag.
- Slaby, J. (2013). Kritische Neuro- und Kognitionswissenschaft. In S. Achim & S. Walter (Hrsg.), *Handbuch Kognitionswissenschaft*. (S. 523-527). Stuttgart, Weimar: Verlag J. B. Metzler.
- Thompson, R. F. & Glanzman, D. L. (1976). Neural and behavioral mechanisms of habituation and sensitization. In T. J. Tighe & R. N. Leaton, (Hrsg.), *Habituation: Perspectives from child development, animal behavior, and neurophysiology*. (S. 49-93). Hillsdale, N. J.: Erlbaum.
- Tulving, E. (2005). Episodic memory and Autonoesis. Uniquely human? In H. S. Terrace, & J. Metcalfe (Hrsg.), *The Missing Link in Cognition* (S. 4-56). NewYork, NY: Oxford University Press.
- Weinert, Franz E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – Eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Leistungsmessungen in Schulen*. (S. 17-31). Weinheim u. Basel: Beltz.

## Artikel:

- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological review*, 84 (2), 191-215.
- Bernštejn, N. A. (1957). Nekotorye nazrevajuščie problemy reguljacii dvigatel'nych aktov (Einige herangereifte Probleme der Regulation der motorischen Akte). *Voprosy psichologii*, 3 (6), 70-90.
- Borgstein, J. & Grootendorst, C. (2002). Clinical picture: half a brain. *Lancet*, 359, S. 473.
- Braun, A. K. & Meier, M. (2004). Wie Gehirne laufen lernen oder: Früh übt sich, wer ein Meister werden will! Überlegungen zu einer interdisziplinären Forschungsrichtung „Neuropädagogik“. *Zeitschrift für Pädagogik*, 50 (4), 507-520.
- Braun, C., Schweizer, R., Elbert, T., Birbaumer, N. & Taub, E. Differential Activation in Somatosensory Cortex for Different Discrimination Tasks. *The Journal of Neuroscience*, 2000, January 1, (20) 1, 446-450.
- Bruner, J. S. (1964). The course of cognitive growth. *American Psychologist*, 19, 1-15.
- Budde, H., Brunelli, A., Machado, S., Velasques, B., Ribeiro, P., Arias-Carrión, O. & Voelcker-Rehage, C. (2012). Intermittent Maximal Exercise Improves Attentional Performance Only in Physically Active Students. *Elsevier. Archives of Medical Research* 43, 125-131.
- Collins A, Koechlin E. 2012. Reasoning, learning, and creativity: frontal lobe function and human decisionmaking. *PLoS Biol.* 10:e1001293, 1-16  
<http://journals.plos.org/plosbiology/article/file?id=10.1371/journal.pbio.1001293&type=printable> (letzter Zugriff am 4.6.2017).
- Collins, A. M. & Quillian, M. R. (1969). Retrieval time from semantic memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 8, 240-247.
- Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annu. Rev. Psychol.*, 64, 135–168.
- Fitz, N. S. & Reiner, P. B. (2013). The challenge of crafting policy for do-it-yourself brain stimulation. *Journal Med Ethics*, Online First, doi: 10.1136/medethics-2013-101458. 1-3  
<http://jme.bmj.com/content/medethics/early/2013/05/20/medethics-2013-101458.full.pdf> (letzter Zugriff am 27.6.2017).
- Funke, J. (1989). Die Bedeutung der Sportpädagogik für die Sportpraxis. *Sportpädagogik*, 13 (6). 7-12.
- Funke-Wieneke, J. (1995). Vermitteln – Schritte zu einem „ökologischen“ Unterrichtskonzept. *Sportpädagogik*, 19 (5), 10-17.
- Gatzemann, T. (2008). Die Standardisierungsdebatte. Positionen der Diskussion um Bildungsstandards im Sportunterricht. *Sportunterricht*, 57 (2). Schorndorf. S. 50-51.
- Greenough, W. T. (1984). Structural correlates of information storage in the mammalian brain: a review and hypothesis. *Trends in Neurosciences*, Vol. 7 (7), 229–233.
- Gruzelier, J. H. (2014). EEG-neurofeedback for optimising performance. II: creativity, the

- performing arts and ecological validity. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 44, 142-158. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0149763413002248> (letzter Zugriff a 3.6.2017)
- Hüther, G. (2004). Die Bedeutung sozialer Erfahrungen für die Strukturierung des menschlichen Gehirns. Welche sozialen Beziehungen brauchen Schüler und Lehrer? *Zeitschrift für Pädagogik* 50, (4), 487-495.
- Huttenlocher, P. R., de Courten, C., Garey, L. J. & Van der Loos, H. (1982). Synaptogenesis in human visual cortex-evidence for synapse elimination during normal development. *Neuroscience Letters*, 33 (3), 247-252.
- Isaacs, K. R., Anderson, B. J., Alcantara, A. A., Black, J. E. & Greenough, W. T. (1992). Exercises and the brain: angiogenesis in the adult rat cerebellum after vigorous physical activity and motor skill learning. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, 12 (1), 110-119.
- Jacobson, C. F. (1932). Influence of motor and premotor area lesions upon the retention of skilled movements in monkeys and chimpanzees. *Proc. Ass. Res. Nerv. Ment. Dis.* 13, 225-247.
- Jäger, K., Schmidt, M., Conzelmann, A. & Roebbers, C. M. (2014). Cognitive and physiological effects of an acute physical activity intervention in elementary school children. *Frontiers in Psychology*, Vol. 5, 1-11. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4270126/> (letzter Zugriff am 17.5.2017).
- Jäncke, L. (2009). The plastic human brain. *Restorative Neurology Neuroscience*, 27, 521-538.
- Jäncke, L. (2010). Hirnforschung: sinnvolle Ergänzung oder überflüssiges Anhängsel der Psychologie? *Psychologische Rundschau*, 61 (4), 191-198.
- Kempermann, G. (2013). What the bomb said about the brain. *Science*. Vol. 340 (6137). 1180-1181.
- Lashley, K. S. (1924). Studies of cerebral function in learning: V. The retention of motor habits after destruction of the so-called motor areas in primates. *Arch. Neurol. Psychiat.*, Chicago, 12, 249-276.
- Lashley, K. S. (1950). In search of the engram. *Society of Experimental Biology Symposium*. N°4. Physiological Mechanisms in Animal Behaviour. Cambridge University Press, 1-31. <file:///C:/Ines%20201617/Sport/DA%20Sport%20=/Gehirn%20und%20Gedächtnis/Lashley1950.pdf> (Letzter Zugriff am 7.6.2017)
- Lechner, H. A., Squire, L. R. & Byrne, J. H. (1999) 100 years of consolidation. Remembering Müller and Pilzecker. *Learning & Memory*, 6, 77-87. <http://learnmem.cshlp.org/content/6/2/77.full.pdf+html> (letzter Zugriff am 23.5.2017).
- Lehto JE, Juujärvi P, Kooistra L, Pulkkinen L. 2003. Dimensions of executive functioning: evidence from children. *Br. J. Dev. Psychol.*, 21, 59-80.
- Lewis, B. & Clarke, H. (1878). The cortical lamination of the motor area of the brain. *Proceedings of the Royal Society of London*. 27, S. 38-49.

- Mausfeld, R. Psychologie, Biologie, Kognitive Neurowissenschaften. Zur gegenwärtigen Dominanz neuroreduktionistischer Positionen und zu ihren stillschweigenden Grundannahmen. 2010. *Psychologische Rundschau*, 61 (4), 180-190.
- Patridge, B. J., Bell, S. K., Lucke, J. C., Yeates, S. & Hall, W. D. (2011). Smart drugs „As common as coffee. Media Hype about Neuroenhancement. *PLoS ONE*, 6 (11), 1-8. <http://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0028416&type=printable> (letzter Zugriff am 4.6.2017).
- Pascual-Leone, A., Amedi, A., Fregni, F. & Merabet, L. B. The Plastic Human Brain Cortex. *Neurosci.* (2005). 28, 377-401. [http://multisensory.ekmd.huji.ac.il/publications/Pascual-Leone\\_Amedi\\_et%20al%20Ann%20Rev%20Neurosci%2005.pdf](http://multisensory.ekmd.huji.ac.il/publications/Pascual-Leone_Amedi_et%20al%20Ann%20Rev%20Neurosci%2005.pdf) (letzter Zugriff am 27.6.2017).
- Raine, L. B., Lee, H. K., Saliba, B. J. Chaddock-Heyman, L., Hillman, C. H. & Kramer, A. F. (2013). The Influence of Childhood Aerobic Fitness on Learning and Memory. *PLoS*, 8 (9), 1-6. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3770671/pdf/pone.0072666.pdf> (letzter Zugriff am 13.6.2013).
- Rakic, P. (2009). Evolution of the neocortex: A perspective from developmental biology. *Nature Reviews Neuroscience*, 10 (10), 724-735.
- Rizzolatti, G., Camarda, R., Fogassi, L., Gentilucci, M., Luppino, G., Matelli, M. (1988). Functional organization of inferior area 6 in the macaque monkey. II. Area F5 and the control of distal movements. *Experimental Brain Research*, 71, 491-507.
- Rockstroh, B., Elbert, T., Birbaumer, N., Lutzenberger, W. (1990). Biofeedback-produced hemispheric asymmetry of slow cortical potential and its behavioural effects. *International journal of psychophysiology*, Vol. 9 (2), 151-165. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/016787609090069P> (letzter Zugriff am 3.6.2017)
- Sachser, N. (2004). Neugier, Spiel und Lernen. Verhaltensbiologische Anmerkungen zur Kindheit. *Zeitschrift für Pädagogik*, 50 (4), 475-486.
- Schirp, H. (2003). Neurowissenschaften und Lernen. Was können neurobiologische Forschungsergebnisse zur Unterrichtsgestaltung beitragen? In: *Die Deutsche Schule* 95, 304-316.
- Schore, A. N. (2001). The effects of a secure attachment relationship on right brain development, affect regulation, and infant mental health. *Infant Mental Health Journal*, 22, 7-66.
- Spelke, E., Hirst, W. & Neisser, U. (1976). Skills of divided Attention. *Cognition*, 4, 215-230.
- Stickgold, R., Hobson, J. A., Fosse, R. & Fosse, M. Sleep, Learning, and Dreams: Off-line Memory Reprocessing. *Science*, Vol. 294, 1052-1057. <http://www.cogsci.ucsd.edu/~pineda/COGS175/readings/Stickgold.pdf>, (letzter Zugriff am 23.5.2017).
- Tulving, E. (2002). Episodic memory: from mind to brain. *Annual Reviews of Psychology*, 53, 1-25.
- Van Praag, H., Shubert, T., Zhao, C. & Gage, F. H. (2005). Exercise Enhances Learning and

- Hippocampal Neurogenesis in Aged Mice. *JNeurosci*, 25 (38), 8680-8685.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1360197/pdf/nihms5565.pdf> (letzter Zugriff am 21.4.2017).
- Vaynman, S., Zhe Ying, Z. & Gomez-Pinilla, F. (2004). Hippocampal BDNF mediates the efficacy of exercise on synaptic plasticity and cognition. *European Journal of Neuroscience*, 20, 2580-2590.
- Vidal, F. (2009) Brainhood, anthropological figure of modernity. *History of the Human Sciences*, 22 (1), 5-36.
- Vivar, C. & Van Praag, H. (2013). Functional circuits of new neurons in th dentate gyrus. *Frontiers in Neural Circuits*. 1-13.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3580993/pdf/fncir-07-00015.pdf> (letzter Zugriff. 20.4.2017).
- Volkamer, M. (1979). Die Gefahr der Vermethodisierung. *Sportpädagogik*, 4 (5), 18-20.
- Windisch, C., Voelcker-Rehage, C. & Budde, H. (2011). Förderung der geistigen Fitness bei Schülerinnen und Schülern durch koordinative Übungen. *Sportunterricht*. 60 (10). 307-311.

#### **Staatsexamensarbeiten, Dissertationen:**

- Diessner, G. (1966). *Der Einfluss der motorischen Eigenschaften auf die Ausbildung der Bewegungsfertigkeiten im alpinen Skilauf*. Dissertation, Potsdam: Pädagogische Hochschule.
- Lange, H. (1998). *Schwimmunterricht in der siebten Klasse. Eine körpererfahrungsbezogene Realisation des schuleigenen Arbeitsplanes*. Unveröffentlichte 2. Staatsexamensarbeit. Eingereicht am Studienseminar Kassel II. Hofgeismar und Kassel.

#### **Vorträge:**

- Real, R. G. L., Kübler, A. Kleih, S. C. (2014). Specific effects of slow cortical potentials neurofeedback training on attentional performance. 6<sup>th</sup> International Brain-computer Interface Conference. Graz, Austria, 2014.
- Spitzer, M. im BRD: <http://www.br.de/fernsehen/ard-alpha/sendungen/geist-und-gehirn/geist-und-gehirn-manfred-spitzer-gehirnforschung148.html> (letzter Zugriff am 5.5.2017).

#### **Internetquellen:**

- Bildungsstandards für Bewegung und Sport. Einführung:  
[http://www.bewegung.ac.at/fileadmin/unterricht/Einfuehrung\\_zum\\_Bildungsstandard\\_Bewegung\\_und\\_Sport.pdf](http://www.bewegung.ac.at/fileadmin/unterricht/Einfuehrung_zum_Bildungsstandard_Bewegung_und_Sport.pdf) (letzter Zugriff am 29.5.2017)
- Brodmann, K. und die oberflächlichen Gehirnareale:  
<http://www.umich.edu/~cogneuro/jpg/Brodmann.html> (letzter Zugriff am 3.1.17)
- <http://edglossary.org/brain-based-learning/> (letzter Zugriff am 4.6.2014)
- <https://en.oxforddictionaries.com/definition/phyletic> (letzter Zugriff am 4.8.2017)

<http://user.medunigraz.at/helmut.hinghofer-szalkay/Praefrontal.htm> (letzter Zugriff am 3.8.2017)

Hopbach, J. (2010). Self-enhancement via Ritalin. Eine kritische Auseinandersetzung mit den Folgen. Die <http://www.philotec.de/data/self-enhancement-hopbach.pdf> (letzter Zugriff am 3.6.2017).

Ivan P. Pawlow: <http://www.spektrum.de/lexikon/neurowissenschaft/pawlow/9619> (letzter Zugriff am 22.6. 2017)

Kompetenzmodell und Kompetenzkatalog Sekundarstufe II:  
[http://www.bewegung.ac.at/fileadmin/unterricht/Kompetenzmodell\\_und\\_Kompetenzkatalog\\_Sekundarstufe\\_II.pdf](http://www.bewegung.ac.at/fileadmin/unterricht/Kompetenzmodell_und_Kompetenzkatalog_Sekundarstufe_II.pdf) (letzter Zugriff am 29.5.2017)

Sagener, N. (2013). Pillen schlucken für den Lernrausch. Zeit Online: (letzter Zugriff am 17.6.2017). <http://www.zeit.de/studium/uni-leben/2013-07/studie-gehirndoping-studenten>

Wundt, W.: <http://psychologie.biphaps.uni-leipzig.de/wundt/chapters/wundt.htm> (letzter Zugriff am 4.6.2017).

Scheich, H. (2003). Lernen unter der Dopamin-Dusche. Die Zeit Online, Nr. 39. [http://www.zeit.de/2003/39/Neurodidaktik\\_2](http://www.zeit.de/2003/39/Neurodidaktik_2) (letzter Zugriff am 10.6.2017).

Spitz, R. Psychischer Hospitalismus: <https://www.psyta.de/psychischer-hospitalismus-172.html> (letzter Zugriff am 13.4.2017).

<https://www.study-hamnat.de/backend/ueben/aufgabe/id/869/uid/28> (letzter Zugriff am 13.6.2017).

Watzlawick, P. <http://www.watzlawickehrenring.at/paul-watzlawick.html> (letzter Zugriff am 23.5.2017).

# Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Der Hirnstamm und seine Position im Gehirn (Unглаub Silverthorn, 2009, S. 304)...	28
Abb. 2: Gehirn, Rückenmark und Wirbelsäule (Unглаub Silverthorn, 2009, S. 304).....	28
Abb. 3: Verschiedene Hirnstrukturen (Keeton, 1980, in: Anderson, 2013, S. 13).....	29
Abb. 4: Das limbische System (Unглаub Silverthorn, 2009, S. 308).....	30
Abb. 5: Lappen und Kortexe des menschlichen Gehirns (Unглаub Silverthorn, 2009, S. 309) .....	31
Abb. 6: Die Kortexe des menschlichen Gehirns ( <a href="http://user.medunigraz.at/helmut.hinghofer-szalkay/Praefrontal.htm">http://user.medunigraz.at/helmut.hinghofer-szalkay/Praefrontal.htm</a> , letzter Zugriff am 3.8.2017).....	36
Abb. 7: Aufbau eines Neurons (Unглаub Silverthorn, 2009, S. 247).....	37
Abb. 8: Einteilung der Neurone – Afferenzen und Efferenzen (Birbaumer & Schmidt, 2010, S. 28).....	37
Abb. 9: Drei Arten von Nervenzellen (Rösler, 2011, S. 19 in Anlehnung an Bear, Connors & Paradiso, 2009).....	39
Abb. 10: Darstellung der Entwicklung neuronaler Verknüpfungen von Neugeborenen, Kleinkindern und Erwachsenen (Eagleman, 2015, S. 6).....	43
Abb. 11: Zerebrale Areale, in denen Erinnerungen gebildet und abgespeichert werden (Anderson, 2013, S. 117).....	53
Abb. 12: Die verschiedenen Arten der Langzeitgedächtnisse (Birbaumer und Schmidt, 2010, S. 621, in Anlehnung an Schmidt, R. F., Lang, F. Thews, G., 2005).....	55
Abb. 13: Die Schritte der Informationsverarbeitung (Brand & Markowitsch, 2009, S. 72).....	58
Abb. 14: Funktionen des Gehirns und des Gedächtnisses im Überblick (Markowitsch, 2009a, S. 104). .....	59
Abb. 15: Areale für die Speicherung von Informationen, Bedeutungen und Repräsentationen (Anderson, 2013, S. 93).....	74
Abb. 16: Reize, Erregungsmuster, Reaktionen des Körpers (Laube, 2011, S. 129).....	76
Abb. 17: Der Weg eines Reizes vom Gehirn zum Muskel ( <a href="https://www.studyhamnat.de/backend/ueben/aufgabe/id/869/uid/28">https://www.studyhamnat.de/backend/ueben/aufgabe/id/869/uid/28</a> ) (letzter Zugriff am 13.6.2017).....	80
Abb. 18: Schematische Darstellung des motorischen Systems (Birbaumer & Schmidt, 2010, S. 267).....	85
Abb. 19: "Fähigkeitsdimensionen der Motorik" (Lange, 2014, S. 55).....	90
Abb. 20: Vereinfachte Darstellung der Bewegungskoordination (Meinel & Schnabel, 2007, S. 38 in Anlehnung an Bernšteijn, 1957).....	94



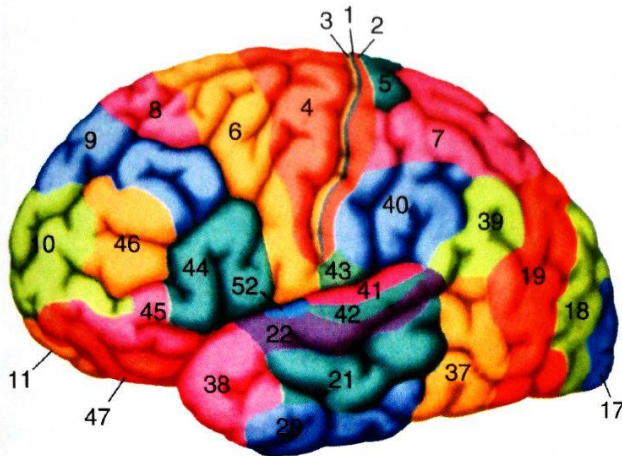
Abb. 21: Erwartung – Ergebnis – Bewertung in Bezug auf die Selbstwirksamkeit (Winkel et al., 2006, S. 204 adaptiert nach Bandura, 1977, S. 193) .....	103
Abb. 22: "Sportdidaktisches Modell" (Lange, 2014, S. 9).....	114
Abb. 23: "Anhaltspunkte für die Entwicklung unterrichtlichen Könnens" (Lange, 2014, S. 45) .....	115
Abb. 24: Was Kinder wollen und können (Lange, 2014, S. 11) .....	123
Abb. 25: Das Kompetenzmodell der Sekundarstufe I und II ( <a href="http://www.bewegung.ac.at/fileadmin/unterricht/Kompetenzmodell_und_Kompetenzkatalog_Sekundarstufe_II.pdf">http://www.bewegung.ac.at/fileadmin/unterricht/Kompetenzmodell_und_Kompetenzkatalog_Sekundarstufe_II.pdf</a> letzter Zugriff am 27.6.2017) .....	141

# Anhang

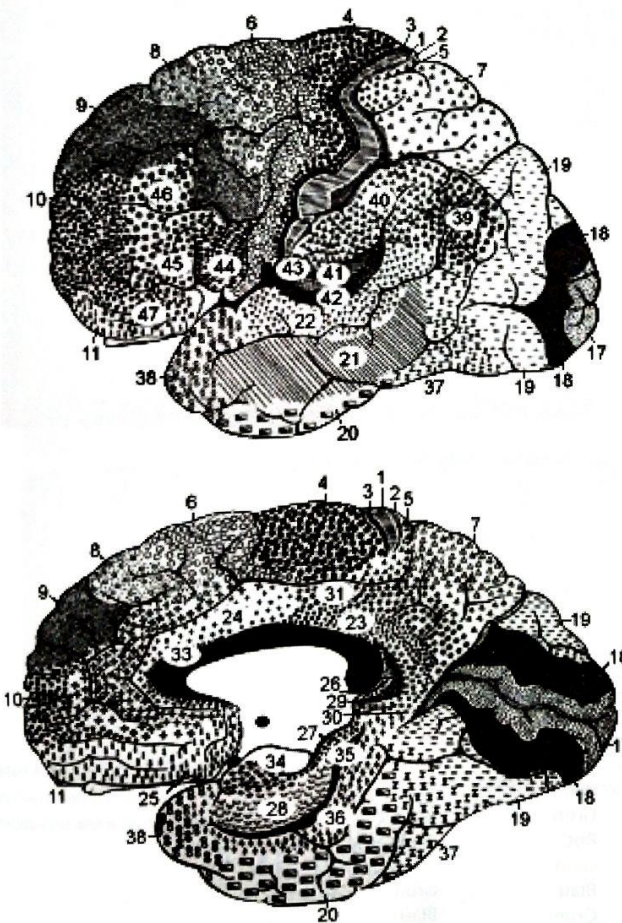
## Die Einteilung der Gehirnareale nach Brodmann

### Hirnkarte des Menschen nach Brodmann, Areale

Die 52 Brodmann-Areale in moderner Darstellung



Hirnareale nach Brodmann (1909, S.131)



### Areale nach Brodmann

1. A. postcentralis intermedia
2. A. postcentralis caudalis
3. A. postcentralis oralis
4. A. gigantopyramidalis
5. A. praeparietalis
6. A. frontalis agranularis
7. A. parietalis superior
8. A. frontalis intermedia
9. A. frontalis granularis
10. A. frontopolaris
11. A. praefrontalis
17. A. striata
18. A. occipitalis
19. A. praeoccipitalis
20. A. temporalis inferior
21. A. temporalis media
22. A. temporalis superior
23. A. cingularis posterior ventralis
24. A. cingularis anterior ventralis
25. A. subgenualis
26. A. ectosplenialis
27. A. praesubicularis
28. A. entorhinalis
29. A. retrolimbica granularis
30. A. retrolimbica agranularis
31. A. cingularis posterior dorsalis
32. A. cingularis anterior dorsalis
33. A. praegenualis
34. A. entorhinalis dorsalis
35. A. perirhinalis
36. A. ectorhinalis
37. A. occipito-temporalis
38. A. temporopolaris
39. A. angularis
40. A. supramarginalis
41. A. temporalis transversa interna (anterior)
42. A. temporalis transversa externa (posterior)
43. A. subcentralis
44. A. opercularis
45. A. triangularis
46. A. frontalis media
47. A. orbitalis
52. A. parainsularis

Farbtafel 1.1 Brodmann (1909) identifizierte anhand der Zellstrukturen und der Zellanordnungen 52 verschiedenen Cortexregionen

# CURRICULUM VITAE

## Persönliche Daten

Name	Ines Holler
Titel	Mag. phil.
Geburtsdatum	3. Dezember 1988
Geburtsort	Mödling
Wohnort	1230 Wien
Kontakt	<a href="mailto:ines@holler-ps.at">ines@holler-ps.at</a> 0676 / 40 22 044



## Ausbildung

Schuljahr 2016/17	Unterrichtspraktikum in Französisch und Spanisch am GRG 21 Ödenburgerstraße, 1210 Wien
Schuljahr 2015/16	Sprachassistentin im I.E.S Poeta García Gutiérrez, C/ Santa Ana, 11130 Chiclana de la Frontera, Cádiz, Spanien
2009-2015	Lehramtstudium Französisch – Spanisch
Sommersemester 2013	Erasmusaufenthalt in Lyon, Frankreich
2010-	Lehramtstudium Französisch – Sport
Wintersemester 2008/09	Inskription für Bachelor Französisch und Bachelor Spanisch, danach Umstieg auf Lehramt
2003-2008	HLW Biedermannsdorf Schwerpunkt: Internationale Kommunikation und Wirtschaft Lehrabschluss in Küche und Service
1999-2003	Hauptschule Brunn am Gebirge
1997-1999	Volkschule Vösendorf
1995-1997	Volkschule Pülslgasse, 1230 Wien

## Berufserfahrung

2015/16	Sprachassistentin für Deutsch in den Fächern Geographie, Geschichte, Gesellschaftskunde, Philosophie, bildnerische Erziehung, Sport und Theater an der I.E.S. Poeta García Gutiérrez in Chiclana
2008-2015	Sekretärin bei Holler Printing Solutions GmbH
2014	Schwimmtrainerin bei GDT
2014, 2015	Begleitlehrerin bei Schulschikursen
2011, 2013, 2014	Fachpraktika in den Fächern Französisch, Spanisch und Sport an verschiedenen Gymnasien in Wien und Niederösterreich
2006, 2007	Fachpraktika bei Panalpina und Hotel Königsberg****

## Weitere Interessen

Reisen, Sport von A bis Z, Naturerlebnis, Klavier spielen, kochen, etc.