



Die Effekte des Sporttreibens auf die kognitive Leistungsfähigkeit im schulischen Kontext

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der Wirtschafts- und Verhaltenswissenschaftlichen Fakultät
der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br.

vorgelegt von Katharina Alexandra Moser
aus Freiburg i. Br.

April 2010

Erster Gutachter: Prof. Dr. Reinhard Fuchs
Institut für Sport und Sportwissenschaft
Zweite Gutachterin: Prof. Dr. Petra Gieß-Stüber
Institut für Sport und Sportwissenschaft
Dekan: Prof. Dr. Dieter K. Tschulin
Tag der Disputation: 14. Juli 2010

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	8
2	Allgemeine Auswirkungen körperlicher Aktivität	10
2.1	Überblick über die Situation in der Schule	10
2.2	Die Rolle des Schulsports im Schulalltag	12
2.3	Physische Auswirkungen körperlicher Aktivität	15
2.4	Psychische Auswirkungen körperlicher Aktivität	17
2.4.1	Sport und seelische Gesundheit bzw. Wohlbefinden.....	18
2.4.2	Sport und Angst	21
2.4.3	Sport und Stress	23
2.4.4	Sport und Depression.....	24
2.5	Physiologie der Wirkweisen körperlicher Aktivität auf die Psyche am Beispiel depressiver Erkrankungen.....	27
2.6	Zusammenfassung	32
3	Der Zusammenhang von Sport und kognitiver Leistungsfähigkeit	35
3.1	Begriffsbestimmung kognitive Leistungsfähigkeit	35
3.2	Auswirkungen körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungs- fähigkeit bei Erwachsenen	36
3.2.1	Geschichtliche Entwicklung	37
3.2.2	Auswirkungen akuter körperlicher Aktivität bei Erwachsenen	38
3.2.3	Auswirkungen chronischer körperlicher Aktivität bei Erwachsenen.....	42
3.2.4	Zusammenfassung.....	46
3.3	Der Zusammenhang von körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit bei Kindern	48
3.3.1	Auswirkungen chronischer körperlicher Aktivität bei Kindern.....	48
3.3.1.1	Sport und Intelligenz.....	50
3.3.1.2	Sport und kognitive Leistungsfähigkeit.....	50
3.3.1.3	Sport und Schulleistung (experimentelle Studien)	52
3.3.1.4	Sport und Schulleistung (Korrelationsstudien)	54
3.3.2	Auswirkungen akuter körperlicher Aktivität bei Kindern	56
3.3.2.1	Die umgekehrte-U-Hypothese	56
3.3.2.2	Studien zur umgekehrten-U-Hypothese bei Erwachsenen.....	58
3.3.2.3	Studien zur umgekehrten-U-Hypothese bei Kindern	59
3.3.2.4	Studien zu verschiedenen Bereichen kognitiver Leistungsfähigkeit.....	60
3.3.3	Zusammenfassung	62
3.4	Der Zusammenhang von körperlicher Aktivität und Auftreten von kognitiven Störungen und Demenz bei älteren Menschen	66

3.5	Physiologische Hindergründe des Zusammenhangs von körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit.....	68
3.5.1	Auswirkungen körperlicher Aktivität auf die Durchblutung des Gehirns.....	68
3.5.2	Auswirkungen körperlicher Aktivität auf Lern- und Gedächtnisleistungen: Neurogenese.....	69
3.5.3	Auswirkungen körperlicher Aktivität auf exekutive Kontrollfunktionen.....	74
3.5.4	Zusammenfassung.....	76
3.6	Zusammenfassung des Zusammenhangs von Sport und kognitiver Leistungsfähigkeit.....	77
4	Eigene Untersuchung: Fragestellung und Methodik.....	79
4.1	Fragestellungen der eigenen Untersuchung.....	79
4.2	Vorgehen und Untersuchungsdesign.....	84
4.2.1	Unterrichtsphase.....	84
4.2.2	Messung der kognitiven Leistungsfähigkeit.....	86
4.3	Merkmale der Stichprobe.....	87
4.3.1	Die ausgewählte Untersuchungsschule.....	88
4.3.2	Soziodemographie der Stichprobe.....	90
4.3.3	Das Notensystem am Deutsch-Französischen Gymnasium.....	92
4.3.4	Kognitive Ermüdung.....	92
4.4	Messinstrumente.....	93
4.4.1	Fragebogen zu allgemeinen Angaben der Person.....	94
4.4.2	PANAS-Stimmungsbarometer.....	94
4.4.3	d2-Aufmerksamkeits- und Belastungstest.....	96
4.4.4	Fragebogen zur Sportaktivität.....	97
4.4.5	Zahlen-Verbindungs-Test.....	99
4.4.6	Frankfurter Aufmerksamkeits-Inventar.....	100
4.5	Psychologische Merkmale.....	103
4.5.1	PANAS-Stimmungsbarometer.....	103
4.5.2	d2-Aufmerksamkeits- und Belastungstest.....	103
4.5.3	Fragebogen zur Sportaktivität.....	106
4.5.4	Zahlen-Verbindungs-Test (ZVT).....	107
4.5.5	Frankfurter Aufmerksamkeits-Inventar (FAIR).....	109
4.5.6	Dropoutanalyse und Umgang mit fehlenden Daten.....	110
4.6	Psychometrische Kennwerte der Messinstrumente.....	110
4.6.1	Objektivität.....	111
4.6.2	Reliabilität und Validität.....	111
4.6.2.1	PANAS-Stimmungsbarometer.....	112
4.6.2.2	d2-Aufmerksamkeits- und Belastungstest.....	114
4.6.2.3	Zahlen-Verbindungs-Test (ZVT).....	115
4.6.2.4	Frankfurter Aufmerksamkeits-Inventar (FAIR).....	117

4.6.2.5	Zusammenhänge der drei kognitiven Tests (d2, ZVT, FAIR)	119
4.6.3	Unabhängigkeit der Konzentrationsleistung vom Geschlecht	120
4.6.4	Zusammenhang zwischen Konzentrationsleistung und Alter	120
4.6.4.1	Zusammenhänge der Ergebnisse der kognitiven Tests mit dem Alter der Probanden	121
4.6.4.2	Vergleich der Testergebnisse in den Klassenstufen 6 bis 9	121
4.6.4.3	Vergleich der Testergebnisse zwischen den Untersuchungsgruppen	123
5	Eigene Untersuchung: Ergebnisse.....	127
5.1	Unterschiede in der kognitiven Leistungsfähigkeit zwischen den Gruppen ..	128
5.1.1	Konzentrationsleistungsfähigkeit nach dem d2-Test: KL-Wert.....	129
5.1.2	Konzentrationsleistungsfähigkeit nach dem ZVT: S-Wert.....	130
5.1.3	Konzentrationsleistungsfähigkeit nach dem FAIR: K-Wert	131
5.1.4	Vergleich der Konzentrationsleistungsfähigkeit zu Beginn, in der Mitte und am Ende der Erhebungsphase.....	133
5.1.5	Konzentrationsleistungsverlauf der einzelnen Probanden innerhalb der drei Messungen	135
5.1.6	Zusammenhänge der Ergebnisse der drei kognitiven Tests	137
5.1.7	Zusammenfassung	137
5.2	Effekt der momentanen Stimmungslage auf die Konzentrationsleistungsfähigkeit	138
5.3	Effekte des habituellen Sporttreibens.....	139
5.3.1	Moderatoreffekte des habituellen Sporttreibens auf die akute kognitive Leistungsfähigkeit	140
5.3.2	Effekt des habituellen Sporttreibens auf die generelle kognitive Leistungsfähigkeit	143
5.3.3	Zusammenfassung	144
5.4	Moderatoreffekt des schulischen Leistungsstandes auf die akute kognitive Leistungsfähigkeit	144
5.4.1	Zusammenhang des Jahresendnotenschnitts mit den Ergebnissen der kognitiven Tests.....	145
5.4.2	Einteilung der Probanden nach Jahresendnotenschnitt.....	145
5.4.3	Vergleich der Testergebnisse in den Schulleistungsgruppen	146
5.4.4	Zusammenfassung	148
5.5	Vergleich französischer und deutscher Schulklassen	148
6	Zusammenfassung und Diskussion	152
6.1	Überblick über die aktuelle Forschungslage zum Effekt körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit	153
6.2	Fragestellungen und Methodik der eigenen Untersuchung	156
6.3	Zusammenfassung der Ergebnisse der eigenen Untersuchung	157

6.3.1	Vergleiche der Untersuchungsgruppen.....	158
6.3.2	Effekte der Stimmungslage	161
6.3.3	Effekte des habituellen Sporttreibens	162
6.3.4	Effekte des schulischen Leistungsstands	165
6.3.5	Vergleich französischer und deutscher Schulklassen	165
6.3.6	Effekte des Alters bzw. der Klassenstufe	167
6.3.7	Zusammenfassung der Ergebnisse	168
6.4	Gesamtfazit und Ausblick	169
Literatur		172
Abbildungsverzeichnis		193
Tabellenverzeichnis.....		194
Anhang.....		194
Danksagung.....		214

1 Einleitung

Dass körperliche Aktivität viele positive physische Auswirkungen hat, ist mittlerweile unumstritten (für aktuelle Übersichtsarbeiten siehe: Baumann, 2004; Fuchs, 2007; Hänsel, 2007; Samitz & Baron, 2002, Warburton, Nicole & Bredin 2006). Darüber hinaus wurde körperliche sportliche Aktivität mit positiven Auswirkungen auf die Psyche in Zusammenhang gebracht (Arent, Landers & Etnier, 2000; Babyak et al., 2000; Craft & Landers, 1998; Fuchs, 2003; Landers & Arent, 2001; Neumann & Frasch, 2005; Puetz, O'Connor & Dishman, 2006; Reed & Ones, 2006). In bisherigen Studien konnte gezeigt werden, dass körperliche Aktivität die Stimmung hebt, das Wohlbefinden verbessert und sogar psychische Krankheiten wie beispielsweise Depression lindern kann (Blumenthal et al., 2000; Brosse, Sheets, Lett & Blumenthal, 2002; Neumann et al., 2005). Ein dritter Einflussbereich körperlicher Aktivität ist allerdings bislang noch wenig erforscht. Der Einfluss regelmäßiger chronischer bzw. akuter körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit ist in der Literatur noch umstritten (für Übersichtsarbeiten: Etnier et al., 1997; Tomporowski & Ellis, 1986; Tomporowski, 2003; Weingarten, 1973). Doch sprechen physiologische Hintergründe für einen positiven Zusammenhang: Studien an Tieren und neuerdings auch an Menschen haben gezeigt, dass körperliche Aktivität das Neuronenwachstum im Gehirn anregt (Berchtold, Kesslak, Pike, Adlard & Cotman 2001; Black, Issac, Anderson, Alcantara & Greenough 1990; Broocks et al., 1998; Cotman & Berchtold, 2002; Cotmann & Engesser-Cesar, 2002; Hollmann & Hettinger, 2000; Hollmann & Löllgen, 2002; Isaacs, Anderson, Alcantara, Black & Greenough, 1992; Russo-Neustadt, Beard, Huang & Cotman 2000). Daher liegt die Vermutung nahe, dass körperliche Aktivität die kognitive Leistungsfähigkeit nicht nur durch die entspannende Wirkung des Sporttreibens verbessert, sondern auch durch physiologische Auswirkungen auf neuronaler Ebene. Mehrere Studien konnten einen positiven Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit feststellen (Colcombe et al., 2006; Etnier et al., 1997; Tomporowski, 2003; Yaffe, Barnes, Nevitt, Lui & Covinsky, 2001). Die meisten dieser Studien bezogen sich jedoch auf ältere Menschen (Colcombe et al., 2006; Yaffe et al., 2001). Es konnte gezeigt werden, dass Sporttreiben in der Jugend das Risiko von Alzheimer im Alter senkt (Friedland et al., 2001), aber auch, dass Sporttreiben im Alter das Nachlassen der Denkfähigkeit besonders bei Demenz aufschieben kann (Abbott et al., 2004; Larson et al., 2006; Laurin, Verreaul, Lindsay, MacPherson & Rockwood, 2001). Der Einfluss von Sport auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei Jugendlichen wurde noch kaum untersucht. Gerade aber in Anbetracht der neuen Bildungspolitik bezüglich des achtjährigen Gymnasiums mit der dadurch zwangsläufig höheren Stoffdichte einerseits und der Kürzung im Sportunterricht andererseits (Engels, 2001), ist es von höchster Brisanz, die Wirkung von körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei Schülern¹ zu untersuchen.

In den Kollegien an deutschen Schulen herrscht häufig die Meinung, dass man wenn möglich keine Klassenarbeit direkt nach dem Sportunterricht schreiben sollte, da die Schüler nach dem

¹ In vorliegender Arbeit wird das Wort „Schüler“ für einen besseren Lesefluss stellvertretend für „Schülerinnen und Schüler“ verwendet (ebenso: „Gymnasiasten“ für „Gymnasiastinnen und Gymnasiasten“, „Zehntklässler“ für „Zehntklässlerinnen und Zehntklässler“, etc.).

Sportunterricht unruhig und aufgedreht seien und sich schlechter konzentrieren könnten. Aufgabe der vorliegenden Untersuchung ist es nun, dieses Vorurteil zu beleuchten. Bestätigt sich diese Meinung oder kann sogar das Gegenteil der Fall sein: Können sich Schüler nach dem Sportunterricht eventuell besser konzentrieren als nach dem Unterricht in einem anderen Fach? In der Literatur finden sich hierzu widersprüchliche Meinungen (Caterino & Polack, 1994; McNaughten & Gabbard, 1993; Raviv & Low, 1990). Unter anderem könnte dies daran liegen, dass meist Schüler unterschiedlichen Alters (meist jüngere Schüler) untersucht wurden. Daher wäre es interessant zu wissen, wie sich sportliche Aktivität bei älteren Schülern auswirkt, da besonders im Gymnasium der Leistungsdruck zugenommen hat. Zudem fehlt es an neueren Feldstudien im schulischen Kontext.

Daher wurde in der vorliegenden Arbeit die Wirkung eines aeroben Ausdauertrainings innerhalb einer 45-minütigen Sportstunde auf die kognitive Leistungsfähigkeit der Schüler in der darauffolgenden Schulstunde untersucht. Diese Ergebnisse wurden verglichen mit denen von Schülern, die statt Sportunterricht Mathematik- bzw. keinen Unterricht (in Form von einer beaufsichtigten Freistunde mit Selbstbeschäftigung oder speziellem beaufsichtigten Kunstunterricht in wenig kognitiv aktiver Form) hatten. Es soll hinterfragt werden, ob Schulsport der Konzentrationsleistung der Schüler eher hinderlich ist oder ob Schulsport der Konzentrationsleistung der Schüler förderlich ist und somit einen Ausgleich im stressigen Schulalltag bieten könnte.

Kapitel 2 der hier vorliegenden Untersuchung behandelt die allgemeinen Auswirkungen körperlicher Aktivität. Nach einem kurzen Überblick über die Situation in der Schule (2.1) und über die Rolle des Schulsports (2.2), werden die physischen (2.3) und psychischen (2.4) Auswirkungen körperlicher Aktivität besprochen. Im Anschluss wird auf die physiologischen Wirkweisen körperlicher Aktivität eingegangen (2.5). Kapitel 3 diskutiert den Zusammenhang von Sport und kognitiver Leistungsfähigkeit. Hierbei wird zwischen Auswirkungen bei Erwachsenen (3.2), bei Kindern (3.3) und bei älteren Menschen (3.4) unterschieden. Auch in diesem Kapitel werden die physiologischen Hintergründe genauer erläutert (3.5). Kapitel 4 bespricht die Methodik der vorliegenden Untersuchung mit Fragestellung (4.1), Vorgehen und Untersuchungsdesign (4.2), Stichprobe (4.3) und Messinstrumenten (4.4) mit ihren psychologischen (4.5) und psychometrischen Merkmalen (4.6). In Kapitel 5 werden die Ergebnisse der Untersuchung vorgestellt. Das anschließende Kapitel 6 liefert eine Zusammenfassung vorliegender Arbeit und eine Diskussion der Ergebnisse.

2 Allgemeine Auswirkungen körperlicher Aktivität

Das Kapitel 2 (und im Spezifischen auch Kapitel 3) betrachtet die theoretischen Grundlagen vorliegender Studie. Hier werden die allgemeinen Auswirkungen körperlicher Aktivität erläutert. Es sollen die Effekte des Sporttreibens auf die kognitive Leistungsfähigkeit im schulischen Kontext untersucht werden. Daher wird in Kapitel 2.1 zuerst ein Überblick über die Situation in der Schule gegeben. Kapitel 2.2 beleuchtet die Rolle des Schulsports im Schulalltag. Im Anschluss werden die physischen (Kapitel 2.3) und psychischen (Kapitel 2.4) Auswirkungen körperlicher² Aktivität betrachtet. Hauptaugenmerk vorliegender Arbeit ist der Zusammenhang von körperlicher Aktivität und kognitive Leistungsfähigkeit. Daher geben Kapitel 2.3 und 2.4 nur einen kurzen Überblick auf die schon weit gefestigten Ansichten der positiven Auswirkungen auf den Körper (2.3) und auf die Forschungslage der positiven Auswirkungen auf die Psyche (2.4). Die physiologischen Hintergründe werden in Kapitel 2.5 dargestellt. Der Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und kognitive Leistungsfähigkeit wird in Kapitel 3 betrachtet.

2.1 Überblick über die Situation in der Schule

In den letzten Jahren kam es zu einer deutschlandweiten Schulreform, die nach und nach in den einzelnen Bundesländern umgesetzt wird. Ausgelöst wurde dieser Wandel durch das schlechte Abschneiden deutscher Schüler im PISA-Test. Eine der wichtigsten Veränderungen ist die Kürzung des Gymnasiums von neun Jahren (G9) auf acht Jahre (G8). Durch den Wegfall eines Schuljahres kommt es zwangsläufig zu einer Erhöhung der Stoffdichte in den einzelnen Klassen, verbunden mit höherem Stress für die Schüler und einem größeren Risiko an Überforderung. Gerade in diesem Kontext nimmt die Rolle des Schulsports an Bedeutung zu. Es stellt sich die Frage, inwieweit der Schulsport diesem erhöhten Stress entgegenwirken kann und sogar das Lernen erleichtern kann. Vorliegende Arbeit untersucht die Effekte des Sporttreibens auf die kognitive Leistungsfähigkeit im schulischen Kontext. Die Untersuchungsschule ist ein Gymnasium. Daher beschränkt sich dieses Kapitel auf die schulische Situation an Gymnasien, im Besonderen an Gymnasien in Baden-Württemberg. Diese schulische Situation hat sich aufgrund einer breit angelegten Schulreform grundlegend verändert. Damit einher geht auch eine Veränderung der Bedeutung des Schulsports. Der PISA-Test (Deutsches PISA-Konsortium, 2001) bezüglich des internationalen Schulvergleichs hat viele Politiker beunruhigt. Deutsche Schüler haben im Vergleich zu anderen Ländern überraschend schlecht abgeschnitten. Die deutschen Bildungspolitikern sahen sich dadurch zum Handeln gezwungen und führten eine umgreifende Schulreform ein. Nach Aussage von Kultusministerin Schavan befinden wir uns in der „tiefgreifendsten Bildungsreform in Baden-Württemberg seit Jahrzehnten“ (Regierungserklärung vom 27. März 2003, vgl. Ruep, 2003, S. 6). In Baden-Württemberg, wie auch in vielen anderen Bundesländern, wurde der Bildungsplan reformiert (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2004). Neben dem bisher vermittelten Stoff steht nun zudem ein sogenanntes Methodenkurrikulum im Vordergrund,

² Hierbei ist „körperliche *sportliche* Aktivität“ gemeint.

das sicherstellen soll, dass die Schüler neben einem umfassenden Allgemeinwissen auch Erfahrungen und Kenntnisse in wissenschaftlichen Arbeitsmethoden erwerben. Ein neu eingerichteter Bildungsrat soll in Baden-Württemberg diesen neuen Bildungsplan beraten und begleiten. Als weitere Neuerungen wird die Einschulungsphase flexibler gestaltet, in der Grundschule die erste Fremdsprache schon in Klasse 1 eingeführt, neue Unterrichtsformen gelehrt, neue Fächerkombinationen wie „Naturwissenschaftlicher Unterricht“ und „Wirtschaften, Verwalten und Recht“ eingeführt, Schulen ganzheitlicher evaluiert und die Lehrerbildung von zwei Jahren auf eineinhalb Jahre gekürzt (vgl. Ruep, 2003, S. 5). Viele Bildungspolitiker fürchten zudem, dass Abiturienten aus Deutschland auf dem internationalen Markt benachteiligt sind, da sie im Gegensatz zu vielen anderen Ländern relativ spät Abitur machen und somit älter sind als ihre internationalen Konkurrenten. Aus diesem Grund wurde das neunjährige Gymnasium (G9) um ein Jahr verkürzt und die Oberstufe „reformiert“, so dass nun nach acht Jahren Gymnasialzeit (G8-Zug) das Abitur abgelegt werden kann. Diese Reform betrifft bislang die Klassen 5 bis 10. Aber schon 2012 werden die ersten G8-Schüler Abitur machen. Dann werden alle Schüler in Baden-Württemberg von dem achtjährigen Gymnasium betroffen sein. Nur noch zwei Bundesländer (Schleswig-Holstein und Brandenburg) haben die Schulzeit bis zum Abitur noch nicht flächendeckend verkürzt (Kultusministerkonferenz, 2003, S. 17). Der vorgesehene Lehrstoff wird im G8-Zug nicht in 9, sondern in 8 Jahren unterrichtet. Bei dieser Reduzierung der Schulzeit um ein Jahr kann es vermehrt zur Überforderung der Schüler kommen. Laut einer Untersuchung von Rindermann (2002) sind im Mittel über alle Klassenstufen gesehen 73% aller G8-Schüler, aber nur 36% aller G9-Schüler für das achtjährige Gymnasium geeignet (S. 205). Daher empfiehlt der Autor den G8-Zug nur für dreiviertel der Gymnasialschüler. Überforderte Schüler aus G8 sollten daher in G9 (9 Jahre bis zum Abitur) wechseln. Nur leider existiert diese Möglichkeit für die jüngeren Jahrgänge nicht mehr, da inzwischen der G8-Zug übergreifend eingeführt wurde. Der Autor rät zudem zu Veränderungen, um negative Begleiterscheinungen wie Überforderung oder Dauerlernen zu vermeiden. Schwächere Schüler müssen sich mit zusätzlicher Nachhilfe, meist privat von den Eltern finanziert, behelfen. Diese schulexterne Unterrichtsvermehrung reduziert allerdings die freie Zeit der Schüler und kann wiederum die Überforderung verstärken. Da es in der Reform nur zu bedingten Lehrplankürzungen kam, hat dies die Dichte des zu vermittelnden Stoffs enorm erhöht. Ein Vergleich des Johannes-Kepler Gymnasiums in Leonberg zeigt, dass Schüler im G8-Zug je nach Klasse etwa ein bis drei Wochenstunden mehr Unterricht haben. Dies bedeutet eine Wochenstundenzahl von 31 bis 35 und entspricht einer Wochenstundenzahl von 1991, nur dass damals noch an zwei Samstagen im Monat Unterricht stattfand (Johannes Kepler Gymnasium Leonberg [online], zugegriffen am 27.04.2010). Also kommt es aufgrund dieser erhöhten Wochenstundenzahl zu etwa ein bis zwei Nachmittagen mehr Unterricht sowohl für Schüler als auch für Lehrer. Dieser erhöhte Nachmittagsunterricht, umfangreichere Hausaufgaben und der damit einhergehende höhere Leistungsdruck für die Schüler führen zu einer zwangsläufigen Zeitersparnis in allen Freizeitbereichen. Studien des Projektes „Zeitaufwand für die Schule“ konnten anhand von 236 Zehntklässlern zeigen, dass Gymnasiasten mit elf Stunden Arbeitsaufwand deutlich mehr Zeit für die Schule aufwenden, als von der Schulbehörde vorgesehen (7,5 Stunden). Mädchen arbeiten mehr zu Hause als Jungen. Die individuellen Unterschiede im Arbeitsaufwand hängen ab von empfunde-

nem schulischen Leistungsdruck, Prüfungsangst und Arbeitsverhalten (Spiel, Wagner & Feller, 2002). Dieser große Zeitaufwand neben dem Unterricht hat auch Auswirkungen auf das Freizeitverhalten. Die Kinder werden zunehmend von der Musikschule abgemeldet und gehen weniger in Sportvereine, weil die Zeit dafür neben dem Nachmittagsunterricht und den Hausaufgaben zu knapp wird. Wenn das freizeitleiche Sportverhalten der Schüler somit gekürzt wird, gewinnt die Rolle des Schulsports vermehrt an Bedeutung. Dies wird im folgenden Kapitel untersucht.

2.2 Die Rolle des Schulsports im Schulalltag

Verschiedenste Studien zur Gesundheit berichten von zunehmenden physischen und psychosozialen Beeinträchtigungen von Kindern und Jugendlichen. Stress, Familienstreitigkeiten, soziale Isolation, falsche Ernährung und vor allem zu wenig körperliche Aktivität sind Risikofaktoren für die Gesundheit von Kindern (Opper, Worth & Bös, 2005). Trotz einiger methodischer Schwächen stützen mehrere Untersuchungen die Annahme, dass die körperliche Leistungsfähigkeit von Kindern in den letzten 20 Jahren deutlich zurückgegangen ist (Bös, Heel & Romahn, 2002; Dordel, 2000; Gaschler & Heinecke, 1990). Dabei soll körperliche Aktivität einen natürlichen Teil der Entwicklung eines Kindes ausmachen. In diesem Zusammenhang und vor dem Hintergrund der schulischen Reformen stellt sich die Frage nach der Rolle des Schulsports und nach der aktuellen Situation von Dauer und Intensität von körperlicher Aktivität im Schulsportunterricht.

Die in Kapitel 2.1 angesprochene erhöhte Stoffdichte im achtjährigen Gymnasialzug führt zu Stundenkürzungen besonders in den Nebenfächern. So ist unter anderem auch der Sportunterricht davon betroffen: „Regelmäßiger Sportunterricht ist nicht mehr in allen Schulformen gesichert“ (Engels, 2001, S. 4). Zudem wird der Wegfall der dritten Sportstunde diskutiert (in Bayern ist dies schon geschehen) und es ertönen schon Forderungen nach einem kompletten Wegfall des vermeintlich überflüssigen Sportunterrichts (Engels, 2001, S. 4). In vielen Bundesländern ist die dritte Sportstunde nicht gewährleistet und zudem werden nicht genügend junge Sportlehrer neu eingestellt (Kubesch, 2002). Auch in Baden-Württemberg existieren mittlerweile Gymnasien mit lediglich zwei Sportschulstunden pro Woche in allen Klassenstufen (z.B. das Deutsch-Französische Gymnasium in Freiburg). Nicht nur in Deutschland kommt es zu Kürzungen des Schulsports, viele amerikanische Schulen kürzen ebenfalls in diesem Bereich oder streichen den Schulsport komplett. So sollen die Leistungen der Schüler verbessert werden und dies, obwohl keinerlei empirische Studien vorliegen, die zeigen würden, dass Kürzungen im nichtakademischen Bereich zu besseren Schulleistungen führen (Davis & Lambourne, 2009; Hillman, Erickson & Kramer, 2008). Das neue pädagogische Konzept der „Bewegten Schule“ versucht, dem entgegenzuwirken und neue Bewegungssituationen in Form von einer Klassenraumnutzung als Bewegungsraum, initiierten Bewegungspausen um Unterricht, Spüren von Stille oder themenbezogenen Bewegungsangeboten im Unterricht für Schüler zu schaffen (Illi, 1995; Laging, 2006). Leider wird dieser Ansatz vermehrt nur an Grundschulen und nicht an Gymnasien umgesetzt. Die hier vorliegende Untersuchung

beschäftigt sich allerdings nicht nur mit „Bewegen“ im Allgemeinen sondern mit „körperlicher Aktivität“ in Form von Schulsport. In einen Schulmodellversuch untersuchten Bös und Obst (2000) die Auswirkungen einer täglichen Sportstunde bei Grundschulern. Der Sportunterricht wurde über vier Jahre von drei Stunden die Woche auf fünf Stunden in der Woche (jeden Schultag eine Stunde) erhöht. Um die Anzahl der Unterrichtsstunden gleich zu halten, wurde zugunsten des Sportunterrichts in den Fächern Deutsch, Sachkunde und Kunst gekürzt. Es zeigte sich, dass innerhalb der vier Jahre die Fitness der Grundschüler um 14% zunahm (im Vergleich zur Kontrollschule mit einer Zunahme um 8%). Erstaunlicherweise nahm die Anzahl der Schülerunfälle pro 1000 Schüler von 60 pro 1000 Schüler zwei Jahre vor Projektbeginn auf 22 Unfälle pro 1000 Schüler in den letzten zwei Projektjahren ab (Referenznorm: 43 Unfälle pro 1000 Schüler). Des Weiteren wurden an der Modellschule weniger als die Hälfte an aggressiven Übergriffen beobachtet als an der Kontrollschule. Lehrer sowie Schüler empfanden das Schulklima mit Einführung der täglichen Schulstunde als entspannter und positiver. Die Schüler hatten mehr Lust, in die Schule zu gehen als Schüler der Kontrollschule. Dieser Versuch zeigt, dass eine Erhöhung des Schulsportunterrichts nicht nur zu einer verbesserten Fitness der Schüler führt, sondern auch zu einem entspannteren Schulklima und somit psychische Effekte aufzeigt. Vor diesem Hintergrund wäre es interessant zu untersuchen, ob durch Kürzungen in den anderen Fächern zugunsten des Schulsportunterrichts die schulische Leistung der Schüler leidet, oder ob Schulsportunterricht nicht auch durch eine Steigerung der kognitiven Leistungsfähigkeit die schulische Leistung in anderen Fächern fördert.

Die Bedeutung des Schulsportunterrichts soll im Folgenden hervorgehoben werden. Es soll hinterfragt werden, ob Schulsport der Konzentrationsleistung der Schüler eher hinderlich ist und daher eher an Schulsport zugunsten anderen Unterrichts gekürzt werden sollte, oder ob Schulsport der Konzentrationsleistung der Schüler förderlich ist und somit einen Ausgleich im stressigen Schulalltag bieten könnte. In der Schulpolitik zeichnet sich bereits jetzt eine klare Tendenz ab: in vielen Klassen wird der Sportunterricht von drei Stunden auf zwei Stunden pro Woche reduziert. In Baden-Württemberg ist dies in der Oberstufe auch schon vor der Bildungsreform geschehen. Diese zwei Sportstunden werden meist in einer Doppelstunde häufig am Nachmittag unterrichtet. Dadurch kommt es nur noch zu einem einmaligen wöchentlichen Trainingsimpuls, obwohl in der Trainingswissenschaft drei Impulse pro Woche empfohlen werden (Dickhuth, 2000). Viele Schüler und Eltern schätzen den Sportunterricht als weniger wichtig ein. Daher suchen manche Schüler sehr phantasievoll nach Ausreden, nicht am Sportunterricht teilnehmen zu müssen. Auch einige Eltern sind sehr schnell bereit, ihr Kind vom Sportunterricht zu entschuldigen. Dies und die Tatsache, dass Sport ein nicht versetzungsentscheidendes Nebenfach ist, zeigen, dass trotz der umfangreichen wissenschaftlichen Erkenntnisse, im schulischen Umfeld die Dringlichkeit einer regelmäßigen körperlichen Aktivität nicht umgesetzt wird.

Bereits im Kindesalter treten zunehmend somatische Beschwerden wie Haltungsschwächen, Übergewicht oder Herz-Kreislaufschwächen auf. *Adipositas* bei Kindern wird schon als globale Epidemie bezeichnet (World Health Organization, 2000). Auch bei Erwachsenen sind die Zahlen übergewichtiger Menschen in der gesamten Europäischen Union weiterhin steigend

(Wabitsch, 2004). Bereits jedes fünfte Kind in Deutschland ist übergewichtig, und man geht davon aus, dass 85% der übergewichtigen Kinder auch im Erwachsenenalter übergewichtig sein werden (Kubesch, 2002). 40 % der schwer übergewichtigen Jugendlichen leiden unter Angststörungen. Darüber hinaus sind adipöse Jugendliche vermehrt suizidgefährdet und haben häufiger Alkohol- und Drogenprobleme (Kubesch, 2002). *Adipositas* ist auf ein Ungleichgewicht zwischen Kalorienaufnahme durch Nahrung und Kalorienverbrennung durch körperliche Aktivität und Metabolismus zurückzuführen. Betrachtet man diese Verbindung, wird schnell klar, dass man durch gesunde Ernährung und einen sportlich, körperlich aktiven Lebensstil diesem Phänomen entgegenwirken kann. Nur circa 10 bis 15 Prozent der Erwachsenen betreiben mehr als zwei Stunden pro Woche eine sportliche körperliche Aktivität (Woll, 1998). Diese Anzahl wird aber als Mindestmaß angesehen, um somatische gesundheitsfördernde Effekte zu erhalten (Blair & Connelley, 1996; Morris, 1996). Neuere Schätzungen ergeben zudem, dass 74% aller Erwachsenen in den Vereinigten Staaten noch nicht einmal dieser Richtlinie entsprechen und weniger als 30 Minuten körperlicher Aktivität mit moderater Intensität an den meisten Wochentagen betreiben (United States Department of Health and Human Services, 2000). Dieser inaktive Lebensstil führt zu enormen ökonomischen Kosten und trägt nach Schätzungen zu 2,4% der Gesundheitsausgaben der USA von 1995 bei (Col-ditz, 1999). Diese Gesundheitskosten betragen im Jahre 2000 in den USA etwa 76 Milliarden US Dollar (Pratt, Macera & Wang, 2000). Aufgrund dieses drastisch reduzierten Bewegungsverhaltens der heutigen Gesellschaft wurde schon in den 80er Jahren die erste internationale Konferenz für Gesundheitsförderung in Ottawa, Kanada, abgehalten (World Health Organization, 1986). Seitdem nimmt Gesundheitserziehung und –Förderung auch politisch einen zunehmend bedeutenderen Stellenwert ein. Die Rolle der Schule und des Schulsports darf hierbei nicht außenvorgelassen werden. Gesundheitserziehung kann nur grundlegend und ausdauernd wirken, wenn sie durch strukturelle Maßnahmen auf rechtlicher, kommunaler und gesellschaftlicher Ebene gefestigt ist (Kickbusch, 1986). Die schulische Umgebung könnte einen Teil dieses Kontextes bilden. Die europäische Herz-Gesundheits-Initiative und darüber hinaus die WHO (World Health Organization, 2003) - mit ihrer globalen Strategie für Ernährung, körperliche Aktivität und Gesundheit (Global Strategy on Diet, Physical Activity and Health) - haben Empfehlungen für junge Menschen in Familie, Gemeinde und Schule formuliert (vgl. Wagner & Kirch, 2006). Darin wird nahegelegt, den Sportunterricht an europäischen Schulen auf mindestens drei Unterrichtsstunden pro Woche festzulegen. Doch es geht nicht nur um Quantität, sondern auch um Qualität, die durch standardisierte Trainingsmodule durchgeführt von speziell ausgebildeten Sportlehrern sichergestellt werden kann. Darüber hinaus sollte jede Schule über ein Angebot von Sportmöglichkeiten außerhalb des verpflichtenden Stundenplans verfügen. Das Konzept der gesundheitsfördernden Schule sollte weiter ausgebaut werden, denn es ist eine gute Methode, nicht nur körperliche Aktivität an Schulen zu fördern, sondern einen gesunden Lebensstil aufzubauen. Schulen sollten „gesunde Lebenszentren“ werden, umgeben von Sicherheitszonen, die das Autofahren erschweren und es den Schülern erleichtern, zu Fuß zur Schule zu gehen oder mit dem Fahrrad zu fahren. Darüber hinaus wäre eine engere Zusammenarbeit von Schule und Vereinen wünschenswert, um das Gesundheits- und Sportprogramm am Nachmittag außerhalb des Stundenplanes zu erweitern (Wagner & Kirch, 2006).

Da immer mehr Schüler in ihrer Freizeit keinen Sport treiben, bleibt bislang ihre sportliche Aktivität auf den Schulsport mit einer Doppelstunde (oder bei drei Unterrichtsstunden eine Doppelstunde und eine Einzelstunde) in der Woche beschränkt. In diesen 90 Minuten (bzw. 90 + 45 Minuten) Sportunterricht kommt es jedoch häufig nicht zu der gewünschten *Trainingsintensität*, da die Sportlehrer unter schwierigen Bedingungen unterrichten müssen. Unterricht mit mehr als 30 Schülern in einem Hallendrittel ist dabei nicht die Ausnahme. Dadurch kann es durchaus vorkommen, dass viele Schüler untätig herum stehen, bis sie einmal spielen können. Durch diese geringe Intensität im Schulsportunterricht lässt sich zwar einerseits die motorische Leistungsfähigkeit der Schüler verbessern, andererseits ist diese geringe Trainingszeit nicht ausreichend, um die Fitness der Schüler auf ein befriedigendes Niveau anzuheben (Wydra & Leweck, 2007). Zudem ist anzumerken, dass besonders an Grund- und Hauptschulen der Sportunterricht fachfremd von nicht in der Sportwissenschaft ausgebildeten Lehrern unterrichtet wird (Österreich, 2005). Trotz dieser Bedingungen bewerten die Schülerinnen und Schüler besonders der mittleren Klassen den Sportunterricht überwiegend positiv (Klasse 7: Bleicher, 2007; Klasse 4, 6 und 8: Kruber, 1996). In der Oberstufe scheinen allerdings die Schüler zunehmend unzufrieden mit dem Schulsport zu sein. 30% der Schüler würden lieber auf ihn verzichten (Joch, 1995). Hier wirft sich die Frage auf, was genau sportliche Aktivität bei Kindern und Erwachsenen bewirkt. Der Schulsportunterricht leistet durch die Ausbildung sozialer Kompetenzen wie Teamfähigkeit, Gruppendynamik und Leistungsbereitschaft einen wichtigen Beitrag zur Erziehung und Bildung Jugendlicher und Kinder. Hier könnte man argumentieren, dass diese Ausbildung auch in anderen Fächern übernommen werden und somit der Sport an der Schule komplett gestrichen werden könnte, um mehr Spielraum für weitere Hauptfächer zu schaffen. Vorliegende Arbeit setzt sich zum Ziel, einen bestimmten Teilbereich des allgemein schon bekannten positiven Einflusses des Sporttreibens auf die allgemeine Psyche genauer zu untersuchen. Es soll der die Schule direkt betreffende Effekt auf die kognitive Leistungsfähigkeit betrachtet werden. In den beiden folgenden Unterkapiteln werden dazu zuerst einmal die physischen (2.3) und psychischen (2.4) Auswirkungen körperlicher Aktivität beleuchtet.

2.3 Physische Auswirkungen körperlicher Aktivität

In einer Diskussion über die Auswirkungen körperlicher Aktivität ist zwischen den Wirkweisen aerober und anaerober körperlicher Aktivität zu unterscheiden. *Allgemeine aerobe dynamische Ausdauer* „stellt dynamische Beanspruchung unter Einsatz von mehr als mindestens 1/6 der gesamten Skelettmuskulatur dar über eine Zeitspanne von mindestens fünf Minuten mit einer Belastungsintensität unterhalb von 70% der individuellen Höchstleistungsfähigkeit“ (Hollmann, Strüder & Tagarakis, 2003a, S. 467 f.). Bei der *anaeroben Ausdauer* handelt es sich „um Belastungsintensitäten von mehr als 70% der individuellen Höchstleistungsfähigkeit“ (S. 468). Die gesundheitlich positiven Auswirkungen körperlicher Aktivität beziehen sich in der Forschung in der Regel auf allgemeine aerobe Ausdauerleistungen.

Wissenschaftliche Untersuchungen bestätigen schon seit langem die präventiven, therapeutischen und rehabilitativen Auswirkungen regelmäßiger körperlicher Aktivität bei somatischen Beschwerden wie unter anderem Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Bluthochdruck, einige Krebsarten, Diabetes und Osteoporose (Powell & Blair, 1994, für aktuelle Übersichtsarbeiten siehe Baumann, 2004; Fuchs, 2007; Hänsel, 2007; Samitz & Baron, 2002, Warburton et al., 2006). Aufgrund dieser Erkenntnisse wird in vielen Bereichen sportliche Aktivität gefördert. Das Amerikanische College für Sportmedizin (ACSM) rät zum Beispiel, „dass jeder erwachsene US Amerikaner 30 Minuten oder mehr moderate körperliche Aktivität an den meisten, möglichst an allen, Tagen der Woche betreiben sollte“ (Pate, Pratt, Blair et al., 1995, S. 404, Übersetzung des Autors). Körperliche Aktivität hat gerade im Kindes- und Jugendalter eine wichtige Bedeutung. In dieser Phase der physischen und psychischen Entwicklung wird die Grundlage für oft lebenslanges Sporttreiben gelegt. Dickhuth (2000) betont hier als positiven Effekt unter anderem die „altersadäquate Reizsetzung für die allgemeine körperliche Entwicklung und damit Vorbeugung gegen Bewegungsmangelerkrankungen“ (S.286). Sportliche Aktivität bei Kindern fördert nicht nur die Entwicklung des Bewegungsapparats (Verminderung von Fehlhaltungen, aufrechter Gang durch stabile Rumpfmuskulatur), sondern erhöht auch die Ausdauerleistungsfähigkeit. Diese Ausdauerleistungsfähigkeit nimmt einen hohen Stellenwert in fast allen Sportbereichen ein. Weineck (2000) erwähnt hier unter anderem die Erhöhung der physischen Leistungsfähigkeit, Optimierung der Erholungsfähigkeit, Minimierung von Verletzungen, Steigerung der psychischen Belastbarkeit, konstant hohe Reaktions- und Handlungsschnelligkeit, Verringerung technischer Fehlleistungen und stabilere Gesundheit durch eine verbesserte Immunabwehr und ein vermindertes Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen (s.u.). Sporttreiben in jungen Jahren führt zu einer erhöhten Sportbereitschaft im Alter, und gerade dann machen sich die positiven Auswirkungen von regelmäßigem Sporttreiben noch mehr bemerkbar. Arteriosklerotisch bedingte Herz-Kreislauf-Erkrankungen werden von sieben *Risikofaktoren*³ beeinflusst (Dickhuth, 2000). Einer der Hauptfaktoren ist Bewegungsmangel. Daten aus den alten Bundesländern zeigen, dass der Anteil der körperlich Inaktiven unter den 50-69-Jährigen bei 55% liegt (Forschungsverbund DHP 1991, S. 33). Bewegungsmangel beeinflusst wiederum direkt weitere *Risikofaktoren* wie Blutfettgehalt (Prävalenzrate von 22%), Bluthochdruck (30%) und Adipositas (18%). Somit kann durch Sporttreiben auf vier der acht *Risikofaktoren* Einfluss genommen werden. Nikotinabusus (25%) als weiterer Risikofaktor ist ebenso selbst regulierbar. Ausdauertraining von 2,5 – 3 Stunden pro Woche erhöht die *Lebenserwartung* um bis zu 2 ½ Jahre (Dickhuth, 2000, S.34). Eine erhöhte Lebenserwartung bei körperlich aktiven Personen fanden auch andere Autoren (Baumann, 2004; Samitz & Baron, 2002; Sherman, D’Agostino, Silbershatz & Kannel 1999). Pfaffenbarger, Hyde, Wing & Hsieh (1986) untersuchten dies bei Männern und Blair mit Kollegen (1989) bei Frauen. Pfaffenbarger und Kollegen (1993) fanden eine höhere Lebenserwartung von 0,72 Jahren bei ehemals inaktiven Männern, die im späteren Laufe ihres Lebens anfangen, kontinuierlich Sport zu treiben, gegenüber denjenigen, die inaktiv blieben. Des Weiteren konnte mehrfach ein negativer Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und *Herzinfarkt*risiko gefunden werden (Baumann, 2004; Pinto, Rabin & Farrell, 2005; Samitz & Ba-

³ Hyperlipoproteinämie, Nikotinabusus, Hypertonus, Bewegungsmangel, Diabetes mellitus, Hyperurikämie und Adipositas (aus Dickhuth, 2000, S.33).

ron, 2002; Shaper & Wannamethee, 1991). Berlin und Colditz (1990) berichten sogar von einem erhöhten Risiko bei körperlich inaktiven Menschen von 80%. Der Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und *Schlaganfallrisiko* ist weniger klar (Warburton et al., 2006). Lee, Folsom, Steven und Blair (2003) fanden allerdings in ihrer Meta-Analyse ein reduziertes Risiko bei 14 von 18 Studien bei körperlicher Aktivität von moderater bis hoher Intensität. Epidemiologische Studien berichten zudem von einem negativen Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und *Krebserkrankungen*: bei Dickdarmkrebs (Baumann, 2004; Vuori, 2004; Warburton et al., 2006), bei Brustkrebs (Hänsel, 2007) und bei Lungenkrebs (Tardon et al., 2005). Neuere Studien lassen zudem auf einen präventiven Schutz bei regelmäßiger körperlicher Aktivität hinsichtlich der Entstehung von *Diabetes mellitus* (Warburton et al., 2006) und einem Abbau der Knochenmasse nach der Menopause, einer Form von *Osteoporose* (Baumann, 2004; Vuori, 2004), schließen. Inwieweit regelmäßige körperliche Aktivität dem Risiko einer *Rheumaerkrankung* entgegenwirken kann, ist noch ungewiss (Vuori, 2004). Es lassen sich jedoch bis ins hohe Alter durch Bewegungsprogramme Verbesserungen der körperlichen Funktionsfähigkeit und des Muskelaufbaus nachweisen. Dies trägt zu einer deutlichen Steigerung der Lebensqualität bei (vgl. Fuchs, 2007).

Diese präventiven, therapeutischen und rehabilitativen Auswirkungen körperlicher Aktivität auf die physische Gesundheit sind nun schon hinreichend bekannt und untersucht worden. Leider wurde lange Zeit dem Zusammenhang von körperlicher Aktivität und Psyche nur geringe Aufmerksamkeit geschenkt. Doch mittlerweile wird auch in der wissenschaftlichen Literatur dieser Bereich immer mehr in den Fokus genommen. Kapitel 2.4 beschäftigt sich mit den Auswirkungen körperlicher Aktivität auf die Psyche des Menschen.

2.4 Psychische Auswirkungen körperlicher Aktivität

Neben den in Kapitel 2.3 beschriebenen physischen Auswirkungen körperlicher Aktivität ist der Einfluss auf die Psyche nicht zu vernachlässigen. Vermutungen, dass körperliche Aktivität nicht nur dem Körper sondern auch dem Geist zugute kommt, reichen bis in die Antike („mens sana in corpore sano“⁴). Auswirkungen körperlicher Aktivität auf die Psyche werden mittlerweile immer häufiger wissenschaftlich untersucht. Hierbei wird in diesem Kapitel in folgende Unterkapitel unterteilt: *Sport und seelische Gesundheit bzw. Wohlbefinden* (Unterkapitel 2.4.1), *Sport und Angst* (Unterkapitel 2.4.2), *Sport und Stress* (Unterkapitel 2.4.3) und *Sport und Depression* (Unterkapitel 2.4.4). Diese Unterkapitel sollen einen Überblick über die derzeitige Forschungslage in diesen Gebieten geben und damit den nötigen Rahmen für das spätere Kapitel 3 schaffen, in welchem die Auswirkungen körperlicher Aktivität auf einen spezifischen Teil der menschlichen Psyche, auf den der kognitive Leistungsfähigkeit, untersucht werden. Allerdings soll Kapitel 2 nur einen Überblick und keine genauere Darstellung geben. Eine genauere Darstellung würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen.

⁴ „In einem gesunden Körper [wohnt] ein gesunder Geist“ (Übersetzung des Verfassers)

2.4.1 Sport und seelische Gesundheit bzw. Wohlbefinden

Mittlerweile existieren zahlreiche Untersuchungen zum Thema Sport und psychische Gesundheit sowie *Sport und seelische Gesundheit bzw. Wohlbefinden*. Allerdings erweist sich eine zusammenfassende Beurteilung als schwierig, da viele Untersuchungen methodische Mängel aufweisen bzw. durch unterschiedliche Versuchsaufbauten nur bedingt miteinander vergleichbar sind. Einige Untersuchungen verfügen beispielsweise über keine Kontrollgruppe, beschreiben die Probandengruppen nur unzureichend oder stellen die Art der körperlichen Aktivität nicht ausführlich genug dar. Unterscheidungen zwischen den Untersuchungen gibt es oft bezüglich der Art der körperlichen Aktivität (z.B. aerob oder anaerob), der Dauer oder der Probandengruppen (Alter, Geschlecht, psychisch gesund oder klinisch krank). Doch zeichnet sich eine positive Assoziation zwischen körperlicher Aktivität und psychischem Wohlbefinden ab (für Meta-Analysen und Zusammenfassungen siehe u.a. Arent et al., 2000; Craft & Landers, 1998; Fuchs, 2003; Puetz et al., 2006; Reed & Ones, 2006). In diesem Unterkapitel *Sport und seelische Gesundheit bzw. Wohlbefinden* wird der Zusammenhang mit Beschwerdeerleben, Selbstbewusstsein, Selbstwirksamkeit, psychologisches Wohlbefinden, Stimmungserleben und Selbstachtung behandelt. Aufgrund der umfangreichen Studienanzahl zu Depression, Angst und Stress, werden diese Themen gesondert betrachtet.

Brehm (1998) fand in einer Längsschnittstudie von 89 Personen, dass nach einem Jahr Bewegungsprogramm das *Beschwerdeerleben* der Probanden deutlich abnahm (20% der Skelett- und Muskelbeschwerden, 45% der Herz-Kreislauf-Beschwerden, 44% der Beschwerden ohne organischen Befund und 37% der psychosomatischen Probleme). Mit *Beschwerdeerleben* bezeichnet er das individuelle Erleben seines eigenen Körpers, wie z.B. das Schmerzempfinden in bestimmten Körperregionen. McAuley (1994) berichtet von positiven Korrelationen zwischen körperlicher Aktivität und Selbstbewusstsein, Selbstwirksamkeit, psychologisches Wohlbefinden und des kognitiven Denkens. Andererseits fanden sich negative Korrelationen zwischen körperlicher Aktivität und Angst, Stress und Depression. Biddle (2000) fand nach aerober körperlicher Aktivität schwache negative Effekte auf Ärgererleben, einen schwachen bis mittelstarken Rückgang des Spannungserlebens, der Depressiertheit, Müdigkeit und Konfusion. Besonders bei einem Leistungsbezug der körperlichen Aktivität, persönlicher Verbesserung und Meistern von Aufgaben fand sich eine mittlere bis starke Verbesserung der Stimmungslage.

Ein wichtiger Teilbereich der Kategorie *seelische Gesundheit bzw. Wohlbefinden* ist der Zusammenhang von Sport und Stimmung. Mit *Stimmung* wird eine Subkategorie der Gefühle bezeichnet, die oft als unspezifisch erlebt und nicht bewusst wahrgenommen wird (z.B. Entspannung, Depressiertheit, Ruhe, Gelassenheit, gute Laune, Ärger). Sie ist zeitlich überdauernd und weniger situationsgebunden (Fuchs, 1997). In einer Meta-Analyse fanden Arent, Landers und Etnier (2000) in 32 Studien eine Steigerung der positiven und einen Rückgang der negativen Stimmung durch Sport. Die meisten Effekte traten nach aerober körperlicher Aktivität auf, es gab aber auch Effekte nach Gewichtstraining. Stephens (1988) fand in vier epidemiologischen Studien ($N > 55\,000$) einen positiven Effekt, der am höchsten bei Frauen

und Personen älter als 40 Jahre zu verzeichnen war. Turnbull und Wolfson (2002) wiesen bei 50 Studenten eine signifikante Interaktion zwischen körperlicher Aktivität und Feedback nach. Studenten aus der sporttreibenden Gruppe verzeichneten eine signifikant bessere Stimmungslage als die nicht sporttreibende Gruppe nach positivem und neutralem Feedback. Nach negativem Feedback wies die sporttreibende Gruppe allerdings eine schlechtere Stimmungslage auf als die Kontrollgruppe. Schwerdtfeger, Eberhardt und Chmitorz (2008) lieferten in ihrer Studie Hinweise dafür, dass selbst alltägliche Bewegungsaktivitäten als „aktivierend, leistungssteigernd, vitalisierend, etc. wahrgenommen“ werden (S. 8). Mit zunehmenden Body-Mass-Index (BMI) nahmen die psychischen Auswirkungen von Alltagsaktivitäten in positiver Weise zu. Diese auf den ersten Blick widersprüchlichen Ergebnisse zu Befunden, wonach bei erhöhtem BMI mit zunehmender Bewegungsintensität die positive Stimmungslage abnimmt (Ekkekakis & Lind, 2006), erklären die Autoren mit der Tatsache, dass in ihrer Studie selbst gewählte Bewegungsaktivitäten mit geringer Aktivität anzutreffen waren.

Selbstachtung wird eng in Zusammenhang gebracht mit Lebenszufriedenheit, positiver sozialer Anpassung und Stressbewältigung (Gabler, Nitsch & Singer, 2000). Sie gilt als einer der stärksten Voraussetzungen für subjektives Wohlbefinden und als Schlüsselindikator für emotionale Stabilität und Anpassung an Lebensanforderungen. Leith (1994) fand in seiner Übersichtsarbeit für die Hälfte der Studien einen Anstieg der Selbstachtung durch körperliche Aktivität. Dies hält bis ins hohe Lebensalter an (Roehr-Sendlmeier, 2009). Bezüglich der Intensität der körperlichen Aktivität gibt es unterschiedliche Ergebnisse: MacMahon und Gross (1988) berichten von einem größeren Effekt bei hoher Intensität, wohingegen King (1993) keinen Unterschied feststellen konnte. Bei selbstgewählter Intensität scheinen die Effekte körperlicher Aktivität stärker zum Tragen zu kommen (Vazou-Ekkekakis & Ekkekakis, 2009). Die Autoren begründen dies mit einem negativen Gefühl von Kontrollverlust der Probanden, wenn die Intensität vom Versuchsleiter festgelegt wird. Nach Leith (1994) sind 12 Wochen körperlicher Aktivität erfolgreicher als in einem Zeitraum von weniger als 8 Wochen. Schlicht (1995) beschreibt psychische Gesundheit durch *subjektives Wohlbefinden* und *Kontrollmeinung* bzw. Bewältigungskompetenz. In einer Metaanalyse von 39 Studien (N=9000) konnte Schlicht (1994) allerdings keinen generellen Effekt von körperlicher Aktivität auf die psychische Gesundheit nachweisen ($r=.15, p>.05$). Hierbei ist zu unterscheiden, ob eine direkte Wirkung der körperlichen Aktivität auf die psychische Gesundheit untersucht wird oder eine indirekte Wirkung. Eine indirekte Wirkung könnte vorliegen, wenn körperliche Aktivität die körperliche Fitness beeinflusst und diese wiederum Auswirkungen hat auf die psychische Gesundheit. Ein Problem bei Metaanalysen ist hierbei allerdings, dass oft die körperliche Fitness nicht mitgemessen wurde. Auch eine weitere Metaanalyse von Schlicht (1995) konnte keine Verbesserung der psychischen Gesundheit durch regelmäßige körperliche Aktivität bestätigen. Zukünftige Untersuchungen müssen daher die Mehrdimensionalität von psychischer Gesundheit berücksichtigen.

Auswirkungen und Erklärungsmodelle

Gestützt auf Ergebnisse solcher Studien wird sportliche Aktivität nicht mehr als Unternehmung per se betrachtet, sondern zunehmend mit einer neuen gesundheitsorientierten Lebens-

einstellung in Beziehung gebracht. In Vereinen und in Multimedia sind Schlagwörter wie „well-being“, „lifestyle“ und „life-time“ Sportart gang und gebe. In vielen Fitnessstudios wird nicht nur Sport betrieben, sondern zusätzlich auch Ernährungs- und Gesundheitsberatung angeboten. Es ist ein neuer Marktbereich mit boomenden „Wellness“-Hotels und „Yoga-retreats“ entstanden. 77% der Bevölkerung sind der Ansicht, das Sporttreiben eine Voraussetzung für Gesundheit und Fitness ist (Bös, 1991). Daher setzt sich seit Ende der 80er Jahre auch der organisierte Sport vermehrt mit dem *Public-Health-Ansatz* und der Idee der Gesundheitsförderung auseinander (Fuchs, 2007). Sport soll nicht nur der Leistungsbeurteilung und des gegenseitigen Messens dienen, sondern der gesamten Bevölkerung zu Gute kommen und somit als Gesundheitsprofilaxe der Öffentlichkeit dienen. Es finden sich immer häufiger Ansätze wie „Bewegtes Altern“ (Lehr, 2002) und „Aufbau eines körperlich-aktiven Lebensstils“ (Hänsel, 2007) oder zusammenhängende Schlagwörter wie „Gesundheit – Sport – Fitness“ (Baur & Burrmann, 2006). Doch leider liefern die wenigsten Studien fundierte Erklärungen für die positive Wirkung körperlicher Aktivität. Die Wissenschaft scheint dieser Marktentwicklung hinterherzuhinken. Bislang existieren nur wage Hypothesen: Die *Endorphin-Hypothese* macht den Anstieg von β -Endorphin verantwortlich. Durch Ausdauersport konnte eine verstärkte Sekretion endogener Opiode im limbischen System verzeichnet werden. Endorphine wirken schmerzregulierend, sind an der Temperaturregulation beteiligt, fördern die Motivation und den Ausstoß von Hormonen der Hypophyse. Dies wirkt stimmungssteigernd. Hollmann fand schon 1988 bei sportlicher Aktivität am Ergometer einen verstärkten Endorphinausstoß bei den Probanden, ein reduziertes Schmerzempfinden am Zahn und eine erhöhte Stimmungslage. Auch Sánchez-García, Villaverde-Gutiérrez, Ramírez-Rodrigo, Ruiz-Villaverde, Arrovo-Morales und Ruíz-Villaverde (2004) fanden einen erhöhten β -Endorphinausstoß nach einem Langstreckenlauf (18,5 km) im Vergleich zum Grundlevel 15 Tage davor. Direkt vor dem Start fanden sich ebenso erhöhte β -Endorphinlevel, aber nicht signifikant. Bei trainierten Läufern waren die Unterschiede allerdings weniger ausgeprägt als bei weniger erfahrenen Langstreckenläufern.

Eine weitere oft diskutierte Hypothese sind die meditativen Bewusstseinszustände (*flow*) hervorgerufen durch körperliche Aktivität. Ein *flow*-Zustand liegt vor, wenn „sich situative Anforderungen und personale Kapazitäten im Gleichgewicht befinden, wobei sowohl Anforderungen als auch die momentanen Fähigkeiten über dem für die Person typischen mittleren Niveau liegen müssen“ (Schlicht, 1995, S.75). Handlung und bewusste Wahrnehmung verschmelzen. Es herrscht Klarheit über Ziele und Mittel, selbstbezogene Gedanken treten in den Hintergrund. Übersteigen die Anforderungen die eigenen Fähigkeiten, so kommt es zu Besorgnis und Angst, übersteigen die Fähigkeiten die Anforderungen, zu Langeweile und Ärger (vgl. Schlicht, 1995). Es ist allerdings fraglich, ob bei einem Freizeitsportler diese Zustände so intensiv sind, dass sie ein verbessertes Wohlbefinden erklären können. Die *Ablenkungshypothese* macht für ein gesteigertes Wohlbefinden eine Ablenkung von stressbezogenen Transaktionen verantwortlich. Allerdings kann körperliche Aktivität Körperempfindungen und selbstbewertende Gedanken erhöhen, was wiederum Stresseemotionen verstärken kann (Murrock, 2005). Eine weitere Hypothese ist die *generalisierte Kontrollüberzeugung* (Vazou-Ekkekakis & Ekkekakis, 2009). Sie steht für Überzeugungen, dass die Umwelt aus eigener

Macht, entsprechend den eigenen Zielen, gestaltet werden kann. Diese ist nicht situationsspezifisch zu verstehen, sondern eher als langfristiges Dispositionsprädikat, welches die Stressvulnerabilität beeinflusst. Diese Kontrollüberzeugung wird begünstigt durch vermehrte Lösung schwieriger Aufgaben, soziale Unterstützung und passenden subjektiven Fähigkeitseinschätzungen (Schlicht, 1995). Es ist noch nicht hinreichend empirisch gesichert, ob Ausdauerleistungen diese Faktoren bieten können. Kapitel 2.5 liefert einen genaueren Überblick über mögliche zugrunde liegende physische Wirkweisen.

Eine positive Wirkung körperlicher Aktivität auf die *seelische Gesundheit und das Wohlempfinden* scheint zunehmend gesichert. Allerdings fehlen bislang eindeutige empirische Ergebnisse. Viele Studien sind methodisch fragwürdig. Zudem erweist sich die Überprüfung der Kausalität als schwierig: trat psychologisches Wohlempfinden schon vor einer bestimmten körperlichen Aktivität auf, erst danach oder trat sie völlig unabhängig dessen auf (Scully, Kremer, Meade, Graham & Dudgeon 1998)? Unklar ist immer noch, welche Art von körperlicher Aktivität mit welcher Intensität bei welchen Personen am besten die Psyche positiv beeinflusst. Demographische Variablen wie Geschlecht, Alter oder BMI können den Grad der wahrgenommenen positiven Aktiviertheit beeinflussen (Schwerdtfeger et al., 2008). Auch existieren noch unzureichende Studien, die diese Hypothese belegen und erklären können. Sportwissenschaftler und Psychologen waren Pioniere auf diesem Gebiet und lieferten die ersten Erklärungsversuche (Neumann & Frasch, 2005). Es fehlten jedoch biochemisch und medizinisch gesicherte Grundlagen. Mittlerweile existieren Untersuchungen an Tieren aber auch an Menschen, die sich mit der Auswirkung körperlicher Aktivität auf pathologische psychische Störungen beschäftigen. Für die Zukunft wäre wünschenswert, dass diese Erklärungsversuche auch bei psychisch gesunden Menschen angewendet werden könnten. Dies würde eine wissenschaftliche Grundlage für die positiven Auswirkungen sportlicher Aktivität auf die *seelische Gesundheit und das Wohlempfinden* liefern.

Die Zusammenhänge von *Sport und Angst*, *Sport und Stress* und *Sport und Depression* werden aus naturwissenschaftlicher und medizinischer Sicht hingegen schon genauer untersucht. Wo früher Humanmediziner und Psychologen neben den physischen Vorteilen körperlicher Aktivität lediglich die psychosozialen Vorteile wie Entspannung, erhöhter Sozialkontakt, Stärkung der Selbstfürsorge und des Selbstbewusstseins priesen (Scully et al., 1998), beschäftigen sich mittlerweile psychiatrische Forschungsanstalten und Neurowissenschaftler zunehmend mit dem Effekt körperlicher Aktivität auf die psychische Gesundheit (Neumann & Frasch, 2005). Hiermit eröffnet sich eine neue Dimension, deren Ausmaß und Bedeutung bislang kaum abzuschätzen ist.

2.4.2 *Sport und Angst*

Bevor auf den Zusammenhang zwischen *Sport und Angst* eingegangen wird, ist zwischen zwei Formen der Angst zu unterscheiden: Bei der Zustandsangst (state anxiety) handelt es sich um eine momentane Angstreaktion, wohingegen die Eigenschaftsangst (trait anxiety) (oder Ängstlichkeit) eine überdauernde dispositionelle Neigung, eine bestimmte Situation als

bedrohlich einzuschätzen, beschreibt (O'Connor, Smith & Morgan, 2000; Fuchs, 2003). Bei der körperlicher Aktivität muss unterschieden werden zwischen der Dauer (akut und chronisch) und bei der Angstform zwischen den Arten der Ausprägung (klinisch und nicht-klinisch). Klinische Angsterkrankungen werden mit dem STAI (State-Trait Anxiety Inventory, Spielberger, Gorsuch, Lushene, Vagg & Jacobs 1983) gemessen und mit dem ICD-10 (World Health Organization, 1999, 2004) oder dem DSM-IV-TR (American Psychiatric Association, 1996) diagnostiziert. 7,3 % der Erwachsenen in den USA leiden unter einer Angstkrankheit, doch nur wenige sind in Behandlung (Gabler et al., 2000). Viele Übersichtsarbeiten untersuchen Studien, die den Effekt akuter körperlicher Aktivität bei Probanden, die unter keiner klinischen Angststörung leiden, auf die Zustandsangst betrachten (Landers & Arent, 2001; Raglin, 1997). Es findet sich ein Rückgang dieser Zustandsangst bei intensiver aerober körperlicher Aktivität. Innerhalb der ersten 20 Minuten nach einer Ausdaueraktivität von wenigstens 20 Minuten verringert sich diese Zustandsangst um etwa ein Viertel der Standardabweichung (Fuchs, 2003). Anaerobe Aktivität wurde selten untersucht und ein Rückgang der Zustandsangst war nicht immer nachweisbar oder nur mit einer Verzögerung von 180 min festzustellen (Focht & Koltyn, 1999). Landers und Petruzzello (1994) fanden, dass regelmäßige chronische körperliche Aktivität einen günstigen Effekt auf die Eigenschaftsangst bei Frauen und Männern jeglichen Alters unabhängig vom Fitness- und Gesundheitsgrad ausübt. Aerobe Aktivität wirkt hierbei besser als anaerobe Aktivität. Wird das aerobe Training länger als 10 Wochen durchgeführt, ergeben sich größere Effekte. Schlicht (1994) fand hingegen nicht bei allen Personengruppen und Altersstufen einen Effekt. Am ehesten konnte dieser bei 30-50 Jährigen gefunden werden. Studien wie diese mit Probanden, die unter keiner Angsterkrankung leiden, sind etwas problematisch, da die Ausgangsangstwerte niedrig sind und daher wenig Raum für Verbesserungen durch z.B. körperliche Aktivität bleibt. Aus diesem Grund wurden oft künstlich die Angstwerte bei gesunden Probanden erhöht. O'Connor, Smith und Morgan (2000) gaben beispielsweise gesunden Probanden Koffein und erhöhten somit die Angstwerte um eine Standardabweichung. 60-minütige körperliche Aktivität auf dem Fahrradergometer bei 60% der Maximalleistung senkte die Angstwerte 20 Minuten später. Allerdings fehlte hier die Kontrollgruppe. Die meisten Studien wurden an klinischen Patienten (meist mit Panikkrankheiten) durchgeführt. Martinsen, Hoffart und Solberg (1989) wiesen bei 44 klinischen Patienten einen Rückgang der Angstsymptome nach regelmäßiger körperlicher Aktivität (eine Stunde pro Woche über acht Wochen lang) bei allgemeinen Angstzuständen und Agoraphobie nach. Diese Verbesserung war sogar ein Jahr später noch zu verzeichnen. Bei Patienten mit sozialen Phobien fand sich allerdings kein Effekt. Die Literatur ist daher bezüglich der Langzeitwirkung körperlicher Aktivität nicht eindeutig. Neuere Studien sind jedoch optimistischer (Landers & Arent, 2001; Raglin, 1997; Weinberg & Gould, 2007). Broocks und Kollegen (1998) untersuchten den Effekt regelmäßiger körperlicher Aktivität bei klinischen Angststörungen. 46 Patienten, die unter einem Paniksyndrom leiden, wurden randomisiert in drei Gruppen aufgeteilt. Gruppe 1 absolvierte über 10 Wochen regelmäßiges aerobes Training, Gruppe 2 bekam Psychopharmaka und Gruppe 3 ein Placebo. Bei den Gruppen 1 und 2 konnte ein signifikanter Rückgang der Eigenschaftsangst festgestellt werden, wobei es bei Gruppe 2 zu weniger drop-outs und zu einem zeitlich früheren und stärkeren Effekt als bei Gruppe 1 kam. Sport spielt damit eine wichtige Rolle bei

Angststörungen. Können sich die Patienten die teuren Medikamente nicht leisten, bietet regelmäßige körperliche Aktivität eine billigere Alternative mit weiteren gesundheitsfördernden Nebeneffekten. Frühere Studien vertraten die Meinung, dass Laktatausschüttung im Körper durch körperliche Aktivität Panikattacken hervorrufen könnte (Pitts & McClure, 1967). Dies konnte aber von späteren Studien widerlegt werden (Garvin, Koltyn & Morgan, 1997; Martinsen, Raglin, Hoffart & Friis, 1998; O'Connor, Smith & Morgan, 2000). Sie kamen zu dem Schluss, dass Patienten, die unter einer Panikkrankheit leiden, gefahrlos Sport treiben können.

Die Erklärungen und Hypothesen für den Zusammenhang zwischen *Sport und Angst* (2.4.2) sowie *Sport und Stress* (2.4.3) sind denen bei *Sport und Depressionen* (2.4.4) ähnlich und werden daher zusammengefasst in Kapitel 2.5 anhand des Beispiels *Sport und Depression* genauer erläutert. Neben diesen biochemischen Erklärungen der Physiologie nennen Landers und Petruzzello (1994) die positive Erwartungshaltung, Auszeitnehmen und Ablenkung, soziale Integration, Selbstnutz, erhöhte kardiologische Fitness und Körpertemperatur und den Anstieg von Endorphinen.

2.4.3 *Sport und Stress*

Ein weiterer besonders in der heutigen Leistungsgesellschaft immer bedeutender werdender Aspekt ist der Zusammenhang zwischen *Sport und Stress*. Stress entsteht dann, wenn „interne oder externe Anforderungen die zur Verfügung stehenden adaptiven Ressourcen von Menschen voll in Anspruch nehmen oder übersteigen“ (Fuchs, 2007, S. 80). Es lassen sich fünf potentielle Wirkweisen körperlicher Aktivität auf Stress nennen:

1. direkt (Effekt auf die körperliche, seelische und soziale Gesundheit unabhängig vom Stress),
2. protektiv (schädliche Auswirkungen von chronischem Stress werden abgemildert),
3. präventiv (bereits bei der Stressentstehung, reduzierte Eintrittswahrscheinlichkeit),
4. ressourcenstärkend (erhöhtes Selbstwertgefühl hat einen Effekt auf die Gesundheit) und
5. ressourcenschützend (reduzierte Beschädigung durch chronischen Stress).

Crews und Landers (1987) fanden in ihrer Metaanalyse aus 34 Studien mit 1449 Probanden, dass Probanden mit einer hohen aeroben Fitness niedrigere Stressreaktionen aufwiesen. Hobson und Rejeski (1993) ließen 80 Probanden 40 Minuten Radfahren bei einer Maximalleistung von 70% VO_2 max. und fanden einen reduzierten diastolischen und arteriellen Blutdruck nach Konfrontation mit Stress. Nach 10 oder 25 Minuten Radfahren ergab sich keine Reaktion.

Als mögliche Gründe für den Zusammenhang von *Sport und Stress* wird körperliche Aktivität als Strategie genannt mit psychosozialen Stress umzugehen, indem es die automatische Erho-

lungszeit reduziert (Gabler et al., 2000). Da die auftretenden Körperreaktionen von körperlicher Aktivität (Schwitzen, erhöhte Herzfrequenz und Blutdruck) denen des psychosozialen Stresses ähneln, könnte körperliche Aktivität auch zur Entwicklung einer „hardy“ (engl. für „abgehärtet, unempfindlich, widerstandsfähig“) Persönlichkeit beitragen, indem physische und psychologische Adaptationen verbessert werden (Gabler et al., 2000). Nachfolgendes Unterkapitel gibt einen Überblick über die Forschungslage des Zusammenhangs von *Sport und Depression*. Im Anschluss werden zudem neurowissenschaftliche Erklärungsversuche für den Zusammenhang von körperlicher Aktivität und Psyche beschrieben (Kapitel 2.5). Diese werden anhand des Beispiels *Sport und Depression* dargestellt. Da diese Erklärungsversuche in engem Zusammenhang mit den Auswirkungen körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit (Kapitel 3) stehen, wird ihnen hier besondere Beachtung geschenkt.

2.4.4 *Sport und Depression*

In diesem Kapitel wird der Zusammenhang von Sport und Depression untersucht. In diesem Bereich findet sich von medizinischer Seite die größte Anzahl von Studien bezüglich der psychischen Auswirkungen von Sport. Daher wird diesem Unterkapitel Sport und Depression besondere Beachtung geschenkt. Auch die physiologischen Erklärungsversuche in Kapitel 2.5 sollen anhand dieses Zusammenhangs erläutert werden. Depression wird im Gegensatz zur Depressivität (Erlebniszustand vorübergehender Natur) als andauernde Störung des Gesamtsystems empfunden. Sie wirkt auf das emotionale Erleben (traurig, einsam, teilnahmslos), das Selbstkonzept (geringes Selbstwertgefühl), vegetative Funktionen (Appetitlosigkeit, Verstopfung oder Durchfall, sexuelles Desinteresse und Schlafstörungen), Verhalten (Verlangsamung oder Überaktivierung), körperliche Beschwerden (Schmerz, Schwäche, Mattigkeit) und auf die Denkprozesse (hohe Ablenkbarkeit, Kreise von Gedanken, Hoffnungs- und Hilflosigkeit) (vgl. Fuchs, 1997). Das gebräuchlichste Instrument zur Diagnose ist das DSM-IV-TR (American Psychiatric Association, 1996). Depressive Erkrankungen weisen die höchste Prävalenz aller psychischen Störungen auf und bilden zudem einen der Hauptanteile aller Erkrankungen (Angst, 1992; Martinsen, 1990). Viele dieser depressiven Erkrankungen bleiben unbehandelt, oder die Behandlung wird nicht konsequent durchgezogen. Untersuchungen ergaben, dass bis zu 60% aller Patienten ihre antidepressive Medikation selbständig bereits nach drei Wochen wieder absetzen (Fawcett, 1995). Neben den bereits bekannten pharmako- und psychotherapeutischen Behandlungsmethoden findet sich eine antidepressive Wirkung körperlicher Aktivität (Barbour & Blumenthal, 2005; Blumenthal et al., 2007; Brosse, Sheets, Lett & Blumenthal, 2002). Daher hat körperliche Aktivität als Therapieform bei Depressionen in neuerer Zeit immer mehr Aufmerksamkeit bekommen. Allerdings weisen viele Untersuchungen methodische Mängel auf. Oft wird die zu untersuchende Gruppe nicht klar definiert, keine Angaben zu ihrer sportlichen Fitness gemacht, die Art der körperlichen Aktivität nicht genauer erläutert, und nur wenige Arbeiten liefern plausible Hypothesen bezüglich des antidepressiven Effekts körperlicher Aktivität (Lawlor & Hopker, 2001; Neumann & Frasch, 2005). Wenn jedoch wirklich körperliche Aktivität einen annähernd gleichen Effekt auf Depression wie Medikation haben sollte, wäre es gegebenenfalls sinnvoll, die Medikation zugunsten einer erhöhten körperlichen Aktivität herunterzusetzen. Körperliche Aktivität ist nicht nur billiger als

Medikation, sondern besitzt noch zusätzliche weitere gesundheitliche Vorteile. Medikation erreicht erst zwei Wochen nach Behandlungsbeginn ihren maximalen antidepressiven Effekt, da das Gehirn automatisch einer vermehrten pharmakologisch bedingten Ausschüttung von Neurotransmittern entgegen wirkt. Erst nach zwei Wochen hat das Gehirn sich an die erhöhte Dosis gewöhnt und lässt diese zu. In Kombination mit aerober Aktivität tritt jedoch die medikamentöse Wirkung deutlich schneller ein (Cotman & Berchtold, 2002). Im Folgenden werden einige Studien vorgestellt, die den Zusammenhang von körperlicher Aktivität und Depression untersuchen:

Murtie (2000) fand einen Zusammenhang von Depression und körperlicher Inaktivität von $r=.53$ bis $r=.72$. Das relative Risiko inaktiver Personen an einer klinischen Depression zu erkranken schein höher zu sein als einen Herzinfarkt zu bekommen. Nach Murtie (2000) verringert aerober und anaerober Sport die Kennwerte einer klinischen Depression und ist damit genauso erfolgreich wie Psychotherapie. Martinsen und Kollegen (1989) fanden allerdings nur eine belastungsbedingte Stimmungsverbesserung bei depressiven Probanden nach allgemeiner aerober Ausdauerleistung, nicht nach statischen oder anaeroben Leistungen. Daher beschränken sich die meisten Studien auf die Untersuchung aerober körperlicher Aktivität:

Blumenthal und Kollegen (1999) wiesen bei 159 depressiven Patienten eine gleich große Reduktion der Depression bei aerober körperlicher Aktivität über sechs Wochen nach als bei Einnahme des Medikaments „Zolofit“, welches die Wiederaufnahme des Neurotransmitters Serotonin in die Zelle blockiert. Regelmäßiges Ausdauertraining über mehrere Monate lang mit drei bis vier Einheiten à 30 bis 60 Minuten pro Woche bei sportlich motivierten, leicht- bis mittelgradig depressiven Personen erwies sich als genauso wirksam wie Medikation (Babyak et al., 2000). In einer neueren Studie testeten Blumenthal et al. (2007) in den Jahren 2000 bis 2005 klinisch depressive Erwachsene ($N=202$, 153 Frauen und 49 Männer). Die Probanden wurden randomisiert in vier Gruppen eingeteilt: Gruppe AG absolvierte ein Ausdauertraining unter Aufsicht in der Gruppe, Gruppe AH leistete das Ausdauertraining zu Hause ab, Gruppe M bekam Antidepressiva (Sertraline, 50-200 mg täglich) und Gruppe P ein Placebo. Nach der sechzehnwohigen Interventionsphase wiesen 41% der Probanden einen derartigen Rückgang ihrer Depression auf, dass sie entlassen werden konnten. Patienten aus den Gruppen AG und AH hatten eine höhere Entlassungsrate als die Placebogruppe (Gruppe AG: 45%, Gruppe AH: 40%, Gruppe M: 47%, Gruppe P: 31%, $p=.057$). Allerdings waren die Depressionswerte der beiden Ausdauergruppen nicht signifikant anders von denen der Placebogruppe ($p=.23$). Die Autoren schließen aus ihren Ergebnissen, dass körperliche Aktivität bei depressiven Patienten genauso effektiv zu sein scheint wie Medikation und besser als Placebo. Nichtsdestotrotz sind die Placeboeffekte sehr hoch. Dies lässt vermuten, dass ein Großteil der Therapieeffekte von der Erwartungshaltung und Aufmerksamkeit des Patienten und ähnlichen unspezifischen Faktoren abhängen. In ihrer Übersichtsarbeit fanden Barbour und Blumenthal (2005) dass die Mehrzahl der analysierten Studien vermuten lässt, dass körperliche Aktivität bei älteren Menschen zu einem Rückgang depressiver Symptome führt.

Martinsen, Medhus und Sandvik (1985) untersuchten depressive Patienten über sechs bis neun Wochen. Eine Gruppe betätigte sich dreimal die Woche eine Stunde lang aerob, die Kontrollgruppe hatte eine Beschäftigung. Zudem hatten alle Gruppen Psychotherapie. In der Sportgruppe sind eine Zunahme an physischer Arbeitskapazität und eine Abnahme der Depression zu verzeichnen. Der antidepressive Effekt schien mit dem Verbesserungsgrad der aeroben Fitness zusammenzuhängen. War der Zuwachs der aeroben Fitness unter 15%, lieferten die Probanden gleich niedrige Werte wie die Kontrollgruppe. Die antidepressive Verbesserung der Probanden mit einem Zuwachs von 15-30% war gleich wie bei einem Zuwachs von über 30%. In einer späteren Studie fanden Martinsen, Hoffart und Solberg (1989) allerdings keinen Unterschied im Rückgang der Depression zwischen aerober körperlicher Aktivität und Kraft- bzw. Dehnungsübungen.

Dunn, Trivedi, Kampert, Clark und Chambliss (2005) untersuchten den Zusammenhang der Intensität körperlicher Aktivität und einen möglichen Rückgang depressiver Symptome bei Patienten mit milder bis moderater klinischer Depression. 80 Patienten im Alter von 20 bis 45 Jahren wurden randomisiert über 12 Wochen nach einem 2x2 Design in eine von vier Ausdauersportgruppen eingeteilt. Die Gruppen variierten nach Energieverbrauch (7,0 kcal/kg/Woche (niedrige Dosierung) oder 17,5 kcal/kg/Woche (empfohlene Dosierung)) und Trainingshäufigkeit (3 Tage/Woche oder 5 Tage/Woche). Eine weitere Kontrollgruppe bekam als Placebo drei Tage die Woche Flexibilitätstraining. Probanden der Gruppen mit der empfohlenen Dosierung an Intensität hatten um 47% reduzierte Depressionswerte (HAMD Hamilton-Skala, Williamson, Dewey & Steinberg (2001)) im Vergleich zum Grundlevel vor der Interventionsphase. Die Gruppe der niedrigen Dosierung wies nur einen Rückgang von 30%, die Kontrollgruppe von 29% auf. Es ergab sich kein Effekt der Trainingshäufigkeit auf die Depressionswerte nach 12 Wochen. Die Autoren schlussfolgerten, dass aerobe körperliche Aktivität mit einer höheren Intensität (entsprechend der allgemeinen Gesundheitsempfehlung) eine effektive Therapiemaßnahme bei milder bis moderater Depression darstellt. Training bei niedriger Intensität ist genauso effektiv wie der Placeboeffekt. Im Gegensatz dazu fanden allerdings Nelson und Morgan (1994) einen Effekt körperlicher Aktivität unabhängig von der Intensität. Die Autoren konnten die gleichen Effekte bei einer einmaligen 40%-igen, 60%-igen oder 80%-igen Maximalleistung verzeichnen. Der Effekt körperlicher Aktivität auf depressive Erkrankungen scheint somit sowohl von der Intensität als auch von der Art der körperlichen Aktivität abzuhängen.

Der Zusammenhang von körperlicher Aktivität und Depression wurde nicht nur anhand klinisch depressiver Personen getestet. In Studien mit *nicht-depressiven Probanden* zeigte sich nach regelmäßiger körperlicher Aktivität kein Rückgang in Kennwerten der Depression (Morgan, 1984). Martinsen (1994) berichtet allerdings, dass die Probanden sich besser fühlten. Ein Rückgang an Depression bei *nicht-depressiven Probanden* ist allerdings auch kaum zu erwarten, da von vornherein niedrige bis keine depressiven Anzeichen vorliegen. McDonald & Hodgdon (1991) wiesen einen 40% stärkeren antidepressiven Effekt bei depressiven als bei *nicht-depressiven Probanden* nach. Es sind somit höhere Auswirkungen sportlicher Aktivität bei depressiven Personen zu erwarten. Problematisch ist allerdings, dass es sich in

der Praxis oft als schwierig erweist, depressive Patienten zum Sporttreiben zu motivieren: viele sind häufig müde, haben eine geringe Selbstachtung, leiden unter oben genannten körperlichen Beschwerden und sind unfit. Um von einem tatsächlichen Effekt körperlicher Aktivität bei depressiven Erkrankungen zu sprechen, bedarf es zudem weiterer methodisch einwandfreier Untersuchungen mit „operationalisierter Diagnostik, valide[r] und reliable[r] Psychopathometrie, Kontrollgruppen, Cross-Over-Design und Follow-up-Untersuchungen (Neumann, 2005, S. 514). Außerdem fehlen neuere Untersuchungen anhand klinischer Patienten. Nach Brosse und Kollegen (2002) wurden in den vergangenen 10 Jahren nur drei randomisierte Studien mit klinischen Patienten veröffentlicht, wobei nur eine dieser Untersuchungen eine ausreichende Fallzahl und Nachuntersuchungen aufweisen konnte. Unumstritten sind allerdings kurzfristige, mit der Trainingsdauer korrelierende antidepressive Effekte körperlicher Aktivität (Neumann & Fräsch, 2005).

2.5 Physiologie der Wirkweisen körperlicher Aktivität auf die Psyche am Beispiel depressiver Erkrankungen

Dieses Kapitel stellt die physiologischen Hintergründe der Wirkweise von körperlicher Aktivität auf die Psyche dar. In den vorigen Unterkapiteln wurde die Auswirkung körperlicher Aktivität auf verschiedenste Bereiche der Psyche dargestellt. Hierbei wurde allerdings nur bedingt auf mögliche Erklärungshypothesen der Wirkweise körperlicher Aktivität eingegangen. Dies soll in folgendem Kapitel am Beispiel depressiver Erkrankungen nachgeholt werden, da in diesem Bereich die fundiertesten Forschungserkenntnisse vorliegen. Viele Hypothesen, die positive Auswirkungen körperlicher Aktivität bei Depressionen zu erklären versuchen, können allerdings auch auf Angsterkrankungen und stressbedingte Erkrankungen angewandt werden. Es ist hierbei zwischen *psychologischen* und *physiologischen Hypothesen* zu unterscheiden. Der Schwerpunkt dieses Kapitels liegt auf den *physiologischen Hypothesen*, da diese eine Grundlage für die Erklärungsversuche des Zusammenhangs von körperlicher Aktivität und kognitive Leistungsfähigkeit liefern, welches das Hauptaugenmerk vorliegender Arbeit ist.

Es existieren verschiedene *psychologische Hypothesen*, um die positiven Effekte körperlicher Aktivität auf die Psyche zu erklären. Unter anderem könnte die Ablenkung von Sorgen helfen („Ablenkungshypothese“, Murrock, 2005) oder die regelmäßige monotone Bewegung einen Art „Selbst-Hypnose-Effekt“ haben. Andere *psychologische Hypothesen* sind die „positive Abhängigkeit“ (Glasser, 1976), „generalisierte Kontrollüberzeugung“ (Vazou-Ekkekakis & Ekkekakis, 2009) oder „self-efficacy theory“ (Bandura, 1977). Da in vorliegender Untersuchung das Hauptaugenmerk auf die physiologischen Hintergründe gelegt werden soll, wird allerdings an dieser Stelle auf eine genauere Erklärung dieser psychologischen Hypothesen verzichtet. Des Weiteren kommen in der Wissenschaft *physiologische Hypothesen* auf. Diese Hypothesen werden anhand der Depression genauer erläutert. Für die Zusammenhänge von Sport und anderen psychischen Aspekten sind sie teilweise ebenso bedeutend und spielen auch eine entscheidende Rolle bei der kognitiven Leistungsfähigkeit (Kapitel 3). Um diese

physiologischen Hypothesen der Wirkweise körperlicher Aktivität genau erläutern zu können, müssen erst gewisse physiologische Grundlagen depressiver Erkrankungen dargestellt werden. Die Pathophysiologie der Depression kann eingeteilt werden in:

1. *Neurotransmitter- und Rezeptorstörungen,*
2. *Neuroendokrine Störungen,*
3. *Durchblutungs- und Stoffwechselanomalien und*
4. *Strukturelle Veränderungen (Neurogenese/Neuroplastizität).*

Allerdings ist zu bedenken, dass „bisher [] keine Neurotransmitter- und Rezeptorstörung für sich genommen, keine hormonelle Störung, kein pathologisch-anatomischer Befund und kein Befund der funktionellen Bildgebung allein die Pathophysiologie der Depression mit ihren affektiven, kognitiven und vegetativ-somatischen Symptomen erklären“ kann (Neumann & Frasch, 2005, S. 514).

Die neurobiologische Forschung nennt bezüglich der *Neurotransmitter- und Rezeptorstörungen* eine verminderte serotonerge und/oder noradrenerge Neurotransmission. Der Neurotransmitter *Serotonin* spielt eine entscheidende Rolle bei depressiven Erkrankungen. 1953 wurde *Serotonin* erstmals von Betty Twarog im Gehirn nachgewiesen. Die ersten Untersuchungen über den Einfluss körperlicher Aktivität gab es schon in den 60-er Jahren. Aber erst in den 80-er Jahren begann man die Bedeutung des *Serotonins* für Gehirnfunktionen zu verstehen (vgl. Kubesch, 2004). Obwohl nur etwa 1% des im Körper befindlichen *Serotonins* im Gehirn zu finden ist, hat dieser Neurotransmitter einen entscheidenden Einfluss auf fast alle zentralnervös gesteuerten Funktionen. Er reguliert Stimmung, Appetit, Schlaf, sexuelle Prozesse, Schmerzverarbeitung, neuroendokrine Funktionen, Angst, Gedächtnis, Aggression, Stressverarbeitung, motorische Aktivität und zirkadiane Rhythmik (Hüther & Rüter, 2000). *Serotonin* wirkt sich nicht nur positiv auf depressive Erkrankungen und Verstimmungen aus, auch können zahlreiche psychiatrische und neurologische Erkrankungen unter anderem auf eine Störung des serotonergen Systems zurückgeführt werden⁵. Die *Serotonin-Hypothese* wird durch die positive antidepressive Wirkung von Medikamenten wie „Prozac“, „Zoloft“ oder „Paxil“ unterstützt, welche den Ausstoß des Neurotransmitters *Serotonin* erhöhen oder die Wiederaufnahme von *Serotonin* in die Zelle blockieren (*SSRI, selective serotonin reuptake inhibitors – selektive Serotonin Wiederaufnahmehemmer*). Bei depressiven Patienten treten chronisch niedrige Serotoninlevel auf. Jacobs (1994; Jacobs & Fornal, 1999) berichtet von einer generellen Modifizierung des serotonergischen Systems durch körperliche Aktivität, vor allem bei großen Muskelgruppen. Zudem kann körperliche Aktivität die REM-Schlafphase (engl. *Rapid Eye Movement*) (eine Phase mit niedrigem Serotoninlevel und daher nicht so erholsam wie Kurzwellenschlaf) verkürzen und den Kurzwellenschlaf verlängern (Kubitz, Landers, Petruzzellos & Han, 1996). Das häufig auftretende „Morgentief“ bei depressiven Patienten ist durch einen niedrigen Serotoninspiegel nach der REM-Schlafphase zu

⁵ unter anderem: Parkinson, Chorea Huntington, Restless-legs- und Gilles-de-la-Tourette-Syndrom, Multiple Sklerose, Migräne, Depressionen, Zwangs-, Angst- und Persönlichkeitsstörungen, Schizophrenien, Sucht, Schlaf- und Essstörungen, kindliches hyperkinetisches Syndrom und Demenz (Hüther & Rüter, 2000).

erklären. Sie wachen meist schon in den frühen Morgenstunden mit einem Stimmungstief auf. Schlafentzug in der zweiten Nachthälfte wirkt diesem „Morgentief“ entgegen. Dieser positive Effekt hält allerdings nur bis zur nächsten Schlafphase an (Meyendorf & Kabaza, 2001). Frühsport in Form von leichtem Ausdauertraining wäre daher eine praktikable Alternative zum Schlafentzug (Karr & Kubesch, 2004). Aerobes Ausdauertraining von länger als einer halben Stunde erhöht zudem den Tryptophanspiegel im Blut und bewirkt, dass durch den Anstieg freier Fettsäuren das an Plasmaeiweiß gebundene Tryptophan, ein Aminosäurevorläufer des *Serotonins*, in eine freie Form übergeht. Erst in dieser Form kann das Tryptophan die Blut-Hirn-Schranke passieren und im Gehirn zu *Serotonin* umgewandelt werden (Chaouloff, 1997; Hollmann & Strüder, 1998).

Doch spielt nicht nur Serotonin eine große Rolle bei depressiven Erkrankungen, auch dem Neurotransmitter und Hormon Norepinephrin (oder Noradrenalin) wird ein entscheidender Einfluss zugewiesen. Die *Norepinephrin-Hypothese* wird dadurch gestützt, dass Depression mit einer verringerten Synthese von Norepinephrin (INN) im Gehirn zusammenhängt. Antidepressive Medikamente wie Monoamine-Oxidase-Inhibitoren und Tricyclide blockieren seine Wiederaufnahme. Dishmann (1997) fand eine erhöhte Ansammlung von Metaboliten von Norepinephrin im Urin und im Gehirn von Tieren nach körperlicher Aktivität. Außerdem fand er einen erniedrigten Norepinephrinlevel bei Tieren, die durch Fußschocks Stress ausgesetzt waren. Dieser anfangs erniedrigte Level wurde durch körperliche Aktivität am Laufrad ausgeglichen. Zudem fand sich interessanterweise eine Erhöhung von präfrontalem Norepinephrin (Noradrenalin) durch Stufenklettern, aber eine erhöhte Ausschüttung von Serotonin durch Schwimmen (Dishman, Renner, White-Welkey, Burke & Bunnell 2000; Espejo & Minano 1999). Allerdings sind diese Befunde nur bedingt auf den Menschen übertragbar. Darüber hinaus handelt es sich um erzwungene körperliche Aktivität der Versuchstiere, also um keine Sportsituation, sondern eher um eine Stresssituation. Sicher ist aber, dass eine Interaktion von Norepinephrin, Dopamin, Acetylcholin, GABA (gama amino butyric acid - Buttersäure) und Endorphinen bei Depression- und Angsterkrankungen eine große Rolle spielt (Nutt, 2002).

Bei etwa der Hälfte aller depressiven Patienten finden sich *neuroendokrine Störungen* (Neumann & Frasch, 2005, S. 515). Es konnten Veränderungen in den durch den Hypothalamus gesteuerten Regelkreisen, die die Ausschüttung der Kortikosteroide⁶ (HPA-Achse⁷), der Schilddrüsenhormone (HPT-Achse⁸) und des Wachstumshormons kontrollieren, nachgewiesen werden (Ströhle, 2003). Blumenthal, Fredrikson, Matthews und Kollegen (1991) wiesen tatsächlich eine Stabilisierung der Stressanfälligkeit des HPA-Regelkreises durch körperliches Training nach. Dies könnte unter Umständen die positiven Effekte körperlicher Aktivität bei einigen Patienten erklären. Doch kann diese Erklärung nicht auf alle Patienten angewandt werden, da nur bei etwa der Hälfte aller depressiven Patienten eine HPA-Hyperaktivität festgestellt werden kann (Akil et al., 1993). In einer Stressreaktion kommt es zu einer vorüberge-

⁶ Gruppe von ca. 50 in der Nebennierenrinde gebildeten Steroidhormonen (u.a. Aldosteron, Cortisol).

⁷ Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse nach der angloamerikanischen Terminologie als „HPA“ abgekürzt.

⁸ Hypothalamus-Hypophysen-Schilddrüsen-Achse abgekürzt mit „HPT“.

hend erhöhten Glukokortikoidausschüttung⁹. Dies ist in bestimmten Situationen vorübergehend sinnvoll, eine anhaltende Ausschüttung kann aber zu morphologischen Veränderungen vor allem im limbisch-hippokampalen Bereich (Amygdala-Hippokampus-kortex, Gyrus Cinguli) führen. Durch vermehrte Glukokortikoidausschüttung nimmt insbesondere die Synthese des gehirnbezogenen neurotrophen Faktors (BDNF, brain derived neurotrophic factor) ab (Berchtold et al., 2001). Der BDNF ist ein Protein, das einerseits das Überleben schon existierender Neuronen unterstützt und andererseits Wachstum und Differenzierung von neuen Neuronen und Synapsen fördert. Im Gehirn ist es aktiv im Hippokampus, Kortex und basalen Frontalhirn. Dies sind Gebiete, die beim Lernen, Gedächtnis und höheren Gedankengängen eine wichtige Rolle spielen. In Kapitel 3.6 wird im Zusammenhang mit der kognitiven Leistungsfähigkeit noch genauer auf diesen Faktor eingegangen. Die Abnahme von BDNF führt zu einem Abbau funktionstragender Nervenzellen im Hippokampus. Dies wiederum führt zu einer eingeschränkten Fähigkeit des Hippokampus, die HPA-Achse zu hemmen, wodurch erneut die Glukokortikoidausschüttung zunimmt. Der Patient befindet sich in einem Teufelskreis mit einer immer weitergehenden Atrophie hippokampaler Nervenzellen. Diese Atrophie könnte auch erklären, warum depressive Patienten häufig an verminderter kognitiver Leistungsfähigkeit leiden und der Zusammenhang zwischen Wirkweisen körperlicher Aktivität auf die Stimmung und auf die kognitive Leistungsfähigkeit wird deutlich. Körperliche Aktivität kann dahingegen durch erhöhte BDNF-Synthese diesen Teufelskreis durchbrechen (Cotman & Engesser-Cesar, 2002). Dies könnte eine weitere Erklärung für die antidepressiven Effekte körperlicher Aktivität darstellen. Durch Einnahme von Antidepressiva erhöht sich der BDNF nach etwa zwei Wochen. Wird jedoch die Medikation mit einem Ausdauertraining kombiniert, konnten Tierexperimente schon nach zwei Tagen einen Anstieg von BDNF verzeichnen (Russo-Neustadt et al., 2000). Die Autoren gehen davon aus, dass diese Experimente auf den Menschen übertragbar sind und Ausdauer die Wirkung von Medikation beschleunigen kann, zumal somit die Serotoninsynthese nicht nur pharmakologisch, sondern auch biologisch gesteigert wird.

Funktionelle bildgebende Verfahren wie PET (Positronen-Emissions-Tomographie) weisen bei depressiven Patienten *Durchblutungs- und Stoffwechselanomalien* besonders im linken und medialen präfrontalen Kortex auf (Mayberg, Brannan & Mahurin, 1997; Oda et al., 2003). Diese Hypothese spielt aber in der Pathologie von Depressionen nur eine untergeordnete Rolle. Körperliche Aktivität führt zu einer erhöhten Durchblutung unterschiedlicher Regionen. Dadurch nehmen alle nervenzellphysiologischen und –anatomisch notwendigen Substanzen zu. Dies kann einen neuroprotektiven und –reparativen Effekt haben (Neumann & Frasch, 2005).

Nach Schlaganfällen oder Verletzungen im Bereich des Frontallappens (besonders linksseitig) treten signifikant mehr Depressionen auf als bei Verletzungen anderer Gebiete (Starkstein et al., 1991). Aus tierexperimentellen Befunden kann geschlossen werden, dass für *strukturelle Veränderungen (Neurogenese/Neuroplastizität)* ein Mindestmaß an neuromuskulärer Aktivi-

⁹ Glukokortikoide beeinflussen den Stoffwechsel, den Wasser- und Elektrolythaushalt, das Herz-Kreislaufsystem und das Nervensystem. Sie wirken entzündungshemmend und immunsuppressiv.

tät notwendig ist, da diese für ausreichend hohe Werte des gehirnbezogenen neurotrophen Faktors BDNF sorgt. *Neurogenese* bzw. *Neuroplastizität* steht für die Neubildung bzw. Umstrukturierung von Dendriten und Synapsen, in diesem Fall im Gehirn und bildet das enorme neuroplastische Potential. Eine Indikation dessen bildet der BDNF. Der Zusammenhang zwischen BDNF und Depression wurde schon weiter oben in diesem Kapitel angesprochen. Bei depressiven Patienten (Brunoni, Lopes, Fregni, 2008, für eine Meta-Analyse) und Suizidgefährdeten Personen (Dwivedi, 2009) wurden in mehreren Studien geringere BDNF-Spiegel als bei Kontrollpersonen gefunden. Dieser Zusammenhang führt zur „Neurotrophin-Hypothese bei Depressionen“ (Dwivedi, 2009, S. 433, Übersetzung des Autors). Untersuchungen an Ratten unter Laufbandbelastung fanden schon nach kurzer Zeit eine signifikante Zunahme des neurotrophen Faktors (BDNF) (Cotman & Engesser-Cesar, 2002). Es konnte aber nicht nur eine *Neurogenese* bei Tieren, sondern auch im menschlichen Gehirn gefunden werden (Eriksson et al., 1998). Hierdurch lässt sich daher eine weitere positive Wirkweise körperlicher Aktivität bei Depressionen erklären: „Der Umstand, dass körperliche Aktivität höchstwahrscheinlich auch beim Menschen die BDNF-Genexpression in besonderem Maße fördert, wäre für die Depressionsbehandlung – und nicht nur für diese – von großer Wichtigkeit []. Körperliches Training könnte also mittelbar über BDNF-Stimulation zur Normalisierung der HPA-Aktivität bei depressiven Zuständen beitragen und damit einen möglichen depressiogenen Pathomechanismus entgegenwirken.“ (Neumann & Frasch, 2005, S. 516). Diese Vermutung wird unterstützt durch die Tatsache, dass es unter antidepressiver Medikation zu einer deutlichen Zunahme von BDNF-mRNA-Konzentrationen im Hippokampus kommt (Swaab, Fliers, Hoogendijk, Veltman & Zhou, 2000). Des Weiteren korreliert die antidepressive Wirkung von Schlafentzug mit Veränderungen des BDNF-Spiegels bei depressiven Patienten (Gorgulu & Caliyurt, 2009). Dem Hippokampus kommt eine herausragende Rolle bei kognitiven Prozessen zu, insbesondere der Organisation des deklarativen Gedächtnisses (für genauere Erläuterungen siehe Kapitel 3). Bei vielen depressiven Patienten kommt es zu einer Einschränkung dieser kognitiven Prozesse (Beblo & Hermann, 2000). Eine Linderung dieser Symptome durch körperliche Aktivität ließe sich durch eine trainingsinduzierte verstärkte BDNF-Aktivierung und eine damit zusammenhängende hippokampale *Neurogenese* erklären.

Lange Zeit hat sich die Humanmedizin bei der Behandlung von depressiven Patienten auf die Psychotherapie und Pharmakotherapie fokussiert. Körperliche Aktivität wurde eher als Ablenkungs- und Beschäftigungsmaßnahme gesehen. Die ersten Untersuchungen über die Effekte körperlicher Aktivität kamen daher auch nicht aus der Psychiatrie sondern aus der Sportpsychologie (Martinsen, 1990). Doch neuere Studien der Neurobiologie können die Hypothesen der Sportpsychologen nun unterlegen. Somit kommen zu den psychologischen Hypothesen des Effekts körperlicher Aktivität bei Depressionen auch physiologische, die konkret in Laborexperimenten nachweisbar sind. Neben Neurotransmitter- bzw. Rezeptorstörungen (Dopamin-, Serotonin- und Norepinephrin-Hypothese), Neuroendokrine Störungen (Störungen in der durch den Hypothalamus gesteuerten Ausschüttung bestimmter Hormone), Durchblutungs- und Stoffwechselanomalien können auch strukturelle Veränderungen (*Neurogenese/Neuroplastizität* – geregelt durch BDNF) im Gehirn für depressive Symptome verantwortlich gemacht werden. Wie in diesem Kapitel gezeigt wurde, können durch Laborexperimente

Zusammenhänge dieser physiologischen Faktoren und körperlicher Aktivität hergestellt werden. Dies liefert die Grundlage für Erklärungsversuche des positiven Effekts körperlicher Aktivität bei depressiven Erkrankungen. Besonders dem Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und *Neurogenese* bzw. *Neuroplastizität* wird in Zukunft noch mehr Augenmerk geschenkt werden (siehe auch Kapitel 3.6). Trainingsinduzierte *Neurogenese* und *Neuroplastizität* hat nicht nur Auswirkungen auf depressive Erkrankungen, sondern auf weite Bereiche der Gehirngesundheit, im Besonderen auf die kognitive Leistungsfähigkeit. Dies wird in Kapitel 3 weiter ausgeführt werden.

2.6 Zusammenfassung

In diesem Kapitel 2 werden die allgemeinen Auswirkungen körperlicher Aktivität behandelt. Dieses Kapitel bildet zusammen mit dem folgenden Kapitel 3 über den Zusammenhang von Sport und kognitiver Leistungsfähigkeit die Grundlage für vorliegende Studie, welche die Effekte des Sporttreibens auf die kognitive Leistungsfähigkeit im schulischen Kontext untersucht. Daher gibt dieses Kapitel zuerst einen Überblick auf die Situation an der Schule (Kapitel 2.1) und über den Schulsport (2.2), bevor auf die physischen (Kapitel 2.3) und psychischen (Kapitel 2.4) Auswirkungen eingegangen wird.

Die deutschlandweite Schulreform hat in den letzten Jahren für viele Veränderungen besonders an Gymnasien gesorgt. Eine der wichtigsten Veränderungen ist die Kürzung der Gymnasialzeit von neun Jahren (G9) auf acht Jahre (G8). Durch diese Kürzung kommt es zwangsläufig zu einer erhöhten Stoffdichte, vermehrtem Nachmittagsunterricht, erhöhten Schulstress und Stundenkürzungen (Ruep, 2003). Besonders Nebenfächer wie der Sportunterricht sind von diesen Kürzungen betroffen. So ist „regelmäßiger Sportunterricht [] nicht mehr in allen Schulformen gesichert“ (Engels, 2001) und besonders an den Gymnasien in vielen Bundesländern die dritte Schulsportstunde nicht mehr gewährleistet (Kubesch, 2002). In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage nicht nur des Effekts körperlicher Aktivität auf die psychische und physische Gesundheit sondern auch auf die kognitive Leistungsfähigkeit der Schüler. In vorliegender Arbeit sollen die Rolle und der Effekt des Schulsports im schulischen Alltag diskutiert werden. Dies gewinnt an Brisanz vor dem Hintergrund, dass bereits im Kindesalter zunehmend somatische Haltungsschwächen, Übergewicht oder Herzkreislaufschwächen auftreten (World Health Organization, 2000). Bereits jedes fünfte Kind ist übergewichtig (Kubesch, 2002). Hinzu kommt, dass nur etwa 10 bis 15% der Erwachsenen die empfohlene Menge an Sport von zwei Stunden pro Woche betreiben (Woll, 1998). Daher kommt dem Schulsport neben der reinen körperlichen Betätigung auch eine gesundheitserzieherische Rolle zu. Bei den Schülern soll die Freude am Sporttreiben geweckt werden, so dass sie sich bestenfalls bis ins hohe Alter regelmäßig körperlich betätigen.

In wissenschaftlichen Untersuchungen werden schon seit langem die *physischen Auswirkungen* körperlicher Aktivität beleuchtet. Die präventiven, therapeutischen und rehabilitativen Effekte regelmäßiger körperlicher Aktivität bei somatischen Beschwerden wie unter anderem

Herz-Kreislaufkrankungen, Bluthochdruck, einige Krebsarten, Diabetes und Osteoporose sind mittlerweile unumstritten (Powell & Blair, 1994, für aktuelle Übersichtsarbeiten siehe Baumann, 2004; Fuchs, 2007; Hänsel, 2007; Samitz & Baron, 2002, Warburton et al., 2006).

Die *psychischen Auswirkungen* körperlicher Aktivität sind in der Literatur nicht ganz so intensiv diskutiert wie die physischen Auswirkungen, jedoch hat dieser Bereich in den letzten Jahren enorm an Interesse gewonnen. Bei den durchgeführten Untersuchungen muss man allerdings bei Diskussionen bezüglich der Art der körperlichen Aktivität (z.B. aerob oder anaerob), der Dauer oder der Probandengruppen (Alter, Geschlecht, psychisch gesund oder klinisch krank) unterscheiden. Doch zeichnet sich eine positive Assoziation zwischen körperlicher Aktivität und *psychischem Wohlbefinden* ab (für Meta-Analysen und Zusammenfassungen siehe u.a. Arent et al., 2000; Craft & Landers, 1998; Fuchs, 2003; Puetz et al., 2006; Reed & Ones, 2006). Genauer lässt sich zusammenfassen, dass

1. besonders aerobe aber auch anaerobe körperliche Aktivität die positive Stimmung erhöht und die negative reduziert (Arent et al., 2000).
2. dieser Effekt wird durch positives Feedback nach der körperlichen Aktivität verstärkt und durch negatives Feedback verringert (Turnbull & Wolfson, 2002).
3. bezüglich der Intensität der körperlichen Aktivität und ihre Auswirkungen auf Selbstzufriedenheit und Selbstachtung widersprüchliche Ergebnisse existieren (MacMahon & Gross, 1988; King, Taylor & Haskell, 1993). Bei selbstgewählter Intensität scheinen die positiven Effekte körperlicher Aktivität stärker zum Tragen zu kommen (Vazou-Ekkekakis & Ekkekakis, 2009)
4. Als mögliche Erklärung für eine positivere Stimmungslage nach körperlicher Aktivität gilt ein Anstieg an β -Endorphin nach körperlicher Aktivität (Sánchez-García et al., 2004) oder auch sogenannte „flow“-Zustände (Schlicht, 1995).
5. Crews und Landers (1987) fanden in ihrer Metaanalyse, dass Probanden mit einer hohen aeroben Fitness niedrigere Stressreaktionen aufwiesen.

Bezüglich der Auswirkungen körperlicher Aktivität auf psychische Erkrankungen lässt sich sagen, dass

1. ein Rückgang der Zustandsangst bei intensiver aerober körperlicher Aktivität gefunden wurde. Innerhalb der ersten 20 Minuten nach einer Ausdaueraktivität von wenigstens 20 Minuten scheint sich diese Zustandsangst um etwa ein Viertel der Standardabweichung zu verringern (Fuchs, 2003).
2. Landers und Petruzzello (1994) fanden, dass regelmäßige chronische körperliche Aktivität einen günstigen Effekt auf die Eigenschaftsangst bei Frauen und Männern jeglichen Alters unabhängig vom Fitness- und Gesundheitsgrad ausübt. Aerobe Aktivität wirkt hierbei besser als anaerobe Aktivität.
3. Bei klinischen Angststörungen konnte ein Rückgang der Angstsymptome nach regelmäßiger körperlicher Aktivität verzeichnet werden (Martinsen et al., 1989).

4. Die Ergebnisse früherer Studien, dass eine Laktatausschüttung im Körper durch körperliche Aktivität Panikattacken hervorrufen könnte (Pitts & McClure, 1967), konnten in späteren Studien widerlegt werden (Garvin et al., 1997; Martinsen et al., 1998).
5. Neben den bereits bekannten pharmako- und psychotherapeutischen Behandlungsmethoden findet sich eine antidepressive Wirkung körperlicher Aktivität (Barbour & Blumenthal, 2005; Blumenthal et al., 2007; Brosse et al., 2002).
6. Bei depressiven Patienten sind nach aerober körperlicher Aktivität über 16 Wochen die gleichen positiven Effekte zu verzeichnen, wie nach Medikation (Blumenthal et al., 2007). Die Placeboeffekte waren geringer, jedoch trotzdem erstaunlich hoch.
7. Das relative Risiko körperlich inaktiver Personen an einer klinischen Depression zu erkranken scheint höher zu sein als einen Herzinfarkt zu bekommen (Mutrie, 2000).
8. Nach Murtie (2000) verringert aerober und anaerober Sport die Kennwerte einer klinischen Depression und ist damit genauso erfolgreich wie Psychotherapie.
9. Die positiven Effekte körperlicher Aktivität fanden sich bei Martinsen et al. (1985) nur bei einer Fitnesssteigerung von mehr als 15% nach sechs bis neun Wochen und bei Dunn et al. (2005) nur bei einem Energieverbrauch von mehr als 17,5 kcal/kg/Woche nach 12 Wochen, wobei kein Effekt der Trainingshäufigkeit pro Woche gefunden werden konnte.

Neben den psychologischen Hypothesen für mögliche positive Effekte körperlicher Aktivität gewinnen mit zunehmend verbesserten Technologien auch die physiologischen Hypothesen zunehmend an Interesse. Durch Laborstudien an Tieren sowie mit Menschen können konkrete Veränderungen an Neurotransmitter- und Hormonausschüttungen, sowie Durchblutungsveränderungen und strukturelle Veränderungen (Neurogenese) durch körperliche Aktivität aufgezeigt werden, die eine Erklärungsgrundlage für mögliche positive Effekte körperlicher Aktivität auf die menschliche Psyche liefern könnten. Diese physiologischen Hypothesen spielen beim Zusammenhang von körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit eine entscheidende Rolle. Dieser Zusammenhang wird in nachfolgendem Kapitel 3 behandelt.

3 Der Zusammenhang von Sport und kognitiver Leistungsfähigkeit

In Kapitel 2 wurde auf die Auswirkungen körperlicher Aktivität allgemein sowohl auf den Körper als auch auf die Psyche eingegangen. Diese Ausführungen sollten die komplexen Wirkweisen körperlicher Aktivität darstellen. In vorliegender Studie interessiert besonders der Zusammenhang von körperlicher Aktivität und einem bestimmten Teilbereich der Psyche, der kognitiven Leistungsfähigkeit. Um diesen Teilbereich detailliert betrachten zu können, wurden in Kapitel 2.4 erste allgemeine Zusammenhänge körperlicher Aktivität und Psyche erklärt. Im vorliegenden Kapitel wird nun der Zusammenhang körperlicher Aktivität mit der kognitiven Leistungsfähigkeit speziell beschrieben.

In Kapitel 3.1 wird zunächst der Begriff „kognitive Leistungsfähigkeit“ erläutert. Kapitel 3.2 gibt einen allgemeinen Überblick auf die Forschungslage zu Auswirkungen körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei Erwachsenen. Das darauffolgende Kapitel 3.3 beschreibt den Zusammenhang kognitiver Leistungsfähigkeit und körperlicher Aktivität speziell bei jüngeren Menschen und Kindern, da in vorliegender Studie Schülerinnen und Schüler im schulischen Kontext untersucht wurden. Im Anschluss wird in Kapitel 3.4 gesondert auf den Zusammenhang von körperlicher Aktivität und kognitiven Störungen bei älteren Menschen eingegangen, da dieser Bereich in der Demenz- und Alzheimerforschung einen immer größeren Stellenwert erhält und da in dieser Altersgruppe die meisten Untersuchungen vorliegen. Das abschließende Unterkapitel legt die physiologischen Hindergründe dieses in den vorigen Kapiteln beschriebenen Zusammenhangs von körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit dar. Wie stark dieser Zusammenhang mit anderen in Kapitel 2.4 dargestellten Teilbereichen der Psyche in Verbindung gebracht werden kann, wird in Kapitel 3.5 bei der Beleuchtung der physiologischen Hintergründe deutlich (vergleiche dazu Kapitel 2.5). Es wird sich zeigen, dass die Wirkweisen auf mikroskopisch physiologischer Ebene sehr ähnlich sind und daher es nicht ausreichend wäre, in vorliegender Arbeit den Zusammenhang körperlicher Aktivität mit weiteren Teilbereichen der Psyche (besonders den vieluntersuchten Bereichen der Angst- und Depressionsforschung) außenvorzulassen. Dass kognitive Leistungsfähigkeit und psychische Erkrankungen eng miteinander verknüpft sind, zeigt beispielsweise die Tatsache, dass depressive Erkrankungen mit einer Reduktion an Konzentrationsfähigkeit und anderer kognitiver Funktionen einhergehen (Delgado & Schillerstrom, 2009).

3.1 Begriffsbestimmung kognitive Leistungsfähigkeit

Mit „kognitive Leistungsfähigkeit“ wird in vorliegender Arbeit allgemein das Vorhandensein der nötigen Voraussetzungen beschrieben, um eine Denkleistung bzw. *Kognition* zu erbringen und langfristig stabil aufrecht zu erhalten. Nun soll zuerst der Begriff *Kognition* erläutert werden. „*Kognition* ist der allgemeine Begriff für alle Formen des Erkennens und Wissens“ (Zimbardo, 1992, S. 304). Die Untersuchung des Denkens wird eingeordnet in die Kognitionsforschung oder kognitive Wissenschaft. Die „kognitive Leistungsfähigkeit“ umfasst somit

das Vorhandensein der Voraussetzungen für Aufmerksamkeit, Wahrnehmung, Erinnerung, Urteilen, Vorstellung, Antizipation, Konzentration, Planen, Entscheiden, Problemlösen, Informationsverarbeitung, Mitteilung von Ideen und Prozesse der mentalen Repräsentation wie Klassifizieren und Interpretieren. Des Weiteren umfasst „kognitive Leistungsfähigkeit“ das Vorhandensein der Voraussetzungen für intern generierte Prozesse wie Träume und Phantasien und deren Inhalte wie Begriffe, Faktenwissen und Erinnerungen. Weitere geistige Prozesse, die nicht unbedingt mit Denken in Verbindung gebracht werden, wie die Entwicklung motorischer Fertigkeiten und das Wiedererkennen von Mustern, ist auch ein Teilbereich der *Kognition* (vgl. Zimbardo, 1992, S. 304). Charakteristisch für die Kognitionswissenschaft ist die Untersuchung mentaler Prozesse (Ellis & Hunt, 1993). Typischerweise bedienen sich Wissenschaftler in diesem Gebiet Analysen bestimmter Komponenten, die bestimmte Operationen des Gehirns darstellen (wie die oben aufgezählten Teilgebiete). Für diese Analysen existieren theoriegestützte Tests, um diese einzelnen Komponenten zu messen, zu isolieren und anschließend auszuwerten, welche Faktoren auf welche Weise Gehirnstrukturen und geistige Prozesse beeinflussen. Zahlreiche Sport-, Kognitions- und Neurowissenschaftler haben somit Zusammenhänge körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit untersuchen können (Tomporowski, Davis, Miller & Naglieri, 2008). In diesem Kapitel werden diese Erkenntnisse aufgeführt, wobei der Effekt auf unterschiedliche Komponenten der kognitiven Leistungsfähigkeit dargestellt wird. Da der Begriff *Kognition* so viele verschiedene Teilbereiche beinhaltet, ist es schwer, von der „kognitiven Leistungsfähigkeit“ an sich zu sprechen. Daher beschränken sich die meisten Studien auf die Untersuchung eines bestimmten Teilbereiches. In vorliegender Arbeit ist besonders der Effekt körperlicher Aktivität auf die Konzentrationsleistung von Bedeutung, da dieses Teilgebiet in der Schule besonders wichtig ist. Daher soll die „Konzentrationsleistungsfähigkeit“ in der hier diskutierten Studie als Messung der „kognitiven Leistungsfähigkeit“ dienen. Brickenkamp und Karl (1986) liefern folgende Definition der *Konzentration*: „eine leistungsbezogene, kontinuierliche und fokussierende Reizelektion, die Fähigkeit eines Individuums, sich bestimmten (aufgaben-) relevanten internen oder externen Reizen selektiv, d.h. unter Abschirmung gegenüber irrelevanter Stimuli, ununterbrochen zuzuwenden und diese schnell und korrekt zu analysieren“ (S. 6). Da bezüglich der Konzentrationsmessung allerdings kaum Studien im Zusammenhang mit körperlicher Aktivität existieren, werden in erster Linie Auswirkungen der körperlichen Aktivität auf die „kognitive Leistungsfähigkeit“ allgemein und auf weitere Teilbereiche beschrieben.

3.2 Auswirkungen körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei Erwachsenen

Dieses Kapitel untersucht die Auswirkungen körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei Erwachsenen allgemein. Unterkapitel 3.2.1 beleuchtet die geschichtliche Entwicklung dieses Themas. In einer darauffolgenden genaueren Erläuterung dieses Zusammenhangs muss zwischen den Auswirkungen *akuter*, das heißt aktueller, körperlicher Aktivität (Unterkapitel 3.2.2), und *chronischer*, das heißt regelmäßiger, körperlicher Aktivität (Unterkapitel 3.2.3), auf die kognitive Leistungsfähigkeit unterschieden werden.

3.2.1 *Geschichtliche Entwicklung*

Die physischen und allgemeinen psychischen Auswirkungen körperlicher Aktivität wurden schon seit langem untersucht (siehe Kapitel 2). Doch die Auswirkungen auf die speziell kognitiven Fähigkeiten des Menschen werden in der Wissenschaft erst seit einigen Jahren eingehend beleuchtet. Verbindungen zwischen Geist und Körper gehen allerdings schon auf die alten Griechen zurück. Und auch das berühmte lateinische Zitat „Mens sana in corpore sano“ aus der Satire X des römischen Dichters Juvenal (55-135 v. Chr.), welches übersetzt werden kann mit: „Ein gesunder Geist in einem gesunden Körper“, zeigt, dass sich schon die Römer mit diesem Zusammenhang beschäftigten. Eine wissenschaftliche Untersuchung dieses Zusammenhangs begann aber erst in den 30-er Jahren (Hillman et al., 2008). Hierbei konzentrierte man sich allerdings in erster Linie auf den Zusammenhang von körperlicher Aktivität und psychischem Wohlbefinden bzw. psychischen Erkrankungen (siehe Kapitel 2). Der Zusammenhang mit kognitiver Leistungsfähigkeit stand lange Zeit im Hintergrund. Es gab allerdings schon vereinzelt Wissenschaftler, die sich auch damals mit diesem Thema beschäftigten. Dekaden nach den 30-er Jahren konnten einige Untersuchungen einen Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und Reaktionszeiten feststellen (Burpee & Stroll, 1936; Lawther, 1951; Pierson & Montoye, 1958). Andere Studien konnten dagegen keinen Zusammenhang aufzeigen (Belse & Peaseley, 1937). Erste systematische wissenschaftliche Untersuchungen gab es dann in den 70-er Jahren. Diese besagten, dass ältere körperlich aktive Probanden eine schnellere Psychomotorik bei einfachen und komplexen Reaktionstests aufwiesen als weniger körperlich aktive. Allerdings galt dies nur für ältere und nicht für jüngere Probanden (Baylor & Spirduso, 1988; Sherwood & Selder, 1979; Spirduso & Clifford, 1978). Daher wurde vermutet, dass dieser Zusammenhang nur ältere und nicht jüngere Menschen betrifft (siehe für eine Übersicht: Spirduso, 1980). Auch andere Übersichtsarbeiten aus dieser Zeit widersprechen sich (siehe Kapitel 3.2.2; Tomporowski, 1986; Weingarten, 1973). Die genauen physiologischen Hintergründe waren bis vor eineinhalb Jahrzehnten noch wenig bekannt. Erst moderne Untersuchungstechniken wie Positronen-Emissions-Tomographie (PET), funktionale Magnetresonanz-Tomographie (fMRT) und andere Techniken erlauben seit kurzem Einblicke in die hämodynamische und metabolische Arbeitsweise des Gehirns in Verbindung mit körperlicher Aktivität (Hollmann, Strüder & Tagarakis, 2003, a). Diese neuen Technologien ergaben für die wissenschaftliche Forschung im Bereich der Kognitionswissenschaft und Neurologie eine Revolution, die sich auch auf die Sportwissenschaft auswirkte. Nun eröffnet sich die Möglichkeit, experimentell gefundene Zusammenhänge zwischen körperlicher Aktivität und psychischen Auswirkungen (darunter auch die kognitiver Leistungsfähigkeit) physiologisch zu untersuchen und damit diese Zusammenhänge medizinisch zu erklären und zu stärken. Dieser Bereich blieb bislang auf Tierstudien beschränkt, welche Einblicke in die molekulare und zelluläre Funktionsweise des Gehirns ermöglichten, die beim Menschen undenkbar wären. Doch mittels PET und fMRT kann nun auch das menschliche Gehirn genauer untersucht werden. Durch bessere Technologien im mikroskopischen Bereich ergeben sich auch in der Tierforschung genauere und neuere Ergebnisse. Diese neuen Erkenntnisse eröffnen ein neues Zielgebiet der interdisziplinären Forschung: die „Bewegungs-Neurowissenschaft“ (Hollmann, 2002). Der Zusammenhang körperlicher Aktivität und kogni-

tiver Leistungsfähigkeit ist somit zu einem neuen Interessenschwerpunkt geworden mit zunehmend experimentellen und auch neurowissenschaftlichen Untersuchungen. Zahlreiche Forscher sehen daher heute den Effekt körperlicher Aktivität auf das Gehirn als genauso bedeutsam wie den Effekt auf das Herz-Kreislaufsystem (Hollmann, DeMeirleir, Fischer & Holzgräfe, 1993; Hollmann, Strüder & Tagarakis, 2003, b).

3.2.2 *Auswirkungen akuter körperlicher Aktivität bei Erwachsenen*

Der Zusammenhang körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit kommt immer stärker in den Fokus moderner Untersuchungen. Hierbei ist zwischen chronischer Aktivität und akuter Aktivität zu unterscheiden. Chronische Aktivität bedeutet eine regelmäßige, über einen längeren Zeitraum andauernde körperliche Betätigung, wohingegen mit akuter körperlicher Aktivität eine aktuell vorliegende körperliche Belastung gemeint ist. Die Auswirkungen akuter körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit finden in der Literatur ein höheres Interesse als die Auswirkungen chronischer Aktivität. Dies könnte unter anderem damit begründet sein, dass Studien zu akuten Auswirkungen weitaus kürzer und weniger komplex angelegt sein müssen als Langzeitstudien zu chronischen Auswirkungen. Drei *Übersichtsarbeiten* untersuchen speziell den Effekt von akuter körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit (Weingarten, 1973; Tomporowski, 1986; Tomporowski, 2003).

Schon in den 70-er und 80-er Jahren gab es vereinzelte Studien, die den Zusammenhang körperlicher Aktivität und kognitive Leistungsfähigkeit untersuchten, allerdings war damals dieses Thema weit weniger untersucht als heute. Weingarten fand in seiner *Übersichtsarbeit* (1973), dass körperlich fitte Personen einen klaren Vorteil gegenüber unfitten Personen bei kognitiven Leistungstests haben, die während oder direkt im Anschluss an die körperliche Aktivität erhoben wurden. Wurden die Leistungstests ohne vorige körperliche Belastung gelöst, so ergab sich kein Vorteil körperlicher Fitness. Tomporowski und Ellis (1986) unterteilten 27 Studien in drei Gruppen je nach Dauer und Intensität der geleisteten körperlichen Aktivität. Die Autoren schlossen in ihrer Übersichtsarbeit, dass die Daten nicht ausreichten, um die Vermutung zu unterstützen, dass körperliche Aktivität die kognitive Leistungsfähigkeit beeinflusst. Tomporowski (2003) unterteilte 43 Studien in drei Gruppen. Die erste Gruppe von Studien untersuchte den Effekt von Ermüdung und beinhaltete Studien, in denen die Probanden kurzer körperlicher Aktivität mit maximaler Intensität ausgesetzt waren. Die Studien der zweiten Gruppe befassten sich mit dem Effekt der Aufmerksamkeit und Erregtheit und beinhaltete Studien mit kurzer maximaler und submaximaler Intensität. In der dritten Gruppe waren Studien mit submaximaler körperlicher Aktivität von relativ langer Dauer. Der Autor kam zu dem Schluss, dass moderate körperliche Aktivität die Ausführung spezieller Informationsprozesse erleichtert. Körperliche Aktivität scheint nicht die kognitive Leistungsfähigkeit bei Aufgaben, die sensorische Prozesse wie schnelles Sehen von Signalen beinhalten, zu erhöhen. Dahingegen soll körperliche Aktivität den Prozess der schnellen Entscheidungsfindung verbessern. Bei einfachen und komplexen Aufgaben mit Wahlmöglichkeiten entschieden sich Probanden nach oder während körperlicher Aktivität schneller als die Kontrollgruppe, allerdings ohne eine Zunahme der Fehlerrate. Körperliche Aktivität scheint also nicht nur

zu einer *Geschwindigkeits-* sondern auch zu einer *Effektivitätszunahme* beim Lösen einfacher und *komplexer Wahlaufgaben* zu führen. Studien konnten zeigen, dass akute körperliche Aktivität die Fähigkeit erhöht, irrelevante Informationen auszublenden und es dem Probanden somit zu erleichtern, auf aufgabenrelevante Informationen zu reagieren. Obwohl Sport nach Tomporowski (2003) auf Arbeitsgedächtnisprozesse Einfluss zu nehmen scheint, konnte der Autor keinen Einfluss auf das Langzeitgedächtnis nachweisen. Die Fähigkeit, körperliche Bewegungen zeitgenau abzustimmen, wird allerdings erhöht. Hohe aerobe körperliche Aktivität scheint die kognitive Leistungsfähigkeit nicht zu beeinträchtigen. Jedoch kann es nach submaximaler aerober körperlicher Aktivität, welche zu Dehydration führt, zu Verschlechterungen in der Informationsverarbeitung und bei Gedächtnisfunktionen kommen (Cian et al., 2000 und 2001). Nach Tomporowski (2003, 2006) scheint moderate körperliche Aktivität in einer ähnlichen Art wie psychostimulierende Medikamente zu wirken, welche nicht direkt auf Verarbeitungsprozesse Einfluss nehmen, sondern eher Prozesse der Aufmerksamkeit beeinflussen. Des Weiteren stellt der Autor fest, dass das Ausmaß des Effekts körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit von einer Vielzahl individueller Variablen abhängt, wie z.B. vom Fitnesslevel, vom Alter oder von der Erfahrung mit gewissen Aufgaben.

Etnier, Salazar, Landers, Petruzzello, Han und Nowell (1997) unterteilten in ihrer *Meta-Analyse* 134 Studien nach dem Zusammenhang akuter und chronischer körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit. Die Autoren fanden einen kleinen positiven Effekt auf die kognitive Leistungsfähigkeit ($ES=.25$). Weitere Untersuchungen zeigten allerdings, dass akute körperliche Aktivität nur die *einfache Reaktionszeit* bei Probanden verkürzt. Bei komplexeren Reaktionszeiten (wenn zwischen Symbolen auszuwählen war) ergab sich ein negativer Zusammenhang. Die Autoren fanden allerdings einen positiven Effekt auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei chronischer körperlicher Aktivität. Jedoch müssen diese Ergebnisse vor dem Hintergrund einiger methodischer Mängel, wie z.B. fehlende Kontrollgruppe oder unklaren Angaben über die Art der körperlichen Aktivität, bei vielen Studien betrachtet werden. Die Auswirkungen chronischer körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit werden in Unterkapitel 3.2.3 genauer untersucht. Interessant ist in der Meta-Analyse von Etnier und Kollegen (1997), dass die Autoren keinen signifikanten Effekt des Alters der Probanden auf den Zusammenhang von Sport und kognitiver Leistungsfähigkeit aufweisen konnten.

Bezüglich dieser Übersichtsarbeiten ist allerdings zu bemerken, dass diese gezogenen Schlussfolgerungen aus einer Vielzahl von Studien zusammengefasst wurden, die sich unter Umständen in mehreren Punkten unterscheiden. Zum Einen können sich die Studien in der *Art und Weise der körperlichen Aktivität* (in den meisten Fällen kurz und anaerob vs. länger und aerob (auf diese Unterscheidung haben Tomporowski und Ellis (1986) und Tomporowski (2003) Rücksicht genommen)) unterscheiden. Zum Anderen kann der *Zeitpunkt der Testerhebung* variieren. Dieser fand entweder während oder kurz nach der körperlichen Betätigung statt. Bei den meisten Studien war das Zeitintervall zwischen körperlicher Aktivität und Testerhebung so kurz, dass bezüglich des Zeitpunktes der Testerhebung keine Unterschiede zu erwarten sind. Ein weiterer Unterscheidungspunkt ist der bestimmte getestete *Bereich der*

kognitiven Leistungsfähigkeit. Körperliche Aktivität scheint unterschiedliche Effekte auf unterschiedliche Bereiche der kognitiven Leistungsfähigkeit (wie Reaktionsgeschwindigkeit, Konzentrationsleistung oder Langzeitgedächtnis) zu haben. Nur sehr wenige Studien haben sich zudem mit dem *Verhältnis von Intensität und Effekt* befasst (Chang & Etnier, 2009a). Es stellt sich nämlich neben der Frage des Effekts körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit auch die Frage nach der Dosis. Gibt es eine optimale Intensität mit dem besten Effekt oder ist das Verhältnis linear, d.h. je höher die Intensität, desto höher die kognitive Leistungsfähigkeit im Anschluss? Die Frage nach Dosis und Effekt wird genauer in Unterkapitel 3.3.2 diskutiert. Bei Diskussionen über den Effekt akuter körperlicher Aktivität muss also auf folgende drei Punkte Rücksicht genommen werden:

1. Art und Weise der körperlichen Aktivität,
2. getesteter Bereich der kognitiven Leistungsfähigkeit,
3. Verhältnis von Intensität und Effekt.

Bezüglich der *Art und Weise der körperlicher Aktivität* lässt sich sagen, dass die meisten Untersuchungen den Effekt akuter aerober körperlicher Aktivität wie Jogging oder Radfahren auf die kognitive Leistungsfähigkeit testeten und positive Effekte auf bestimmte Bereiche der kognitiven Leistungsfähigkeit verzeichneten (Audiffren, Tomporowski & Zagrodnik 2008; McMorris & Graydon, 2000; Tomporowski, 2003). Doch einzelne Studien beschäftigten sich auch mit dem Effekt von Krafttraining (Chang & Etnier, 2009a und b). Chang und Etnier (2009a) und andere Autoren (French et al., 2007) konnten einen positiven Effekt von akutem einmaligem Krafttraining auf automatische kognitive Funktionen sowie auf exekutive Funktionen bei Probanden mittleren Alters feststellen. Es scheint also nicht nur einen Effekt von akuter aeroben, sondern auch von anaerober körperlicher Aktivität auf bestimmte Bereiche der kognitiven Leistungsfähigkeit zu geben. Eine andere Studie kam allerdings zu gegenteiligen Ergebnissen. Pontifex, M. B., Hillman, Fernhall, Thompson und Valentini (2009) haben 21 junge Erwachsene nach drei Konditionen getestet (Kondition 1: aerobes Training; Kondition 2: Krafttraining und Kondition 3: Pause). Einige Tage vor dem Testtag wurden ihre Ausdauerleistungsfähigkeit, Maximalkraft, Reaktionszeiten und Arbeitsgedächtnis als Basis geprüft. An den drei hintereinanderfolgenden Testtagen (pro Kondition ein Testtag) wurden kognitive Tests direkt nach der Kondition und 30 Minuten danach durchgeführt. Die Reihenfolge der Konditionen innerhalb der drei Testtage war zufällig. Die Autoren fanden kürzere Reaktionszeiten kurz und 30 Minuten nach aerobem Training im Vergleich zur Basis und zu den beiden anderen Konditionen. Des Weiteren wurde in der aeroben Kondition ein vergrößertes Arbeitsgedächtnis gemessen. Auch hier gab es keinen Effekt in der Krafttrainings- oder Pausenkondition. Die Autoren schlussfolgern aus ihren Ergebnissen, dass aerobe körperliche Aktivität im Gegensatz zu Krafttraining exekutive Kontrollfunktionen und Reaktionszeiten verbessert. Die Wissenschaft scheint sich daher noch uneins bezüglich der unterschiedlichen Effekte anaerober körperlicher Aktivität zu sein. Einige Autoren finden eine Verbesserung bestimmter Bereiche der kognitiven Leistungsfähigkeit nach akuter anaerober Aktivität (Davey, 1973; Winter et al., 2007) andere nicht (Sjoberg, 1980; Tomporowski, Ellis & Stephens, 1987).

Die widersprüchlichen Ergebnisse vieler Studien lassen sich außerdem damit erklären, dass unterschiedliche Studien verschiedene *Bereiche der kognitiven Leistungsfähigkeit* untersuchten. Man kann nicht von *dem* Effekt akuter oder chronischer körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit sprechen. Akute körperliche Aktivität scheint verschiedene kognitive Bereiche unterschiedlich zu beeinflussen. Einige Studien prüfen das *Gedächtnis* (Cian et al., 2000; Winter et al., 2007) oder andere neuropsychologische Messwerte wie das *Entscheidungstreffen* im Fußball (McMorris & Graydon, 1997). Sehr viele Studien untersuchten die *Reaktionszeit* (Audiffren et al., 2008; Hogervorst, Riedel, Jeukendrup & Jolles, 1996; McMorris, 2000; Tomporowski, 2003) und manche den Effekt auf *höhere kognitive Funktionen* (wie z.B. exekutive Kontrollfunktionen²²) (Audiffren, Tomporowski & Zagrodnik, 2009; Hogerkost et al., 1996; Sibley, Etnier & Le Masurier, 2006; Tomporowski et al., 2005). Auf den dritten Punkt, das Verhältnis von Intensität und Effekt wird in Unterkapitel 3.3.2 eingegangen.

Bezüglich des *Gedächtnisses* als weiteren Teilbereich kognitiver Leistungsfähigkeit lässt sich sagen, dass nach intensiver anaerober Betätigung (unter 2 min) das Kurzzeitgedächtnis verbessert wurde (Davey, 1973). Während und direkt nach längerer anaerober Betätigung (5 bis 40 min) konnte allerdings in älteren Studien keine Verbesserung des Gedächtnisses gefunden werden (Sjoberg, 1980; Tomporowski et al., 1987). In einer neueren Studie fanden Tomporowski und Ganio (2006) dahingegen einen positiven Effekt von 40-minütiger submaximaler aerober körperlicher Aktivität auf Gedächtnisfunktionen, aber nicht auf exekutive Kontrollfunktionen. Allerdings wurden die durchgeführten schweren Tests von der Sportgruppe als weniger frustrierend empfunden als von der Kontrollgruppe. Der Effekt körperlicher Aktivität kann also auch von einer möglichen höheren Stimmungslage beeinflusst werden. In einer späteren Studie von Coles und Tomporowski (2008) fand sich bei jungen Erwachsenen (M=22.2 Jahre, SD=1.6) kein Effekt moderater akuter *aerober* körperlicher Aktivität auf einem Fahrradergometer über 40 Minuten Dauer. Sie fanden aber einen Effekt auf das Langzeitgedächtnis im Gegensatz zu der Kontrollgruppe ohne körperliche Aktivität. Dies steht im direkten Gegensatz zu einer früheren Schlussfolgerung des Autors, dass akute körperliche Aktivität das Langzeitgedächtnis nicht beeinflussen würde (Tomporowski, 2003). Winter und seine Kollegen (2007) untersuchten den Effekt intensiver *anaerober* (Laktatlevel über 10 mmol/l) oder moderater aerober körperlicher Aktivität (Laktatlevel unter 2 mmol/l) auf *Lerngeschwindigkeit* sowie *Kurzzeit-* (sofort) und *Langzeitgedächtnis* (nach einer Woche und nach mehr als acht Wochen). Dazu wurden 27 männliche, gesunde Sportstudenten randomisiert auf drei Gruppen verteilt (Kontrollgruppe 15 min Pause, 40 min aerobes Laufen oder zwei 3-minütige Sprints). Nach der Intervention mussten die Probanden Vokabeln der künstlichen Sprache „Wernicko“ lernen. Die Autoren fanden, dass nach der anaeroben Kondition die Lerngeschwindigkeit um 20% höher war, als nach den beiden anderen Konditionen. Das intensive Laufen führte zu erhöhten Katecholaminspiegeln (Dopamin, Epinephrin, Norepinephrin) und BDNF (siehe Kapitel 2.5). Der erhöhte BDNF-Spiegel konnte in Zusammen-

²² Exekutive Kontrollfunktionen beinhalten Fähigkeiten wie Planen, Terminisierung, Arbeitsgedächtnis, Ablenkungsanfälligkeit, Aufgabenkoordinierung etc. (Hillman, Kramer, Belopolsky & Smith 2006) – eine genaue Erläuterung liefert Unterkapitel 3.5.3.

hang gebracht werden mit einem besseren Kurzzeitgedächtnis, wohingegen Dopamin die Langzeitgedächtnisleistung nach einer Woche und Epinephrin nach mehr als acht Wochen begünstigte (für genauere physiologische Erklärungen des Zusammenhangs zwischen körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit siehe Kapitel 3.5). Die Ergebnisse von Winter und seinen Kollegen (2007) führen zu dem Schluss, dass kurze, intensive Aktivität vor einer wichtigen Lernleistung (zum Beispiel einer Unterrichtsstunde) das Lernergebnis verbessert. Allerdings konnten die Autoren keinen Unterschied bezüglich der Lernleistung und des Gedächtnisses nach längerer moderater körperlicher Aktivität oder nach einer Pause (Kontrollgruppe) verzeichnen. Andere Studien konnten jedoch einen Effekt längerer moderater körperlicher Aktivität auf die Gehirnfunktionen nachweisen (Colcombe et al., 2004). Außerdem fanden Silbey und Beilock (2007), dass der Effekt akuter körperlicher Aktivität auf das Arbeitsgedächtnis bei Personen, die über eine geringe Arbeitsgedächtniskapazität verfügen, größer ist als bei Personen mit einer höheren Arbeitsgedächtniskapazität. Der Bereich der kognitiven Leistungsfähigkeit ist allerdings derart komplex, und es gibt so viele sich widersprechende Studien (sogar von den gleichen Autoren - siehe oben), dass es schwer fällt, konkrete Schlussfolgerungen zu ziehen. Daher sind weitere Studien nötig, um mit Sicherheit sagen zu können, ob kurze anaerobe oder längere aerobe Aktivität ähnliche Effekte auf bestimmte Bereiche der kognitiven Leistungsfähigkeit haben und ähnlichen physiologischen Mechanismen unterliegen. Fest steht aber aus Tier- und Menschenstudien, dass BDNF, Dopamin und Epinephrin eine wichtige Rolle nicht nur bei psychischen Erkrankungen, sondern auch bei der kognitiven Leistungsfähigkeit spielen und durch körperliche Aktivität erhöht werden (siehe dazu Kapitel 3.5). Offen bleibt aber die Frage, inwieweit sich diese physiologischen Erkenntnisse auf die Praxis und besonders auf den Schulalltag (wichtig für die vorliegende Arbeit) übertragen lassen.

3.2.3 *Auswirkungen chronischer körperlicher Aktivität bei Erwachsenen*

Die Auswirkungen chronischer körperlicher Aktivität wurden in der Wissenschaft vorwiegend anhand älterer Personen untersucht. Viele medizinische Untersuchungen konzentrieren sich auf diesen Teil der Bevölkerung, da mit erhöhtem Alter das Risiko kognitiver Erkrankungen zunimmt. Um die Auswirkungen chronischer körperlicher Aktivität zu untersuchen, gibt es verschiedene Ansätze und Studienarten: *Epidemiologische Studien* unterstützen die Annahme, dass chronische körperliche Aktivität schon in jungen Jahren das Risiko von altersbedingten neurodegenerativen Erkrankungen wie Demenz oder Parkinson reduziert (Abbott et al., 2004; Colcombe et al., 2004; Larson et al., 2006; Laurin et al., 2001; Weuve et al., 2004; Yaffe et al., 2001). Es ist allerdings nicht ausgeschlossen, dass dieses reduzierte Risiko nicht nur durch regelmäßige körperliche Aktivität auftritt, sondern zusätzlich durch weitere Faktoren wie einen gesünderen Lebensstil, eine bessere Ernährung, etc. beeinflusst wird. Es könnte der Fall sein, dass die untersuchten Menschen, die regelmäßig körperlich aktiv waren, auch allgemein einen gesünderen Lebensstil betreiben, z.B. besser auf ihre Ernährung achten und nicht rauchen. Des Weiteren muss unterschieden werden, ob ein körperlich eher passiver Lebenswandel eine spätere kognitive Erkrankung beeinflusst hat oder ob diese kognitive Erkrankung schon in jüngeren Jahren vorlag, aber nicht diagnostiziert wurde und unbemerkt

einen aktiveren Lebenswandel verhindert hat (Weuve et al., 2004). In diesem Fall wäre nicht die Passivität Auslöser der Krankheit, sondern die Krankheit Grund für die Passivität. Daher sind *Interventionsstudien* über einen längeren Zeitraum eine bessere Möglichkeit, einen Zusammenhang zwischen chronischer körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit zu untersuchen. Diese Studien können zeigen, dass mehrere Monate regelmäßiger körperlicher Aktivität mentale Funktionen verbesserten bzw. bei älteren Probanden die altersbedingte kognitive Degeneration verlangsamte (Colcombe et al., 2004; Colcombe & Kramer, 2003 für eine Meta-Analyse) und Gehirnstrukturen in Tieren veränderte (Pereira et al., 2007). Regelmäßige chronische körperliche Aktivität löst biologische Veränderungen in Muskeln und Organen aus, welche wiederum Strukturen und Funktionen im Gehirn beeinflussen (Dishman et al., 2006). Doch ist wie bei der akuten körperlichen Aktivität die Übertragung dieser Tierexperimente auf den Menschen wichtig und dessen Konsequenz für die Praxis.

Bei jüngeren Probanden gibt es bislang nur sehr wenige Studien über einen Zusammenhang regelmäßiger körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit. Richards, Hardy und Wadsworth (2003) untersuchten in ihrer *Langzeitstudie* diesen Zusammenhang bei 1919 Probanden mittleren Alters. Mittels eines Fragebogens (des Minnesota Fragebogens zur körperlichen Freizeitaktivität) wurde der Umfang körperlicher Aktivität der Probanden im Alter von 36 Jahren aufgenommen. Als die Probanden 43 und 53 Jahre alt waren, wurden Tests zum verbalen *Gedächtnis* durchgeführt. Die Autoren fanden heraus, dass körperliche Aktivität im Alter von 36 Jahren mit weniger starkem Gedächtnisverlust im Alter von 43 und 53 Jahren zusammenhing. Dies weist darauf hin, dass körperliche Aktivität in mittleren Jahren kognitive Degeneration in späteren Jahren vorbeugt.

Andere kleiner angelegte *Korrelationsstudien* verglichen körperlich aktive mit körperlich weniger aktiven jüngeren Menschen. Hier gab es allerdings unterschiedliche Ergebnisse je nach kognitiver Beanspruchung. Körperliche Aktivität scheint mit einem besseren Abschneiden bei kognitiven Fähigkeiten wie dem *Umschalten* zwischen verschiedenen Aufgaben zusammenzuhängen (Hillman, Kramer, Belopolsky & Smith, 2006), allerdings nicht mit anderen kognitiven Fähigkeiten wie *Reizunterscheidung* (Hillman et al., 2002). Bezüglich der akuten Auswirkungen körperlicher Aktivität kamen Etnier und Kollegen (1997) zu ähnlichen Ergebnissen. Auch sie konnten keine Verbesserung bei *komplexeren Reaktionsaufgaben* mit Reizunterscheidung feststellen. Tomporowski (2003) fand auch bezüglich akuter Auswirkungen eine Verbesserung der *Entscheidungsfindung* und des *Umschaltens* (Kapitel 3.2.2). Die akuten Auswirkungen scheinen sich also nicht allzu sehr von den chronischen Auswirkungen zu unterscheiden.

Abgesehen von Studien mit älteren Probanden existieren nur sehr wenige Studien, die den Zusammenhang von körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit in den unterschiedlichen Altersabschnitten untersuchen (Hillman, Motl et al., 2006). Hillman, Motl und Kollegen (2006) betrachteten in ihrer *Querschnittsstudie* 241 Probanden im Alter von 15 bis 71 Jahren, um den Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und exekutiver Kontrollfähigkeit zu untersuchen. Die Probanden wurden unterteilt in eine junge Gruppe (N=118, Al-

ter $M=25,5$; $SD=4,9$) und eine ältere Gruppe ($N=123$, $M=49,6$; $SD=7,8$). Der Umfang chronischer körperlicher Aktivität wurde mittels eines Fragebogens erhoben. *Exekutive Kontrollfunktion* und *Reaktionszeit* wurden mittels des Eriksen-Flanker-Tests (Eriksen & Eriksen, 1974) erhoben. Dieser Test wird verwendet, um die Fähigkeit zu testen, irrelevante Informationen auszublenden. *Exekutive Kontrollfunktionen* beinhalten eine Reihe von Fähigkeiten wie Planen, Terminisierung, Arbeitsgedächtnis, Ablenkungsanfälligkeit, Aufgabenkoordinierung etc. (Hillman, Kramer et al., 2006). In der Studie von Hillman, Kramer und Kollegen (2006) sahen die Probanden an einem Bildschirm eine Reihe von fünf Pfeilen, die nach links oder rechts zeigten. Sie mussten möglichst schnell durch Drücken eines Knopfes angeben, ob der mittlere Pfeil nach links oder rechts zeigte. In der einheitlichen Version zeigten alle Pfeile in die gleiche Richtung, in der uneinheitlichen Version zeigten die äußeren vier Pfeile in die andere Richtung. Diese vier Pfeile sind dann auszublenden. Des Weiteren wurde mittels des WAIS-III (Wechsler, 1997) Wortverständnis, Arbeitsgedächtnis, Wahrnehmungsorganisation und Verarbeitungsgeschwindigkeit erhoben. Nachdem alle Probanden nach Geschlecht und den IQ-Dimensionen Wahrnehmungsorganisation und Verarbeitungsgeschwindigkeit kontrolliert wurden, fanden die Autoren, dass die *Reaktionszeit* mit dem Alter abnimmt. Eine Verschlechterung der *Reaktionszeit*, der Verarbeitungsgeschwindigkeit und *exekutiver Kontrollfunktionen* mit dem Alter zeigen auch andere Studien (Kramer, Humphrey, Larish, Logan & Strayer, 1994; West, 1996, Zeef, Sonke, Kok, Buiten & Kenemans, 1996). Dies liegt unter anderem daran, dass im Alter ein unproportionaler Verlust von Nervengewebe in den frontalen und präfrontalen Regionen des Gehirns auftritt (Colcombe, Erickson, Raz et al., 2003; Raz, 2000). Jedoch fand sich ein Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und kürzerer *Reaktionszeit* bei Probanden jeglichen Alters. In der älteren Gruppe hing zudem der Umfang körperlicher Aktivität mit einer höheren Anzahl richtiger Antworten im Eriksen-Flanker-Test bei einheitlichen sowie uneinheitlichen Versionen zusammen. Dies galt allerdings nicht für die jüngere Gruppe. Andere Studien konnten diesen Zusammenhang von *Antwortfehlerfreiheit* und körperlicher Aktivität bei älteren Menschen nicht nachweisen (Colcombe et al., 2004; Hillman, Kramer et al., 2006). Der Zusammenhang körperlicher Aktivität und kognitive Leistungsfähigkeit bei älteren Menschen wird genauer in Kapitel 3.4 erläutert. Chronische körperliche Aktivität beeinflusst also positiv *Reaktionszeiten* besonders bei älteren, aber auch bei jüngeren Menschen. Die stärkeren Effekte bei älteren Menschen lassen sich unter Umständen dadurch erklären, dass hier aufgrund der altersbedingten Abnahme von *Reaktionszeiten* mehr Raum für Verbesserung gegeben ist. Für vorliegende Studie ist es allerdings von Bedeutung, dass auch bei jüngeren Probanden ein positiver Effekt gefunden werden konnte.

Wie auch in Unterkapitel 3.2.2 muss bei der Diskussion über die Auswirkungen körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit neben chronischer und akuter Aktivität zudem zwischen den verschiedenen *Bereichen dieser kognitiven Leistungsfähigkeit* unterschieden werden. Denn auch hier lässt sich nicht allgemein von den Effekten auf die kognitive Leistungsfähigkeit sprechen. Daher haben sich einige Studien darauf beschränkt, bestimmte Teilbereiche zu untersuchen. Masley, Roetzheim und Gualtieri (2009) untersuchten 91 gesunde Erwachsene in einem Fitnessstudio über zehn Wochen. Die Probanden wurden unterteilt in eine Kontrollgruppe (0-2 Tage die Woche aerober Sport), eine moderate Gruppe (3-4 Tage

die Woche aerober Sport) und in eine intensive Gruppe (5-7 Tage die Woche). Es zeigten sich bei höherer Intensität verbesserte *Reaktionszeiten* ($p=.03$), *Aufmerksamkeit* ($p=.047$) und *kognitive Flexibilität* ($p=.002$). Wurden die Gruppen allerdings nach Alter, Geschlecht, Bildungsstand und nach Veränderungen der motorischen Geschwindigkeit kontrolliert, so war nur noch die Verbesserung der *kognitiven Flexibilität* mit erhöhter Intensität signifikant ($p=.02$). Es zeigt sich also, dass besonders *kognitive Flexibilität* durch intensive aerobe körperliche Aktivität verbessert wird. Dies fanden auch Themanson, Pontifex und Hillman (2008). Kürzere *Reaktionszeiten* sind unter Umständen auf eine verbesserte motorische Bewegungsgeschwindigkeit zurückzuführen. Andererseits sprechen veränderte EEG-Aufzeichnungen für eine schnellere Reaktionsfähigkeit bei körperlich aktiven Probanden, die nicht durch motorische Bewegungsgeschwindigkeit bedingt ist (Hillman, Castelli & Buck (2005). Thomas, Landers, Salazar und Etnier (1994) fanden in ihrer Übersichtsarbeit, dass körperliche Aktivität positive Effekte auf das *Arbeitsgedächtnis*, *mathematische Fähigkeiten*, *Scharfsinn* und *Reaktionszeit*, gemischte Effekte auf *fluide Intelligenz* und *abstraktes Argumentieren* und keine Effekte auf *kristalline Intelligenz* und *Lernen* ausübte. Des Weiteren waren die Effekte bei Frauen größer als bei Männern, bei akuter körperlicher Aktivität eine Trainingseinheit besser als mehrere Trainingseinheiten und chronische körperliche Aktivität effektiver als akute körperliche Aktivität. Allerdings bemerkten die Autoren, dass nur wenige, wenn überhaupt, experimentelle Langzeitstudien speziell mit Kindern existieren. Außerdem konnten die Autoren nicht die Frage beantworten, ob die gefundenen Ergebnisse von der Intensität bzw. Art und Weise der körperlichen Aktivität abhängen. Sie fanden allerdings, dass motorisches Training der Wahrnehmung kein Effekt auf kognitive Funktionen unabhängig vom Alter, kognitiver Fähigkeiten der Probanden oder Art des speziellen Sportprogramms bewirkt.

Ein dritter wichtiger Aspekt bezüglich der Auswirkungen körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit ist die Frage der *Intensität der körperlichen Aktivität*. Diese Frage wird in Unterkapitel 3.3.2 behandelt. Unklar ist zum Beispiel, ob der Effekt chronischer körperlicher Aktivität auf kognitive Leistungsfähigkeit bezüglich der Intensität linear verläuft, ob ein gewisser Grundlevel an Aktivität notwendig ist oder ob bei zu hoher Intensität die Effekte auf die kognitive Leistungsfähigkeit eher negativ ausfallen.

Der vierte Aspekt der oben genannten Auswirkungen ist die *Art der körperlichen Aktivität (aerob vs. anaerob)*. Dazu haben Stroth, Hille, Spitzer und Reinhardt (2009) 21 Studenten auf Fitness untersucht. Die Interventionsgruppe bekam über sechs Wochen ein *aerobes* Ausdauertraining von drei 30-minütigen Läufen pro Woche. Die Kontrollgruppe sollte in dieser Zeit ihr gewohntes Bewegungsmuster nicht ändern. Die Autoren fanden eine signifikante Verbesserung des *visuell-räumlichen Erinnerungsvermögens* und eine verbesserte Stimmungslage ($p<.05$). Allerdings konnten die Autoren keinen Effekt des Ausdauertrainings auf *Konzentrationsleistung* und *verbales Erinnerungsvermögen* feststellen. Wie schon bei der Behandlung der akuten körperlichen Aktivität erwähnt, ist sich die Wissenschaft uneins über die Effekte körperlicher Aktivität auf unterschiedliche Bereiche der kognitiven Leistungsfähigkeit. Da dieser Begriff auch von sehr komplexer Natur ist, ist es schwer, ihn einzugrenzen, d.h. bestimmte Teilbereiche zu definieren und zu testen. Unumstritten sind dahingegen die allgemei-

nen Effekte von *aerobem* Ausdauertraining auf die kognitive Leistungsfähigkeit (Singh-Manoux, Hillsdon, Brunner & Marmot, 2005; Etnier et al., 1997 für eine Meta-Analyse). Hier zeigt sich, dass einerseits ein starker Zusammenhang zwischen niedrigem aerobem Aktivitätslevel Erwachsener mittleren Alters und kognitiver Leistungsfähigkeit besteht (Singh-Manoux et al., 2005) und andererseits sowohl chronisches als auch akutes einmaliges aerobes Ausdauertraining zu einer Verbesserung der kognitiven Leistungsfähigkeit führt (Etnier et al., 1997). In einer späteren Analyse konnten die Autoren allerdings keinen linearen Zusammenhang zwischen kardiovaskulärer Fitness und kognitiver Leistungsfähigkeit finden (Etnier, Nowell, Landers & Sibley, 2006). Dies bestätigt die weiter oben angesprochene Aussage, dass man nicht von einem positiven oder negativen Einfluss körperlicher Aktivität per se auf die kognitive Leistungsfähigkeit sprechen kann und genauer differenzieren muss. Zudem muss der Zusammenhang zwischen Intensität und Effekt genauer untersucht werden.

3.2.4 Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich zum Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit bei Erwachsenen sagen, dass man nicht allgemein von den Auswirkungen körperlicher Aktivität sprechen kann. Erstens muss unterschieden werden zwischen *chronischer körperlicher Aktivität*, regelmäßig über einen längeren Zeitraum gesehen, und *akuter körperlicher Aktivität* (Unterkapitel 3.2.2 und 3.2.3). Zweitens kann man nicht von einem Effekt auf die allgemeine kognitive Leistungsfähigkeit sprechen, sondern muss *spezielle Bereiche der kognitiven Leistungsfähigkeit* differenzieren, wie zum Beispiel die Reaktionszeit, exekutive Kontrollfunktionen oder Antwortfehlerfreiheit/bzw. -genauigkeit. Als dritter Faktor muss noch die *Art und Weise der körperlichen Aktivität* (aerob vs. anaerob, bzw. Dauer und Intensität) betrachtet werden.

Bezüglich der Effekte *akuter körperlicher Aktivität* lässt sich sagen, dass

1. es Hinweise dafür gibt, dass moderate Aktivität spezielle Informationsprozesse erleichtert, wie z.B. schnelle Entscheidungsfindung, Ausblendung irrelevanter Informationen, zeitliche Abstimmung körperlicher Bewegungen, einfache Reaktionszeiten, aber nicht sensorische Prozesse wie z.B. schnelles Sehen von Signalen (Etnier et al., 1997; Hillman, Pontifex et al., 2009; Tomporowski, 2003);
2. hohe aerobe Aktivität wahrscheinlich zu keiner Beeinträchtigung der kognitiven Leistungsfähigkeit führt (Tomporowski, 2003), es sei denn sie geht mit einer Dehydration einher (Cian et al., 2000 und 2001);
3. sowohl aerobe (Hillman, Pontifex et al., 2009) als auch anaerobe (Chang et al., 2009a und b; Winter et al., 2007) körperliche Aktivität zu einer Verbesserung der kognitiven Leistungsfähigkeit führen könnte;
4. körperliche Aktivität sowohl die Lerngeschwindigkeit als auch das Kurzzeit- und Langzeitgedächtnis zu verbessern scheint (Coles et al., 2008; Winter et al., 2007). Die Effekte auf das Arbeitsgedächtnis von Personen mit geringerer Arbeitsgedächtniskapazität waren größer (Silbey et al., 2007);

5. sich die Autoren uneins sind bezüglich der Effekte akuter körperlicher Aktivität auf exekutive Kontrollfunktionen wie Planen, Terminisierung, Arbeitsgedächtnis, Ablenkungsanfälligkeit oder Aufgabenkoordinierung (Audiffren et al., 2009; Etnier et al., 1997; Tomporowski, 2003).

Bezüglich der Effekte *chronischer körperlicher Aktivität* lässt sich zusammenfassen, dass

1. epidemiologische Studien einen positiven Zusammenhang zwischen chronischer körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit aufweisen und dass bei diesem Studiendesign allerdings die Frage der Ursache und Wirkung aufkommt (Abbott et al., 2004; Colcombe et al., 2004; Weuve et al., 2004);
2. in der Literatur die allgemeinen Effekte aerober chronischer körperlicher Aktivität als nahezu gesichert gelten (Etnier et al., 1997; Singh-Manoux et al., 2005), man sich aber noch uneins über die Art dieses Zusammenhangs ist (Etnier et al., 2006) und dass bezüglich anaerober chronischer körperlicher Aktivität allerdings noch mehr Studien nötig wären (Chang et al., 2009a);
3. es im Alter zu langsameren Reaktionszeiten, Verarbeitungsgeschwindigkeit und schlechteren exekutiven Kontrollfunktionen und Gedächtnisfunktionen kommt, aber es zu einer Verbesserung der Reaktionszeiten bei Probanden jeglichen Alters bei regelmäßiger körperlicher Aktivität kommen kann (Hillman, Kramer et al., 2006; Kramer et al., 1994). Zudem scheint der Gedächtnisverlust bei früher sportlichen Probanden im Alter geringer zu sein als bei unsportlichen (Richards et al., 2003). Daraus folgt, dass altersbedingte kognitive Degenerationsprozesse durch regelmäßige körperliche Aktivität verlangsamt werden könnten.
4. Des Weiteren findet sich, dass wahrscheinlich chronische körperliche Aktivität ebenso wie akute zu einer verbesserten Umschaltfähigkeit, Entscheidungsfindung und einem besseren Arbeitsgedächtnis führt, aber nicht zu einer verbesserten (visuellen) Reizunterscheidung (Etnier et al., 1997; Hillman, Kramer et al., 2006; Tomporowski, 2003);
5. chronische körperliche Aktivität allerdings zusätzlich exekutive Kontrollfunktionen wie kognitive Flexibilität und mathematische Fähigkeiten verbessern könnte (Masley et al., 2009; Themanson et al., 2008);

Es bleiben aber trotzdem noch zahlreiche Fragen zu klären: Halten die Effekte chronischer Aktivität auch nach Beenden der regelmäßigen Aktivität an oder fallen die kognitiven Leistungswerte auf das Eingangsniveau zurück? Sind die Effekte akuter und chronischer körperlicher Aktivität genereller Art oder bei spezifischen Bereichen der kognitiven Leistungsfähigkeit angesiedelt? Gibt es wirklich Unterschiede bei Frauen und Männern? Spielt das Alter eine entscheidende Rolle? In ihrer Meta-Analyse fanden Landers, Salazar und Etnier (1993) die stärksten Effekte für jüngere und ältere Probanden. Auch Thomas und Kollegen (1994) fanden, dass chronische Aktivität sowohl kognitive Funktionen bei Jugendlichen (besonders bei Mädchen unter 16 Jahren) gering zu verbessern scheint als auch dem Verschlechtern kognitiver Funktionen bei älteren Probanden (schon erkennbar bei Probanden über 30 Jahren) entgegenwirke. Das folgende Kapitel gibt einen Überblick über die Forschungslage zum Zu-

sammenhang körperlicher Aktivität und kognitive Leistungsfähigkeit bei jüngeren Menschen und Kindern.

3.3 Der Zusammenhang von körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit bei Kindern

Der Zusammenhang von körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit rückt zusehend in den Blickpunkt der Gerontologie. Zahlreiche Studien untersuchen den Effekt körperlicher Aktivität bei altersbedingten kognitiven Störungen. Kapitel 3.4 gibt einen Einblick in die derzeitige Forschungslage. Da sich vorliegende Studie aber mit dem Zusammenhang von körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit in der Schule befasst, ist hier vielmehr von Interesse, wie dieser Zusammenhang bei Kindern und jüngeren Erwachsenen aussieht. Allerdings wird dieses Thema in der Wissenschaft weit weniger diskutiert als bei älteren Menschen und auch die Forschungslage ist weniger eindeutig. Wenn jüngere Erwachsene untersucht wurden, dann meistens als Referenz für Untersuchungen an älteren Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen. Diese geringe Aufmerksamkeit seitens der Wissenschaft ist auffallend, da Kinder v.a. aus den Industrienationen zunehmend unfitter werden und einen ungesunden Lebenswandel führen. Unter anderem ist dies auf den Komfort neuer technischer Errungenschaften zurückzuführen (Dustman et al., 1990; Hillman et al., 2008). Es existieren nur wenige Studien, die sich mit diesem Thema befassen. Ein Grund dafür könnte sein, dass bei jüngeren Menschen die kognitive Leistungsfähigkeit ihren Höhepunkt hat (Salthouse & Davis, 2006) und daher die kognitive Leistungsfähigkeit durch körperliche Aktivität nicht so drastisch verbessert werden kann wie bei älteren Menschen. Wie auch in Kapitel 3.2 wird in Kapitel 3.3 zwischen akuter (3.3.2) und chronischer (3.3.3) körperlicher Aktivität unterschieden.

3.3.1 Auswirkungen chronischer körperlicher Aktivität bei Kindern

Eine Meta-Analyse mit 44 Studien und 125 Vergleichsanalysen ergab einen positiven Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit bei Schulkindern im Alter von 4 bis 18 Jahren (Sibley & Etnier, 2003). Die Schüler wurden unter anderem auf *Wahrnehmungsfähigkeiten* ($ES=.49$), *Intelligenzquotienten* ($ES=.34$), *Schulleistung* ($ES=.30$), *Spracherwerb* ($ES=.17$), *Mathematik* ($ES=.20$) und *Entwicklungsstand* untersucht. In allen Kategorien wirkte sich körperliche Aktivität positiv aus, bis auf die Kategorie *Gedächtnis*, welche in keinem Zusammenhang zu körperlicher Aktivität stand. Allerdings war dieser Zusammenhang bei Kindern in den Altersgruppen 4 bis 7 und 11 bis 13 Jahren stärker als bei den Kindern in den Altersgruppen 8 bis 10 und 14 bis 18 Jahren). Die Autoren bemerkten jedoch, dass viele Studien methodisch fragwürdig zu sein scheinen. Sibley und Etnier (2003) fanden eine Effektgröße für den Zusammenhang zwischen chronischer körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit von $ES=.32$ (Standardabweichung $=.27$), wobei sie bei Grundschulern und Schülern der Mittelstufe am höchsten ausfiel ($ES=.40$). Diese Ergebnisse ähneln denen von Etnier und Kollegen (1997), welche eine Effektgröße von $.25$ bei Pro-

banden von 6 bis 90 Jahren feststellten (siehe Kapitel 3.2.2). Dieser positive Zusammenhang scheint bei Sibley und Etnier (2003) unabhängig von der Art der körperlichen Aktivität zu sein und konnte bei Krafttraining, Geschicklichkeitstraining, Schulsportstunden und Ausdauertraining gefunden werden.

Eine neuere Übersichtsarbeit von Tomporowski und Kollegen (2008) gibt einen Überblick über Studien, die den Zusammenhang chronischer körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit bei Kindern untersuchen. Studien, die sich auf bestimmte Sportarten konzentrieren, wurden hierbei außenvorgelassen, da diese nicht allgemein genug erschienen. Die Autoren unterschieden zwischen experimentellen Studien und Korrelationsstudien mit höheren Probandenzahlen und gruppierten je nach Messung der kognitiven Leistungsfähigkeit: Intelligenz, kognitive Leistungsfähigkeit und Schulleistung. Tabelle 3-1 fasst diese Ergebnisse für die prospektiven und experimentellen Studien und Tabelle 3-2 für die Korrelationsstudien zusammen.

Tabelle 3-1: Zusammenfassung prospektiver und experimenteller Studien, die den Effekt chronischer körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit von Kindern untersuchen (unterteilt nach Intelligenz, kognitive Leistungsfähigkeit und Schulleistung) (verändert nach Tomporowski, Davis, Miller & Naglieri (2008), S. 115).

Autoren	N	Untersuchungsgruppe	Design	Körperliche Aktivität	Dauer	Tests/Bereiche	Ergebnisse
<i>Sport und Intelligenz:</i>							
Corder (1966)	8	12-16 J., GB	R	Gleichgewicht, Koordination	20 T.	WISC	Nicht eindeutig
Brown (1967)	40	12 J., GB	R	Krafttraining	6 W.	Stanford-Binet, Vineland	Verbesserung
Ismail (1967)	142	10-12 J.	R	Vermehrt Schulsport	1 Jahr	Otis	Kein Effekt
<i>Sport und kognitive Leistungsfähigkeit:</i>							
Tuckman & Hinkle (1986)	154	9-12 J.	R	Ausdauerlauf	12 W.	Wahrnehmung, Kreativität	Kein Effekt, Verbesserung
Hinkle et al. (1993)	42	13-14 J.	R	Ausdauerlauf	8 W.	Kreativität	Verbesserung
Zervas et al. (1991)	26	11-14 J.	R	Ausdauersport	6 M.	Zuordnung von Mustern	Nicht eindeutig
Davis et al. (2007)	30	8-10 J.	R	Ausdauersport	10-15 W.	Exek. KF	Verbesserung
						Nicht exek. KF	Kein Effekt
<i>Sport und Schulleistung:</i>							
Ismail (1967)	142	10-12 J.	R	Vermehrt Schulsport	1 J.	SAAT	Verbesserung
Shepard et al. (1984)	546	1.-6. Klasse	NR	Vermehrt Schulsport	1 J.	Noten	Nicht eindeutig
Dwyer et al. (1983)	~500	5. Klasse Kindergarten-	NR	Ausdauersport	1 J.	ACER, GAP	Kein Effekt
Sallis et al. (1999)	759	5. Klasse	NR	Vermehrt Schulsport	1 J.	MAT	Nicht eindeutig
Coe et al. (2006)	214	6. Klasse	R	Vermehrt Schulsport	4 M.	TN	Kein Effekt

N Probandenzahl, *GB* geistig behindert, *R* randomisierte Zuordnung, *NR* nicht randomisiert, *T* Tage, *W* Wochen, *J* Jahr, *WISC* Wechsler Intelligence Scale for Children, *CAS* Cognitive Assessment System, *SAAT* Stanford Academic Achievement Test, *ACER* Arithmetic Test Form C, *GAP* GAP Reading Comprehension Test, *MAT* Metropolitan Achievement Test, *TN* Terra Nova Test, *exek. KF* exekutive Kontrollfunktionen.

3.3.1.1 *Sport und Intelligenz*

In früheren Jahren wurden Studien durchgeführt, die einen Zusammenhang zwischen Intelligenz und körperlicher Aktivität bei Kindern untersuchten (Brown, 1967; Corder, 1966; Ismail, 1967). IQ-Tests liefern einen Gesamtwert und manchmal Nebentestwerte, die für Gedächtnisleistung, räumliche Organisation, Wortschatz und Problemlösen stehen. Bezüglich des Zusammenhangs mit IQ-Testergebnissen sind die Studien nicht eindeutig. Corder (1966) fand bei geistig behinderten Kindern keine eindeutigen Ergebnisse im Wechsler Intelligenztests für Kinder, wohingegen Brown (1967) bei geistig behinderten Kindern eine Verbesserung der Ergebnisse des Stanford-Binet Intelligenztests und der Vineland-Skala zur Messung sozialer Reife nach 6-wöchigem Krafttraining verzeichnete. Diese beiden Studien bestanden allerdings mit 8 und 40 Probanden aus sehr kleinen Größen im Gegensatz zu Ismail (1967), der 142 Kinder untersuchte. Dieser fand allerdings nach einem Schuljahr verstärktem Sportunterricht keine Verbesserung der IQ-Werte des Otis Tests. Diese widersprüchlichen Ergebnisse können daran liegen, dass IQ-Tests eine sehr allgemeine und globale Messmethode kognitiver Leistungsfähigkeit ist und daher unter Umständen nicht sensibel genug sind, um feine Veränderungen in bestimmten kognitiven Teilgebieten aufzuzeigen. Neuere Studien untersuchen daher weniger den Effekt körperlicher Aktivität auf IQ-Testergebnisse, sondern zielen auf spezielle Gebiete der kognitiven Leistungsfähigkeit ab, welche mit speziellen Tests erhoben werden. Dies erlaubt eine genauere Analyse.

3.3.1.2 *Sport und kognitive Leistungsfähigkeit*

Zervas, Apostolos und Klissouras (1991) testeten Kinder, die an einem 6-monatigem Sportprogramm teilgenommen hatten, um den Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit festzustellen. Neun Zwillingbrüder zwischen 11 und 14 Jahren wurden randomisiert aufgeteilt. Ein Zwilling wurde einem aeroben Sportprogramm zugeteilt, das an drei Tagen die Woche aus 15 Minuten Erwärmung durch Dehnen, 60 Minuten Sprint und Ausdauerlauf je nach individueller anaerober Schwelle (Gruppe 1) bestand. Der andere Zwilling wurde einem Standardschulsportprogramm zugeteilt (Gruppe 2). Weitere acht Jungen gleichen Alters machten ebenso bei einem Schulsportprogramm mit (Gruppe 3). Gruppe 1 und 3 mussten nach sechs Monaten eine Aufgabe am Computer lösen, wobei verschiedene Muster zuordnen waren. Es wurde dabei *Antwortgenauigkeit* und *-geschwindigkeit* erhoben. Diese Aufgabe wurde vor und 15 Minuten nach einem anspruchsvollem 25-minütigen Laufbandtraining je nach maximaler Sauerstoffaufnahmefähigkeit gestellt (Laufbandgeschwindigkeit Gruppe 1: M=13.01 km/h, Gruppe 3: M=12.96 km/h). Der Gruppe 2 wurde die Aufgabe allerdings vor und nach einer körperlich nicht aktiven Phase gestellt (Kontrollgruppe). Nach der Laufbandbelastung war sowohl die *Antwortgeschwindigkeit* als auch die *-genauigkeit* bei beiden Gruppen (1 und 3) höher als bei Gruppe 2. Bei den Gruppen 1 und 3 nahm die *Genauigkeit* nach der Laufbandbelastung zu. Allerdings unterschieden sich die drei Gruppen nur wenig in der kognitiven Leistung vor dem Laufbandtest. Dies spricht eher für einen Effekt *akuter* körperlicher Aktivität als *chronischer*. Daher wird diese Studie auch kurz erneut im Unterkapitel 3.3.2 angesprochen. Tuckman und Hinkle (1986) konnten dahingegen einen Ef-

fekt *chronischer* körperlicher Aktivität auf kognitive Funktionen bei Kindern nachweisen. Die Autoren unterteilten 154 Kinder zwischen 9 und 12 Jahren randomisiert in entweder ein 12-wöchiges aerobes Ausdauerlaufprogramm (Sprints, Staffel und Langstrecke) oder in ein Standardschulsportprogramm (Ballspiele und gelegentliches Joggen) für jeweils 30 Minuten dreimal die Woche. Nach dem Trainingsprogramm waren Schüler des Ausdauerlaufprogramms schneller im 800m-Lauf, aber nicht im 50m-Lauf, als Schüler des Standardschulprogramms. In der kognitiven Testbatterie zeigte sich, dass Schüler des Ausdauerlaufprogramms nicht besser waren in Tests, die *Wahrnehmung und motorische Fähigkeiten* testeten (Bender-Gestalt Test) oder in *visueller und motorischer Koordination* (Maze Tracing Speed Test). Sie verfügten allerdings über eine *höhere Kreativität* im Auffinden von alternativen Wörtern und Möglichkeiten (Alternate Uses Test – z.B. finden alternativer Namen und Gebrauchsmöglichkeiten für „Hammer“). In einer späteren Studie an 85 Achtklässlern kamen Hinkle, Tuckman und Sampson (1993) zu ähnlichen Ergebnissen. Auch hier lieferten die 42 Schüler nach einem achtwöchigen Ausdauerlaufprogramm bessere *Kreativitätsleistungen* als die Kontrollgruppe nach einem Standardschulprogramm. Die Autoren beider Studien kamen zu dem Schluss, dass chronische körperliche Aktivität bei Kindern nicht *Intelligenz* oder *allgemeine kognitive Fähigkeiten* fördert, sondern vielmehr *Kreativität*. Bei diesen Studien als auch bei Zervas und Kollegen (1991) ist zu bemängeln, dass die Kontrollgruppe zwar nicht so intensiv wie die Interventionsgruppe, aber doch auch regelmäßig Schulsport betrieb. Eine reine Kontrollgruppe sollte in der Testzeit überhaupt nicht körperlich aktiv sein, denn schon geringe körperliche Aktivität könnte einen Effekt auf die zu untersuchenden Funktionen haben.

Kreativität ist auch ein Bestandteil *exekutiver Funktionen* wie auch Planen, Terminisierung, Arbeitsgedächtnis, Ablenkungsanfälligkeit oder Aufgabenkoordinierung (siehe Unterkapitel 3.5.3). Einen klaren Zusammenhang zwischen chronischer körperlicher Aktivität und *exekutiver Funktionen* konnten Davis und Kollegen (2007) in einer neueren Studie finden. 94 übergewichtige Kinder im Alter zwischen sieben und elf Jahren (M=9.2 Jahre, BMI über dem 85. Perzentil) wurden randomisiert unterteilt in drei Gruppen. Die erste Gruppe betrieb keinen Sport (Kontrollgruppe), die zweite Gruppe 20 Minuten und die dritte Gruppe 40 Minuten Sport (Laufspiele, Seilspringen, Fußball, etc. bei einer Herzfrequenz von über 150 Schlägen pro Minute) an fünf Tagen die Woche nach der Schule. Vor und nach der Interventionsphase (10 bis 15 Wochen) unterliefen die Schüler einem Kognitionstest (CAS – Cognitive Assessment System (Naglieri & Das, 1997)). Dieser Test liefert vier Werte für *Planen* (als Teil exekutiver Funktionen wie kognitive Kontrollfunktionen, Anwendung und Vertrautheit von Bearbeitungsprozessen, Intention und Selbstregulierung), *Aufmerksamkeit* (fokussierte und selektive kognitive Aktivität und Ablenkungswiderstandsfähigkeit), *Simultanhandeln* (räumliches und logisches Verarbeiten verbalen und nicht-verbalen Materials) und *sukzessives Arbeiten* (Verarbeiten von Informationssequenzen). Kinder aus der dritten Gruppe verbesserten ihre Werte für *Planen* signifikant stärker als Kinder aus der Kontrollgruppe (ES=.30, p=.03). Bei den anderen Werten lies sich kein Effekt der Sportintervention verzeichnen. Es gab keinen Unterschied zwischen Kindern der zweiten und dritten Gruppe. Dies lässt darauf schließen, dass für einen möglichen stärkeren Effekt eine noch länger andauernde hohe Intensität an körperlicher Aktivität notwendig sein könnte. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass

man nicht von einem allgemeinen Effekt chronischer körperlicher Aktivität auf die allgemeine kognitive Leistungsfähigkeit bei Kindern sprechen kann, sondern nur auf Teilbereiche wie *Bearbeitungsgeschwindigkeit* und *–genauigkeit*.

Bezüglich des Zusammenhangs von körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit muss man noch einige weitere Studien nennen, die bei Tomporowski und Kollegen (2008) nicht aufgeführt sind: Hillman et al. (2005) nutzen Messungen der *Reaktionszeit* und Elektroenzephalographie (EEG), um kognitive Leistungsfähigkeit bei körperlich fitten und weniger fitten Kindern (Alter: M=9.6 Jahre) und jungen Erwachsenen (M=19.3 Jahre) zu untersuchen. Es wurde die Gehirnaktivität gemessen, während die Probanden eine Aufgabe zur visuellen Diskriminierung bewältigen mussten. Kinder hatten längere *Reaktionszeiten* als junge Erwachsene, aber sehr fitte Kinder waren signifikant schneller als unfitte Kinder. Die EEG Messungen ergaben eine höhere *kognitive Verarbeitungsgeschwindigkeit*, sichtbar anhand der kürzeren P3-Latenzen, bei sehr fitten Kindern. Zusätzlich zeigte sich bei sehr fitten Kindern auch eine *höhere Aufmerksamkeit*, sichtbar anhand größerer P3-Amplituden, als bei unfitteren Kindern und sogar als bei fitten und unfitten Erwachsenen. Der positive Effekt chronischer körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei Kindern und jungen Erwachsenen kann also mittels eines EEGs durch Messwerte für *Aufmerksamkeit*, *Arbeitsgedächtnis* und *Reaktionszeiten* sichtbar gemacht werden. Diese Studie unterstützt die These, dass chronische körperliche Aktivität zu einer höheren kognitiven Gesundheit bei Kindern und Erwachsenen führt. Eine ähnliche Studie führte Hillman mit seinen Kollegen Pontifex, Raine, Castelli, Hall und Kramer vier Jahre später durch (2009), allerdings bezüglich akuter körperlicher Aktivität (siehe Kapitel 3.3.2). Kürzere P-Latenzwerte fanden auch Dustman, Emmerson, Ruhling und Shearer (1990) bei jüngeren oder fitteren Probanden. Diese Studien zeigen, dass körperlich fitte Kinder über eine höhere kortikale Aktivierung und damit über eine höhere kognitive Leistungsfähigkeit verfügen als körperlich weniger fitte Kinder. In einer ähnlichen neueren Studie fanden die Autoren (Hillman et al., 2009) einen signifikanten Zusammenhang zwischen aerober Fitness (ermittelt mittels eines Feldtests) und *exekutiven Kontrollfunktionen* (Eriksson-Flanker Test, siehe Kapitel 3.2.3) bei 38 Kindern (Alter: M=9.4 Jahre). Neuroelektronische Daten (EEG) zeigten eine größere P3-Amplitude bei fitteren Kindern. Diese Kinder wiesen auch eine geringere auf *Fehlverhalten* bezogene negative Amplitude aus. Die Autoren schlossen, dass Fitness im Zusammenhang steht mit höherer kognitiver Leistungsfähigkeit bei Aufgaben mit *exekutiven Kontrollfunktionen*. Dies sei auf eine verbesserte kognitive Kontrolle zurückzuführen, die zu einer besseren *Aufmerksamkeit* beim Erkennen von bestimmten Reizstimuli führe. Diese Erkenntnisse unterscheiden sich von denen von Erwachsenen, bei denen das Bild nicht so eindeutig und generell ist, sondern eher nur auf bestimmte kognitive Bereiche beschränkt und daher speziell ist.

3.3.1.3 Sport und Schulleistung (experimentelle Studien)

Tomporowski und seine Kollegen (2008) nennen fünf große Langzeitstudien, die den Zusammenhang körperlicher Aktivität und Schulleistung untersuchen (siehe Tabelle 3-1). Shepard und Kollegen (1984) untersuchten in einer etwas weiter zurückliegenden Studie 546

Kinder der ersten bis sechsten Klasse in Quebec, Kanada. Die Schüler konnten sich entweder für ein Training von fünf Stunden die Woche anmelden (aktive Gruppe), oder für den 40-minütigen Sportunterricht einmalig die Woche über ein Schuljahr hinweg (Kontrollgruppe). In der aktiven Gruppe bekamen Erst- und Zweitklässler ein Training der motorischen Fähigkeiten, Dritt- bis Fünftklässler ein Herz-Kreislauftraining, und Sechstklässler machten Team-sport. Die Kontrollgruppe hatte 14% mehr Unterricht in anderen Fächern außer Sport als die aktive Gruppe. Eine Analyse der Schulleistungen ergab, dass die Schüler, die in der aktiven Gruppe waren, nach der Intervention bessere Leistungen in Mathematik in den Klassen 2 bis 6 erbrachten als Schüler der anderen Gruppe. Die Leistungen in Sprachen waren allerdings gleich oder schwächer. Mädchen zeigten stärkere Verbesserungen als Jungen. Vor der Intervention hatten allerdings die Schüler der aktiven Gruppe signifikant schlechtere Noten als die der Kontrollgruppe. Außerdem wurden die Schüler nicht randomisiert in die Gruppen verteilt, was die Aussagekraft dieser Untersuchung schwächt. In einem südafrikanischen Projekt ungefähr zur gleichen Zeit untersuchten Dwyer, Coonan, Leitch, Hetzlel und Baghurst (1983) etwa 500 Fünftklässler. Der erste Teil der Studie begann 1978. Die Schüler wurden in drei Gruppen geteilt. Die erste Gruppe bekam an jedem Tag der Testphase ein 75-minütiges Herzkreislauftraining und die zweite Gruppe ein 75-minütiges Training in den Sportspielen. Die Kontrollgruppe (Gruppe 3) traf sich dreimal die Woche zum 30-minütigen Sportspiel. Nach 14 Wochen verbesserte sich in allen drei Gruppen die Ausdauer der Schüler, wobei die erste Gruppe die größten Fortschritte machte. Jedoch unterschieden sich die drei Gruppen nicht in Mathematik- und Leseleistung. Dieses Sportprogramm wurde von der Schule aufrecht erhalten. Im zweiten Teil der Studie verglichen die Autoren die Ergebnisse von 216 Schülern, die später (1980) in diesen Sportkursen eingeschrieben waren, mit den alten Daten (1978). Die Schüler von 1980 wiesen eine größere Ausdauer und einen niedrigeren Body Mass Index (BMI) auf. Ihre Rechenleistung unterschied sich allerdings nicht. Die Schüler wurden allerdings nicht randomisiert verteilt. Ihre Ergebnisse interpretierten die Autoren dahingehend, dass dadurch Sportprogramme an Schulen unterstützen werden, da diese einerseits die Gesundheit und Fitness der Schüler verbessern aber andererseits nicht die Schulleistungen verschlechtern. Sallis und Kollegen (1999) untersuchten 759 Kinder im Kindergarten bis zur fünften Klasse über zwei Jahre lang. Die Kinder bekamen ein spezielles Sportprogramm, um Fitness und Fertigkeiten zu verbessern (Sports, Play and Active Recreation of Kids - SPARK). Das 30-minütige Programm fand an drei Tagen der Woche über das ganze Schuljahr hinweg statt. Die Kontrollgruppe folgte dem üblichen Standardschulsport. Erstaunlicherweise nahm nach der Intervention in beiden Gruppen die Schulleistung ab. In der aktiven Gruppe war dieser Effekt allerdings weniger ausgeprägt. Den Leistungsabfall begründen die Autoren damit, dass die Schüler aus Familien mit einem hohen Bildungsniveau kamen und die Eingangswerte schon sehr hoch waren. Auch hier waren die Schüler nicht randomisiert verteilt.

Bei der hier vorgestellten Übersicht von Tomporowski und Kollegen (2008) ist zu bemängeln, dass bezüglich des Zusammenhangs von *Sport und Schulleistung* bei Kindern nur relativ alte Studien zu finden sind. Doch auch eine weitere allerdings etwas ältere Übersicht von Taras (2005) findet nur eine neuere Korrelationsstudie zu diesem Thema (Kim et al., 2003). Kim und Kollegen (2003) fanden bei 6000 Schülern der Klassen 5, 8 und 11 einen über Fragebö-

gen ermittelten schwachen Zusammenhang zwischen körperlicher Fitness und Schulleistungen. An dieser Stelle sollte noch eine weitere Studie neueren Datums erwähnt werden: Coe, Pivarnik, Womack, Reeves und Malina (2006) verteilten in ihrer Studie 214 Sechstklässler randomisiert in Sport-, Kunst- oder Computerkurse für ein Schulsemester. Die Leistungen der Sportgruppe unterschieden sich nicht mit denen der anderen Gruppen im Terra Nova standardisierten Schulleistungstest. Allerdings wiesen Schüler, die nach eigenen Angaben überdurchschnittlich viel Sport in ihrer Freizeit trieben, bessere Schulnoten auf als Schüler mit mäßiger oder keiner regelmäßigen körperlichen Aktivität. Von Lehrern vergebene Schulnoten sind allerdings kein neutrales Messinstrument. Es zeigt sich, dass bezüglich *Sport und Schulleistung* nur sehr wenige Studien neueren Datums existieren (von großen Korrelationsstudien wie in Tabelle 3-2 abgesehen) und genauere Untersuchungen noch anstehen. Hinzu kommt, dass bei den wenigen vorhandenen Studien schwerwiegende methodische Mängel zu bemerken sind.

Nur zwei der von Tomporowski et al. (2008) aufgeführten Studien sind randomisierte Untersuchungen. In der oben beschriebenen frühen Studie von Ismail (1967) fanden sich zwar nach einjährigem Training keine Unterschiede in den IQ-Werten, aber eine Verbesserung des Stanford Schulleistungstests (SAAT) ($ES=.43$). Diese Verbesserung galt für alle Schüler, unabhängig ihrem vorigen Leistungsstand. Die zweite nicht randomisierte Studie ist von Coe und Kollegen (2006). Sie konnten zwar keinen Unterschied in der kognitiven Leistungsfähigkeit zwischen Schüler des viermonatigen Sportkurses und Schüler der Kunst- oder Computerkurse feststellen. Allerdings war nicht sichergestellt, dass Schüler der beiden letzten Kurse in ihrer Freizeit keinen Sport machten, somit war auch hier die Kontrollgruppe nicht eindeutig. Dies könnte die Ergebnisse verfälscht haben, zumal die Autoren eine Korrelation zwischen hohem Freizeitsport (ermittelt durch Fragebögen) der Schüler und ihren Schulnoten feststellen konnten.

3.3.1.4 Sport und Schulleistung (Korrelationsstudien)

Der Zusammenhang chronischen Sporttreibens und Schulleistung wurde meist anhand von Korrelationsstudien mit hohen Fallzahlen untersucht (siehe Tabelle 3-2). Hier existieren auch einige Studien neueren Datums.

Tabelle 3-2: Zusammenfassung der Korrelationsstudien zum Zusammenhang chronischer körperlicher Aktivität und Schulleistung bei Kindern (aus: Tomporowski et al. (2008), S. 116, Übersetzung des Verfassers).

Autoren	N	Untersuchungsgruppe	Messmethoden	Ergebnisse
Castelli et al. (2007)	259	3. und 5. Klasse	Fitnessgram ^a , Schulleistung ^b	Pos. Korrelation
Kalifornisches Ministerium für Bildung (2005)	1.036.386	5., 7. und 9. Klasse	Fitnesszirkel, Schulleistung ^c	Pos. Korrelation
Dwyer et al. (2001)	7.961	7 – 15 J.	Fitnesszirkel, Lehrereinschätzung	Pos. Korrelation
Tremblay et al. (2000)	6.856	6. Klasse	Fragebogen zur Fitness, Schulleistung ^d	keine Korrelation

N Probandenanzahl, ^a Cooper Institut für Ausdauerforschung, ^b Illinois Schulleistungstest, ^c Kalifornischer Standardtest, ^d New Brunswick Bildungsministerium

Dwyer und seine Kollegen untersuchten 8000 australische Kinder zwischen 7 und 15 Jahren (Dwyer, Sallis, Blizzard et al., 2001) und korrelierten Messungen körperlicher Fitness (Situps, Liegestützen, Weitsprung, Handgriffstärke), Herz-Kreislauf-Leistung (50m Sprint, 1,6 km Lauf, VO₂max) und allgemeine Aktivität (Fragebogen zur Selbsteinschätzung) mit *Schulleistungen*. Es konnten kleine aber signifikante Zusammenhänge bei körperlicher Fitness und allgemeiner Aktivität mit *Schulleistungen* gefunden werden. Auch andere Korrelationsstudien kamen zu positiven Ergebnissen (California Department of Education, 2005; Castelli, Hillman, Buck & Erwin, 2007). Die vom kalifornischen Bildungsministerium (2005) gesammelten Daten erlauben eine Untersuchung von über einer Million Schülern. Mittels eines standardisierten Fitnessstests wurde Ausdauerleistungsfähigkeit, Körperzusammensetzung, Muskelkraft und Beweglichkeit erhoben. Diese Daten wurden mit dem kalifornischen Standardtest (mit Messwerten für Sprachverständnis und Mathematik) verglichen. Fitnesswerte von Schülern der Klassen 5, 7 und 9 korrelierten sehr hoch mit beiden Schulleistungsmesswerten, wobei der Zusammenhang bei Mädchen stärker ist als bei Jungen. Castelli und Kollegen (2007) untersuchten 259 Dritt- und Fünftklässler mittels eines standardisierten Fitnessstests (Fitnessgram von Welk, Morrow & Falls, 2002), welcher aerobe Ausdauer, Beweglichkeit und Muskelkraft testet. Der Body Mass Index (BMI) korrelierte negativ mit der *Schulleistung*. Aerobe Ausdauer korrelierte signifikant mit *Lesefähigkeit* ($\beta=.40$), *Mathematik* ($\beta=.42$) und *Gesamtschulleistung* ($\beta=.43$). Die anderen Messwerte Beweglichkeit und Muskelkraft korrelierten nicht mit den *Schulleistungen*. Im Gegensatz dazu berichteten Tremblay, Inman und Willms (2000) von keinem Zusammenhang zwischen selbst eingeschätzter chronischer körperlicher Aktivität von 6923 kanadischen Sechstklässlern und deren Leistungen in Lesen, Mathematik, Naturwissenschaften und Schreiben. Eine Erklärung dieser unterschiedlichen Ergebnisse könnte die Selbsteinschätzung sein, die bei Kindern als weniger zuverlässig gilt (Pate, Long & Heath, 1994).

Auch wenn sich manche Studien widersprechen, kann man zusammenfassend sagen, dass nach Mehrheit der Studien aus Tabelle 3-1 auch bei Kindern chronische körperliche Aktivität einen entscheidenden Effekt auf die Verbesserung und den Erhalt kognitiver Leistungsfähigkeit ausübt, denn die meisten Studien, die keinen Effekt verzeichnen konnten, waren nicht randomisiert oder methodisch nicht einwandfrei. Ahamed und Kollegen (2007) konnten zum Beispiel keinen Zusammenhang chronischer körperlicher Aktivität mit *Schulleistungen* feststellen. Jedoch berief sich diese Studie auf die Einschätzungen des Lehrers bezüglich der regelmäßigen schulischen körperlichen Aktivität der Schüler und ist somit als sehr ungenau anzusehen. Die gleichen Ergebnisse und die gleichen methodischen Unzulänglichkeiten in der Selbsteinschätzung körperlicher Aktivität in diesem Fall seitens der Schüler fanden sich auch bei Daley und Ryan (2000). Des Weiteren ist zu bemerken, dass in beiden Studien die *Schulleistung* anhand von Noten ermittelt wurde, die kein neutrales Messinstrument darstellen. Zusammenfassend lässt sich daher sagen, dass diese Korrelationsstudien einen eher positiven Zusammenhang zwischen körperlicher Fitness und Schulleistung aufweisen, wobei hier allerdings auf den zusätzlichen Faktor Elternhaus geachtet werden muss. Eindeutig ist zumindest, dass vermehrter Sportunterricht nicht zu einer Verschlechterung der *Schulleistungen* führt, sondern einerseits zu einer Verbesserung der Gesundheit und andererseits in manchen Fällen

sogar zu einer zusätzlichen Verbesserung der *Schulleistung*. Auch weitere Studien konnten positive Beziehungen zwischen körperlicher Aktivität und *Schulleistungen* bei Kindern aufweisen (Field, Diego & Sanders, 2001; Kim et al., 2003; Lindner, 2002; für einen Überblick: Taras, 2005). Die in Kapitel 2.2 angesprochenen Kürzungen im Schulsport entbehren daher jeglicher wissenschaftlicher Grundlage.

Obwohl viele Studien auf einen positiven Zusammenhang chronisch körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit bei Kindern hindeuten, bleiben noch viele Fragen offen, die Raum für eine Vielzahl weiterer Studien in der Zukunft bieten. Auch ist eine Vielzahl neuerer Studien nötig, um die methodischen Mängel zu bereinigen, die bislang in diesem Bereich existieren. Das folgende Unterkapitel beschreibt die Auswirkungen akuter körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei Kindern.

3.3.2 *Auswirkungen akuter körperlicher Aktivität bei Kindern*

Bei Kindern existieren weniger Studien zu Auswirkungen akuter körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit als zu chronischer körperlicher Aktivität – anders als bei Erwachsenen. Einige Studien testeten allerdings chronische und akute körperliche Aktivität gemeinsam, um zu hinterfragen, ob akute körperliche Aktivität bei trainierten Kindern anders wirkt als bei untrainierten. Wie in Unterkapitel 3.3.1 beschrieben, fanden Zervas, Apostolos und Klissouras (1991) eine Verbesserung der *Antwortgeschwindigkeit* und *-genauigkeit* nach 25-minütiger Laufbandbelastung sowohl bei Kindern nach einem intensiven 6-monatigen Ausdauersportprogramm als auch bei Kindern nach 6-monatigem normalen Schulsport. Dies zeigt, dass sowohl gut trainierte als auch weniger trainierte Kinder von akuter körperlicher Aktivität bezüglich der kognitiven Leistungsfähigkeit profitieren. Sie fanden allerdings keine Verbesserung bei Kindern, die kurz vor dem kognitiven Test inaktiv waren. Dies spricht eher für einen Effekt akuter als chronischer körperlicher Aktivität. Auch Sallis und Kollegen (Sallis et al., 1999) testeten akute und chronische körperliche Aktivität und fanden bessere Leistungstestergebnisse nach akuter körperlicher Aktivität. Allerdings wurden diese Ergebnisse an einer Schule mit hohen Schulleistungen erzielt. Interessant wäre hier zu untersuchen, ob diese Zusammenhänge auch bei schwächeren Schülern auftreten.

3.3.2.1 *Die umgekehrte-U-Hypothese*

Verbesserte *Reaktionszeiten* nach akuter körperlicher Aktivität fanden auch sowohl Etnier und ihre Kollegen (1997) als auch Tomporowski (2003) bei Erwachsenen (Unterkapitel 3.2.2). Diese erhöhte *Antwortgeschwindigkeit* und *-genauigkeit* wird zurückgeführt auf eine erhöhte *Erregtheit* (Davranche & Audiffren, 2004) und *Aufmerksamkeit* (Marteniuk, 1976) aufgrund der körperlichen Aktivität. Mit dieser *Aktiviertheit* wird oft die *umgekehrte-U-Hypothese* in Verbindung gebracht. Sie besagt, dass für jedes Verhalten ein optimales Level an *Erregtheit* existiert, für gewöhnlich von moderater Intensität, dass zu maximaler kognitiver Leistung führt (McNaughten & Gabbard, 1993). Dies bedeutet beispielsweise, dass die kognitive Leistungsfähigkeit nach akuter körperlicher Aktivität sich je nach Zunahme der Intensität der kör-

perlichen Aktivität verbessert. Diese Verbesserung geschieht allerdings nur bis zu einem gewissen Punkt (dem Hochpunkt bzw. Scheitel der U-Kurve). Ist die körperliche Aktivität höher oder niedriger als der x -Wert dieses Hochpunktes, dann kommt es zu einer geringeren kognitiven Leistungsfähigkeit im direkten Anschluss an diese körperliche Aktivität (siehe Abbildung 3-1).

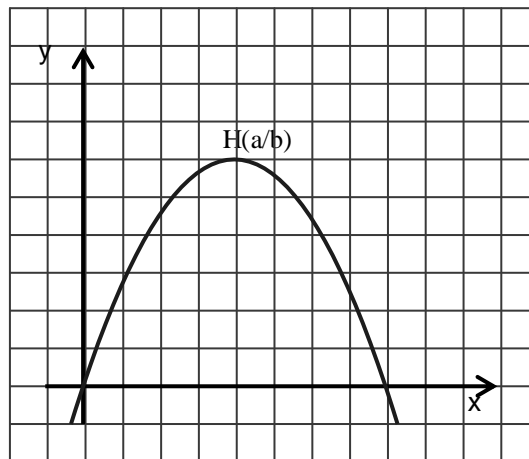


Abbildung 3-1: Umgekehrte U-Kurve mit kognitiver Leistungsfähigkeit abgetragen an der y-Achse und Intensität der körperlichen Aktivität unmittelbar davor an der x-Achse (Bis zur Intensität an der Stelle a nimmt die kognitive Leistungsfähigkeit zu -bis hin zum Maximalwert b -, bei höherer Intensität nimmt die kognitive Leistungsfähigkeit wieder ab).

Es wurde mehrfach versucht, diese Hypothese in der Praxis nachzuweisen, leider sind die Ergebnisse aber widersprüchlich (Chang & Etnier, 2009a; Craft, 1983; Gabbard & Barton, 1979; Raviv & Low, 1990). Manche Autoren konnten schlussfolgern, dass eine Beziehung zwischen Intensität und kognitiver Leistungsfähigkeit in Form einer umgekehrten U-Kurve besteht (Aks, 1998; Arent et al., 2003; McMorris & Graydon, 2000), andere Autoren fanden allerdings auch eine lineare Beziehung (Davranche & Audiffren, 2004; McMorris & Graydon, 2000). Eine Erklärung dieser unterschiedlichen Ergebnisse könnte sein, dass eine lineare Beziehung eher bei *motorischen und peripheren kognitiven Prozessen* besteht und eine umgekehrte U-Kurve bei *komplexeren zentralen kognitiven Prozessen* (Arent et al., 2003). Die meisten dieser Untersuchungen fanden allerdings an Erwachsenen unter Laborbedingungen statt. Es gibt nur wenige Studien mit Kindern im schulischen Kontext. Auch existieren nur wenige Laborstudien, die dem physiologischen Hintergrund dieses Zusammenhangs auf die Spur kommen könnten. So konnte gezeigt werden, dass Neurotrophin einen entscheidenden Einfluss auf den Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit hat (siehe auch Kapitel 3.5). Neurotrophin erhöht die Gehirnplastizität und Neurogenese. In klinischen Studien konnte gezeigt werden, dass durch körperliche Aktivität das Gehirnvolumen zunimmt. Untersucht man nun die Intensität dieser körperlichen Aktivität, zeigt sich, dass der Ausstoß von Neurotrophin mit der Intensität zusammenhängt. Tierstudien anhand von Ratten mit Gehirnverletzung konnten zeigen, dass bei längerer körperlicher Aktivität mit moderater Intensität länger anhaltende erhöhte Neurotrophinspiegel auftreten. Nimmt dagegen die Intensität zu, kommt es zu einem Ausstoß des Stresshormons Kortikosteron, wel-

ches der Zellbildung entgegen wirkt (Ploughman, 2008). Diese Laborergebnisse unterstützen die These, dass es einen Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit in Form einer umgekehrten U-Funktion (quadratischer Funktion, Abbildung 3-1) gibt. Wichtig ist aber zudem die Übertragbarkeit dieser Ergebnisse auf die Praxis des Menschen. Im Folgenden werden einige Studien zu dieser Hypothese an Erwachsenen und Kindern vorgestellt.

3.3.2.2 Studien zur umgekehrten-U-Hypothese bei Erwachsenen

Chang und Etnier (2009a) testeten 68 junge Erwachsene (Alter $M = 25.95$) und untersuchten den Effekt von einmaligem akuten Gewichtstraining auf die kognitive Leistungsfähigkeit. Kurz vor Ausführung einer kognitiven Testbatterie unterliefen die Probanden einem intensiven Krafttraining mit zweimal zehn Wiederholungen entweder mit 40%, 70% oder 100% Maximalkraft. Die Kontrollgruppe schaute ein Video über Krafttraining an. Die Testbatterie bestand aus komplexen und weniger komplexen Aufgaben. Zum weniger komplexen Teil gehörte der Stroop Test (Stroop, 1935), bei dem entweder Farben laut genannt werden mussten oder schwarze Farbwörter vorgelesen wurden. Der komplexe Teil des Stroop Test bestand darin, die Schriftfarbe eines bunten Wortes zu nennen und den Sinn des Wortes zu ignorieren (z.B. bei dem grün geschriebenen Wort „rot“ lautete die richtige Antwort „grün“). Danach folgte der PASAT-Test (Paced Auditory Serial Addition Task (Deary, Langan, Hepburn & Frier, 1991)), bei dem zwei einstellige Zahlen vorgelesen wurden, die von dem Probanden im Kopf zu addieren waren. Der zeitliche Abstand dieser beiden Nummern wurde immer kürzer vom ersten bis zum vierten Durchgang (mit jeweils 2,4; 2,1; 1,6 und 1,2 Sekunden pro Ziffer). Insgesamt gab es 60 Ziffern. Die Autoren fanden einen signifikanten linearen Zusammenhang zwischen Intensität und kognitiver Leistung bei der weniger komplexen Komponente des Stroop Tests ($F(1, 62)=3.72, p<.05, R^2=11\%$) und einen signifikanten quadratischen Zusammenhang in Form eines umgekehrten U (Abbildung 3-1) für den komplexeren Teil ($F(1, 62)=7.34, p<.001, R^2=19\%$). Beim PASAT fand sich für die schnelleren Durchgänge zwei bis vier ein quadratischer Zusammenhang (jeweils $F(1,62)>7.06, p<.01$). Die Autoren schlossen aus diesen Ergebnissen, dass ein linearer Zusammenhang bei den kognitiven Prozessen wie *Geschwindigkeit einfacher Informationsverarbeitung* (weniger komplexer Stroop) besteht und ein quadratischer bei *exekutiven Kontrollfunktionen* wie *Inhibition, selektive Aufmerksamkeit* und *Umschalten* (komplexerer Teil des Stroop – siehe dazu Miyake et al., 2000; Pachana, Thompson, Marcopulos, Yoash-Gantz, 2004). Ebenso besteht ein quadratischer Zusammenhang bei Aufgaben höchster *Konzentration* und *schnellen Umschaltens*, die das *Arbeitsgedächtnis* involvieren (Durchgang zwei bis vier des PASAT – siehe dazu Gonzalez et al., 2006). Diese unterschiedlichen Zusammenhänge könnten eine Erklärung liefern für die auf den ersten Blick widersprüchlich erscheinenden Ergebnisse bisheriger Studien zur umgekehrten-U-Hypothese. Einen linearen Zusammenhang zwischen Intensität der körperlichen Aktivität und *Geschwindigkeit einfacher oder bekannter Informationsverarbeitung* konnte auch in anderen Studien gezeigt werden (Adam, Teeken, Ypelaar, Verstappen & Paas, 1997; Aks, 1998; McMorris & Graydon, 2000). Einen Zusammenhang in Form einer umgekehrten U-Kurve bei *komplexen kognitiven Prozessen* fanden auch andere Autoren (Chmura, Nazar &

Kaciuba-Uscilko 1994; Kida et al., 2004; Kamijo et al., 2004). Diese Studien wurden allerdings alle an Erwachsenen durchgeführt. Offen bleibt daher die Frage, ob sich bei Kindern ein ähnliches oder ein völlig unterschiedliches Bild ergibt. Dieses Kapitel soll einen Überblick über die derzeitige Forschungslage bezüglich dieses Zusammenhangs bei Kindern geben. Allerdings existieren in dieser Altersgruppe sehr viel weniger Studien als mit jungen oder älteren Erwachsenen. Weitere Untersuchungen mit Kindern unterschiedlicher Entwicklungsstadien wären nötig, um die umgekehrte-U-Hypothese zu untermauern und um die physiologischen Hintergründe dieser Zusammenhänge aufzuzeigen. Es konnte schon gezeigt werden, dass physiologische Messwerte wie Blutlaktat, Plasmaadrenalin und Plasmanoradrenalin die kognitive Leistungsfähigkeit beeinflussen (Chmura et al., 1994; McMorris & Graydon, 2000). Daher könnten sie eine wichtige Mediatorrolle in der Beziehung Intensität körperlicher Aktivität und Effekt auf die kognitive Leistungsfähigkeit spielen. Dies müsste in weiteren Studien untersucht werden. Im Folgenden konzentriert sich diese Übersicht allerdings auf die Ergebnisse in Studien mit Kindern.

3.3.2.3 Studien zur umgekehrten-U-Hypothese bei Kindern

Gabbard und Barton (1979) belasteten Zweitklässler unterschiedlich intensiv in der Schulsportstunde mit Staffelläufen von 20 bis 50 Minuten. Fünf Minuten nach der körperlichen Aktivität bekamen die Schüler einen zweiminütigen *mathematischen Rechentest*. Nach dem 50-Minuten-Lauf waren die Ergebnisse signifikant höher als nach den anderen Läufen. Die Autoren vermuten, dass diese hohe Intensität die Schüler innerlich entspannte, so dass sie die geistige Aufgabe effizienter lösen konnten. Diese Studie bestärkt allerdings nicht die *umgekehrte-U-Hypothese*. Das kann unter anderem daran liegen, dass die höchste Intensität noch unterhalb des Hochpunktes lag und eine Verschlechterung der kognitiven Leistungsfähigkeit erst bei noch höherer Intensität zu verzeichnen gewesen wäre. Ein linearer Zusammenhang würde eher für eine weniger komplexe kognitive Leistung sprechen, von dem bei einem Rechentest allerdings nicht ausgegangen werden kann.

McNaughten und Gabbard (1993) testeten 120 Sechstklässler (gleich viele Mädchen wie Jungen, Alter: $M=11.3$ Jahre). Sie wurden in vier Gruppen geteilt (jeweils 15 Jungen und Mädchen). Über drei Wochen wurde die *Konzentration* der Schüler an drei Tagen der Woche zu verschiedenen Tageszeiten (dienstags um 8.30 Uhr, mittwochs um 11.50 Uhr und donnerstags um 14.20 Uhr) getestet. Für den *Konzentrationstest* mussten die Schüler einfache Mathematikaufgaben (Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division) lösen (Dauer: 90 Sekunden). Zwei der Gruppen mussten entweder 20, 30 oder 40 Minuten zügig mit einer Herzfrequenz von 120 bis 145 Schlägen pro Minute laufen. Eine Sportgruppe löste den Mathematiktest vor und nach der körperlichen Aktivität, die andere Gruppe nur nach der körperlichen Aktivität. Eine Kontrollgruppe löste den Mathematiktest nach der Ruhephase und die zweite vorher und nachher. Es fand sich kein signifikanter Unterschied zwischen Jungen und Mädchen ($F(1,58)=1.82$, $p<.18$). Betrachtete man nur die *Konzentrationsergebnisse*, so ergaben sich keine Unterschiede in der Leistung zwischen den Gruppen zu den unterschiedlichen Tageszeiten. Es fand sich aber ein signifikanter Unterschied in der *Konzentrationsleistung* je nach

Laufdauer ($F(2,116)=7.27, p<.001$). Zusätzlich fanden die Autoren einen signifikanten Interaktionseffekt von Uhrzeit und Laufdauer ($F(4,232)=7.18, p<.0001$). Um 8.30 Uhr gab es keine Unterschiede nach Laufzeit, aber um 11.50 Uhr und 14.20 Uhr war die direkte Konzentrationsleistung der Schüler, die 30 oder 40 Minuten zügig gegangen waren, höher als die der anderen Schüler. Dies unterstützt die Hypothese, dass eine gewisse Intensität von Nöten ist, um Effekte auf die kognitive Leistungsfähigkeit zu erreichen. 20 Minuten zügiges Gehen schien nicht ausreichend gewesen zu sein. Diese Studie unterstützt die These, dass eine gewisse Erregtheit ausgelöst durch körperliche Aktivität die kognitive Leistungsfähigkeit verbessern kann. Doch konnte auch dies die *umgekehrte-U-Hypothese* nicht bestätigen. Das kann daran liegen, dass die Intensitäten zu niedrig gewählt waren, um ein Abflachen der kognitiven Leistungsfähigkeit zu verzeichnen. Die *Konzentrationsleistung* unterschied sich in dieser Studie auch nicht nach 30- oder nach 40-minütigem Laufen. Es zeigt sich aber, dass besonders gegen Mittag und Nachmittag, körperliche Aktivität die kognitive Leistungsfähigkeit steigern kann.

Das Verfehlen einer Bestätigung der *umgekehrten-U-Hypothese* bei Kindern im Gegensatz zu den Erwachsenen (siehe weiter oben) kann damit begründet werden, dass die ausgewählten kognitiven Tests nicht komplex genug waren (bei weniger komplexen Aufgaben fand sich auch bei Erwachsenen kein quadratischer sondern ein linearer Zusammenhang) oder dass die maximale Intensität nicht hoch genug gewählt wurde. In den meisten oben genannten Studien wurden Mathematikaufgaben gelöst, die eher komplexere Funktionen testen. Also kann man unter Umständen vermuten, dass bei Kindern trotz hoher Intensität kein Abflachen der kognitiven Leistungsfähigkeit bei komplexeren Aufgaben im Gegensatz zu Erwachsenen zu verzeichnen ist. Weitere Studien mit höheren Maximalintensitäten wären hierfür nötig. Doch ist nicht nur der Zusammenhang von Intensität und Effekt bei akuter körperlicher Aktivität bei Kindern zu untersuchen. Wie auch bei Erwachsenen (Unterkapitel 3.2.2) interessiert die Art der körperlichen Aktivität (bei Kindern kommt verstärkt das körperliche Spielen als Aktivität hinzu). Des Weiteren interessiert besonders bei Kindern die Rolle des Alters bzw. des Entwicklungsstandes bei diesem Effekt.

3.3.2.4 Studien zu verschiedenen Bereichen kognitiver Leistungsfähigkeit

Neben den oben beschriebenen Studien zu Intensität und Effekt körperlicher Aktivität, muss zudem auch auf die Art und Weise der körperlichen Aktivität (aerob vs. anaerob) und auf den Entwicklungsstand (bzw. das Alter) der Probanden eingegangen werden. Auch hier muss zwischen bestimmten Bereichen der kognitiven Leistungsfähigkeit unterschieden werden. Folgendes Unterkapitel beschreibt einige wichtige Studien zur akuten körperlichen Aktivität bei Kindern, die sich nicht mit der *umgekehrten-U-Hypothese* beschäftigen. Da in vorliegender Untersuchung die Konzentrationsfähigkeit von Schülern getestet werden soll, wird im Folgenden besonders auf diesen Bereich der kognitiven Leistungsfähigkeit eingegangen werden. Raviv und Low (1990) untersuchten elf- und zwölfjährige Kinder. Sie wurden in vier Gruppen unterteilt. Zwei Gruppen nahmen an einer Sportstunde teil (die eine um 8 Uhr zu Beginn und die andere um 14 Uhr am Ende eines normalen Schultages) und zwei Gruppen wurden in

Naturwissenschaften (zu den gleichen Uhrzeiten) unterrichtet. Die Autoren fanden bessere Ergebnisse im *d2-Konzentrationstest* (Brickenkamp, 1970, 2002) jeweils nach der Unterrichtsstunde als davor und signifikant bessere Konzentrationsleistungen am Morgen als am Nachmittag. Das unterrichtete Fach (Sport oder Naturwissenschaften) hatte keinen Einfluss auf die *Konzentrationsleistung* im Anschluss. Nach einer Unterrichtsstunde (sei es Sport oder Naturwissenschaften) waren die Schüler konzentrationsfähiger als davor. Weder Sportunterricht als auch Unterricht in den Naturwissenschaften führte daher zu einem Ermüdungseffekt, der eine schlechtere Konzentrationsleistungsfähigkeit bedingt hätte. Es konnte aber kein stärkerer positiver Effekt des Sportunterrichts gegenüber dem Unterricht in den Naturwissenschaften gefunden werden. Die Autoren schlussfolgerten daher, dass die Tageszeit und nicht das Fach bzw. körperliche Erschöpfung *mentale Konzentration* beeinflusst. Weitere Interventionsstudien an Schulen bezüglich körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit müssten also immer zum gleichen Zeitpunkt stattfinden, da die Tageszeit ein möglicher beeinflussender Faktor darstellen könnte. Diese Ergebnisse widersprechen der im Folgenden beschriebenen Studie von Caterino und Polak (1999) und der Studie aus Unterkapitel 3.3.2.3 von McNaughten und Gabbard (1993), in welchen kein Unterschied in der Konzentrationsleistungsfähigkeit zu unterschiedlichen Tageszeiten gefunden werden konnte. Dahingegen konnte ein Effekt der Intensität körperlicher Aktivität aufgezeigt werden. Es gilt daher erneut zu überprüfen, ob die *Konzentrationsleistungsfähigkeit* nach dem Schulsport wirklich schlechter oder besser ist als davor, bzw. als in ausgeruhtem Zustand.

Caterino und Polak (1994) untersuchten den Effekt dreier verschiedener Aktivitätsarten auf die *Konzentrationsleistung* bei Viertklässlern. Die Autoren fanden keinen Unterschied in der *Konzentrationsleistung* zwischen Schülern nach freiem Spielen, sportlicher oder passiver Aktivität. Es fanden sich aber bessere Ergebnisse bei Mädchen als bei Jungen. In einer späteren Studie untersuchten Caterino und Polak (1999) die *Konzentrationsleistungsfähigkeit* von Zweit- (N=54), Dritt- (N=71) und Viertklässlern (N=52) nach körperlicher Aktivität. Die Schüler wurden randomisiert aufgeteilt in eine Sportgruppe und eine Gruppe mit Klassenzimmeraktivität. Die Sportgruppe hatte ein 15-minütiges Beweglichkeitstraining und aerobes zügiges Gehen. Die Klassenzimmergruppe hatte Unterricht nach Lehrplan. Direkt im Anschluss wurde bei allen Schülern der dreiminütige Woodstock-Johnson III Konzentrationstest durchgeführt, bei welchem aus 30 Reihen mit jeweils 19 Bildern pro Reihe fünf Bilder herausgesucht werden müssen, die in einem bestimmten Kriterium übereinstimmen. Die Autoren fanden keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen für Zweit- und Drittklässler. Allerdings war die *Konzentrationsleistung* bei den Viertklässlern in der Sportgruppe signifikant höher als in der anderen Gruppe ($p=.05$). Leider verglichen die Autoren nicht die Konzentrationsleistungsfähigkeit vor mit nach dem Unterricht, somit konnten nicht die Ergebnisse von Raviv und Low (1990) bestätigt werden, dass nach dem Unterricht (unabhängig vom Fach) die Konzentrationsleistungsfähigkeit zunimmt. Die Autoren schlussfolgerten aus ihren Ergebnissen, dass der Entwicklungsstand der Schüler die *Konzentrationsleistungsfähigkeit* beeinflusst und dass der Effekt von körperlicher Aktivität auf die *Konzentrationsleistung* abhängig ist von der Art der körperlichen Aktivität und von dem verwendeten Konzentrationstest. Der Effekt körperlicher Aktivität auf die *Konzentrationsleistungsfähigkeit* scheint

also bei älteren Kindern höher zu sein als bei jüngeren Kindern. Raviv und Low (1990) konnten keinen stärkeren Effekt des Sportsunterricht gegenüber anderem Unterricht bei elf- und zwölfjährigen Kindern feststellen. Dies entspricht Kindern der Klassenstufen fünf und sechs. Ein Grund dafür könnte sein, dass diese Schüler noch zu jung waren, um einen Effekt verzeichnen zu können. Allerdings widerspräche dies dem gefundenen Effekt von Caterino und Polak (1999) bei Viertklässlern. Um diese Unklarheiten zu klären, sind Studien mit älteren Schülern (ab Klasse 5 und höher) nötig, um weitere Aussagen über den Effekt körperlicher Aktivität an der Schule auf die *Konzentrationsleistungsfähigkeit* treffen zu können.

In einer aktuellen Studie (Hillman et al., 2009) wurde der Effekt von akutem moderatem Gehen auf einem Laufband bei 20 Schülern (Alter: M=9.5 Jahre +/- 0.5 Jahre, 8 Schülerinnen) untersucht. In der Kontrollgruppe wurden die Schüler nach einem kognitiven Test auf aerobe Fitness untersucht. Die Sportgruppe musste vor dem kognitiven Test 20 Minuten auf einem Laufband bei 60% Maximalpuls laufen. Die Ergebnisse zeigten bei der Sportgruppe eine verbesserte *Antwortgenauigkeit*, größere P3-Amplituden (stehen für eine höhere Aufmerksamkeit) im EEG und eine bessere Leistung in einem allgemeinen *Schultest*. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen die Autoren (Hillman et al., 2005; siehe Unterkapitel 3.3.1) bei einer Untersuchung zu chronisch körperlicher Aktivität. Auch hier fanden sich größere P3-Amplituden und kürzere P3-Latenzen (stehen für die kognitive Verarbeitungsgeschwindigkeit). Die Autoren schlossen daraus, dass eine einmalige moderate akute körperliche Aktivität die *kognitive Aufmerksamkeitskontrolle* bei Kindern verbessert. Daher unterstützen sie die These, dass kurzzeitige sportliche Aktivitäten verstärkt in der Schule eingesetzt werden sollten, um die Aufmerksamkeit der Schüler zu erhöhen. Körperliche Aktivität fördert kognitive Gesundheit und scheint ein Leben lang für effizientes kognitives Denken notwendig zu sein.

3.3.3 Zusammenfassung

Frühere Studien haben den Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit in Frage gestellt (Caterino & Polack, 1994; McNaughten & Gabbard, 1993; Tomporowski & Ellis, 1986), doch es existieren in zunehmender Zahl neuere Studien, die dahingegen einen Effekt von sowohl aktueller akuter als auch regelmäßiger chronischer körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei Erwachsenen (Chang & Etnier, 2009a; Colcombe & Kramer, 2003; Etnier et al., 1997; Tomporowski, 2003, 2006) und Kindern (Hillman et al., 2009; Sibley & Etnier, 2003) feststellten. Allerdings herrscht noch Unklarheit über den Effekt unterschiedlicher *Intensitäten* auf die kognitive Leistungsfähigkeit (Chang & Etnier, 2009), über die *Art der körperlichen Aktivität* und den Effekt auf *unterschiedliche Bereiche der kognitiven Leistungsfähigkeit*. Auch sind die *physiologischen Erklärungsversuche* für diesen Effekt noch nicht vollkommen zufriedenstellend.

Chronische körperliche Aktivität

Zusammenfassend lässt sich zu chronischer körperlicher Aktivität und dem Effekt auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei Kindern sagen, dass die Forschungslage in diesem Bereich noch sehr lückenhaft ist. Bezüglich *Sport und Schulleistungen* existieren kaum Interventions-

studien neueren Datums (Tabelle 3-1). Bei den Korrelationsstudien zu *Sport und Schulleistung* finden sich zwar mehrere aktuellere Studien (Tabelle 3-2), bei diesen ergibt sich jedoch das Problem des kausalen Zusammenhangs. Sind körperlich aktive Schüler besser in der Schule auf Grund ihrer körperlichen Fitness oder beispielsweise weil sie aus einem guten Elternhaus kommen, wo auf einen gesunden Lebensstil, Bewegung, gute Ernährung und Hausaufgabenbetreuung geachtet wird? Des Weiteren mangelt es einigen experimentellen Studien an methodischer Exaktheit. Lehrereinschätzungen, sei es bezüglich *Schulleistung* in Form von Noten oder bezüglich körperlicher Fitness der Schüler, sind keine neutralen Messinstrumente (Ahamed et al., 2007; Coe et al., 2006; Dwyer, Sallis, Blizzard, Lazarus & Dean, 2001; Shephard et al., 1984). Lehrer könnten von den Schülern der Sportgruppe mehr bzw. weniger erwarten und ihnen daher auch bessere bzw. schlechtere Noten geben. Einige Studien untersuchten nicht randomisierte Gruppen (Dwyer et al., 1983; Sallis et al., 1999; Shephard et al., 1984). Diese Ergebnisse sind daher schwer zu interpretieren. Methodisch einwandfreie randomisierte neuere *Interventionsstudien* neben den zwei hier beschriebenen (Ismail, 1967; Coe et al., 2006) wären notwendig, um einen möglichen einwandfreien Zusammenhang von chronischer körperlicher Aktivität über einen längeren Zeitraum und kognitive Leistungsfähigkeit bzw. schulische Leistung zu ermitteln. Des Weiteren können die widersprüchlichen Ergebnisse daher rühren, dass unterschiedliche körperliche Aktivität mit unterschiedlicher Intensität unterschiedliche kognitive Funktionen begünstigt, was wiederum bei Kindern unterschiedlichen Alters einen unterschiedlichen Effekt hat. Hierbei ist die Auswahl der kognitiven Tests entscheidend, um diese sensiblen Differenzen in ganz selektiven kognitiven Bereichen aufzuspüren. Wie bereits oben erwähnt, eignen sich globale Intelligenztests, die eher allgemeine kognitive Fähigkeiten überprüfen, dafür weniger. Ein weiteres Problem vieler Studien ist die Kontrollgruppe, die meistens nicht inaktiv war, sondern nur weniger Sport getrieben hat (Dwyer et al., 1983; Hinkle et al., 1993; Sallis et al., 1999; Shephard et al., 1984; Tuckman & Hinkle, 1986; Zervas et al., 1991) oder in einigen Fällen sogar gar nicht existierte (Corder, 1966; Brown, 1967; Ismail, 1967). Die niedrigere Dosis könnte schon für eine kognitive Verbesserung ausreichend gewesen sein und sich daher nicht von den Ergebnissen der stark aktiven Gruppe unterscheiden. Bei weiteren Studien wäre der Vergleich mit einer inaktiven Gruppe wichtig. Nur bei Davis und Kollegen (2007) betrieb die Kontrollgruppe keinen Sport. Bei Langzeitstudien ist es allerdings schwierig sicherzustellen, dass die Probanden über den ganzen Zeitraum auch in ihrer Freizeit wirklich inaktiv sind. Viele Studien unterscheiden sich bezüglich der *Art und Dosis der körperlichen Aktivität*. Es wurde Gleichgewicht und Koordination (Corder, 1966), Krafttraining (Brown, 1967) oder Ausdauertraining (Davis et al., 2007; Dwyer et al., 1983; Hinkle et al., 1993; Tuckman & Hinkle, 1986; Zervas et al., 1991) untersucht. Manche Studien spezifizierten weniger die Art und Weise der körperlichen Aktivität, sondern gaben nur allgemein Schulsport an (Coe et al., 2006; Ismail, 1967; Sallis et al., 1999; Shephard et al., 1984). Die meisten Wissenschaftler halten jedoch Ausdauersport für die entscheidende Art und Weise, kognitive Funktionen zu verbessern (Dustman, Emmerson & Shearer, 1994; Etnier et al., 1997 für Übersichtsarbeiten). Auch deuten die Ergebnisse der hier beschriebenen Studien darauf hin. Trotzdem wäre hier eine genauere Klassifikation bezüglich Art und Dosis der körperlichen Aktivität nötig. Trotz dieser methodischen Mängel lässt sich zur chronischen körperlichen Aktivität bei Kindern zusammenfassend sagen, dass

1. keine Auswirkungen auf Intelligenztests zu verzeichnen sind, da diese eine zu allgemeine Messmethode darstellen, um spezifische Verbesserungen bestimmter Bereiche der kognitiven Leistungsfähigkeit hervorzuheben (Tomporowski et al., 2008);
2. wie auch bei Erwachsenen keine Verbesserung der Wahrnehmungsfähigkeit und visueller Koordination gefunden werden konnte (Tuckman & Hinkle, 1986);
3. akute körperliche Aktivität exekutive Kontrollfunktionen wie Kreativität und Planen im direkten Anschluss verbessern könnte (Davis et al., 2007; Hillman, Pontifex et al., 2009; Hinkle, 1993);
4. körperlich trainiertere Kinder Verbesserungen der Reaktionszeiten, Aufmerksamkeit und des Arbeitsgedächtnisses aufweisen. Dies konnte auch im EEG sichtbar gemacht werden (Hillman, Pontifex et al., 2009).
5. Des Weiteren lässt sich sagen, dass bezüglich chronisch körperlicher Aktivität und Schulleistung viele Korrelationsstudien einen positiven Zusammenhang zwischen Grad der Aktivität und Schulleistung finden (Tomporowski et al., 2008). Bei diesen Studien ergibt sich allerdings das Problem des kausalen Zusammenhangs. Die wenigen experimentellen Studien sind sich hierbei uneins. Jedoch sind viele Studien wenig aussagekräftig, da die Probanden nicht randomisiert verteilt wurden.
6. Zudem ergibt sich bezüglich chronischer aerober Aktivität ein positiver Zusammenhang mit Leseleistung, Mathematikfähigkeit und allgemeiner Schulleistung. Dieser Zusammenhang besteht allerdings nicht bei Beweglichkeit und Muskelkraft (Castelli et al., 2007).

Akute körperliche Aktivität

Zusammenfassend lässt sich zu den Effekten akuter körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei Kindern sagen, dass:

1. die *umgekehrte-U-Hypothese* für den Zusammenhang von Intensität der akuten körperlichen Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit im Gegensatz zu Erwachsenen nicht nachgewiesen werden konnte. Studien deuten darauf hin, dass bei Kindern ein lineares Verhältnis vorliegt. Je höher die Intensität der akuten körperlichen Aktivität, desto höher ist die kognitive Leistungsfähigkeit direkt im Anschluss (Gabbard & Barton, 1979; Gabbard & McNaughton, 1993). Bei Erwachsenen zeigt sich bezüglich akuter körperlicher Aktivität bei komplexeren zentralen kognitiven Komplexen eine Beziehung in Form einer umgekehrten U-Kurve (Arent & Landers, 2003; Chang & Etnier, 2009a) und bei motorischen und peripheren kognitiven Prozessen ein linearer Zusammenhang (Chang & Etnier, 2009a).
2. Weiter lässt sich sagen, dass akute körperliche Aktivität *exekutive Kontrollfunktionen* wie Kreativität und Planen bei Kindern und jungen Erwachsenen direkt im Anschluss verbessert (Davis et al., 2007; Hillman, Pontifex et al., 2009, Hinkle, 1993);
3. sich die Autoren bezüglich des Zusammenhanges zwischen akuter körperlicher Aktivität und *Konzentrationsleistungsfähigkeit* widersprechen. Raviv und Low (1990) verzeichneten sowohl nach Sportunterricht als auch nach Unterricht in den Naturwissenschaften eine Steigerung der Konzentrationsleistung im Vergleich zu davor. Sie be-

merkten auch einen Einfluss der Tageszeit auf die Konzentrationsleistung. McNaughten und Gabbard (1993) fanden allerdings keinen Unterschied der kognitiven Leistung zu unterschiedlichen Tageszeiten bei Sechstklässlern. Sie bemerkten zudem, dass es einen Interaktionseffekt zwischen Uhrzeit und Laufdauer gab. Um 8.30 Uhr gab es keinen Unterschied bezüglich der Laufdauer, aber um 11.50 Uhr und um 14.20 Uhr war die Konzentrationsleistung der Schüler, die 30 oder 40 Minuten aerob aktiv waren, höher als die derjenigen, die nur 20 Minuten oder gar nicht aktiv waren. In dieser Studie gab es also einen positiven Effekt akuter körperlicher Aktivität auf die *Konzentrationsleistungsfähigkeit*. Der positive Effekt körperlicher Aktivität scheint zudem besonders dann zum Tragen zu kommen, wenn die *Konzentrationsleistungsfähigkeit* abflacht (z.B. kurz vor bzw. nach dem Mittagessen). Dies bestätigen auch die Ergebnisse von Raviv und Low (1990). Caterino und Polak (1994) fanden nur bei Viertklässlern und nicht bei Zweit- und Drittklässlern einen positiven Effekt akuter körperlicher Aktivität auf die *Konzentrationsleistungsfähigkeit*. Allerdings fanden Raviv und Low (1990) in ihrer Studie keinen stärkeren Effekt akuter körperlicher Aktivität bei Elf- und Zwölfjährigen (entspricht Fünft- und Sechstklässlern) gegenüber der Kontrollgruppe mit Unterricht in den Naturwissenschaften. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass das Alter einen entscheidenden Einfluss auf einen möglichen Effekt hat. Ab welchem Alter ein Effekt akuter körperlicher Aktivität auftritt, ist in der Literatur allerdings noch unklar. In Zukunft wären daher zudem ältere Kinder (Klasse 5 und höher) zu testen.

4. Als weiteren Punkt lässt sich zusammenfassen, dass moderate akute aerobe körperliche Aktivität die *Antwortgenauigkeit*, die *Verarbeitungsgeschwindigkeit* und die *kognitive Aufmerksamkeitskontrolle* erhöht. Diese Effekte konnten zudem im EEG sichtbar gemacht werden (höhere P3-Amplituden und kürzere P3-Latenzen) (Hillman et al., 2005).

Es existiert bereits eine Vielzahl an Untersuchungen bezüglich der kognitiven Leistungsfähigkeit bei jungen Erwachsenen und besonders bei älteren Menschen. Bei Kindern ist der wissenschaftliche Erfahrungsschatz allerdings noch unzureichend. Es fehlt vor allem an Feldstudien im schulischen Kontext, die diese wissenschaftlichen Theorien der praktischen Anwendung in der Schule nahe bringen können. Der Überblick auf die oben genannten Studien zeigt, dass die Ergebnisse bei Kindern jedoch nicht immer eindeutig sind. Auch wenn nicht immer ein positiver Effekt akuter körperlicher Aktivität gefunden werden konnte, lässt sich allerdings mit Blick auf diese Untersuchungsergebnisse mit Sicherheit sagen, dass körperliche Aktivität in der Schule sich nicht negativ auf die Schulleistung auswirkt (Hillman et al., 2008). Das würde auch gegen das weit verbreitete Vorurteil sprechen, dass Schüler nach dem Sportunterricht weniger konzentrationsfähig seien als andere Schüler.

3.4 Der Zusammenhang von körperlicher Aktivität und Auftreten von kognitiven Störungen und Demenz bei älteren Menschen

Vorliegende Studie untersucht den Zusammenhang von körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit bei Kindern. Trotzdem soll in diesem Kapitel dieser Zusammenhang kurz auch für ältere Menschen angesprochen werden, da in diesem Bereich besonders bei kognitiven Störungen die meisten Studien existieren. Dies könnte unter anderem daran liegen, dass der Anteil älterer Menschen in unserer Bevölkerung stetig zunimmt. Statistische Daten sehen einen Anstieg von etwa 39 Prozent von 2001 bis 2020 voraus (Statistisches Bundesamt, 2006). Somit werden altersbedingte degenerative Erkrankungen wie Demenz und Alzheimer einen immer größeren Stellenwert in unserer Gesellschaft einnehmen. Viele Studien werden von der Pharmaindustrie gefördert, die in dieser Altersgruppe vermehrt Abnehmer sieht als bei Kindern. Daher ist es nicht weiter verwunderlich, dass im Gegensatz zu Kinderstudien über kognitive Leistungsfähigkeit eine Vielzahl von Studien bei älteren Menschen existiert.

Etwa zwischen dem 50. und 60. Lebensjahr beginnen altersbedingte Veränderungen des Gehirns. Etwa 40% der Menschen über 65 Jahre weisen eine Verschlechterung von Gedächtnisfunktionen auf und zwar gemessen anhand subjektivem Empfinden und standardisierten Gedächtnistests im Vergleich mit jüngeren Erwachsenen (Crook et al., 1986; Larrabee & Crook, 1994). Ab diesem Alter können Dendriten abgebaut werden und damit sogenannte „Spines“ (dendritischer Dornfortsatz, eine knopf- oder pilzförmige Ausstülpung auf den Dendriten), die das menschliche Kurzzeitgedächtnis darstellen. Eine Reduktion dieser Spines reduziert die Qualität des Kurzzeitgedächtnisses und ist somit die erste funktionell bemerkbare Alterserscheinung (Hollmann et al., 2003a). Die Autoren fanden bei untrainierten männlichen Personen mit einem Altersdurchschnitt von etwa 69 Jahren, dass diese bei gleicher geistiger Leistung größere Gehirnabschnitte aktivieren mussten als die Kontrollgruppe von jungen Männern mit einem Altersdurchschnitt von etwa 24 Jahren. Wenn die älteren Probanden allerdings seit mehr als 25 Jahren Ausdauertraining betrieben, unterschied sich einerseits die Größe der aktivierten Gehirnareale signifikant von der bei untrainierten Gleichaltrigen. Andererseits ähnelte sie der Größe der jüngeren Männer. Bei gleicher geistiger Leistung wurde durch Ausdauertraining im Alter ein signifikant kleinerer Gehirnabschnitt aktiviert. Regelmäßiges körperliches Training hat demnach dem Gehirn anscheinend geholfen, sich ökonomischer zu organisieren, ähnlich wie es bereits im Herz-Kreislaufbereich bekannt ist. Yaffe und Kollegen (2001) untersuchten 5925 Frauen in einem Alter von über 65 Jahren in einem Zeitraum von sechs bis acht Jahren. Sie fanden heraus, dass Frauen mit einer höheren körperlichen Aktivität (gemessen anhand wöchentlicher Gehstrecken und Kalorienverbrauch) signifikant weniger altersbedingte Abnahmen kognitiver Fähigkeiten zeigten. Diese Unterschiede waren unabhängig vom jeweiligen Gesundheitsstatus der Frauen. Diese beiden Studien zeigen, dass sowohl bei Männern als auch bei Frauen körperliche Aktivität dem altersbedingten Abbau kognitiver Fähigkeiten signifikant vorbeugt. In der neueren Forschung wurde vielfach gefunden, dass in Verbindung mit regelmäßiger körperlicher Aktivität zudem die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von kognitiven Störungen und Demenz sinkt (Abbott et al., 2004; Larson et al., 2006; Laurin et al., 2001). Laurin und seine Kollegen (2001) untersuchten dazu in ihrer Meta-

Analyse 4615 Personen in einem Alter von über 65 Jahren. Eine weitere retrospektive Studie fand heraus, dass Personen, die später an Alzheimer erkrankten (N=193) in ihren mittleren Jahren deutlich weniger körperlich aktiv waren als die gesunden Kontrollpersonen (N=358) (Friedland et al., 2001). Ob es allerdings wirklich einen kausalen Zusammenhang zwischen regelmäßiger körperlicher Aktivität und einer reduzierten Wahrscheinlichkeit für das Auftreten kognitiver Erkrankungen gibt, ist schwer zu beweisen, da einerseits die positiven Einflüsse körperlicher Aktivität auf einen gesunden Lebensstil zurückgeführt werden könnten und andererseits schon in jüngeren Jahren auftretende aber nicht diagnostizierte kognitive Krankheiten ein regelmäßiges Sporttreiben verhindert haben könnten. Bunce und Murden (2006) fanden in ihrer Korrelationsstudie nur einen positiven Zusammenhang zwischen aerober Fitness und *Worterinnerung* bei älteren Menschen (M=66.61 Jahren) aber keinen Zusammenhang bezüglich *exekutiver Funktionen*. Aerobe Fitness schien der altersbedingten Verschlechterung bei der *Worterinnerung* entgegenzuwirken aber nicht bei *exekutiven Funktionen*. Diese Studie ist wie die obigen Korrelationsstudien allerdings mit Vorsicht zu betrachten, da die angesprochenen anderen Moderatorvariablen auf die Fitness und den allgemeinen Gesundheitszustand Einfluss nehmen könnten. Weitere Studien sind daher notwendig, um den genauen Effekt körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit zu untersuchen. Um genauere Aussagen machen zu können, empfehlen sich daher Untersuchungen randomisierter Gruppen mit verschiedenen Interventionen über mehrere Jahre: Colcome und Kramer (2003) fanden in ihrer Meta-Analyse, dass regelmäßige körperliche Aktivität über mehrere Monate hinweg zu Verbesserungen geistiger Funktionen und einem langsameren kognitiven Abbau bei älteren Personen führte. Zudem zeigen die Autoren in ihrer Meta-Analyse bei älteren Menschen, dass regelmäßiges Kraft-Ausdauer-Training exekutive Funktionen (Unterkapitel 3.5.3) am besten steigern kann. In einer neueren Studie untersuchten Colcombe und Kollegen (2006) 59 gesunde ältere Probanden zwischen 60 und 79 Jahren. Die eine Hälfte bekam ein sechsmonatiges aerobes Training, die andere Hälfte Stretch- und leichte Kräftigungsübungen. Die Autoren fanden mittels MRI eine signifikante Zunahme an Gehirnmasse (graue und weiße Regionen) bei der Ausdauersportgruppe. Diese Ergebnisse bilden eine physiologische Grundlage für bisher gefundene Erkenntnisse, dass körperliche Aktivität die kognitive Leistungsfähigkeit bei älteren Menschen erhöht. Dadurch wird deutlich, dass körperliche Aktivität einer altersbedingten Verschlechterung der kognitiven Leistungsfähigkeit entgegenwirken kann.

Neben dem Zusammenhang körperlicher Aktivität mit kognitiven Störungen konnte auch ein Zusammenhang mit physischen Erscheinungen (Kapitel 2.3) gefunden werden. Es konnte gezeigt werden, dass hohe Anteile von Körperfett das Risiko für Krankheiten wie Diabetes und Bluthochdruck erhöht und somit wiederum das Risiko für Demenz, Hirnschlaganfälle und Abnahme kognitiver Leistungsfähigkeit verstärkt (Sapolsky, 1999).

In Kapitel 2.5 wird zum ersten Mal der gehirnbezogene neurotrophe Faktor BDNF (brain derived neurotrophic factor) im Zusammenhang mit Depression angesprochen. Dieser Faktor spielt nicht nur bei Depression eine wichtige Rolle, sondern wird auch für verbesserte Lernleistungen durch Neurogenese verantwortlich gemacht. Kapitel 3.5 geht genauer auf diesen

Faktor ein und beschreibt zudem, wissenschaftliche Befunde, die zeigen, dass BDNF durch körperliche Aktivität in Tieren und Menschen erhöht wird.

3.5 Physiologische Hindergründe des Zusammenhangs von körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit

Dieses Kapitel schließt an die Erläuterungen aus Kapitel 2.5 an, in welchem die Physiologie der Wirkweisen körperlicher Aktivität auf die Psyche am Beispiel depressiver Erkrankungen beschrieben wurde. Es herrscht ein enger Zusammenhang zwischen Wirkweisen körperlicher Aktivität auf psychisches Wohlbefinden bzw. psychischer Erkrankungen und kognitiver Leistungsfähigkeit. Dies zeigt sich zum einen in subjektiven Erfahrungen, dass, z.B. wenn man sich nicht gut fühlt, man sich auch nicht gut konzentrieren kann und nach einem kurzen Ausdauerlauf sowohl Stimmung als auch die kognitive Leistungsfähigkeit steigen. Zum anderen zeigt sich dieses subjektive Gefühl auch in physiologischen Veränderungen im Gehirn nach körperlicher Aktivität. Diese Physiologie bildet die wissenschaftliche Grundlage möglicher Erklärungsversuche für die in diesem Kapitel angesprochenen Zusammenhänge zwischen körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit und stellt den engen Zusammenhang zwischen Kapitel 2 und Kapitel 3 her.

3.5.1 Auswirkungen körperlicher Aktivität auf die Durchblutung des Gehirns

Es wird heutzutage als gesichert angesehen, dass regelmäßige körperliche Aktivität die Gehirnvaskularisierung verbessert (Black et al., 1990; Isaacs et al., 1992). Diese Veränderungen in bestimmten Regionen werden unter anderem als mögliche Mechanismen für Veränderungen in der kognitiven Leistungsfähigkeit gesehen (für eine Übersicht siehe: Querido & Sheel, 2007). In Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Institut für Gehirnforschung wurde an der Deutschen Sporthochschule in Köln die Gehirndurchblutung bei leichter bis mittlerer Fahrradergometerbelastung untersucht. Dabei fand sich eine gesteigerte Durchblutung von 20% in allen untersuchten Gehirnarealen schon bei einer Belastung von 5 Watt, welche mit einem langsamen Spaziergang vergleichbar wäre. Bei einer Belastung von 100 Watt erhöhte sich die Durchblutung um 30% (Hollmann & Strüder, 2000). Die Autoren stellten die These auf, dass eine verbesserte regionale Hirndurchblutung einen schnelleren und effizienteren Transport biochemischer Substanzen an periphere Zielorte ermöglicht. Diese Hypothese bestätigte sich. Es konnte beispielsweise bei Ratten unter Laufbandbelastung nachgewiesen werden, dass in den vermehrt durchbluteten Gebieten des Gehirns der insulinähnliche Wachstumsfaktor (IGF-1) verstärkt durch Neurone aufgenommen wird (Cotman & Berchtold, 2002). In Tiermodellen konnten Delp, Armstrong, Godfrey und Kollegen (2001) zeigen, dass eine verbesserte Gehirnvaskularisierung durch körperliche Aktivität nicht global in allen Gehirnarealen gleich auftritt sondern besonders in spezifischen Regionen, die Bewegung, Gleichgewicht und Herz-Kreislaufregulierung steuern und im Hippokampus. Der Hippokampus spielt eine entscheidende Rolle bei Gedächtnisfunktionen. Eine verbesserte Durchblutung könnte ein Faktor einer möglichen verbesserten kognitiven Leistungsfähigkeit sein. Bei Menschen

konnten Wharton, Hirshman, Merritt, Stangl, Scanlin und Krieger (2006) einen positiven Zusammenhang zwischen Blutdruck und kognitiver Leistungsfähigkeit im Bereich *visuell-räumlicher Aufmerksamkeit* feststellen. Personen mit chronischem Niedrigblutdruck hatten schlechtere Ergebnisse. Dies würde eine bessere *Aufmerksamkeit* nach akuter körperlicher Aktivität erklären, da es zu einem höheren Blutdruck käme. Die Autoren konnten allerdings keinen Zusammenhang im Bereich *Wiedererkennungsvermögen* finden. Das chronische oder akute Sportverhalten dieser Probanden wurde aber nicht untersucht. Weitere Studien mit Personen mit chronischem Niedrigblutdruck wären notwendig, um zu testen, ob akute körperliche Aktivität bei dieser Personengruppe einen besonders starken positiven Effekt auf die kognitive Leistungsfähigkeit hat.

Eine verbesserte Durchblutung führt zudem zu einer erhöhten Sauerstoffversorgung im Gehirn. Inwieweit sich dies auf die Denkleistung auswirkt, ist noch nicht hinreichend untersucht. Viele Ausdauersportler erleben sich allerdings nach dem Training als wacher, konzentrierter und aufnahmefähiger (Steffny & Pramann, 2001). Hollmann und Strüder (2001) fanden bei ausdauertrainierten Männern über 65 Jahren eine hochsignifikant kleinere Aktivierung des Gehirns beim Lösen von *Gedächtnisaufgaben* gegenüber untrainierten gleichaltrigen Männern. Ausdauertraining scheint demnach zu einer Ökonomisierung des Gehirns zu führen: Es werden kleinere Gehirnareale aktiviert bei gleicher Leistung. Diese Forschungsergebnisse sollten Anlass dazu geben, die Auswirkungen körperlicher Aktivität auf kognitive Funktionen besonders bei Kindern und Jugendlichen verstärkt zu untersuchen. Denn es stellt sich die Frage, ob auch schon in jungen Jahren diese gewünschte Ökonomisierung des Gehirns auftritt.

3.5.2 Auswirkungen körperlicher Aktivität auf Lern- und Gedächtnisleistungen: Neurogenese

Das menschliche Gehirn besteht aus 100 Milliarden Nervenzellen und ist das komplexeste biologische Gebilde. Eine Nervenzelle kann mit 4000 bis 10 000 anderen in Verbindung treten. Dadurch ergeben sich über 100 Billionen Verbindungen. Diese neuronale Vernetzung wird durch Bewegung unterstützt, was zu einer optimierten Nutzung des Gehirns führt. Dadurch ergibt sich ein Zusammenhang zwischen *Motorik und Intelligenz* (Kubesch, 2002). Vermehrter Sportunterricht an Schulen scheint somit nicht nur Adipositas und anderen physischen Erscheinungen entgegenzuwirken (Kapitel 2.3), sondern könnte zusätzlich die kognitive Leistungsfähigkeit und somit die Lernleistung der Schüler fördern. Körperliche Aktivität fördert die Synapsenbildung und Neurogenese bzw. Neuroplastizität und erhöht die Widerstandsfähigkeit von Neuronen und kognitiven Funktionen (Berchtold et al., 2001; Black et al., 1990; Broocks et al., 1998; Cotman & Berchtold, 2002; Cotmann & Engesser-Cesar, 2002; Hollmann & Hettinger, 2000; Hollmann & Löllgen, 2002; Isaacs et al., 1992, Russo-Neustadt et al., 2000). „Unter Neuroplastizität versteht man die bemerkenswerte Fähigkeit des Gehirns, sich beständig den Erfordernissen seines Gebrauchs anzupassen. Dieser Vorgang ist nicht auf eine bestimmte Lebensphase beschränkt, sondern läuft während des gesamten Lebens eines Organismus ab, erst sehr schnell, später langsamer“ (Spitzer, 1996, S. 148). Wie in Kapitel 2.5 beschrieben, steht Neuroplastizität für die Neubildung bzw. Umstrukturierung von Dendriten und Synapsen, in diesem Fall im Gehirn, und bildet das enorme neuroplastische Potenti-

al. Ein Indikator für die Neuroplastizität bildet der BDNF (brain derived neurotrophic factor). Bei depressiven Personen wurde ein geringerer BDNF-Spiegel gefunden. Es konnte allerdings gezeigt werden, dass körperliche Aktivität zu einer signifikanten Zunahme dieses neurotrophen Faktors (BDNF) führt (Kapitel 2.5). Anhand dieser Veränderungen des BDNF-Spiegels zeigt sich der Zusammenhang zwischen kognitiver Leistungsfähigkeit und psychischer Erkrankungen wie beispielsweise Depression. Des Weiteren wird BDNF mit kognitiven Störungen und neuro-degenerativen Krankheiten wie Alzheimer, Huntington und Parkinson (Zuccato & Cattaneo, Juni 2009), Zwangsstörungen (Maina et al., 2009), Demenz (Arancio & Chao, 2007), Schizophrenie (Xiu et al., 2009) und Anorexia nervosa (Mercader et al., 2007) in Verbindung gebracht.

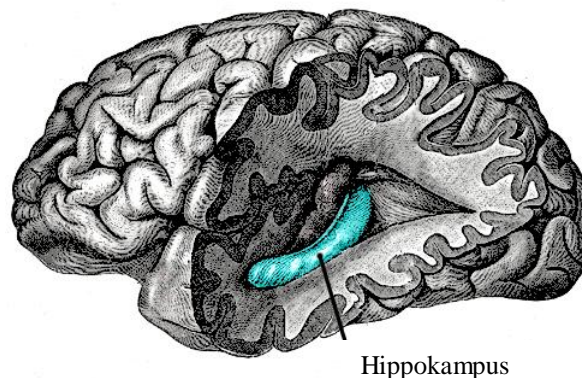


Abbildung 3-2: Laterale Ansicht des menschlichen Gehirns: Der frontale Lobus liegt zur Linken, der Hinterhauptslabus zur Rechten. Die Schläfen- und Parietallappen wurden weitgehend entfernt, um den darunter liegenden Hippokampus freizulegen (aus: UTL: <http://en.wikipedia.org/wiki/Hippocampus> [Stand: 27.04.2010]).

Die kognitiven Prozesse und das *Lernen* laufen überwiegend im Hippokampus ab (Abbildung 3-2), von welchem Informationen zur dauerhaften Speicherung an den Kortex abgegeben werden. Beim Erlernen von Bewegungsabläufen wie dem Handstützüberschlag oder dem Kraulschwimmen ist besonders der Kortex aktiv, wohingegen beim Faktenlernen und bei anderen Gedächtnisleistungen besonders die Region des Hippokampus aktiviert wird. Die Großhirnrinde lernt im Gegensatz zum Hippokampus sehr langsam, daher müssen Bewegungsabläufe oft mehrmals wiederholt werden, bis sie automatisiert sind. Dafür hat der Kortex eine viel höhere Speicherkapazität. Der Hippokampus muss daher erlernte Informationen so schnell wie möglich an den Kortex weiterleiten. Dies geschieht einerseits durch das Wiederholen von Lerneinheiten, andererseits aber auch automatisch im Schlaf. Daher sollten Schüler und Studenten auf ausreichend Schlaf achten (Spitzer, 2000). Noch vor wenigen Jahren gingen Forscher davon aus, dass der Mensch mit einer bestimmten Anzahl an Nervenzellen geboren wird, die sich im Laufe des Lebens nicht erhöhen kann. Jetzt haben aber Untersuchungen an Mäusen und Menschen gezeigt, dass sich durch Training neue Nervenzellen im Hippokampus bilden können. Es fanden sich doppelt so viele Neuronen im Hippokampus bei Mäusen, welche die Möglichkeit hatten, sich intensiv mittels eines Laufrades in ihrem Käfig zu bewegen, als bei Mäusen ohne Laufrad. Die aktiveren Mäuse erzielten zudem schnellere Ergebnisse bei Lernexperimenten (Kubesch, 2002). Die Gehirnleistung kann also durch äußere

re Einflüsse verbessert werden. Wie bereits erwähnt, wurde in Kapitel 2.5 auf die Zusammenhänge zwischen Neurogenese bzw. Neuroplastizität und Depression eingegangen. Es wurde der sogenannte gehirnbezogene neurotrophe Faktor BDNF angesprochen. Dieses Protein unterstützt einerseits das Überleben schon existierender Neuronen und fördert andererseits das Wachstum und die Weiterentwicklung von neuen Dendriten und Synapsen. Der BDNF findet sich besonders in Gebieten des Gehirns, die beim Lernen, Gedächtnis und bei höheren Gedankengängen aktiv sind (Hippokampus, Kortex und basalem Frontalhirn). Eine Abnahme des BDNF-Spiegels führt zu einer Rückbildung funktionstragender Nervenzellen im Hippokampus. Wie schon erwähnt, konnte in Tierstudien gezeigt werden, dass schon wenige Tage nach einer Laufbandbelastung der BDNF-Spiegel speziell im Hippokampus signifikant zunimmt (Cotman & Berchtold, 2002; Cotman & Engesser-Cesar, 2002; Neeper, Gómez-Pinilla, Choi & Cotman, 1996; Zajac et al., in press). Die Zunahme des BDNF nach körperlicher Aktivität konnte auch an Menschen gezeigt werden (Goekint et al., 2008; Gold, Schulz, Hartmann et al., 2003). Die BDNF-mRNA²³ ist eine plastische Struktur, welche mehr bei kognitiven Funktionen als bei motorischen Aktionen beteiligt ist. „Genügend hohe BDNF-Spiegel im Gehirn sind eine Voraussetzung für den Erhalt neuronaler Funktionen und für Langlebigkeit“ (Hollmann et al., 2003a, S. 468). Da aerobe sportliche Aktivität den BDNF erhöht, kann diese auch das *Lernen* begünstigen. Tiere mit einem hohen Maß an körperlicher Aktivität zeigen ein besseres Lernvermögen und eine größere Widerstandsfähigkeit gegen Durchblutungsstörungen (Hollmann et al., 2003b). Goekint und Kollegen (2008) konnten in ihrer Studie zeigen, dass die Zunahme an BDNF durch körperliche Aktivität allerdings nicht mit dem vorhandenen Level an Noradrenalin zusammenhängt. Elf junge gesunde Erwachsene bekamen entweder ein Placebo oder einen selektiven Noradrenalin Wiederaufnahmehemmer (SNRI, hier: Reboxetin). Bei beiden Gruppen konnte nach 60 Minuten Fahrradergometerfahrt mit 55% maximaler Sauerstoffaufnahmekapazität und anschließender Fahrt bei 75% bis zur Erschöpfung eine Zunahme an BDNF festgestellt werden. Serum BDNF-Pegel fielen auf das Ursprungsniveau nach 15-minütiger Erholung zurück. Die Patienten mit dem SNRI waren signifikant schneller erschöpft bei der Fahrt mit 75% der maximalen Sauerstoffaufnahmekapazität. Serum Cortisolpegel stiegen bei beiden Gruppen an, in der SNRI Gruppe war dieser Anstieg jedoch signifikant höher. Hohe Cortisolpegel treten in Stresssituationen auf. Die SNRI Gruppe hatte auch eine höhere Herzfrequenz, die wahrscheinlich auf die sympathomimetischen Effekte des SNRI zurückzuführen ist. Zudem war die Gedächtnisleistung in dieser Gruppe während der körperlichen Betätigung signifikant schlechter. Diese Studie belegt, dass die erhöhten Noradrenalinwerte durch körperliche Aktivität für die positiven Aspekte körperlicher Aktivität verantwortlich gemacht werden können. Allerdings haben Noradrenalinpegel keinen Einfluss auf den BDNF. Es bleibt weiter zu untersuchen, wodurch körperliche Aktivität den BDNF-Pegel steigen lässt. In Unterkapitel 3.5.1 wird erwähnt, dass in den vermehrt durchbluteten Gebieten des menschlichen Gehirns durch körperliche Aktivität der insulinähnliche Wachstumsfaktor (IGF-1) aus dem Blut verstärkt durch Neuronen im Gehirn aufgenommen wird. Durch medikamentöse Unterdrückung der IGF-1-Aufnahme ins Gehirn aus dem Blut, wurde die Neuronenbildung weitgehend blockiert (Carro, Nuñez, Busiguina & Tor-

²³ Als mRNA (von engl. *messenger RNA*), auch Boten-RNA, wird das RNA-Transkript eines zu einem Gen gehörigen Teilabschnitts der DNA bezeichnet.

res-Alemán, 2000). Die Zunahme von IGF-1, BDNF und des Nervenwachstumsfaktors NGF (Carro et al., 2000) nach regelmäßiger körperlicher Aktivität beweist daher die Annahme, dass „körperliche Bewegung mit aerober dynamischer Muskelbeanspruchung die Fähigkeit zur Gehirnplastizität vergrößert und direkt Einfluss nimmt auf Qualität und Quantität von Neuronen und Synapsen. Neuronale Verbindungen können gestärkt werden, genau wie ihre Wirksamkeit durch vergrößerte synaptische Kapazität und die Hinzufügung von neuen Neuronen“ (Hollmann et al., 2003a, S. 469). Neurogenese und Neuroplastizität im menschlichen Gehirn sind der Wissenschaft erst seit einigen Jahren bekannt. Wie sieht Neurogenese in der Praxis aus?

Jeder Körperteil hat eine Repräsentation auf der Hirnrinde. Eine verstärkte Beanspruchung eines Körperteils löst eine Erweiterung dieser zugehörigen Repräsentation aus (Elbert, Pantev, Wienbruch, Rockstroh & Taub, 1995). Die Körperperipherie beeinflusst also nicht nur Gehirnfunktionen, sondern auch Gehirnstrukturen. Die Autoren konnten zeigen, dass wenige Trainingstage für eine Umorganisation des Kortex ausreichen. Wird mit der linken Hand geübt, so verändert sich sogar die Repräsentation auf der Hirnrinde der rechten Hand. Wird nach z.B. einer Amputation die Repräsentation eines Körperteils nicht mehr genutzt, so wird das deaktivierte Areal bald von benachbarten Gebieten genutzt. Das betrifft die somatosensorische wie auch die motorische Hirnrinde. Das Gehirn wird also auch noch im Erwachsenenalter einem ständigen strukturellen Wandel unterzogen. Es kann bestimmte Bereiche umstrukturieren und auch vergrößern: Eine weitere Studie an Londoner Taxifahren zeigte Folgendes: Das Londoner Straßennetz ist sehr komplex, weshalb lokale Taxifahrer über eine enorme Gedächtnisleistung verfügen müssen. Je länger sich die Fahrer auf das Londoner Verkehrsnetz konzentrierten, desto größer wurde die Hirnregion, in der die Gedächtnisinformationen abgespeichert wurden. Die Taxifahrer verfügten über einen überdurchschnittlich großen Hippokampus (Maguire, Gadian, Johnsrude, Good et al., 2000). Neben einer Vergrößerung des Hippokampus wird die Gedächtnisleistung zusätzlich erhöht durch eine effizientere Nutzung der vorhandenen Hirnmasse. Small und Kollegen (2006) konnten zeigen, dass ihre Untersuchungsgruppe nach einem 14-tägigen Gesundheitsprogramm (gesunde Ernährung, Entspannungsübungen, Ausdauertraining und mentalen Übungen) über eine höhere Wortgewandtheit verfügte als die Kontrollgruppe. Dies ging einher mit einem 5%-igen Rückgang der Aktivität im linken dorsolateralen²⁴ präfrontalen Kortex, welcher aufgezeigt wurde anhand einer Positronen-Emissionstomographie (PET). Die Autoren erklärten ihre Ergebnisse mit einer effizienteren Nutzung der Gehirnregionen, die bei Prozessen des *Arbeitsgedächtnisses* involviert sind. Diese Hypothese der Effizienz stützen auch die Ergebnisse von Haier und Kollegen (1992). Die Autoren fanden bei Probanden, die ein bisher unbekanntes Computerspiel zum ersten Mal spielten, höhere Raten an Glukosemetabolismus im Gehirn (d.h. eine höhere Gehirnaktivität) als bei späteren Versuchen, wenn die Probanden mit dem Spiel vertraut waren. Dies spricht für die Vermutung, dass mit der Zeit und Übung das Gehirn sich anpasst und die gleiche kognitive Leistung mit weniger Arbeitsaufwand erreichen kann. Effiziente Nutzung scheint also eine große Rolle bei der kognitiven Leistungsfähigkeit zu spielen. Eine weitere Studie konnte eine höhere und damit ineffizientere Aktivität im oben angespro-

²⁴ Seitlich, im zum Rücken zeigenden Bereich gelegen

chenen dorsolateralen präfrontalem Kortex (aufgezeigt durch eine funktionale Magnetresonanztomographie - fMRI) während einer *Gedächtnisaufgabe* bei Erwachsenen mittleren und höheren Alters mit einem erhöhten Alzheimerisiko aufzeigen (Bookheimer et al., 2000). Somit führt nicht nur Neurogenese in Form von Umstrukturierung und Vergrößerung bestimmter Gehirnareale, sondern auch eine effizientere Nutzung der vorhandenen Gehirnmasse zu einer höheren kognitiven Leistungsfähigkeit.

Körperliche Aktivität ist ein wichtiger Reizgeber bei dieser Neurogenese. Dies gilt allerdings nur, wenn stressfrei Sport getrieben wird, da die neugebildeten Nervenzellen sehr empfindlich auf Stresseinflüsse reagieren. Neurotrophine (unter anderem BDNF und NGF - Nervenwachstumsfaktor) erhöhen die Neurogenese und Gehirnplastizität. Die Intensität körperlicher Aktivität konnte mit erhöhten Neurotrophinspiegeln in Verbindung gebracht werden. Anhand von Ratten mit Gehirnverletzungen konnte gezeigt werden, dass moderate körperliche Aktivität über einen längeren Zeitraum zu einem länger anhaltenden erhöhten Neurotrophinspiegel führt. Nimmt dann allerdings die Intensität körperlicher Aktivität zu, führt dies zu einer Stressreaktion und einem Ausstoß des Stresshormons Kortikosteron, welches der Zellbildung entgegenwirkt (Ploughman, 2008). Daher konnte Neurogenese nur bei stressfrei ausgeübter, nicht erzwungener körperlicher Aktivität nachgewiesen werden. Übertraining kann diese Neurogenese negativ beeinflussen und zu dentrischer Atrophie und Spinereduktion führen. Man vermutet, dass dies durch oben erwähnte Kortikosteroide verursacht wird. Berchtold, Kesslak, Pike, Adlard und Cotman (2001) konnten zeigen, dass bei Tieren diese Hormone den BDNF-Spiegel im Hippokampus reduzierten. Gleichzeitig fand sich eine Atrophie im Hippokampus. Bei plötzlichem Trainingsentzug nach mehrwöchiger körperlicher Aktivität fiel der BDNF bei Ratten unter die Ruheausgangswerte (Widenfalk, Olson & Thoren, 1999). Dies könnte eine Erklärung dafür sein, dass Athleten durch einen verletzungsbedingten Trainingsausfall häufiger depressive Symptome zeigen.

Neurogenese wird stimuliert durch Bewegung und lebenslanges Lernen. Umgebungsreize, wie eine interessante Lernumgebung und abwechselnde Anwendungsmöglichkeiten, sorgen für das Überleben dieser neugebildeten Nervenzellen (Ameri, 2001). Dies hat direkte Konsequenzen für den Schulsport. Viele Schüler haben keinen Spaß am Sportunterricht, und es fehlt ihnen an Motivation. Sie versuchen durch Ausreden nicht am Sportunterricht teilnehmen zu müssen. Unterstützt wird dieses Verhalten teils von den Eltern, teils aber auch von Lehrern anderer Fächer und der immer noch geringen Bedeutung des Schulsports im Schulalltag (siehe Kapitel 2.2). Eine tägliche Sportstunde zum Beispiel würde das Ansehen und die Bedeutung des Schulsports enorm erhöhen. Tägliche körperliche Aktivität würde zu einem ganz normalen Bestandteil des Schüleralltages werden. Dies könnte bis ins Erwachsenenalter anhalten. Regelmäßiger Schulsport fördert die Neurogenese und damit die Lernleistung von Schülern.

3.5.3 Auswirkungen körperlicher Aktivität auf exekutive Kontrollfunktionen

Ein wichtiger Teil der kognitiven Funktionen des menschlichen Gehirns bilden die *exekutiven Kontrollfunktionen* zur Handlungskontrolle. Diese werden vom Frontalhirn, insbesondere vom präfrontalen Kortex und der Gyrus cinguli als kortikaler Anteil des Limbischen Systems (Abbildung 3-3) gesteuert. Die kortikalen Bereiche stehen für kognitive und das Limbische System für emotionale Funktionen. Aufgrund dieser Verbindung übernimmt der kortikale Kortex eine Vermittlerfunktion zwischen diesen kortikal-kognitiven und limbisch-emotionalen Funktionen (Roth & Prinz, 1996). Exekutive Kontrollfunktionen sind nicht nur bei *Entscheidungsfindungen, Planungen* und *Fehlerkorrekturen* beteiligt, sondern lenken und fokussieren die *Aufmerksamkeit* und steuern die *Stresskontrolle*. In Situationen, die über Routineabläufe und automatisierte Denk- und Handlungsabläufe hinausreichen, greifen exekutive Kontrollfunktionen (Schneider, Owen & Duncan, 2000).

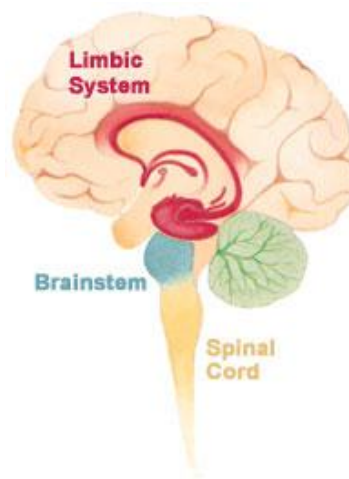


Abbildung 3-3: Laterale Ansicht des menschlichen Gehirns: Das Limbische System bildet einen doppelten Ring um die Basalganglien und den Thalamus und setzt sich zusammen aus Hippokampus Fornix, Corpus mamillare, Gyrus cinguli, Corpus amygdaloideum (Amygdala, Mandelkern) und den Nuclei anterioventrales des Thalamus (Brainstem – Hirnstamm, Spinal Cord – Wirbelsäule) (aus: http://de.wikipedia.org/wiki/Limbisches_System [Stand: 27.04.2010]).

Verletzungen des präfrontalen Kortex oder der Gyrus cinguli können zu einem Verlust an Verhaltensspontaneität führen. Patienten hören beispielsweise auf zu sprechen, obwohl ihre Sprechorgane nicht verletzt sind. Des Weiteren können Bewegungsstörungen auftreten (Roth & Prinz, 1996). Im Sport werden *exekutive Kontrollfunktionen* besonders in Spielsituationen, die ein schnelles *Umschalten der Strategien* (Verteidigung - Angriff) erfordern, benötigt. Übertraining kann allerdings zu einer Verschlechterung dieser Kontrollfunktionen führen. Übertrainierte Sportler zeigen häufig die gleichen Symptome wie depressiv Erkrankte. Daher verbessert körperliche Aktivität zwar das psychische Wohlbefinden und kann depressive Symptome lindern (Kapitel 2.4). Ein zu hohes Training kann allerdings den gegenteiligen Effekt haben und depressive Zustände verstärken. Wichtig wäre es gerade im Leistungssport, diese feine Grenze zwischen positiven Eigenschaften des Trainings und Übertraining zu mo-

derieren und ein Übergleiten in den Bereich des Übertrainings zu verhindern. Moderne bildgebende Verfahren wie Positronen-Emissionstomographie (PET) und funktionale Magnetresonanztomographie (fMRT) könnten Beeinträchtigungen *exekutiver Kontrollfunktionen* aufzeigen und somit die Diagnose eines möglichen Übertrainings unterstreichen. Somit finden sich auch Anwendungsmöglichkeiten moderner neurophysiologischer Erkenntnisse und Technologien im Leistungssport.

Eine Verbesserung *exekutiver Kontrollfunktionen* durch körperliche Aktivität konnte bei älteren (Kramer et al., 1999) und bei depressiven Personen (Kubesch, et al., 2003) nachgewiesen werden. Die Beeinträchtigung kognitiver Funktionen ist eines der Hauptsymptome depressiver Erkrankungen. Diese Verbesserung *exekutiver Kontrollfunktionen* ist ein weiteres Indiz für den Zusammenhang körperlicher Aktivität, kognitiver Leistungsfähigkeit und psychischen Erkrankungen bzw. psychischem Wohlbefinden. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage nach einer möglichen Moderatorrolle der aktuellen Stimmungslage. Verbessert körperliche Aktivität die aktuelle Stimmungslage, die wiederum einen Effekt auf die kognitive Leistungsfähigkeit hat? Oder liegen der Stimmungslage und der kognitiven Leistungsfähigkeit die gleichen physiologischen Mechanismen zugrunde, auf welche körperliche Aktivität in gleicher Weise Einfluss nimmt? Die Moderatorrolle der aktuellen Stimmungslage bezüglich eines möglichen positiven Effekts akuter körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit wird Teil der in vorliegender Studie untersuchten Fragestellungen sein.

Kubesch und Kollegen (2003) konnten bereits nach einer halbstündigen Fahrradergometerbelastung bei 40% bzw. 60% einer Blutlaktatkonzentration von 4mmol/l verbesserte *exekutive Kontrollfunktionen* nachweisen. Die Autoren erklärten dies vor allem mit einer gesteigerten Aktivierung des vorderen cingulären Kortex. Dies steht allerdings im Widerspruch mit den Erkenntnissen von Small und Kollegen (2006), die eine 5% geringere Aktivierung fanden und die verbesserte kognitive Leistungsfähigkeit auf eine effizientere Nutzung der Gehirnareale zurückführten. Allerdings testeten Small und Kollegen (2006) ihre Probanden nach 14 Tagen, wohingegen Kubesch et al. (2003) einen Effekt schon nach einmaliger akuter körperlicher Aktivität feststellen konnten. Dies widerspricht der These von Kramer und Kollegen (1999), die eine durch Training gesteigerte *maximale Sauerstoffaufnahme* für verbesserte kognitive Kontrollfunktionen verantwortlich macht, da eine einmalige Trainingseinheit nicht ausreichend wäre, um die maximale Sauerstoffaufnahme zu verbessern. Somit konnten Kubesch und Kollegen (2003) zeigen, dass nicht nur chronische körperliche Aktivität sondern auch akute körperliche Aktivität die kognitive Leistungsfähigkeit erhöht. Die Autoren machten statt einer gesteigerten maximalen Sauerstoffaufnahme eher eine gesteigerte Zunahme des *Katecholamins Serotonin* (siehe Kapitel 2.5) verantwortlich, da serotonerge Neuronen die Gyrus cinguli stimulieren, welche ein wichtiger Bereich kognitiver Kontrollfunktionen ist (Hüther & Rüter, 2000). Eine gesteigerte *Katecholaminausschüttung* (von *Dopamin*, *Epinephrin* und *Norepinephrin*) fanden auch Winter und Kollegen (2007) in ihrer in Kapitel 3.2.2 beschriebenen Studie an 27 Sportstudenten. Die Autoren konnten zeigen, dass intensives Laufen (zwei dreiminütige Sprints) einerseits den *Katecholaminspiegel* erhöhte und andererseits zu einem erhöhten *BDNF-Spiegel* führte. Dieser konnte in Zusam-

menhang mit einem verbesserten Kurzzeitgedächtnis gebracht werden, wohingegen Dopamin die Langzeitgedächtnisleistung nach einer Woche und Epinephrin nach mehr als acht Wochen begünstigte. Die Tatsache, dass Störungen in der Ausschüttung dieser Neurotransmitter wie Serotonin, Norepinephrin (oder Noradrenalin) und anderen ein wichtiger Bereich der physiologischen Hintergründe psychischer (vor allem depressiver) Erkrankungen ist (Kapitel 2.5), verstärkt erneut den Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität, psychischem Wohlbefinden und kognitiver Leistungsfähigkeit. Zudem führen hohe Spiegel des *Stresshormons Kortisol* über mehrere Tage hinweg zu einer Verschlechterung von Gedächtnisfunktionen (Newcomer et al., 1999).

Exekutive Kontrollfunktionen werden auch im schulischen Alltag benötigt: sei es beim Aufbau einer Argumentation in einem Aufsatz oder beim Finden von Lösungsmöglichkeiten eines mathematischen Problems. Wenn schon ein halbstündiges leichtes Ausdauertraining durch eine gesteigerte Aktivierung des vorderen cingulären Kortex diese exekutiven Kontrollfunktionen verbessert (Kubesch et al., 2003), dann ist zu vermuten, dass ein 45-minütiger Sportunterricht die kognitive Leistungsfähigkeit von Schülern in der anschließenden Schulstunde verbessert.

3.5.4 Zusammenfassung

Dieses Kapitel 3.5 untersucht die physiologischen Hintergründe des Zusammenhangs von körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit. Damit knüpft dieses Kapitel an das Kapitel 2.5 an, welches die Physiologie der Effekte körperlicher Aktivität auf die Psyche darstellt. Es zeigt sich, dass auch hier die Zusammenhänge recht ähnlich sind. Als möglicher Mechanismus für Veränderungen in der kognitiven Leistungsfähigkeit wird eine erhöhte Durchblutung des Gehirns angesehen (Querido & Sheel, 2007). Schon in früheren Studien konnte nachgewiesen werden, dass chronische körperliche Aktivität die Gehirnvaskularisierung und damit Durchblutung verbessert (Black et al., 1990; Isaacs et al., 1992, Hollmann & Strüder, 2000).

In neueren Studien wird vermehrt den strukturellen Veränderungen im Gehirn Beachtung geschenkt. Im Zusammenhang mit kognitiver Leistungsfähigkeit spielt die Bildung und Umstrukturierung neuer Dendriten und Synapsen (Neurogenese) eine entscheidende Rolle. Es konnte gezeigt werden, dass körperliche Aktivität diese Synapsenbildung und Neurogenese bzw. Neuroplastizität fördert und die Widerstandsfähigkeit von Neuronen und kognitiven Funktionen erhöht (Berchtold et al., 2001; Black et al., 1990; Broocks et al., 1998; Cotman & Berchtold, 2002; Cotman & Engesser-Cesar, 2002; Hollmann & Hettinger, 2000; Hollmann & Löllgen, 2002; Isaacs et al., 1992, Russo-Neustadt et al., 2000). Ein entscheidender Indikator ist hierbei der neurotrophen Faktors (BDNF – brain derived neurotrophic factor). Eine Reduktion des BDNF-Spiegels kann mit depressiven Episoden, aber auch mit verminderter kognitiver Leistungsfähigkeit in Zusammenhang gestellt werden (Kubesch, et al., 2003). Des Weiteren wird BDNF mit kognitiven Störungen und neuro-degenerativen Krankheiten wie Alzheimer, Huntington und Parkinson (Zuccato & Cattaneo, Juni 2009), Zwangsstörungen

(Maina et al., 2009), Demenz (Arancio & Chao, 2007), Schizophrenie (Xiu et al., 2009) und Anorexia nervosa (Mercader et al., 2007) in Verbindung gebracht. Eine physiologische Erklärungsmöglichkeit für mögliche Effekte körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit ist nun über diesen BDNF gegeben. Körperliche Aktivität scheint diesen BDNF-Spiegel im Gehirn zu beeinflussen. In Tierstudien konnte gezeigt werden, dass schon wenige Tage nach einer Laufbandbelastung der BDNF-Spiegel speziell im Hippokampus signifikant zunimmt (Cotman & Berchtold, 2002; Cotman & Engesser-Cesar, 2002; Neeper, Gómez-Pinilla, Choi & Cotman, 1996; Zajac et al., 2009). Die Zunahme des BDNF nach körperlicher Aktivität konnte auch an Menschen gezeigt werden (Goekint et al., 2008; Gold, Schulz, Hartmann et al., 2003). Doch nicht nur der BDNF wird als mögliche Erklärung herangezogen. Zahlreiche andere Faktoren wie der insulinähnliche Wachstumsfaktor (IGF-1) oder der Nervenwachstumsfaktor NGF scheinen durch körperliche Aktivität anzusteigen (Carro et al., 2000). Sie alle sind Indikatoren für eine verbesserte kognitive Leistungsfähigkeit durch Neurogenese.

Einen möglichen Effekt körperlicher Aktivität auf exekutive Kontrollfunktionen wie Entscheidungsfindungen, Planungen, Fehlerkorrekturen, Aufmerksamkeit und Stresskontrolle werden in der Literatur mit einer gesteigerten Aktivierung des vorderen cingulären Kortex (Kubesch et al., 2003) erklärt, oder mit einer effizienteren Nutzung der Gehirnareale (Small et al., 2006). Weitere Erklärungsmöglichkeiten liefert eine gesteigerte Katecholaminausschüttung (von Dopamin, Epinephrin und Norepinephrin) durch körperliche Aktivität (Winter et al., 2007).

3.6 Zusammenfassung des Zusammenhangs von Sport und kognitiver Leistungsfähigkeit

Wie in den letzten beiden Kapiteln (2 und 3) gezeigt wurde, besteht ein Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität, kognitiver Leistungsfähigkeit und psychischem Wohlbefinden bzw. psychischen Erkrankungen. Kapitel 2 legte den Schwerpunkt auf physische und psychische Auswirkungen körperlicher Aktivität, wohingegen das vorliegende Kapitel auf einen bestimmten Bereich der menschlichen Psyche, den Zusammenhang von körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit, eingeht. Körperliche Aktivität bewirkt Veränderungen im Gehirn (erhöhte BDNF-Spiegel, erhöhte Ausschüttung von Katecholaminen und Neurotransmittern, Veränderungen des Kortikosteroidspiegels, etc.), die sowohl mit erhöhter kognitiver Leistungsfähigkeit als auch mit beispielweise antidepressiven Wirkweisen in Verbindung gebracht werden können (Kapitel 2.5). Die physiologischen Hintergründe dieses Zusammenhangs basieren auf Studien an Tieren und an Menschen. Moderne Technologien wie Positronen-Emissionstomographie (PET) und funktionale Magnetresonanztomographie (fMRT) ermöglichen erst seit Neuem einen besseren Einblick in das menschliche Gehirn und können somit physiologische Veränderungen aufzeigen.

Eine immer größere Anzahl an Studien konnte einen Zusammenhang von kognitiver Leistungsfähigkeit und körperlicher Aktivität aufzeigen, wobei die Mehrheit der Studien mit älteren Probanden durchgeführt wurde. Bislang liegen nur wenige Studien mit jungen Erwachsenen und Kindern vor. Bei einer Analyse muss allerdings neben dem Alter der Probanden auch noch zwischen weiteren Faktoren unterschieden werden. So spielt nicht nur die Art (aerob vs. anaerob) und Intensität der körperlichen Aktivität eine entscheidende Rolle, sondern auch die Dauer und der Zeitpunkt (chronisch über einen längeren Zeitraum vs. akut und einmalig direkt vor Bestimmung der kognitiven Leistungsfähigkeit). Hierbei ist besonders bei der chronischen Aktivität zu unterscheiden, ob die körperliche Aktivität an sich oder ein eventuell einhergehender gesunder Lebenswandel, genetische Prädisposition, etc. zu einer erhöhten kognitiven Leistungsfähigkeit führt. Auch die Art der Erhebung der kognitiven Leistungsfähigkeit spielt eine entscheidende Rolle. So konnte für komplexere kognitive Leistungstests bei Erwachsenen ein Zusammenhang von akuter körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit in Form einer umgekehrten U-Funktion (U-Hypothese) gefunden werden, wohingegen der Zusammenhang bei weniger komplexen kognitiven Tests linearer Art war. Diese U-Hypothese konnte allerdings noch nicht bei Kindern nachgewiesen werden. Es ist nicht eindeutig gesichert, ob diese Art des Zusammenhangs bei Kindern auch gilt oder ob er bei Kindern unabhängig der Aufgabenkomplexität generell von linearer Art ist. Weitere Untersuchungen mit komplexeren kognitiven Tests nach unterschiedlich langer akuter körperlicher Aktivität wären notwendig, um dies aufzuklären. Des Weiteren ist bei Kindern besonders im schulischen Kontext noch unklar, inwieweit akute körperliche Aktivität in Form einer Schulsportstunde die kognitive Leistungsfähigkeit (insbesondere die Konzentrationsfähigkeit) im Gegensatz zu anderen Unterrichtsfächern direkt im Anschluss verbessert. In der Literatur finden sich diesbezüglich sich widersprechende Aussagen (Caterino & Polak, 1994; McNaughten & Gabbard, 1993; Raviv & Low, 1990). Die im Folgenden beschriebene Feldstudie soll dieses Dilemma im direkten Umfeld Schule untersuchen. Dabei ist es zudem interessant zu beleuchten, wie sich die Wirkweisen körperlicher Aktivität bei Schülern unterschiedlichen Alters bzw. unterschiedlicher Klassen und unterschiedlichen Leistungsniveaus unterscheiden. Eine positive Wirkweise hätte direkte Konsequenzen auf die Gestaltung des Stundenplans. Dies wird Teil vorliegender Untersuchung sein. Das folgende Kapitel 4 stellt die Fragestellungen und die Methodik dieser hier vorliegenden eigenen Untersuchung dar.

4 Eigene Untersuchung: Fragestellung und Methodik

Die in Kapitel 2 beschriebenen positiven Effekte des Sporttreibens auf die Psyche und den Körper bilden mit den in Kapitel 3 beschriebenen Zusammenhängen von Sport und Kognition die Grundlage der hier beschriebenen Studie. Es soll der Effekt des Sporttreibens auf die kognitive Leistungsfähigkeit im schulischen Kontext untersucht werden. Kapitel 4 beschreibt die Methodik dieser Untersuchung. Nach der Vorstellung der Studienziele und Fragestellungen werden das allgemeine Vorgehen und die Untersuchungsdurchführung beschrieben. Im Anschluss werden die Stichprobe und die Messinstrumente vorgestellt, das Auswerteverfahren der Daten dargestellt und die Gütekriterien der verwendeten Messinstrumente geprüft.

4.1 Fragestellungen der eigenen Untersuchung

Wie in Kapitel 2 ausführlich erläutert wird, verliert der Sportunterricht an Schulen zusehend an Stellenwert, obwohl die positiven Effekte des Sporttreibens sowohl im physischen als auch im psychischen Bereich unumstritten sind. Es werden vermehrt Stundenkürzungen besonders im Fach Sport zugunsten anderer Fächer vorgenommen. Diese Kürzungen werden durch immer größere zu bewältigende Stoffmengen in den anderen Fächern begründet. Die Bildungspolitik scheint bei dieser Argumentation allerdings dem dritten Einflussbereich des Sporttreibens wenig Augenmerk zu schenken. Neben dem positiven Effekt des Sporttreibens auf den Körper und die Psyche des Menschen wird in neuesten Studien auch zunehmend der Effekt auf die kognitive Leistungsfähigkeit untersucht. Kapitel 3 gibt zu diesem Thema einen umfassenden Überblick. Aufgrund dieser theoretischen Grundlagen stellt sich die Frage, inwieweit der Sportunterricht die kognitive Leistungsfähigkeit der Schüler beeinflusst. Einerseits könnte man argumentieren, dass ein anstrengender Sportunterricht die Schüler derartig körperlich fordert, dass sie für den Rest des Schultages in ihrer geistigen Leistung beeinträchtigt sind. Andererseits könnte sich aber eine Sportstunde als Unterbrechung des kompakten und stressigen Schulvormittags positiv auf die kognitive Leistungsfähigkeit in den nachfolgenden Stunden auswirken. In diesem Falle würden andere Unterrichtsfächer nicht von den Stundenkürzungen im Bereich Sport profitieren, sondern wären sogar benachteiligt, da die kognitive Leistungsfähigkeit der Schüler, im Besonderen die Konzentrationsfähigkeit, durch weniger ausgleichenden Sportunterricht vermindert wäre.

Im Folgenden werden die in dieser Untersuchung zu überprüfenden Fragestellungen aufgeführt und erklärt:

Fragestellung 1:

Können sich Schüler nach dem Sportunterricht besser konzentrieren als Schüler nach dem Mathematikunterricht?

Ziel dieser Untersuchung ist es zu überprüfen, ob sich Sportunterricht (im Besonderen leichtes Ausdauertraining) positiv auf die kognitive Leistungsfähigkeit im unmittelbaren Anschluss auswirkt. Ein Indikator für die kognitive Leistungsfähigkeit ist die Konzentrationsfä-

higkeit. Auf diese soll das Augenmerk dieser Studie liegen. Es wird hinterfragt, ob sich Schüler nach einer Sportstunde in der anschließenden Schulstunde besser konzentrieren können als Schüler, die zuvor in einem kognitiv beanspruchendem Fach unterrichtet worden sind. Es ist anzunehmen, dass ein konzentrationsintensives Fach (wie z.B. Mathematik) zu einer kognitiven Ermüdung der Schüler führt, so dass sie in der anschließenden Unterrichtsstunde in ihrer Konzentration beeinträchtigt sind.

Vergleicht man nun ausschließlich die kognitive Leistungsfähigkeit von Schülern nach dem Sportunterricht mit Schülern nach dem Mathematikunterricht, so misst man unter Umständen nur die negative Auswirkung des Mathematikunterrichts und nicht die positive Auswirkung des Sportunterrichts. Daher ergibt sich eine weitere Fragestellung:

Fragestellung 2:

Gibt es einen Unterschied in der kognitiven Leistungsfähigkeit zwischen Schülern nach dem Sportunterricht und Schülern, die ein weniger konzentrationsintensives Fach gelehrt bekommen?

Um die spezifische Auswirkung von Sportunterricht auf die kognitive Leistungsfähigkeit zu untersuchen, sollen Schüler nach dem Sportunterricht mit weder kognitiv noch körperlich ermüdeten Schülern verglichen werden. Während die einen Schüler Sportunterricht haben, können sich die anderen Schüler körperlich und kognitiv ausruhen in einer Freistunde bzw. im Kunstunterricht (für Einzelheiten siehe Kapitel 4.2). Betrachtet man beide Fragestellungen zusammen, wird also untersucht, wie und ob sich die kognitive Leistungsfähigkeit in der anschließenden Unterrichtsstunde zwischen Schülern nach einem konzentrationsintensiven, nach einem weniger konzentrationsintensiven Fach und nach Sportunterricht unterscheidet. Ließe sich ein positiver Effekt des Sportunterrichts auf die kognitive Leistungsfähigkeit im schulischen Kontext aufweisen, so hätte dies Konsequenzen auf die bisher betriebene Bildungspolitik. Es wäre daher unter Umständen von Nachteil, weiter an Sportstunden zu kürzen; im Gegenteil: Ein erweitertes Sportangebot im Stundenplan könnte positive Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit in anderen Unterrichtsfächern haben. Sind die Schüler in der darauffolgenden Unterrichtsstunde konzentrierter als sonst, ließe sich viel effektiver unterrichten und die kostbare Zeit besser nutzen.

In der Literatur wird vielfach der positive Effekt des Sporttreibens auf die Stimmungslage beschrieben (siehe Kapitel 2). Könnte nun nach Fragestellungen 1 und 2 ein positiver Effekt des Sportunterrichts auf die anschließende kognitive Leistungsfähigkeit nachgewiesen werden, ergibt sich die Frage nach einem möglichen Mediationseffekt der momentanen Stimmungslage. Hebt Sportunterricht die momentane Stimmung direkt im Anschluss und sorgt diese höhere Stimmungslage womöglich für eine bessere kognitive Leistungsfähigkeit?

Fragestellung 3:

Unterscheidet sich die momentane Stimmungslage von Schülern direkt nach dem Sportunterricht, nach dem Mathematikunterricht bzw. nach dem Unterricht in einem weniger konzentrationintensiven Fach?

Die oben beschriebenen Hauptfragestellungen umfassen den Einfluss von akutem Sporttreiben auf die akute kognitive Leistungsfähigkeit. Dies bedeutet, die Probanden haben Sportunterricht oder auch nicht und werden direkt im Anschluss auf ihre kognitive Leistungsfähigkeit getestet. Hierbei wird weder ihr chronisches Sportverhalten (d.h. ihre habituelle sportliche Freizeitaktivität über einen längeren Zeitraum) noch ihre chronische kognitive Leistungsfähigkeit (d.h. ihre kognitive Leistungsfähigkeit über einen längeren Zeitraum, gemessen z.B. an dem Jahresendnotenschnitt) in Betracht genommen. Neben den Hauptfragestellungen im akuten Bereich, soll aber der chronische Bereich nicht außenvorgelassen werden:

Fragestellung 4:

Profitieren Schüler, die neben der Schule habituell sportlich aktiv sind, mehr von eventuellen positiven Effekten des Sportunterrichts auf die kognitive Leistungsfähigkeit in der anschließenden Unterrichtsstunde als inaktive Schüler?

Es soll untersucht werden, ob Schüler, die neben der Schule in ihrer Freizeit sportlich aktiv sind, mehr von eventuellen positiven Effekten des akuten Sporttreibens auf die kognitive Leistungsfähigkeit profitieren als inaktive Schüler. Es könnte zum Beispiel der Fall sein, dass unsportliche Schüler so unter dem Sportunterricht zu leiden haben oder so erschöpft sind, dass sie sich in der anschließenden Unterrichtsstunde viel schlechter konzentrieren können als sportlich aktive Schüler. Das bedeutet, habituelles Sporttreiben könnte den Effekt von akutem Sportunterricht auf die akute kognitive Leistungsfähigkeit verstärken, also einen Moderator-effekt auf den Einfluss der Unterrichtsstunde auf die kognitive Leistungsfähigkeit im Anschluss bewirken (Moderatorhypothese).

Ein weiterer Aspekt, der in den chronischen Bereich fällt, ist die Untersuchung des Einflusses habituellen Sporttreibens auf die chronische bzw. generelle kognitive Leistungsfähigkeit. Es stellt sich die Frage, ob Schüler, die regelmäßig in ihrer Freizeit Sport treiben, bessere Schulleistungen über das ganze Schuljahr gemittelt erbringen, als weniger sportlich aktive Schüler. Dies führt zu einer fünften Fragestellung:

Fragestellung 5:

Haben sportlich aktivere Schüler eine höhere generelle kognitive Leistungsfähigkeit – d.h. bessere Jahresendnotenschnitte - als sportlich weniger aktive Schüler?

Würde hier ein positiver Zusammenhang vorliegen, würde das die These des positiven Effekts von Schulsport noch verstärken. Das würde bedeuten, dass es nicht nur einen akuten Effekt von Sporttreiben gäbe, sondern auch einen chronischen, dass also eine gewisse Grundsportlichkeit die kognitiven Leistungen über das ganze Schuljahr gesehen beeinflussen könnte

(Haupteffekthypothese). Gerade dann sollte umso weniger auf den Schulsportunterricht verzichtet werden.

Tabelle 4-1: Effekte des akuten und chronischen Sporttreibens auf die akute und chronische kognitive Leistungsfähigkeit

	Akute kognitive Leistungsfähigkeit	Chronische kognitive Leistungsfähigkeit
Akutes Sporttreiben (Sportstunde)	gemessen durch die kognitiven Tests	nicht zu testen
Chronisches Sporttreiben (Freizeitverhalten)	gemessen durch Fragebogen und kognitive Tests	gemessen durch den Jahresendnotenschnitt

Tabelle 4-1 fasst die hier zu untersuchenden möglichen Effekte akuten bzw. chronischen Sporttreibens auf die akute bzw. chronische kognitive Leistungsfähigkeit zusammen. Der Effekt akuten Sporttreibens auf die akute kognitive Leistungsfähigkeit wird in vorliegender empirischer Untersuchung mittels kognitiver Leistungstests (siehe dazu Kapitel 4.4) untersucht. Das chronische Sporttreiben (die habituelle sportliche Freizeitaktivität) wird mittels Fragebogen ermittelt. Durch Korrelationen wird ein möglicher Effekt dieses chronischen Sporttreibens auf die akute kognitive Leistungsfähigkeit (gemessen durch die kognitiven Tests) untersucht. Es ist wenig sinnvoll, nach dem Effekt akuten Sporttreibens (hier: dem Effekt des Sportunterrichts) auf die chronische kognitive Leistungsfähigkeit zu fragen, denn eine bestimmte Schulsportstunde wird wohl kaum die kognitive Leistungsfähigkeit des Schülers über das ganze Schuljahr beeinflussen. Dahingegen könnte ein chronisches Sporttreiben (hier: habituelle sportliche Freizeitaktivität) diese generelle kognitive Leistungsfähigkeit durchaus verändern, da der sportliche Impuls kontinuierlich erfolgt. Diese generelle kognitive Leistungsfähigkeit wird anhand des Jahresendnotenschnitts bestimmter Fächer ermittelt (genauer in Kapitel 4.4).

In Fragestellung 4 wird vermutet, dass unter Umständen sportlichere Schüler mehr von den positiven Effekten des akuten Sportunterrichts profitieren könnten als unsportlichere Schüler. Des Weiteren soll untersucht werden, ob diese Effekte des Sportunterrichts Schüler jeglichen Leistungsniveaus beeinflussen, oder ob besonders schwächere Schüler, die normalerweise Konzentrationsschwierigkeiten haben, durch den vorangegangenen Sportunterricht besonders profitieren und sich besser konzentrieren können. Es könnte der Fall sein, dass gute Schüler sich immer gut konzentrieren können und daher bei ihnen ein eventueller positiver Effekt des Schulsportunterrichts somit nicht sichtbar wäre und nur bei schwächeren Schülern auftritt.

Fragestellung 6:

Profitieren Schüler mit einer schlechteren generellen kognitiven Leistungsfähigkeit – Jahresendnotenschnitt - mehr von eventuellen positiven Effekten des Sportunterrichts auf die kognitive Leistungsfähigkeit in der anschließenden Unterrichtsstunde als Schüler mit besseren schulischen Leistungen?

Die hier vorliegende empirische Untersuchung wurde an einem Gymnasium in Baden-Württemberg durchgeführt. Die Ergebnisse beziehen sich daher auf Gymnasiasten und den gymnasiellen Stundenplan. Weitere Untersuchungen an Grund-, Haupt-, und Realschulen wären von Nöten, um eine allgemeine alle Schularten übergreifende Aussage über den Effekt von Sportunterricht auf die kognitive Leistungsfähigkeit im schulischen Kontext zu machen. Es interessieren allerdings nicht nur die Verhältnisse an einem deutschen Gymnasium, sondern falls Effekte des Schulsportunterrichts auf die kognitive Leistungsfähigkeit zu verzeichnen sind, stellt sich die Frage, ob diese Effekte in anderen Kulturkreisen oder bei Schülern anderer Nationalität erhalten bleiben. Um Aussagen auf einen internationaleren Zusammenhang erweitern zu können, wurde als Untersuchungsschule ein deutsch-französisches Gymnasium gewählt mit Schülern deutscher und französischer Nationalität. Dies ergibt die Möglichkeit zu untersuchen, ob Effekte des Sporttreibens auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei Schülern über die nationalen Grenzen hinaus erhalten bleiben. Natürlich ist der Vergleich zwischen deutschen und französischen Schülern nur ein kleiner Baustein auf internationaler Ebene. Weitere Vergleiche zwischen mehreren Nationalitäten wären von Nöten, um Aussagen auf einen internationalen Kontext übertragen zu können. Allerdings ist der Vergleich zwischen deutschen und französischen Schülern schon ein kleiner Schritt in diese Richtung. Dies führt zur siebten und letzten Fragestellung dieser Untersuchung:

Fragestellung 7:

Gibt es bezüglich des Effektes des Sportunterrichts auf die kognitive Leistungsfähigkeit in der anschließenden Unterrichtsstunde kulturelle Unterschiede - d.h. treten dieselben Effekte sowohl bei deutschen als auch bei französischen Schülern auf?

Zusammenfassend sollen in dieser Untersuchung folgende sieben Fragestellungen überprüft werden:

1. Können sich Schüler nach dem Sportunterricht besser konzentrieren als Schüler nach dem Mathematikunterricht?
2. Gibt es einen Unterschied in der kognitiven Leistungsfähigkeit zwischen Schülern nach dem Sportunterricht und Schülern, die ein weniger konzentrationsintensives Fach gelehrt bekamen?
3. Unterscheidet sich die momentane Stimmungslage von Schülern direkt nach dem Sportunterricht, nach dem Mathematikunterricht bzw. nach dem Unterricht in einem weniger konzentrationsintensiven Fach?
4. Profitieren Schüler, die neben der Schule habituell sportlich aktiv sind, mehr von eventuellen positiven Effekten des Sportunterrichts auf die kognitive Leistungsfähigkeit in der anschließenden Unterrichtsstunde als inaktive Schüler?
5. Haben sportlich aktivere Schüler eine höhere generelle kognitive Leistungsfähigkeit – d.h. bessere Jahresendnotenschnitte - als sportlich weniger aktive Schüler?

6. Profitieren Schüler mit einer schlechteren generellen kognitiven Leistungsfähigkeit – Jahresendnotenschnitt - mehr von eventuellen positiven Effekten des Sportunterrichts auf die kognitive Leistungsfähigkeit in der anschließenden Unterrichtsstunde als Schüler mit besseren schulischen Leistungen?
7. Gibt es bezüglich des Effektes des Sportunterrichts auf die kognitive Leistungsfähigkeit in der anschließenden Unterrichtsstunde kulturelle Unterschiede - d.h. treten dieselben Effekte sowohl bei deutschen als auch bei französischen Schülern auf - ?

Das anschließende Kapitel stellt das Untersuchungsdesign der hier durchgeführten Studie dar, mit Hilfe derer diese Fragestellungen überprüft werden sollen.

4.2 Vorgehen und Untersuchungsdesign

Im Folgenden wird das Untersuchungsdesign vorliegender Studie vorgestellt. Es sollen die Effekte des Sportunterrichts auf die kognitive Leistungsfähigkeit im schulischen Kontext untersucht werden. Die Untersuchung gliedert sich in zwei Teile: Im ersten Teil bekommen die Schüler Unterricht. Im zweiten Teil findet für alle zu untersuchenden Schüler die Messung der kognitiven Leistungsfähigkeit statt.

4.2.1 Unterrichtsphase

In der Unterrichtsphase werden die zu untersuchenden Schüler eines Gymnasiums in drei Gruppen unterteilt. Die erste Gruppe hat Sportunterricht, die zweite Gruppe Unterricht in einem konzentrationsintensiven Fach (Mathematik) und die dritte Gruppe Unterricht in einem weniger konzentrationsintensiven Fach (Freistunde oder Kunst). Die dritte Gruppe wird eingeführt, da ein ausschließlicher Vergleich der Gruppen eins und zwei unter Umständen nur die kognitive Ermüdung des konzentrationsintensiven Fachs messen könnte, anstatt der positiven Effekte des Sportunterrichts. Im Vergleich der Gruppen eins und drei hingegen könnte ein eigenständiger positiver Effekt des Sporttreibens nachgewiesen werden. Die zu untersuchenden Schüler bekommen in der fünften Unterrichtsstunde des Untersuchungstages (11.25 Uhr bis 12.10 Uhr) Unterricht je nach ihrer Gruppenzugehörigkeit. In der anschließenden sechsten Unterrichtsstunde (12.15 Uhr bis 13.00 Uhr) wird in allen drei Gruppen die kognitive Leistungsfähigkeit mittels einer Testbatterie ermittelt (siehe Tabelle 4-2).

Tabelle 4-2: Untersuchungsdesign

	Unterricht	Messung der kognitiven Leistungsfähigkeit
Gruppe Sport	5. Unterrichtsstunde ^a	6. Unterrichtsstunde ^b
Gruppe Mathematik	5. Unterrichtsstunde	6. Unterrichtsstunde
Gruppe Kunst / Freistunde	5. Unterrichtsstunde	6. Unterrichtsstunde

^a11.25 Uhr – 12.10 Uhr; ^b12.15 Uhr – 13.00 Uhr

Um mögliche, die Konzentration beeinflussende Faktoren, wie Tageszeit, auszuschließen, finden der Unterricht der Gruppen und die Messung bei allen drei Gruppen zur gleichen Tageszeit statt. In der sechsten Stunde fällt es den Schülern am schwersten sich zu konzentrieren, daher ist zu erwarten, dass sich ein positiver Effekt durch Sporttreiben hier besonders bemerkbar macht. Der Unterricht in der fünften Stunde in den einzelnen Gruppen sah folgendermaßen aus:

Gruppe S (Sportunterricht):

Die Gruppe S durchläuft in der fünften Unterrichtsstunde ein 30-minütiges leichtes Ausdauertraining innerhalb des Schulsportunterrichts mit dem jeweiligen Sportlehrer abgesprochen. Im freien Gelände sollen die Schüler nach einer kurzen Einführung festabgesteckte Runden laufen. Die Anzahl der gelaufenen Runden wird notiert. Die Schüler bekommen vorgegeben, dass sie langsam und gemütlich joggen sollen, in einem Tempo, bei welchem man sich noch gut unterhalten kann. Sie sollen wenn möglich 30 Minuten am Stück durchlaufen. Ist ihnen dies nicht möglich, so können sie auch zwischendurch zu zügigem Gehen übergehen. Nach den abgelaufenen 30 Minuten haben die Schüler kurz Zeit, sich zu erholen, sie sollen sich danach aber sofort ohne sich umzuziehen in ein vorher reserviertes Klassenzimmer für die anschließende Messung begeben. Schüler, die am Testtag aus gesundheitlichen Gründen vom Sportunterricht befreit sind, helfen dem Sportlehrer beim Notieren der gelaufenen Runden und nehmen in der sechsten Unterrichtsstunde wie alle anderen Schüler an der Messung teil. Sie werden bei der Auswertung dann in die Kunst/Freistundengruppe mit aufgenommen. Im Sportunterricht werden alle Klassen bis auf Stufe 6 nach Geschlechtern getrennt unterrichtet. Die Untersuchungen finden daher für Jungen und Mädchen einer Klasse zu getrennten Zeitpunkten statt. Sie werden allerdings von dem gleichen Lehrer nach gleichem Protokoll durchgeführt. Auch sind die Klassengrößen im Sportunterricht nicht halbiert, da die Mädchen einer Klasse mit den Mädchen der Parallelklasse zusammen unterrichtet werden. Bei den Jungen ist dies entsprechend der Fall.

Gruppe M (Mathematikunterricht):

Die Gruppe M hat in der fünften Stunde Unterricht in Mathematik bei ihrem gewohnten Mathematiklehrer. Der Unterricht läuft wie üblich ab, es werden Themen aus dem aktuellen Lehrplan behandelt. In Absprache mit dem unterrichtenden Lehrer werden die Schüler in dieser Stunde besonders intensiv gefordert. In der darauf folgenden Stunde wird im selben Klassenzimmer die Messung von dem jeweiligen Mathematiklehrer durchgeführt. In allen bis auf eine Klasse ist dies der gleiche Lehrer, der zudem auch die meisten Sportklassen betreut.

Gruppe KF (Kunstunterricht/ Freistunde):

Die Gruppe KF soll sich kognitiv entspannen, also keine anstrengenden Denkaufgaben ausführen. Die Schüler dieser Gruppe haben in der fünften Unterrichtsstunde entweder eine Freistunde, in der sie sich unter Aufsicht eines Lehrers im Klassenzimmer entspannen und selbst beschäftigen sollen (leise Gespräche führen, lesen²⁵ oder Musik hören), oder Kunstunterricht bei ihrem jeweiligen Kunstlehrer. Es soll allerdings kein normaler Kunstunterricht stattfinden.

²⁵ Freizeitliteratur, nicht für den Unterricht gedacht.

Die Schüler werden weder mit Kunstgeschichte noch mit neuen Themen kognitiv gefordert. Sie werden angehalten, sich zu entspannen und ihre angefangenen Bilder weiterzumalen. Ansonsten können sie sich auch selbst beschäftigen, Musik hören oder sich mit ihren Mitschülern unterhalten. Daher ist ihr Verhalten dem der Schüler in der Freistunde ähnlich. Somit können diese beiden Gruppen als eine betrachtet werden. In der darauf folgenden Stunde wird die Messung vom jeweiligen Lehrer im selben Klassenzimmer durchgeführt. Die Klassen, die eine Freistunde haben, werden von dem gleichen Lehrer betreut, der auch die Mathematikklassen und die meisten Sportklassen unterrichtet. Die Kunstlehrer haben einen genauen Ablaufplan der Testphase erhalten, so dass sich alle Testleiter gleich verhalten und dadurch kein Einfluss des jeweiligen Testleiters auf die Ergebnisse zu vermuten ist.

4.2.2 *Messung der kognitiven Leistungsfähigkeit*

Nach der Unterrichtsphase findet eine fünfminütige Pause statt. Anschließend wird in der sechsten Unterrichtsstunde bei allen drei Gruppen in gleicher Weise die Messung der kognitiven Leistungsfähigkeit durchgeführt. Die Messung nimmt die gesamte sechste Unterrichtsstunde von 45 Minuten in Anspruch. Diese gliedert sich in sechs Teile:

- | | |
|---------|--|
| Teil 1: | Fragebogen zu allgemeinen Angaben der Person |
| Teil 2: | Messung der aktuellen Stimmungslage |
| Teil 3: | Kognitiver Test Nr.1 |
| Teil 4: | Fragebogen zur Sportaktivität |
| Teil 5: | Kognitiver Test Nr. 2 |
| Teil 6: | Kognitiver Test Nr.3 |

Vor den kognitiven Tests wird ein Fragebogen zu allgemeinen Angaben der Person ausgeteilt (Teil 1) und ein Test zur Messung der allgemeinen Stimmungslage durchgeführt (Teil 2). Wenn ein Effekt des akuten Sporttreibens auf die kognitive Leistungsfähigkeit gemessen werden sollte, dann stellt sich die Frage, wie dieser Effekt zustande gekommen sein könnte. In der Literatur ist beschrieben worden, dass Ausdauersport einen akuten beruhigenden Effekt hat und die positive Stimmung hebt. Dies bedeutet, dass die Schüler nach einem 30-minütigen Lauftraining über eine höhere positive Grundstimmung verfügen könnten als die Schüler der anderen beiden Gruppen. Man könnte nun argumentieren, dass diese mögliche veränderte Grundstimmung ausgelöst durch den Sportunterricht ein eventuell besseres Abschneiden der Sportgruppe gegenüber den beiden anderen Gruppen mit beeinflusst habe. Die Frage ist daher, ob Schüler nach dem Sport womöglich weniger aufgeregt und gelassener sind als Schüler der anderen beiden Gruppen, sich daher besser konzentrieren können und somit im kognitiven Test besser abschneiden. Um dies zu untersuchen, wird kurz vor dem kognitiven Test mittels eines Stimmungsbarometers der akute Aufgeregtheitsgrad bzw. die aktuelle Stimmung gemessen. Daran schließt sich die Messung der kognitiven Leistungsfähigkeit an. Es erscheint für diese Untersuchung nicht ausreichend, die kognitive Leistungsfähigkeit einmalig direkt nach dem Unterricht je nach Gruppenzugehörigkeit zu messen, da die gängigen Konzentrations-tests nur einige Minuten dauern. Eine Unterrichtsstunde dauert aber bekanntlich 45 Minu-

ten. Diese Studie soll sehr schulnah gestaltet werden, also interessiert nicht nur die Konzentrationsfähigkeit am Anfang der nächsten Unterrichtsstunde, sondern auch in der Mitte und am Ende der Stunde. Besonderes Augenmerk liegt hier auf dem Ende der Schulstunde, da erfahrungsgemäß die Konzentration gegen Ende der Schulstunde abnimmt. Es interessiert daher herauszufinden, ob Sportunterricht die Konzentrationsleistung in der darauffolgenden Stunde dauerhaft beeinflussen kann. Das bedeutet, es soll untersucht werden, ob die Konzentrationsleistung nicht nur am Anfang der anschließenden Stunde, sondern auch in der Mitte und bis zum Ende verbessert werden kann. Es könnte auch der Fall eintreten, dass die Konzentrationsleistung aufgrund der körperlichen Erschöpfung durch den Sportunterricht am Anfang der nächsten Unterrichtsstunde erst im Vergleich zu den anderen Gruppen abfällt und ein positiver Effekt erst nach einer gewissen Erholungsphase eintritt. Daher ist es Ziel dieser Untersuchung, die Konzentrationsleistung nicht nur zu Beginn sondern auch in der Mitte und am Ende der Unterrichtsstunde zu messen. Die Messung der kognitiven Leistungsfähigkeit bei allen drei Gruppen wird in drei Teile eingeteilt. Der erste Test findet zu Beginn der sechsten Stunde statt. An den ersten kognitiven Test (Teil 3) schließt sich eine kurze Erholungsphase an, in der die Probanden ihr habituelles sportliches Freizeitverhalten (d.h. die allgemeine sportliche Freizeitaktivität über einen längeren Zeitraum) mittels eines Fragebogens beschreiben sollen (Teil 4). Die beiden weiteren kognitiven Tests (Teil 5 und 6) folgen im Anschluss, wobei der komplexeste Test als letzter Test gewählt wird. Der Aufbau dieser Testbatterie wird in dieser Form gewählt, um die Testsitzung möglichst nah an eine reelle Unterrichtssituation zu gestalten. Im normalen Unterricht wechseln sich Konzentrationsphasen mit Erholungsphasen ab, wobei die Komplexität im Lauf der Unterrichtsstunde ansteigend verläuft, da ein Thema in der Regel Schritt für Schritt erarbeitet wird und am Ende der Unterrichtsstunde angewandt bzw. in einen komplexeren Zusammenhang gestellt wird. Ein positiver Effekt des Sporttreibens auf die darauffolgende Unterrichtsstunde ist nicht nur zu Beginn wünschenswert, sondern durchgehend bis zum Ende der Stunde. Des Weiteren bietet dieser Aufbau die Möglichkeit zu untersuchen, ob die Konzentrationsleistung der Sportgruppe am Anfang der Stunde nicht etwa geringer ausfällt als in den anderen Gruppen, da die Probanden körperlich noch erschöpft sind und der positive Effekt erst nach einigen Minuten erst gegen Ende der Unterrichtsstunde einsetzt. Um einen Trainingseffekt zu vermeiden, sollen unterschiedliche kognitive Tests zu verschiedenen Zeitpunkten der sechsten Stunde durchgeführt werden und nicht jedes Mal der gleiche.

4.3 Merkmale der Stichprobe

Die Untersuchungen wurden von Mai bis Juni 2008 durchgeführt. Zu der Zielpopulation der vorliegenden Studie gehören Gymnasiasten der Klassenstufen 6 bis 9. Es wurden als Stichprobe Schülerinnen und Schüler des *Deutsch-Französischen Gymnasiums* (DFG) in Freiburg gewählt. Da das DFG von deutschen und französischen Schüler besucht wird, erleichtert dies die Untersuchung eines eventuellen kulturellen Unterschiedes (Fragestellung 6).

4.3.1 Die ausgewählte Untersuchungsschule

Als Untersuchungsschule wurde ein Gymnasium im Zentrum von Freiburg mit ca. 950 Schülern, die von der 5. Klasse bis zur 12. Klasse geführt werden, ausgewählt. Die Schule wird sowohl mit dem deutschen Abitur als auch mit dem französischen Baccalauréat abgeschlossen. Das Gymnasium ist in zwei Sektionen aufgeteilt: der französischen und der deutschen. In die französische Sektion kommen Schüler von einer französischen Grundschule, meist aus Frankreich, aus dem angegliederten Internat oder aus französischen Familien aus Freiburg. In der deutschen Sektion sind Schüler aus deutschen Grundschulen, in der Regel aus Freiburg. In jeder Klassenstufe befinden sich zwei deutsche und zwei französische Klassen, so dass beide Sektionen aus etwa gleich vielen Schülern bestehen. Die Stufe 5 bildet eine Ausnahme, da die französische Sektion erst ab Klasse 6 beginnt. Somit besteht die fünfte Stufe nur aus zwei deutschen Klassen. In der Oberstufe werden alle Klassen integriert, so dass beide Sektionen sich vermischen. Der Fremdsprachenunterricht (in Französisch bzw. in Deutsch) wird in beiden Sektionen durch geteilte Klassen und Extrastunden besonders gefördert, so dass spätestens in der Oberstufe alle Schüler beide Sprachen fließend beherrschen. Aber schon in den unteren Klassen werden viele Fächer integriert unterrichtet (ab Klasse 8: Geschichte, Geographie, Geologie und Englisch; ab Klasse 6: Musik, Sport und Kunst). In den integrierten Fächern wird die Hälfte der deutschen Klasse mit einer Hälfte der französischen Partnerklasse zusammengelegt, so dass jede Klasse aus 20 bis 30 Schülern besteht. Die Zählweise der französischen Klassen geht rückwärts, damit ist die Partnerklasse der 7a die 5^e I (sprich: „cinquième un“) und der 7b die 5^e II (sprich: „cinquième deux“). Zur Stufe 8 gehören demnach die beiden deutschen Klassen 8a und 8b und die französischen Klassen 4^e I (sprich: „quatrième un“) und 4^e II etc. (siehe dazu Tabelle 4-3).

Die Datenerhebungen in der Sportgruppe und in der Kunst/Freistundengruppe werden in den integrierten Gruppen vorgenommen (d.h. Klasse 7a zusammen mit Klasse 5^e I, etc.), da diese Klassen normalerweise auch in dieser Form Sport- bzw. Kunstunterricht haben. Da Franzosen und Deutsche im Mathematikunterricht getrennt unterrichtet werden, wird die Datenerhebung in der Mathematikgruppe im Klassenverbund vorgenommen (d.h. Klasse 7a getrennt von Klasse 5^e I). Jeder Schüler kann nur einer Gruppe angehören und wird demnach nur einmal getestet. Damit es zu keinen sprachlichen Missverständnissen kommen kann, werden die Fragebögen in deutscher sowie in französischer Sprache erstellt. Die kognitiven Tests sind sprachunabhängig konzipiert (es müssen keine Texte gelesen oder formuliert werden, sondern z.B. Zeichen angestrichen werden), so dass es keine sprachlich bedingten Vorteile gibt. Es werden Schülerinnen und Schüler der Klassen 6 bis 9 untersucht. Die fünfte Klasse wird außenvorge lassen, da hier noch keine französischen Partnerklassen für eine Vergleich vorhanden sind. Da die französische Grundschule fünf Jahre dauert im Gegensatz zur vierjährigen deutschen Grundschule, kommen die französischen Schüler erst in der sechsten Klasse auf das *Deutsch-Französische Gymnasium*. Die Oberstufe (Klasse 10 bis 12) wird nicht untersucht, da das Augenmerk dieser Studie auf mögliche Effekte des Sporttreibens bei jüngeren Schülern liegt. Es interessiert besonders der Effekt des Sportunterrichts der Unter- und Mittelstufe, da bildungspolitisch besonders in diesen Klassen am Sportunterricht gespart wird. Das

Anliegen dieser Studie ist es, die Notwendigkeit eines Ausbaus des Sportunterrichts besonders in diesen Stufen aufzuzeigen. In der Oberstufe wird zwar auch nur in zwei Stunden in der Woche Sport unterrichtet, aber da der Stundenplan für die oberen Klassen aufgrund der Vorbereitung auf das Abitur derart kompakt zugeschnitten ist, wird es hier umso schwerer sein, Bildungspolitiker von einem verstärkten Sportunterricht zu überzeugen. Allerdings ist am *Deutsch-Französischen Gymnasium* im Gegensatz zu anderen Schulen Baden-Württembergs Sport verpflichtend im Abitur zu belegen, wodurch die Schüler der Oberstufe verstärkt auch in ihrer Freizeit auf diese Sportprüfung im Abitur trainieren müssen und somit der Sportunterricht in der Oberstufe einen hohen Stellenwert erlangt. Eine verpflichtende Sportprüfung im Abitur soll hier aber nicht diskutiert werden, da das Augenmerk dieser Studie in erster Linie auf der Unter- und Mittelstufe liegt.

In der sechsten Stufe werden in Sport zehn Schüler der deutschen 6a zusammen mit zehn Schülern der französischen 6^e I (sprich: „sisième un“) unterrichtet. Hier sind Mädchen und Jungen gemeinsam in einer Sportklasse. In Kunst verhält es sich ebenso mit der 6b und der 6^e II. Im Sportunterricht werden, wie an anderen Schulen auch, Schüler und Schülerinnen ab der siebten Klasse getrennt unterrichtet. Daher werden z.B. in der siebten Stufe in Sport die Mädchen der 7a zusammen mit den Mädchen der 5^e I und die Jungen der 7a zusammen mit den Jungen der 5^e I unterrichtet (siehe Tabelle 4-3). In Kunst werden zehn Schüler der 7b zusammen mit zehn Schülern der 5^e II unterrichtet, da es sich wie Sport um ein deutsch-französisches integriertes Fach handelt. Da die Daten in zwei Kunstklassen erhoben werden, kommt man insgesamt auf 20 Schüler der 7b und 20 Schüler der 5^e II. In Mathematik wird in der sechsten und siebten Stufe jeweils nur eine deutsche Klasse untersucht. Eine weitere französische Klasse kann leider nicht getestet werden, da zum Einen alle Schüler dieser Stufen schon getestet worden sind, und zum anderen, da dies die Mathematikgruppe im Gegensatz zu den beiden andern Gruppen enorm vergrößert hätte. Zum Ausgleich dazu wurde in der achten Stufe in Mathematik eine französische Klasse untersucht, so dass im Schnitt in allen drei Gruppen der Anteil an deutschen und französischen Schülern etwa gleich hoch ist (siehe dazu Tabelle 4-4). In der siebten Stufe werden alle Schüler schon entweder in der Sport- oder in der Kunstgruppe getestet. Um auch Probanden in der Mathematikgruppe zu erhalten, werden ein Jahr später die Schüler der früheren 6b (inzwischen 7b), die noch nicht getestet worden sind (es wurden lediglich neun Schüler aus dieser Klasse der Kunstgruppe zugeteilt) in die Mathematikgruppe eingeteilt. Daher ergibt sich die Nummerierung 7c mit 20 Schülern, um Verwechslungen mit der früher getesteten 7b zu vermeiden. In Sport verhält es sich in der achten Stufe entsprechend wie in der siebten Stufe. Von den Jungen der 8a sind einige krank und nicht im Unterricht gewesen, daher ergibt sich hier die geringere Schüleranzahl. Als Kunst/Freistundengruppe wird die deutsche 8b untersucht. Sie haben keinen Kunstunterricht, sondern eine Freistunde, daher wurde hier nicht integriert. Es wird hier diese rein deutsche Gruppe gewählt, um eine gleichmäßige Verteilung französischer und deutscher Schüler in Stufe 8 zu gewährleisten. Die vier französischen Schüler der Kunst/Freistundengruppe aus der 4^e II ergeben sich aus Schülern aus der Sportklasse, die aus gesundheitlichen Gründen am Sportunterricht nicht teilnehmen konnten. In der neunten Stufe verhält sich der Sport- und Kunstunterricht entsprechend wie in den unteren Klassen. In Mathematik wird aus stunden-

plantechnischen Gründen nur ein Teil der deutschen Mathematikklasse untersucht, daher wird ein Teil der französischen Mathematikklasse hinzugenommen. Ein Überblick über die Klasseneinteilungen liefert Tabelle 4-3. Zusammenfassend kann für die Kunst/Freistundengruppe gesagt werden, dass die Schüler dieser Gruppe aus der sechsten, siebten und neunten Klassenstufe Kunstunterricht hatten und die Schüler aus der achten Stufe eine Freistunde bzw. Schüler, die nicht aktiv am Sportunterricht teilnehmen konnten.

Tabelle 4-3: Überblick über die untersuchten Klassen in den einzelnen Gruppen Sport, Mathematik und Kunst/Freistunde (die jeweilige Schüleranzahl steht in Klammern)

Stufe	Gruppe Sport		Gruppe Mathematik		Gruppe Kunst / Freistunde	
	D	F	D	F	D	F
6.	6b* (10)	6 ^e II (9)	6a (28)	-	6b ^a (9)	6 ^e II (9)
7.	♀ 7a (15) ♂ 7a (11)	♀ 5 ^e I (13) ♂ 5 ^e I (8)	7c (20)	-	7b (20)	5 ^e II (20)
8.	♀ 8a (15) ♂ 8a (6)	♀ 4 ^e I (13) ♂ 4 ^e I (11)	-	4 ^e II (30)	8b (26)	4 ^e II (4)
9.	♀ 9b (13) ♂ 9b (8)	♀ 4 ^e I (12) ♂ 4 ^e I (9)	9a (7)	3 ^e I (14)	9a (14)	3 ^e I (18)
Summe Schüler	78	75	55	44	69	51
	153		99		120	

D = deutsche Klassen, F = französische Klassen, 5^e II („cinquième deux“) = Bezeichnung der franz. Klasse

^a Es wurden keine Schüler doppelt gemessen, sondern es handelt sich um jeweils andere Schüler derselben Klasse.

Die Aufnahmebedingungen für die deutschen und französischen Klassen unterscheiden sich deutlich. In jeder Sektion werden 60 Schüler aufgenommen. Mit einer Obergrenze pro Klasse von 30 Schülern ergeben sich somit zwei deutsche Klassen und zwei französische Klassen pro Stufe mit insgesamt 120 Schülern. Da aber besonders bei den deutschen Schülern in der fünften Stufe ein großer Andrang herrscht, sind die deutschen Klassen stärker selektiert (nach Notendurchschnitt des Grundschulzeugnisses) als die französischen. Bei den französischen Klassen gibt es nicht so viele Bewerber für die sechste Stufe, daher können sich die schulischen Leistungen im französischen von denen des deutschen Zugs unterscheiden. Aus diesem Grunde sollte in allen drei Gruppen etwa die gleiche Anzahl deutscher und französischer Schüler vertreten sein.

4.3.2 Soziodemographie der Stichprobe

Insgesamt werden Daten von 372 Schülern erhoben. 153 Probanden sind in der Sportgruppe, 99 in der Mathematikgruppe und 120 in der Kunst/Freistundengruppe (davon hatten 26 Schüler eine Freistunde). Die soziodemographischen Variablen der Baseline Erhebung in den drei Stichproben sind der Tabelle 4-4 zu entnehmen.

Tabelle 4-4: Baseline-Soziodemographie der Stichproben

	Gesamt- stich- probe	Sport- gruppe	Mathematik- gruppe	Kunst/ Freistunden gruppe	F	df	χ^2	p
Geschlecht (%)								
weiblich	57.53	59.48	52.53	59.17		2	1.82	.402
männlich	42.47	40.52	47.47	40.83				
Nationalität (%)								
deutsch	55.65	50.98	55.56	61.67		2	3.22	.211
französisch	44.35	49.02	44.44	38.33				
Alter								
M	13.25	13.42	12.87	13.34	5.55	(2; 370)		.004
SD	1.35	1.37	1.34	1.29				
Spanne	10 – 16	10-16	11-16	11-16				
Jahresnotenschnitt von D, Ma, F								
M	7.48 ^a	7.49 ^a	7.41 ^a	7.56 ^a	0.76	(2; 351)		.467
SD	.83	1.02	.88	.92				
Spanne	5.00-10.00	5.00-10.00	5.67-9.33	5.67-9.67				
Sportnote								
M	8.18 ^a	8.24 ^a	8.21 ^a	8.09 ^a	1.02	(2; 360)		.363
SD	.89	.86	.97	.85				
Spanne	5 – 10	6-10	5-10	6-10				
Aktivitätswert								
M	3.34	3.17	3.25	3.64	1.18	(2; 369)		.309
SD	2.61	2.37	2.47	3.00				
Spanne	0 – 10	0 - 10	0 – 10	0 – 10				
Kognitive Ermüdung ^b								
M	8.30	8.12	7.94	8.80	2.49	(2; 369)		.084
SD	3.14	4.25	1.44	2.34				
Spanne	5 - 12	5 - 12	5 - 9	5 - 12				

M=Mittelwert, SD=Standardabweichung

^a Noten nach dem Deutsch-Französischen System, siehe Tabelle 4-5 in Kapitel 4.3.3, D=Deutsch, Ma=Mathematik, F=Französisch.

^b Eine genaue Erklärung zur Errechnung dieses Wertes findet sich in Kapitel 4.3.4 *Kognitive Ermüdung*.

Generell ist der Anteil der Mädchen höher als der der Jungen. Dies liegt an einem höheren Mädchenanteil an Gymnasien. Aber in den drei Gruppen ist dieser Anteil gleich verteilt ($\chi^2=1.82$, $df=2$, $p=.402$). Die Verteilung deutscher und französischer Schüler ist in allen drei Gruppen ausgeglichen ($\chi^2=3.22$, $df=2$, $p=.211$). Eine univariate Varianzanalyse ergibt lediglich für die Variable Alter einen signifikanten Unterschied zwischen den drei Gruppen ($F(2,370)=5.55$, $p=.004$). Daher wird später bezüglich des Alters eine differentielle Ergebnisanalyse durchgeführt werden. In allen anderen soziodemographischen Werten unterscheiden sich die drei Gruppen nicht voneinander. Bezüglich des Jahresendnotenschnitts ist zu bemerken, dass zum Zeitpunkt der Messung für die 18 Schüler der französischen 6eII („sisième deux“) Klasse noch keine Jahresendnoten vorlagen, da die französischen Schüler das *Deutsch-Französische Gymnasium* in der 5. Klasse noch nicht besuchen, sondern erst in der 6. Klasse (also in der „sisième“) kommen. In der Mathematikgruppe sind weniger Probanden,

doch die jeweiligen Verhältnisse unterscheiden sind nicht von denen der anderen Gruppen. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die Grundvoraussetzungen sich in allen drei Gruppen ähneln, und sich die Gruppen nur in der beeinflussenden Variable des Unterrichts in der fünften Stunde unterscheiden.

4.3.3 Das Notensystem am Deutsch-Französischen Gymnasium

Das Notensystem am *Deutsch-Französischen Gymnasium* (DFG) ist anders als an deutschen Schulen. Es ist eine Mischung aus dem deutschen und dem französischen System. Für die Bewertung von Schülerleistungen existiert eine Notenskala von 1 bis 10, wobei 10 die beste und 1 die schlechteste Note ist. Mit einer 6 hat man bestanden. Für eine Übersicht des Umrechnungsschemas auf deutsche Noten siehe Tabelle 4-5.

Tabelle 4-5: Notenumrechnungen des *Deutsch-Französischen Gymnasiums* (DFG) auf das deutsche Notensystem

Note am DFG	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Note in Deutschland	1+	1	2	3	4	5	6	6	6	6

Durch dieses besondere Notensystem ergeben sich die ungewohnt hohen Werte für die Sportnoten und den Jahresendnotenschnitt. Eine 8.5 entspricht somit einer 1.5 in Deutschland, und eine 8.2 entspricht einer 1.8. Schlechtere Schüler werden durch das Notensystem am DFG benachteiligt, da sie nicht wie im deutschen System schlimmstenfalls eine 6 bekommen können, die mit einer deutschen 2 zu einer „ausreichenden“ 4 ausgeglichen werden kann, sondern neben der 4 auch noch weiter abfallen können mit einer 3, 2 oder sogar einer 1. Eine 2 am DFG kann nur mit einer 10 zu einer „ausreichenden“ 6 ausgeglichen werden. Dafür haben die Schüler durch die Note 10 die Gelegenheit, Überpunkte gegenüber deutschen Schulen (1+) zu sammeln.

4.3.4 Kognitive Ermüdung

Bei allen drei Gruppen wird der kognitive Test in der sechsten Unterrichtsstunde (12.15 Uhr bis 13.00 Uhr) durchgeführt. In der fünften Unterrichtsstunde (11.25 Uhr bis 12.10 Uhr) wird je nach Gruppenzugehörigkeit Sport, Mathematik oder Kunst (bzw. Freistunde) unterrichtet. Alle Schüler haben daher in der Regel schon vier Stunden Unterricht gehabt und sind dementsprechend schon zu einem gewissen Grad kognitiv ermüdet. Um sicher zu gehen, dass alle Probanden der drei zu untersuchenden Gruppen zu einem gleichen Grad kognitiv ermüdet sind, wird in jeder Gruppe untersucht, welche Fächer an diesem Vormittag unterrichtet worden sind. In jeder Klasse wird der Unterricht von Unterrichtsstunde eins bis vier notiert. Jedes Fach erhält eine bestimmte Ermüdungsziffer (Hauptfächer 3, Naturwissenschaftliche Nebenfächer 2 und sonstige Nebenfächer Ziffer 1, Freistunde 0). Diese Ziffern sind in Tabelle 4-6 dargestellt. Keine Klasse hat in den ersten vier Unterrichtsstunden Sport gehabt, da dies die spätere Messung beeinflussen könnte.

Tabelle 4-6: Unterrichtsfächer mit zugeordneten Ermüdungsziffern (M = Mathematik, D = Deutsch, F = Französisch, E = Englisch, Ch = Chemie, Phy = Physik, Bio = Biologie, Gk = Gemeinschaftskunde, Gs = Geschichte, Ek = Erdkunde, Reli = Religion, Mu = Musik, Ku = Kunst, frei = Freistunde mit Aufsicht eines Lehrers).

Fach	M	D	F	E	Ch	Phy	Bio	Gk	Gs	Ek	Reli	Mu	Ku	Frei
Ermüdungsziffer	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	0

Jeder Proband erhält somit eine kognitive Ermüdungsziffer addiert aus den vorigen vier Unterrichtsstunden. Hat eine zu testende Gruppe z.B. in der ersten und zweiten Stunde Englisch, in der dritten Stunde Physik und in der vierten Stunde Geschichte, so errechnet sich für diese Gruppe eine Ermüdungszahl von $3+3+2+1=9$. Dies ist selbstverständlich nur eine grobe Erfassung der kognitiven Ermüdung, da eine Physikstunde je nach Stoff einmal mehr und einmal weniger ermüdend sein kann. Auch kann man nicht pauschal sagen, dass eine Musikstunde mit der Ziffer 1 immer halb so anstrengend ist, wie eine Physikstunde mit der Ziffer 2. Diese Errechnung soll in erster Linie gewährleisten, dass keine Gruppe besonders erholt ist im Gegensatz zu einer anderen Gruppe, da diese Probanden beispielsweise alle zwei Freistunden und zwei Stunden Musik gehabt haben. Es soll somit gewährleistet werden, dass in allen drei Gruppen die kognitive Ermüdung ausgeglichen ist. Tabelle 4-4 zeigt, dass sich die drei Untersuchungsgruppen Mathematik, Sport und Kunst/Freistunde nicht bezüglich der kognitiven Ermüdung der Schüler unterscheiden ($F(2,369)=2.49$, $p=.084$). Es wird davon abgesehen, einen weiteren kognitiven Test vor der Intervention in der fünften Stunde durchzuführen, da dies unter Umständen einen Trainingseffekt haben könnte. Auch wäre dies stundenplantechnisch nicht durchführbar gewesen.

4.4 Messinstrumente

In diesem Kapitel werden die in vorliegender Studie verwendeten Messinstrumente vorgestellt. Die psychometrischen Kennwerte dieser Messinstrumente folgen in Kapitel 4.5. Der bei allen drei Gruppen in der fünften Unterrichtsstunde durchgeführte Unterricht unterscheidet sich je nach Gruppenzugehörigkeit (Sport, Mathematik oder Kunst/Freistunde). Die in der sechsten Unterrichtsstunde durchgeführte Messung läuft bei allen drei Gruppen nach dem gleichen Schema ab. Diese 45-minütige Sitzung gliedert sich wie bereits in Kapitel 4.2.2 erwähnt wie folgt auf:

- Teil 1: Fragebogen zu allgemeinen Angaben der Person
- Teil 2: Messung der aktuellen Stimmungslage: PANAS-Stimmungsbarometer
- Teil 3: Kognitiver Test Nr.1: d2-Aufmerksamkeits- und Belastungstest
- Teil 4: Fragebogen zur Sportaktivität
- Teil 5: Kognitiver Test Nr. 2: Zahlen-Verbindungs-Test
- Teil 6: Kognitiver Test Nr.3: Frankfurter Aufmerksamkeits-Inventar

Kognitive Leistungsfähigkeit wird durch kognitive Tests gemessen, die sich unterteilen lassen in Konzentrations- und Schul-/Intelligenztests. Da in dieser Studie nicht das Augenmerk auf die Intelligenz der Schüler, sondern auf die akute Aufmerksamkeit gelenkt werden soll, emp-

fehlen sich hier Konzentrationstests. Konzentrationsfähigkeit ist ein Indikator für kognitive Leistungsfähigkeit. Brickenkamp und Karl (1986) liefern folgende bereits in Kapitel 3.1 genannte Definition der Konzentration: Konzentration ist „eine leistungsbezogene, kontinuierliche und fokussierende Reizselektion, die Fähigkeit eines Individuums, sich bestimmten (aufgaben-) relevanten internen oder externen Reizen selektiv, d.h. unter Abschirmung gegenüber irrelevanter Stimuli, ununterbrochen zuzuwenden und diese schnell und korrekt zu analysieren“ (S. 6). Die meisten Konzentrationstests sind nur von kurzer Dauer (5-10 min), daher und um die Konzentrationsfähigkeit zu Beginn, in der Mitte und am Ende der darauffolgenden Unterrichtsstunde zu messen, wird die Messung der Konzentrationsfähigkeit in drei Teile geteilt. Die Testbatterie besteht aus folgenden drei kognitiven Tests: dem d2 Aufmerksamkeits- und Belastungstest (Kognitiver Test Nr. 1), dem Zahlen-Verbindungs-Test (ZVT) (Kognitiver Test Nr. 2) und dem Frankfurter-Aufmerksamkeits-Inventar (FAIR) (Kognitiver Test Nr. 3). Sowohl die Fragebögen als auch die kognitiven Tests werden in deutscher und französischer Sprache zur Verfügung gestellt. Die Schüler können selbstständig die ihnen leichter verständliche Variante wählen. In den folgenden Unterkapiteln werden die sechs Teile der 45-minütigen Messung genauer erläutert:

4.4.1 Fragebogen zu allgemeinen Angaben der Person

Der erste Teil des Fragebogens umfasst allgemeine Angaben der Person (Name, Vorname, Klasse, Alter, Geburtsdatum, Geschlecht), um eine möglichst genaue Beschreibung der Stichprobe vornehmen zu können. Anschließend müssen die Schüler ankreuzen, ob ihre Muttersprache Deutsch oder Französisch ist. Teilweise kann hier noch eine weitere Muttersprache ergänzt werden (z.B. Englisch oder Türkisch). Dies wird aber bei der Auswertung nicht berücksichtigt.

4.4.2 PANAS-Stimmungsbarometer

Die aktuelle Stimmungslage könnte ein möglicher beeinflussender Faktor der kognitiven Leistungsfähigkeit in der sechsten Unterrichtsstunde sein. Ein möglicher Unterschied in der momentanen Stimmungslage zwischen den drei Untersuchungsgruppen könnte durch den unterschiedlichen Unterricht je nach Gruppenzugehörigkeit in der fünften Unterrichtsstunde hervorgerufen werden. Um dies zu untersuchen, wird kurz vor dem kognitiven Test mittels eines Stimmungsbarometers der akute Aufregungsgrad bzw. die aktuelle Stimmung gemessen. Hierfür eignet sich das von Watson und Clark (1988) entwickelte PANAS-Stimmungsbarometer. Krohne, Egloff, Kohlmann und Tausch (1996) haben diese englische Version für den deutschen Gebrauch angepasst und getestet (Abbildung 4-1). Die aktuelle Stimmungslage wird direkt nach dem Unterricht je nach Gruppenzugehörigkeit gemessen. Gleich nachdem die Schüler in ihrem eigenen Tempo den Fragebogen zu allgemeinen Angaben der Person ausgefüllt haben, gehen sie zum PANAS-Stimmungsbarometer über. Bislang sind von der sechsten Unterrichtsstunde etwa zwei bis drei Minuten vergangen.

Wie fühlst du dich jetzt im Moment?

	gar nicht	ein bisschen	einiger- maßen	erheblich	äußerst
Aktiv	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bekümmert	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Interessiert	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Freudig erregt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Verärgert	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Schuldig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Erschrocken	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Stark	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Angeregt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Feindselig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gereizt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Stolz	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Begeistert	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wach	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Beschämt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Entschlossen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nervös	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Durcheinander	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ängstlich	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aufmerksam	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abbildung 4-1: Messung der momentanen Stimmungslage

Es handelt sich um zehn positive (aktiv, interessiert, freudig erregt, stark, angeregt, stolz, begeistert, wach, entschlossen und aufmerksam²⁶) und zehn negative Stimmungsadjektive (bekümmert, verärgert, schuldig, erschrocken, feindselig, gereizt, beschämt, nervös, durcheinander und ängstlich²⁷), die unterschiedlich gewichtet werden (gar nicht, ein bisschen, einigermaßen, erheblich und äußerst²⁸). Für die französische Testversion ist die deutsche Vorlage von einer französischen Muttersprachlerin, die perfekt Deutsch spricht und schon lange in

²⁶ In der französischen Version: plein d'énergie, intéressé, content, fort, exité, fier, enthousiaste, éveillé, décidé inattentif.

²⁷ In der französischen Version: soucieux, énervé, coupable, effrayé, réticent, agressif, honteux, nerveux, confus und craintif.

²⁸ In der französischen Version: pas du tout, un peu, plus ou moins, beaucoup und extrêmement.

Deutschland lebt, übersetzt worden. Diese positiven und negativen Adjektive werden in zufällig durchmischter Reihenfolge angegeben. Für jedes Adjektiv ist von dem Probanden ein Kreuz bei entweder „gar nicht“, „ein bisschen“, „einigermaßen“, „erheblich“ oder „äußerst“ zu setzen. Die Instruktion lautet: „Wie fühlst du dich im Moment?“²⁹. Es wird diese Formulierung gewählt, da die momentane Stimmungslage des Probanden von Interesse ist. Die Schüler sollen diesen Fragebogen Adjektiv für Adjektiv zügig hintereinander bearbeiten, ohne darüber nachzudenken. Sie sollen die Gewichtung ankreuzen, die ihnen spontan am zutreffendsten erscheint.

4.4.3 d2-Aufmerksamkeits- und Belastungstest

Als erster kognitiver Leistungstest wird der d2-Aufmerksamkeits- und Belastungstest (Brickenkamp, 1970, 2002) gewählt. Er wird zu Beginn der sechsten Unterrichtsstunde durchgeführt, sobald alle Schüler das PANAS-Stimmungsbarometer ausgefüllt haben. Bis der Testleiter mit der Erklärung des d2-Tests beginnen kann sind etwa fünf Minuten vergangen. Der d2-Test ist einer der gebräuchlichsten Konzentrationstests. Er „verlangt eine auf externe visuelle Reize bezogene Konzentrationsleistung“ (Brickenkamp, 2002, S. 6). Nach der Definition von Rützel (1977, S. 49) „Aufmerksamkeit ist Selektion“ kann der d2-Test als Aufmerksamkeitstest bezeichnet werden. Der Test besteht aus 14 Zeilen mit je 47 Zeichen. Diese Zeichen bestehen entweder aus einem p oder einem d mit jeweils keinem, einem oder zwei Strichen oben oder unten. Die Aufgabe besteht darin, möglichst häufig den Buchstaben d mit zwei Strichen durchzustreichen (Abbildung 4-3). Die anderen Zeichen sind zu ignorieren. Für jede Zeile hat man 20 Sekunden Zeit und muss auf ein Signal des Testleiters („Stopp. Nächste Zeile.“) sofort zur nächsten Zeile übergehen. Dabei ist immer von links nach rechts vorzugehen, ohne innerhalb der Zeile nach vorne zu springen und mehrere Zeichen auszulassen. Es ist ein leicht zu führender Stift zu verwenden, möglichst ein Bleistift, kein Füller. Die Probanden werden angewiesen, so schnell wie möglich mit möglichst wenigen Fehlern zu arbeiten. Werden Fehler gemacht, sind diese zu ignorieren. Anstatt einer Korrektur soll schnell weiter gearbeitet werden. Der Testleiter stoppt die Zeit. Dieser Test ist für Personen zwischen neun und 59 Jahren konzipiert. Die reine Testdurchführung dauert fünf Minuten, mit Erklärungen und Beispielen etwas länger. Dem eigentlichen Test wird eine Seite mit einer Einführung und Übungsbeispielen vorgeschaltet (Abbildung 4-3). Erst auf ein Zeichen des Testleiters darf zum eigentlichen Test umgeblättert werden, damit alle Probanden exakt die gleiche Zeit zur Verfügung haben. Ein Formblatt des eigentlichen Tests, sowie dessen französische Versionen befinden sich im Anhang.

²⁹ In der französischen Version: „Comment te sens-tu en ce moment?“

Teil 3: d mit 2 Strichen (d2)

Dies ist ein Test zur Konzentrationsfähigkeit. Keine Angst, er wird weder benotet, noch anderen Lehrern gezeigt.
Auf der nächsten Seite sind lauter d's und p's abgebildet.
Du sollst alle **d's mit 2 Strichen** anstreichen, keine anderen Symbole!

Du sollst also folgende Zeichen anstreichen:

" d	d "	d "
-----	-----	-----

Hast du noch Fragen? Es ist ganz wichtig, dass du alles verstanden hast. Wenn noch etwas unklar ist, dann frage bitte jetzt.

Bevor der richtige Test losgeht, hast du hier erst einmal Gelegenheit zu üben:

Übung:

" d	" p	d "	d "	" d	d "	" p	d "	d "	p "	d "	" d	d "	d "	p "	" p	d "	" d
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

So, jetzt geht es gleich los. Konntest du die Übung gut lösen? Hast du noch Fragen???

Arbeite möglichst ohne Fehler, aber so schnell du kannst!

Bitte noch nicht umblättern! Erst das Startzeichen abwarten!

Abbildung 4-2: Arbeitsanweisung für den d2-Aufmerksamkeits- und Belastungstest

4.4.4 Fragebogen zur Sportaktivität

Als Entspannungsphase wird nach dem d2-Test ein Fragebogen zur Sportaktivität eingeschaltet. Dieser wurde vom Autor vorliegender Studie erstellt. Bislang sind von der sechsten Unterrichtsstunde etwa 15 Minuten vergangen. Eine wichtige Variable der vorliegenden Studie ist die Ausprägung der habituellen sportlichen Aktivität. Diese wird durch den dritten Teil des Messbogens „Sportaktivität“ erfasst. Die Probanden werden gefragt, ob sie Mitglied in einem Sportverein sind. Wenn sie mit „ja“ antworten, sollen sie ausführen, welche Sportart sie in diesem Verein betreiben, wie häufig (in Minuten pro Woche) und ob sie am Wochenende Wettkämpfe betreiben (in Minuten pro Monat). Des Weiteren werden die Schüler befragt, ob sie außerhalb des Schul- und Vereinssports in ihrer Freizeit Sport betreiben. Im positiven Falle sind die Art der Sportart und die Dauer (in Minuten pro Woche) anzugeben. Anschließend wird gefragt, ob die Probanden mit dem Fahrrad zur Schule fahren, wie viele Monate im Jahr sie dies tun und wie viele Minuten pro Woche sie im Schnitt dafür benötigen (Abbildung 4-3).

a) Bist du Mitglied in einem Sportverein/Fitnessstudio ?

ja nein

b) Falls du mit ja geantwortet hast, welche Sportart betreibst du im Verein und wie oft?

1. _____ mal pro Woche für jeweils Minuten.
2. _____ mal pro Woche für jeweils Minuten.
3. _____ mal pro Woche für jeweils Minuten.

c) Hast du am Wochenende Wettkämpfe ?

ja nein

d) Falls du mit ja geantwortet hast, wie oft und in welcher Sportart hast du Wettkämpfe?

1. _____ mal im Monat für Minuten.
2. _____ mal im Monat für Minuten.

e) Betreibst du außerhalb des Schulsports und eines Vereins Sport (z.B. joggen, AGs)?

ja nein

1. _____ mal die Woche für jeweils Minuten.
2. _____ mal die Woche für jeweils Minuten.
3. _____ Tage im Jahr für jeweils Stunden.
4. _____ Tage im Jahr für jeweils Stunden.

f) Fährst du mit dem Fahrrad in die Schule?

ja, an etwa Monaten im Jahr nein

g) Falls du mit ja geantwortet hast, wie viele Minuten brauchst du für Hin- und Rückweg zusammen?

mal die Woche Minuten

h) Wie sehr strengst du dich in der Regel beim Sport (privat und in der Schule an)?

ohne zu schwitzen und ohne Kurzatmigkeit
 etwas schwitzen und etwas Kurzatmigkeit
 viel schwitzen und Kurzatmigkeit

i) Hast du in diesem Trimester mehr als zweimal nicht am Sportunterricht teilgenommen?

ja nein

j) Falls du mit ja geantwortet hast, dann erkläre doch bitte kurz warum:

Abbildung 4-3: Fragebogen zur Sportaktivität

Es wird nicht nach Schulsport gefragt, da alle Klassen zwei Schulstunden pro Woche Sport haben. Allerdings müssen die Schüler angeben, ob sie in dem aktuellen Trimester (4 Monate) mehr als zweimal nicht am Sportunterricht teilgenommen haben und eventuelle Gründe angeben. Die sportlichen Aktivitäten sollen im Schnitt über das Jahr betrachtet angegeben werden. Wenn Sportarten saisonbedingt nur ein Halbjahr betrieben werden, soll die Hälfte der Zeit einberechnet werden. Außerdem muss angegeben werden, mit welcher Intensität Sport getrieben wird. Auf die Frage „Wie sehr strengst du dich in der Regel beim Sport (privat und in der Schule) an?“ ist zwischen folgenden drei Intensitäten auszuwählen: 1. ohne zu schwitzen und ohne Kurzatmigkeit, 2. etwas schwitzen und etwas Kurzatmigkeit und 3. viel schwitzen und Kurzatmigkeit³⁰.

4.4.5 Zahlen-Verbindungs-Test (ZVT)

Sobald alle Schüler den Fragebogen zur Sportaktivität vollständig ausgefüllt haben, beginnt der Testleiter mit der Erklärung des zweiten kognitiven Tests, des Zahlen-Verbindungs-Tests (kurz: ZVT; Oswald & Roth, 1987). Bislang sind etwa 20 bis 25 Minuten der sechsten Unterrichtsstunde vergangen, daher findet der ZVT ziemlich genau in der Mitte dieser Unterrichtsstunde statt. Der ZVT ist ein spezifischer Test zur Messung der „kognitiven Leistungsgeschwindigkeit“ und besteht aus vier Zahlenmatrizen mit je 90 Zeichen. Er ist somit kein klassischer Konzentrationstest wie die beiden anderen Tests. Die Testteilnehmer werden angewiesen, die Zahlen in aufsteigender Reihenfolge beginnend bei der 1 zu verbinden (die 1 mit der 2, weiter zur 3, etc.). Auch bei diesem Test ist ein leicht zu führender Stift zu gebrauchen und kein Füller. Die Schüler sollen sich gerade hinsetzen, beide Beine nebeneinander stellen, sich lockern und konzentrieren. Auf ein gemeinsames Signal wird bei der 1 gestartet. Es soll so schnell wie möglich gearbeitet werden. Nach 30 Sekunden wird auf ein Signal des Testleiters („Stopp. Bitte umblättern.“) sofort zur nächsten Matrize umgeblättert und wieder bei der 1 begonnen. Ziel ist es, so viele Zahlen wie möglich zu verbinden. Die nächste zu verbindende Zahl befindet sich immer in der unmittelbaren Umgebung der Vorgängerzahl.

Dieser Test ist für Probanden zwischen acht und 60 Jahren konzipiert. Für Personen höheren Lebensalters (55 bis 96 Jahren) existiert eine spezielle Version (ZVT-G). Der ZVT kann als Gruppenversuch (hierfür existieren Normwerte für Altersgruppen zwischen acht und sechzehn Jahren) oder als Einzelversuch (hierfür existieren Normwerte für Altersgruppen zwischen acht und 60 Jahren) durchgeführt werden. In der vorliegenden Untersuchung empfiehlt sich der Gruppenversuch. Im Gruppenversuch dauert der reine Test 4 x 30 Sekunden = 2 Minuten. Auch hier wird dem Test eine Erklärung mit Testbeispielen vorgeschaltet (siehe dazu Abbildung 4-4). Der eigentliche Test und die französische Erklärung befinden sich im Anhang. Sowohl beim d2 als auch beim ZVT ist der reine Test (abgesehen von der Erklärung) sprachunabhängig und daher für französische und deutsche Schüler identisch.

³⁰ In der französischen Version : « Dans quelle mesure t'investis-tu en sport à l'école ou en dehors? » 1. je ne transpire pas et je ne suis pas essoufflé, 2. Je transpire un peu et je suis un peu essoufflé, 3. Je transpire beaucoup et je suis essoufflé.

Teil 5: Zahlenverbindungstest

Die ersten Aufgaben hast du schon super gelöst!
Dann wird dies jetzt auch kein Problem für dich sein:

Aufgabe: Verbinde die Zahlen in fortlaufender Folge:
1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 usw....



Bevor der richtige Test losgeht, hast du hier erst einmal Gelegenheit zu üben:

Übungsaufgabe 1:

ANFANG				
1	2	4	5	6
19	20	3	7	9
ENDE				
18	16	13	10	8
17	14	15	12	11

So, jetzt geht es gleich los. Konntest du die beiden Übungen gut lösen? Hast du noch Fragen???

Arbeite möglichst ohne Fehler, aber so schnell du kannst!

Bitte noch nicht umblättern! Erst das Startzeichen abwarten!

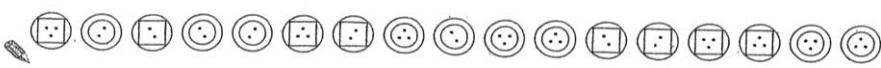
Abbildung 4-4: Arbeitsanweisung für den Zahlen-Verbindungs-Test (ZVT)

4.4.6 Frankfurter Aufmerksamkeits-Inventar (FAIR)

Sobald der Zahlen-Verbindungs-Test abgeschlossen wurde, kann der Testleiter mit der Erklärung des dritten Tests, des Frankfurter Aufmerksamkeits-Inventars (kurz: FAIR; Moosbrugger & Oehlschlägel, 1996), beginnen. Bislang sind etwa 30 Minuten der sechsten Unterrichtsstunde vergangen und es bleiben etwa noch 15 Minuten Zeit. Da der FAIR der komplexeste der drei Tests ist, wird für seine Durchführung etwas länger benötigt. Die Erklärung dauert hier etwas länger. Dem Testleiter steht dafür eine Overheadfolie zur Verfügung (Abbildung 4-5). Auch das Frankfurter Aufmerksamkeits-Inventar ist ein sprachunabhängiger Konzentrationstest, da geometrische Formen zu markieren sind. Daher ist auch hier der eigentliche Test in der deutschen und französischen Version identisch. Die Probanden müssen zwei Testbögen mit jeweils 320 Items in jeweils drei Minuten bearbeiten. Auf ein Signal des Testleiters („Stopp. Bitte umblättern.“) wird nach drei Minuten zum zweiten Bogen umgeblättert. Die

Testitems bestehen aus Kreisen und Quadraten mit zwei oder drei Punkten in der Mitte. Aufgabe ist es, eine Linie unterhalb jeder Zeile mit Items zu ziehen und alle Kreise mit drei Punkten und alle Quadrate mit zwei Punkten zu kennzeichnen, indem von der Linie aus ein Zacken in das betreffende Zeichen gezogen wird. Da diese Testanweisung etwas komplizierter ist, werden einige Beispiele vom Testleiter auf Overheadfolie erklärt (Abbildung 4-5).

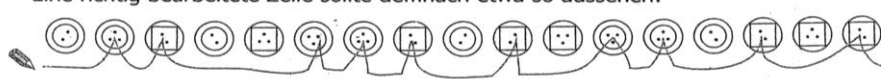
Eine unbearbeitete Zeile sieht so aus:




Hier sollen nun folgende Zeichen angestrichen werden:


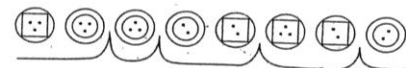
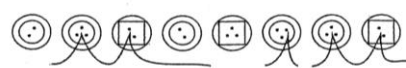

Ein **Kreis mit 3 Punkten**
oder ein **Quadrat mit 2 Punkten**

RICHTIG:
Eine richtig bearbeitete Zeile sollte demnach etwa so aussehen:



1. Die Linie soll deutlich unter den Zeichen verlaufen.
2. Die Zacken sollen deutlich in die Zeichen hineinragen.
3. Die Linie muss immer bei  beginnen und durchgehend bis zum letzten Zeichen verlaufen.

FALSCH:

1. Zacken nicht erkennbar 
2. Zacken daneben 
3. Linie unterbrochen und unvollständig 
4. Bearbeitung nachgebessert 

Übungszeile: Arbeitet so schnell ihr könnt, aber möglichst ohne Fehler.



Abbildung 4-5: Overheadfolie mit Instruktionen für das Frankfurter Aufmerksamkeits-Inventar



Auf der Overheadfolie werden auch falsche Beispiele gezeigt, die angeben, wie der Testbogen nicht ausgefüllt werden soll. Der Test ist für Probanden jeglichen Alters konzipiert worden und dauert in der reinen Durchführung 2 x 3 Minuten = 6 Minuten. Da dieser Test einer ausführlichen Erklärung bedarf, dauert er entsprechend länger. Dieser Test wird als letzter der Batterie gewählt (Teil 5), da die Schüler nun durch zwei Tests schon an das Messverfahren gewöhnt sind und sich daher mit diesem komplexeren Test leichter tun. Auch ähnelt so die

Testbatterie eher einem Unterrichtsablauf, da auch im Unterricht die Komplexität eines Themas zunimmt.

Teil 6: Konzentrationstest
























Die ersten Aufgaben hast du schon super gelöst!
Dann wird dies jetzt auch kein Problem für dich sein:
Deine Aufgabe wird darin bestehen, in einer Liste von runden Zeichen jene zu finden, welche innen entweder einen

„Kreis mit 3 Punkten“  bzw.  oder ein
























„Quadrat mit 2 Punkten“  bzw.  zeigen.

Hast du noch Fragen? Es ist ganz wichtig, dass du alles verstanden hast.
Wenn noch etwas unklar ist, dann frage bitte jetzt.
Bevor der richtige Test losgeht, hast du hier erst einmal Gelegenheit zu üben:

Übung 1:

Übung 2:

So, jetzt geht es gleich los. Konntest du die beiden Übungen gut lösen?
Hast du noch Fragen???

Arbeite möglichst ohne Fehler, aber so schnell du kannst!
Bitte noch nicht umblättern! Erst das Startzeichen abwarten!

Abbildung 4-6: Arbeitsanweisung für das Frankfurter Aufmerksamkeits-Inventar (FAIR)

Obwohl die reine Durchführung der drei Tests von kurzer Dauer ist, wird für die Erklärungen, Beispiele, den Stimmungsfragebogen und den Fragebogen zur Sportaktivität die gesamte Unterrichtsstunde von 45 Minuten benötigt. Jeder Testleiter hat eine genaue Instruktionssbeschreibung mit schon fertig ausformulierten Anweisungen für die Probanden. Somit wird sichergestellt, dass alle Probanden gleich instruiert werden und nicht einige durch Äußerungen des Testleiters stärker motiviert werden.

4.5 Psychologische Merkmale

In diesem Kapitel wird die Auswertung der kognitiven Tests und Fragebögen beschrieben. Für jeden Test werden separat die ermittelten Parameter dargestellt und am Ende der Umgang mit fehlenden Daten erklärt. Direkt nach der Messung in der sechsten Unterrichtsstunde werden in allen Gruppen alle Testbögen vom Testleiter eingesammelt. Dann beginnt die Auswertung. Die erhobenen Daten werden in Excel-Tabellen gespeichert. Für die kognitiven Tests existieren Lösungsschablonen, mit Hilfe derer schnell erkannt werden kann, ob der Proband einen Fehler gemacht hat und wie viele Zeichen er bearbeitet hat. Dies ermöglicht das Erfassen einer Reihe Parameter. Nicht alle dieser Parameter eignen sich gleichermaßen für die vorliegende Untersuchung. Dieser Abschnitt stellt die wichtigsten zu messenden Variablen vor.

4.5.1 PANAS-Stimmungsbarometer

Wie in Kapitel 4.4.2 beschrieben, wird um die aktuelle Stimmung zu messen, die deutsche Version (Krohne et al., 1996) der PANAS Skalen von Watson und Kollegen (1988) verwendet. Zehn positive und zehn negative Stimmungsadjektive mit unterschiedlicher Gewichtung (gar nicht, ein bisschen, einigermaßen, erheblich und äußerst) werden in durchmischter Reihenfolge angegeben. Die Instruktion lautet: „Wie fühlst du dich im Moment?“. Daraufhin sollen die Probanden spontan und ohne große Überlegung die jeweilige ihnen im Moment am besten zutreffendste Gewichtung ankreuzen. In der Auswertung werden die Gewichtungen „gar nicht“ mit 1, „ein bisschen“ mit 2, „einigermaßen“ mit 3, „erheblich“ mit 4 und „äußerst“ mit 5 bewertet. Diese Zahlen werden für alle positiven und alle negativen Adjektive getrennt addiert. So erhält man in der Auswertung einen Wert für die Variable „positive Stimmungslage“ (PANAS pos) und einen für die Variable „negative Stimmungslage“ (PANAS neg).

4.5.2 d2-Aufmerksamkeits- und Belastungstest

Der d2-Test setzt sich aus 14 Zeilen mit je 47 Zeichen zusammen. Die Aufgabe besteht darin, möglichst häufig den Buchstaben d mit zwei Strichen durchzustreichen. Die anderen Zeichen sind zu ignorieren. Für jede Zeile hat man 20 Sekunden Zeit und muss auf ein Signal des Testleiters sofort zur nächsten Zeile übergehen. Der Messwert GZ ist eine quantitative Leistungsvariable, welche die Gesamtzahl aller bearbeiteten Zeichen angibt, unabhängig ob ein richtiges oder ein falsches Zeichen angestrichen worden ist. Der Fehlerrohwert F gibt die Menge aller Fehler an. Er besteht aus der Summe der Auslassungsfehler (F_1), wenn relevante Zeichen nicht angestrichen worden sind, und der Verwechslungsfehler (F_2), also versehentlich durchgestrichene irrelevante Zeichen. Der Fehlerprozentwert $F\%$ ist eine qualitative Leistungsvariable und bezeichnet den Fehleranteil innerhalb des bearbeiteten Testteils. Er errechnet sich folgendermaßen:

$$F\% = \frac{F_1 + F_2}{GZ \cdot 100} .$$

Die Berechnung dieser Variablen wird konkret an einem Beispiel erläutert. Abbildung 4-7 zeigt eine bearbeitete Zeile mit 18 teilweise durchgestrichenen Zeichen:

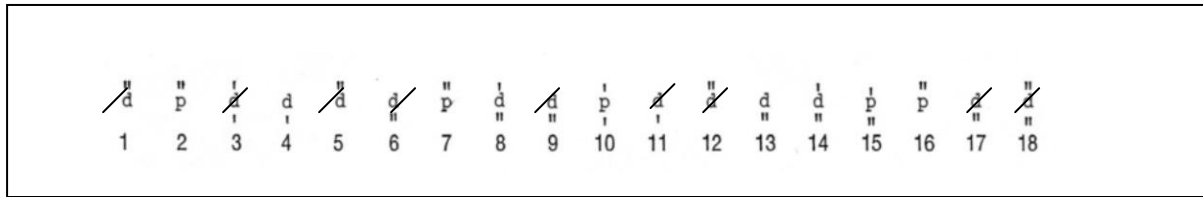


Abbildung 4-7: Beispiel einer bearbeiteten Zeile des d2-Tests

Es wurden die Zeichen Nummer 1, 3, 5, 6, 9, 11, 12, 17 und 18 durchgestrichen. Zeichen 13 ist fälschlicherweise ausgelassen und Zeichen 11 und 18 sind fälschlicherweise angestrichen worden. Dies ergibt einen Auslassungsfehler (F_1) und zwei Verwechslungsfehler (F_2). Die Zahl der bearbeiteten Zeichen (GZ) ist 18. Somit ergibt sich ein Fehlerprozentwert ($F\%$) von ungefähr 0,0017. Der Konzentrationsleistungswert KL ergibt sich aus der Anzahl der richtig durchgestrichenen Zeichen (d mit zwei Strichen) abzüglich der Verwechslungsfehler (F_2). In obigem Beispiel ergäbe dies einen Wert von $KL = 7 - 2 = 5$. Dieser Wert ist verfälschungsresistent, da beliebiges Durchstreichen aller Zeichen nicht zu einem guten Ergebnis führt, wie es bei dem früher verwendeten Gesamtleistungswert GZ-F (Bearbeitungsmenge GZ minus Anzahl der Fehler F) der Fall gewesen war. Der GZ-F-Wert des Beispiels ist $GZ - F = 18 - 2 - 1 = 15$. Würden alle Zeichen im Beispiel durchgestrichen werden, ergäbe dies einen GZ-F-Wert von immerhin $GZ - F = 18 - 10 = 8$ aber nur einen negativen KL-Wert von $KL = 8 - 10 = -2$. Die wichtigste Variable für die Konzentrationsleistung ist somit der KL-Wert, wobei der Fehlerprozentwert $F\%$ nicht außer Acht gelassen werden sollte. Der $F\%$ -Wert empfiehlt sich eher als der Fehlerrohwert F, da der F-Wert nicht die Gesamtzahl der bearbeiteten Zahlen berücksichtigt. Für die Messung der Konzentrationsleistung zu Beginn der Messeinheit wird daher der KL-Wert herangezogen werden.

Für die Ermittlung der Normwerte sind die in der vorliegenden neunten Auflage des d2-Tests bestehenden Normen um zwei deutsche Normen, beruhend auf zwei unterschiedlichen Stichproben (Einstichprobe 2000 und BfA 1994), ergänzt worden. Sie gelten als bevölkerungsrepräsentativ. Graphisch sind diese dargestellt für Standardwerte (SW) von 70 bis 130 und Prozentrangplätze (PR) = 1, 10, 25, 50, 75, 90 und 99. Die Normen sind ablesbar für folgende Altersklassen: 9-10, 11-12, 13-14, 15-16, 17-19, 20-39 und 40-60 Jahre. Auf eine geschlechtsspezifische Normierung wurde verzichtet, da die Testentwickler keine gravierenden Unterschiede der d2-Testwerte zwischen männlichen und weiblichen Probanden feststellen konnten. Abbildung 4-8 gibt eine Übersicht über die Normen für GZ (Anzahl bearbeiteter Zeichen bzw. Bearbeitungstempo), $F\%$ (Sorgfalt) und KL (Konzentrationsleistung).

Eichstichprobe (N = 3.176) Normen für GZ (Tempo), F% (Sorgfalt) und KL (Konzentrationsleistung)

		SW	70	● 77	80	87	90	93	100	106	110	113	120	● 123	130
		PR	● 1			10	25			50	75	90		● 99	
		Q	● q1e				Q1		Q2	Q3	Q4			● q4e	
Alter	GZ	146	181	196	231	246	261	296	326	346	361	396	411	446	
Jahre	F%		36,0		12,4		7,1	3,8	2,2		1,3		0,3		
(N=391)	KL	44	59	66	81	88	94	109	122	131	138	153	159	174	
Alter	GZ	154	196	214	256	274	292	333	369	393	411	452	470	512	
Jahre	F%		36,0		11,2		7,1	4,2	2,4		1,2		0,3		
(N=404)	KL	42	60	69	87	95	103	122	138	149	157	176	184	203	
Alter	GZ	175	● 226	248	300	322	344	395	439	469	491	542	564	616	
Jahre	F%		21,4		10,8		6,3	3,4	1,8		1,0		0,0		
(N=461)	KL	51	73	83	● 105	114	124	146	166	178	188	210	220	242	
Alter	GZ	214	265	287	339	361	383	434	478	508	530	581	603	655	
Jahre	F%		25,3		8,7		5,8	3,3	1,9		0,9		0,2		
(N=487)	KL	61	85	95	119	129	140	164	184	198	208	232	242	266	
Alter	GZ	235	287	309	361	383	405	457	502	531	553	605	627	>627	
Jahre	F%		17,0		10,0		5,7	3,2	1,6		0,9		0,2		
(N=409)	KL	67	92	103	128	139	150	175	196	211	222	247	258	>258	
Alter	GZ	260	314	336	389	412	435	488	534	564	587	640	656	>656	
Jahre	F%		22,3		9,8		5,9	3,3	1,6		0,8		0,0		
(N=731)	KL	69	96	107	134	146	157	184	207	223	234	261	273	299	
Alter	GZ	192	253	279	340	366	392	453	506	541	567	628	654		
Jahre	F%		28,8		17,4		8,9	4,7	2,5		1,1		0,2		
(N=293)	KL	35	64	76	105	118	130	159	184	200	213	242	254	283	
		Q	q1e				Q1		Q2	Q3	Q4			q4e	
		PR	1			● 10		25	50	75	90		● 99		
		SW	70	77	80	● 87	90	93	100	106	110	113	120	123	130

Anmerkung: Angegeben ist jeweils der letzte Rohwert im Intervall. Im Altersbereich 9–10 reichen beispielsweise die GZ-Rohwerte für q1e von 0 bis 231. GZ-Rohwerte von 232 bis 261 fallen in das sich anschließende Intervall (Q1). In das 2. Quartil (Q2) fallen GZ-Rohwerte von 262 bis 296. Das dritte Quartil (Q3) umfasst Rohwerte von 297 bis 326. Es folgen Q4 mit GZ-Rohwerten von 327 bis 361, höhere Werte fallen in das Intervall Q4e.

Abbildung 4-8: Auswertungsbeispiel für die Variablen GZ, F% und KL des d2-Tests für unterschiedliche Altersklassen mit Standardwerten (SW), Prozenträngen (PR) und Quartilen (Q)

Man sucht zuerst in der linken Spalte dieser Tabelle die Altersgruppe des Probanden (im Beispiel 13-14 Jahre). Um die Normwerte für den KL-Wert zu bekommen (entsprechend für F%- und GZ-Wert), geht man die KL-Zeile waagrecht durch, bis man auf den entsprechenden KL-Wert des Probanden trifft oder man wählt einen Punkt innerhalb dieses Intervalls. Im Beispiel aus Abbildung 4-8 sind die Rohwerte $KL=94$, $GZ=216$ und $F%=0,46$ gemessen worden. Somit ergibt sich für den Proband aus dem Beispiel bezüglich des KL-Wertes einen Prozentrang von $PR=5$ im Teilquartil $q1e$ und ein Standardwert von 84. Die Quartile 1 bis 4 entstanden durch die Prozentrangplätze, die extremen Teilquartile $q1e$ und $q4e$ umfassen jeweils 10% der Normstichprobe und stehen für unter- und überdurchschnittliche Leistungen.

4.5.3 Fragebogen zur Sportaktivität

Die von den Schülern angegebene sportliche Aktivität pro Woche sowohl im Verein, im Wettkampf als auch in der Freizeit wird addiert. Es wird darauf verzichtet, zwischen Verein und Freizeit zu unterscheiden, um nur eine Variable zu erhalten. Vereinssport wird nicht höher gewichtet als Freizeitsport, da die Intensität individuell abhängig ist und nicht unbedingt im Vereinssport höher sein muss. Die Probanden müssen unterscheiden, ob sie das Fahrrad als Trainings- oder als Transportmittel (in der Regel für den Schulweg) benutzen. Wird das Fahrrad zur Fortbewegung benutzt, dann wird die angegebene Minutenzahl des Fahrradfahrens pro Woche halbiert und die Sportvariable hinzuaddiert. Fahrradfahren als Training wurde allerdings voll gewertet. Diese Maßnahme erscheint sinnvoll, da in Freiburg das Fahrrad im Vergleich zu anderen Städten besonders viel zur Fortbewegung genutzt wird, besonders von Schülern, die noch kein Auto fahren können. Fahrradfahren ist zwar auch eine sportliche Aktivität, daher sollte sie nicht außenvorgelassen werden, es ist allerdings nicht zu vergleichen mit Vereinssport. Aus diesem Grund wird es nur halb gewertet. So erhält man die Minutenzahl der allgemeinen sportlichen Freizeitaktivität der Probanden: Variable *wöchentliche Aktivität*. Mit Hilfe dieser können nun die Probanden in sportliche Kategorien von 0 (keine Aktivität) bis 10 (sportlich sehr aktiv) eingeteilt werden. Dafür wird die Minutenzahl durch 100 geteilt und aufgerundet. Es ergeben sich vereinzelt höhere Werte als 1000 Minuten in der Woche. Dies wäre gleichbedeutend mit einer Sportaktivität von mehr als 16,6 Stunden in der Woche, also fast 2,5 Stunden Sport am Tag. Dieser Wert wurde als obere Grenze festgelegt, höhere Werte erscheinen als unglaubwürdig, da die Schüler vormittags und des Öfteren auch nachmittags die Schule besuchen müssen. Probanden mit höheren Werten werden daher auch der Kategorie 10 zugeordnet. Somit erhält man für das habituelle sportliche Freizeitverhalten die Variable „*Aktivitätswert*“ mit einer Spanne von 0 (niedrige Aktivität) bis 10 (hohe Aktivität). Bei dieser Berechnung wird der Schulsport nicht mit eingerechnet, da dieser für alle Probanden gleichermaßen verpflichtend ist und daher keine Unterscheidungsmöglichkeit bildet. Darüber hinaus werden die Probanden bezüglich ihrer *wöchentlichen Aktivität* (s.o.) in drei etwa gleich große Gruppen eingeteilt. 33,3% der Probanden mit der geringsten Aktivität bilden die Gruppe *passiv*, 33,3% der Probanden mit der höchsten Aktivität die Gruppe *aktiv* und die restlichen Probanden die Gruppe *mittel*. Die Probanden können angeben, mit welcher Intensität sie Sport treiben. Dies wird aber in der Auswertung nicht beachtet, da viele Schüler die Angabe der höchsten Intensität („viel schwitzen und Kurzatmigkeit“) falsch verstanden

und nicht angekreuzt haben, da sie dies mit Unsportlichkeit verbunden haben. Zukünftige Fragebögen sollten die Intensität klarer abfragen.

4.5.4 Zahlen-Verbindungs-Test (ZVT)

Wie in Kapitel 4.4.5 bereits beschrieben wird, ist der ZVT ein spezifischer Test zur Messung der „kognitiven Leistungsgeschwindigkeit“ (Oswald und Roth, 1987, S. 5). In vier Zahlenmatrizen sind in jeweils 30 Sekunden so viele Zahlen wie möglich in aufsteigender Reihenfolge beginnend bei der 1 zu verbinden. In der Auswertung wird für jeden Proband die höchste erreichte Zahl pro Matrize notiert. Den erreichten Zahlen der Matrizen A bis D werden Leistungswerte in Bits pro Sekunde zugeordnet. Diese Leistungswerte werden einer Tabelle aus dem ZVT-Handbuch entnommen (Abbildung 4-9).

	Erreichte Zahl	MATRIZE				Erreichte Zahl	MATRIZE				Erreichte Zahl	MATRIZE			
		A	B	C	D		A	B	C	D		A	B	C	D
1	0	0	0	0	31	1.68	1.82	1.71	1.82	61	3.34	3.33	3.35	3.33	
2	0.05	0.08	0.05	0.08	32	1.75	1.89	1.78	1.89	62	3.37	3.35	3.41	3.35	
3	0.12	0.14	0.12	0.14	33	1.83	1.98	1.84	1.98	63	3.46	3.41	3.46	3.41	
4	0.21	0.24	0.17	0.24	34	1.91	2.05	1.91	2.05	64	3.52	3.48	3.53	3.48	
5	0.31	0.33	0.27	0.33	35	1.96	2.05	1.97	2.05	65	3.60	3.56	3.58	3.56	
6	0.37	0.40	0.35	0.40	36	2.00	2.09	2.06	2.09	66	3.69	3.64	3.61	3.64	
7	0.44	0.43	0.40	0.43	37	2.04	2.14	2.09	2.14	67	3.76	3.64	3.68	3.64	
8	0.44	0.48	0.44	0.48	38	2.12	2.21	2.16	2.21	68	3.76	3.68	3.77	3.68	
9	0.49	0.55	0.49	0.55	39	2.15	2.26	2.21	2.26	69	3.80	3.73	3.77	3.73	
10	0.58	0.64	0.58	0.64	40	2.23	2.32	2.26	2.32	70	3.80	3.79	3.80	3.79	
11	0.67	0.64	0.68	0.64	41	2.28	2.32	2.35	2.32	71	3.80	3.89	3.88	3.89	
12	0.77	0.67	0.76	0.67	42	2.33	2.38	2.35	2.38	72	3.83	3.94	3.88	3.94	
13	0.83	0.76	0.84	0.76	43	2.40	2.45	2.38	2.45	73	3.91	3.94	3.92	3.94	
14	0.87	0.79	0.89	0.79	44	2.47	2.49	2.47	2.49	74	3.94	3.97	3.97	3.97	
15	0.87	0.86	0.89	0.86	45	2.47	2.54	2.52	2.54	75	4.03	4.01	4.06	4.01	
16	0.90	0.91	0.93	0.91	46	2.53	2.63	2.58	2.63	76	4.06	4.09	4.13	4.09	
17	0.98	0.99	0.98	0.99	47	2.57	2.71	2.64	2.71	77	4.09	4.16	4.16	4.16	
18	1.06	1.06	1.07	1.06	48	2.63	2.74	2.71	2.74	78	4.09	4.16	4.25	4.16	
19	1.06	1.06	1.13	1.06	49	2.72	2.78	2.79	2.78	79	4.13	4.24	4.28	4.24	
20	1.10	1.10	1.16	1.10	50	2.77	2.86	2.83	2.86	80	4.20	4.32	4.28	4.32	
21	1.18	1.17	1.23	1.17	51	2.86	2.86	2.91	2.86	81	4.27	4.32	4.32	4.32	
22	1.22	1.21	1.30	1.21	52	2.93	2.91	2.98	2.91	82	4.27	4.36	4.39	4.36	
23	1.27	1.26	1.38	1.26	53	2.97	2.99	2.98	2.99	83	4.35	4.36	4.46	4.36	
24	1.30	1.34	1.41	1.34	54	2.97	3.06	3.05	3.06	84	4.35	4.39	4.51	4.39	
25	1.37	1.40	1.41	1.40	55	3.00	3.06	3.12	3.06	85	4.38	4.44	4.51	4.44	
26	1.43	1.46	1.45	1.46	56	3.05	3.09	3.20	3.09	86	4.43	4.51	4.51	4.51	
27	1.43	1.55	1.50	1.55	57	3.14	3.17	3.20	3.17	87	4.47	4.51	4.51	4.51	
28	1.50	1.62	1.59	1.62	58	3.17	3.21	3.24	3.21	88	4.52	4.54	4.57	4.54	
29	1.60	1.67	1.62	1.67	59	3.24	3.29	3.29	3.29	89	4.55	4.54	4.57	4.54	
30	1.65	1.76	1.65	1.76	60	3.34	3.33	3.35	3.33	90	4.55	4.54	4.57	4.54	

Abbildung 4-9: Auswertungstabelle für den Gruppenversuch des ZVT: Leistung in bit/sec pro erreichter Ziffer in 30 Sekunden (aus Oswald und Roth, 1987, S. 45)

Verbindet beispielsweise ein Proband in den ersten gestoppten 30 Sekunden in Matrize A alle Zahlen von 1 bis 49, so ist dies laut Abbildung 4-8 eine Leistung von 2,72 bit/sec. Erreicht er in den nächsten 30 Sekunden in Matrize B die Zahl 53, so erhält er für diese Matrize den Leistungswert von 2,99 bit/sec. Wenn er in Matrize C die Zahl 41 erreicht, sind das 2,35 bit/sec und für eine erreichte Zahl 39 in D dann 2,26 bit/sec. Diese vier Leistungswerte werden zu einem Summenwert S addiert. In vorliegendem Beispiel ergäbe dies:

$$S = 2,72 \text{ bit/sec} + 2,99 \text{ bit/sec} + 2,35 \text{ bit/sec} + 2,26 \text{ bit/sec} = 10,35 \text{ bit/sec.}$$

Der Mittelwert der vier Leistungswerte wird gebildet, indem man S durch vier dividiert. So erhält man den Gesamtrohwert.

Der Summenwert S des ZVT steht für die Gesamtzahl der erreichten Informationsverarbeitung der vier Matrizen in Bits pro Sekunde. Weder der Summenwert noch der Gesamtrohwert beachten das Alter der Probanden. Sie sind Maßkriterien für die „Bearbeitungsgeschwindigkeit“ (Oswald & Roth, 1987, 5). Mit Hilfe der Altersnormen für Gruppenversuche können laut diesem Rohwert T-Werte ($\bar{X} = 50, s = 10$), Centil-(C)-Werte ($\bar{X} = 5, s = 2$) und Prozentrangplätze zugewiesen werden. Die Normtabellen des ZVT bieten darüber hinaus nach den Autoren (Oswald & Roth, 1987) einen

Vergleich mit dem IQ-Wert des Hamburg-Wechsler-Intelligenztests (Wechsler, 1964) ($\bar{X} = 100, s = 15$) und SW-Werten des Intelligenz-Struktur-Tests nach Amthauer (1970) ($\bar{X} = 100, s = 10$). Daher wird dieser ermittelte Wert von den Testentwicklern „IQ-Wert“ genannt (Oswald & Roth, 1987, S. 47). Da diese Bezeichnung irreführend sein kann, da sie nicht mit dem gängigen Verständnis eines Intelligenzquotienten gleichgesetzt werden kann, wird in vorliegender Untersuchung der mittels der Normwerte nach Oswald & Roth (1987) nach Alter kontrollierte Gesamtrohwert nicht „IQ-Wert“ sondern „KG-Wert“ (kontrollierter Gesamtrohwert) genannt. In den Auswertungen vorliegender Studie wird allerdings ausschließlich der Summenwert S betrachtet. Der Summenwert S steht für die erbrachte kognitive Gesamtleistung in Bits pro Sekunde. Der KG-Wert kontrolliert für diesen Summenwert zusätzlich das Alter der Probanden, indem es für den erreichten Summenwert das Alter des Probanden einbezieht. Dazu werden Normtabellen herangezogen. Diese Tabellen sind durch Untersuchungen der Testentwickler anhand von Eichstichproben entstanden. Insgesamt sind 2109 Probanden untersucht worden, davon 728 in dem hier verwendeten Gruppenversuch für 8 bis 16-Jährige³¹. Da aber die gemessenen Variablen der anderen beiden kognitiven Leistungstests nicht nach Alter kontrolliert werden, wird in vorliegender Studie für den ZVT nur die nicht nach Alter kontrollierende Variable verwendet. Für die Messung der Konzentrationsleistung in der Mitte der Testphase wird somit der Summenwert S herangezogen werden.

³¹ Der ZVT kann auch im Einzelversuch durchgeführt werden. Diese Methode ist für vorliegende Studie allerdings nicht praktikabel, da die Probanden im Klassenverband getestet wurden. Für den Einzelversuch des ZVT existieren Normwerte für 8 bis 60-Jährige.

4.5.5 Frankfurter Aufmerksamkeits-Inventar (FAIR)

Die Probanden müssen zwei Testbögen mit jeweils 320 Items in jeweils drei Minuten bearbeiten. Auf ein Signal des Testleiters wird zum zweiten Bogen umgeblättert. Die Testitems bestehen aus Kreisen und Quadraten mit zwei oder drei Punkten in der Mitte. Aufgabe ist es, eine Linie unterhalb jeder Zeile mit Items zu ziehen und alle Kreise mit drei Punkten und alle Quadrate mit zwei Punkten zu kennzeichnen, indem von der Linie aus ein Zacken in das betreffende Zeichen gezogen wird. Durch die gezogene Linie kann berechnet werden, wie viele Zeichen bearbeitet worden sind (Gesamtmenge G). Diese Gesamtmenge G setzt sich zusammen aus der Summe von G1 für die Gesamtmenge des ersten und G2 des zweiten Bogens ($G1 + G2 = G$). Die gezogenen Zacken stehen für die markierten Zeichen. Der F_L -Wert bezeichnet die Linien-Fehler, das heißt Zeichen, die weder eindeutig markiert, noch eindeutig nicht markiert worden sind (z.B. Zeichen ohne Zacken und ohne durchgezogene Linie). Beispiele für Linien-Fehler finden sich unter „FALSCH“ auf der Overheadfolie zur Erklärung für die Probanden (Abbildung 4-5). Diese Linienfehler sind von der Gesamtmenge der bearbeiteten Zeichen G abzuziehen, da bei diesen Zeichen nicht erkennbar ist, ob sie als markiert gelten oder nicht. Der F_V -Wert steht für die Verpasser-Fehler, das heißt für Items, die fälschlicherweise nicht markiert wurden (also ausgelassen wurden). F_A bezeichnet die Falscher-Alarm-Fehler und steht für die Anzahl fälschlicherweise markierter Items. Die Verpasser- und Falscher-Alarm-Fehler werden in doppelter Zahl von der Gesamtmenge G abgezogen. Daraus ergibt sich für den Leistungswert L folgende Formel:

$$L = G - F_L - 2 \cdot (F_V + F_A).$$

Dieser L-Wert gibt an, wie viele Items konzentriert bearbeitet worden sind. Der Qualitätswert Q steht für den Anteil der konzentriert bearbeiteten Symbole an der Gesamtmenge G und ergibt sich aus dem Quotienten von L und G:

$$Q = \frac{L}{G}.$$

Der Kontinuitätswert K informiert über den Grad der kontinuierlichen Konzentrationsleistung:

$$K = Q \cdot L.$$

$Q=1$ steht für eine kontinuierliche Konzentrationsleistung, ohne Unterbrechung durch Phasen der Auslassung oder fälschliches Markieren. $Q < 1$ verringert die Konzentrationsleistung K gegenüber dem Leistungswert L. Zusammenfassend kann man sagen, dass der L-Wert eine wichtige Variable ist, die die Konzentrationsleistung beschreibt. Der K-Wert hat zudem aber den Vorteil, dass er zusätzlich die Linien-Fehler beachtet, also berücksichtigt, wenn meist durch unkonzentriertes Verhalten die Testinstruktionen nicht korrekt durchgeführt worden sind. Die Autoren des FAIR weisen dem K-Wert eine höhere prädiktive Validität über die Aufmerksamkeitsleistung des Probanden zu als der L-Wert (Moosbrugger und Oehlschlägel,

1996). Daher wird in vorliegender Arbeit für die Konzentrationsleistung am Ende der Testphase die Variable *K-Wert* herangezogen werden. Sowohl für die Auswertung des FAIR-Tests als auch des d2-Tests gibt es vorgefertigte Auswerteschablonen, die auf den Test gelegt werden müssen, so dass sofort die Auslassungsfehler und die Falscher-Alarm-Fehler hervorste-
hen.

Als Einstichprobe zur Testnormierung sind von den Testentwicklern 1553 Probanden (52,54% weiblich, 42,05% männlich, 5,41% ohne Geschlechtsangabe) getestet worden (Moosbrugger & Oehlschlägel, 1996). Die Probanden sind zwischen 14 und 72 Jahre alt. Da die in vorliegender Studie getesteten Schüler zwischen 10 und 17 Jahre alt sind, lassen sich nicht alle Ergebnisse mit bestehenden Normen vergleichen, zumal nur 25,18% der für die Normwerte getesteten Probanden zwischen 14 und 17 Jahre alt sind. Für die Überprüfung der Forschungsfragen vorliegender Arbeit werden in allen drei Konzentrationstests die nichtnormierten Rohwerte der Probanden aus den drei Untersuchungsgruppen miteinander verglichen. Daher ist es nicht erheblich, dass für die jüngeren Probanden keine Normtabellen des FAIR-Tests vorliegen. Die Normtabelle der 14 bis 17-Jährigen findet sich im Anhang.

4.5.6 Dropoutanalyse und Umgang mit fehlenden Daten

Da es sich bei der vorliegenden Untersuchung um eine einmalige Messung handelt, gibt es hier keine Dropouts zu verzeichnen. Allerdings können in einigen seltenen Fällen nicht alle Daten verwendet werden, da Testteile falsch bearbeitet worden sind. Beispielsweise ist in vereinzelt Fällen beim d2-Test jedes Zeichen angestrichen worden, so dass dieser Testbogen nicht gewertet werden kann. Sind im FAIR konsequent immer die falschen Zeichen angestrichen worden (Kreise mit zwei Punkten und Quadrate mit drei Punkten anstatt Kreise mit drei Punkten und Quadrate mit zwei Punkten), kann dies trotzdem regulär ausgewertet werden, da die Anzahl der „falschen“ Zeichen der Anzahl der „richtigen“ Zeichen entspricht. Es muss lediglich eine andere Auswertefolie verwendet werden. So werden diese Fehler nicht als Falscher-Alarm-Fehler gewertet, und es kann ganz normal ein Leistungswert berechnet werden. Wenn ein kognitiver Test nicht verwendet werden kann, da er nicht gewissenhaft bearbeitet worden ist, wird der Proband trotzdem in seiner Gruppe behalten. Für den einzelnen kognitiven Test gibt es dann keinen Testwert. In nur einem einzigen Fall ist mehr als ein kognitiver Test nicht zu gebrauchen gewesen. Dieser Proband ist nicht ausgewertet und aus seiner Gruppe genommen worden. Er taucht demnach nicht in den Zahlen aus Tabelle 4-3 auf.

4.6 Psychometrische Kennwerte der Messinstrumente

Vor der Durchführung einer Messung mittels eines Tests muss sichergestellt werden, dass dieser Test wirklich das misst, was er zu messen vorgibt, genau misst und nicht durch andere Faktoren beeinflusst wird. Er muss sogenannte Gütekriterien erfüllen. Diese unterteilen sich in drei Aspekte: die Objektivität, Reliabilität und Validität. Die drei in vorliegender Studie verwendeten kognitiven Leistungstests (d2, ZVT und FAIR) sind in der Wissenschaft etab-

lierte Tests und sind ausführlich hinsichtlich dieser Gütekriterien getestet worden. Das folgende Unterkapitel stellt einerseits die wichtigsten dieser Untersuchungen vor, andererseits werden die Kriterien anhand dieser Studie vorliegender Daten erneut geprüft.

4.6.1 *Objektivität*

Unter der Objektivität versteht man den Grad, indem die Testergebnisse unabhängig vom Testleiter sind. In der Regel unterteilt sich die Objektivität in die Durchführungs-, Auswertungs- und Interpretationsobjektivität. Die Durchführungsobjektivität wird bei allen drei kognitiven Leistungstests, dem PANAS Stimmungsbarometer und dem Fragebogen zur Sportaktivität durch standardisierte Instruktionen (standardisierte Testmaterialien, organisatorische Hinweise für den Testleiter, schriftliche Instruktion mit Übungszeile für den Proband, festgelegte Testzeit) sichergestellt. Für jeden der drei kognitiven Leistungstests, dem PANAS Stimmungsbarometer und dem Fragebogen zur Sportaktivität gelten klar definierte Auswertungsregeln (siehe Kapitel 4.5). Sowohl für den d2-Test, als auch für das FAIR existieren Auswertungsschablonen, die das Auffinden von Bearbeitungsfehlern erleichtern. Für jeden Test und Fragebogen existieren fest vorgegebene Kennwerte, die nach einem standardisierten Schema ermittelt werden. Somit ist für alle drei Leistungstests, PANAS und dem Fragebogen zur Sportaktivität die Auswertungsobjektivität gegeben. Für alle drei Leistungstests stehen altersdifferenzierte Normen zur Verfügung, die für jeden Probanden eine Beurteilung seines Aufmerksamkeitsverhaltens relativ zur Grundgesamtheit (repräsentiert durch die Einstichproben des jeweiligen Tests) ermöglichen. Darüber hinaus ist es nicht Ziel dieser Studie, die kognitive Leistungsfähigkeit jedes einzelnen Probanden zu beurteilen, sondern die gemittelten kognitiven Leistungen aller Probanden aus den drei Gruppen miteinander zu vergleichen. Daher ist auch die Interpretationsobjektivität für alle drei kognitive Leistungstests, das PANAS Stimmungsbarometer und den Fragebogen zur Sportaktivität gewährleistet.

4.6.2 *Reliabilität und Validität*

Die Überprüfung der Reliabilität und Validität wird in diesem Unterkapitel zusammengefasst und für jeden Test separat aufgeführt. Die Reliabilität steht für die Überprüfung der Messgenauigkeit eines Tests und wird mittels eines sogenannten Reliabilitätskoeffizienten bestimmt. Multipliziert man diesen errechneten Reliabilitätskoeffizienten mit dem Faktor 100, gibt dies Aufschluss über die Höhe der Varianzprocente, bei denen es sich um wahre Testwertvarianz handelt (Moosbrugger & Oehlschlägel, 1996). Die Reliabilität unterteilt sich in folgende Bereiche: Bei der „Split-Half“-Reliabilität werden die Testskalen in zwei gleich große Testhälften geteilt, und diese werden miteinander verglichen. „Test-Retest“-Reliabilität steht für den Vergleich des Testergebnisses aus dem ersten Durchgang mit einem oder mehreren weiteren Durchgängen nach einer gewissen Zeitspanne mit der gleichen Stichprobe. Die „Paralleltest“-Methode führt zwei parallele Testformen bei den Probanden hintereinander durch.

Die Validität beschreibt die Gültigkeit eines Tests. Darunter wird „das Maß an Genauigkeit verstanden, mit dem der Test dasjenige Persönlichkeits- oder Verhaltensmerkmal misst, das er

messen soll oder zu erfassen vorgibt“ (Amelang & Zielinski, 1994). Die Validität unterteilt sich in: Inhaltsvalidität, Konstruktvalidität, konvergente und diskriminante Validität. Mit Inhaltsvalidität wird ein inhaltlicher Bezug zwischen den Anforderungen des Tests und Anforderungen in bestimmten Realsituationen bezeichnet. Dieser wird in allen kognitiven Leistungstests erfüllt, da bei der Bearbeitung dieser Tests visuell ähnlicher Zeichen schnell und genau diskriminiert werden müssen unter gleichzeitiger Ausblendung aufgabenirrelevanter Informationen. Die Konstruktvalidität prüft, dass nicht verschiedene Persönlichkeits- oder Verhaltensmerkmale gemessen werden, sondern immer das Merkmal der Aufmerksamkeit. Dafür ist eine gewisse Gleichheit der zu bearbeitenden Zeichen (Itemhomogenität) erforderlich, die hier in allen drei Fällen als gegeben angesehen werden kann, da alle Zeichenarten systematisch nach demselben Konstruktionsprinzip erzeugt worden sind. Können Ähnlichkeiten mit Tests, welche das gleiche Konstrukt messen gefunden werden, aufgezeigt werden, steht dies für eine hohe konvergente Validität, wohingegen eine Unabhängigkeit der Ergebnisse von Tests, welche andere Konstrukte erfassen, für eine hohe diskriminante Validität spricht. Des Weiteren ist eine Unabhängigkeit der Testwerte von soziodemographischen Variablen wie Geschlecht (siehe Kapitel 4.7.5) wünschenswert, damit eine Variation der Testwerte durch unterschiedlich hohe Aufmerksamkeit interpretiert werden kann und nicht auf den Geschlechtzusammensetzung der Stichprobe zurückzuführen sind. Im Folgenden wird die Untersuchung der Validität für die drei kognitiven Leistungstests getrennt dargestellt.

4.6.2.1 PANAS-Stimmungsbarometer

Krohne und Kollegen (1996) haben die englische Version von Watson und Clark in der deutschen Variante getestet und haben die positiven und negativen Skalen „als sehr reliabel und voneinander unabhängig“ (S. 151) befunden. Des Weiteren finden sich für die externe Validierung zufriedenstellende Ergebnisse: „Die Beziehungen der PANAS mit den Dimensionen des NEO-FFI weisen nach Vorzeichen und Signifikanz der Koeffizienten vergleichbare Ergebnisse zu Watson und Clark [auf]“ (S.157). Die Interne Konsistenz (instrumentale Zuverlässigkeit) dieses Stimmungsparameters wird mit den in dieser Studie erhobenen Daten überprüft (N=372). Dazu wird die Interkorrelation der Einzelitems zu den positiven Stimmungsadjektiven (aktiv, interessiert, freudig erregt, stark, angeregt, stolz, begeistert, wach, entschlossen und aufmerksam) und zu den negativen Stimmungsadjektiven (bekümmert, verärgert, schuldig, erschrocken, feindselig, gereizt, beschämt, nervös, durcheinander und ängstlich) untersucht. Wenn das Stimmungsadjektiv „aktiv“ eine positive Stimmungslage beschreibt, dann muss es zwangsläufig mit anderen Stimmungsadjektiven korrelieren, die für die gleiche Stimmungslage stehen. Die Ergebnisse dieser Korrelationen finden sich in Tabellen 4-7 und 4-8.

Tabelle 4-7: Item-Skala-Statistiken aller positiven Stimmungsadjektive des PANAS-Stimmungsbarometers (eigene Daten)

	Skalenmittelwert, wenn Item weg- gelassen	Skalenvarianz, wenn Item weggelassen	Korrigierte Item-Skala- Korrelation	Quadrierte multiple Kor- relation	Cronbachs Alpha, wenn Item wegge- lassen
aktiv	25.39	48.17	.51	.33	.80
interessiert	25.39	47.75	.49	.37	.80
freudig erregt	25.47	45.72	.57	.41	.79
stark	25.54	48.86	.40	.32	.81
angeregt	25.98	47.76	.45	.25	.81
stolz	25.96	47.25	.43	.33	.81
begeistert	25.77	44.74	.62	.46	.79
wach	25.02	46.59	.50	.35	.80
entschlossen	25.37	46.31	.50	.29	.80
aufmerksam	25.17	47.28	.51	.43	.80

Die korrigierte Item-Skala-Korrelation der positiven Adjektive untereinander mit jeweils $r > .43$. In der Reliabilitätsstatistik findet sich ein Cronbachs-Alpha-Wert von .82. Wenn ein Item weggelassen wird, ist Cronbachs Alpha in allen Fällen immer noch größer als .79 (Tabelle 4-7). Es findet sich demnach eine gute interne Konsistenz der Items aus der Gruppe der positiven Stimmungsadjektive.

Tabelle 4-8: Item-Skala-Statistiken aller negativen Stimmungsadjektive des PANAS-Stimmungsbarometers (eigene Daten)

	Skalenmittelwert, wenn Item wegge- lassen	Skalenvarianz, wenn Item weggelassen	Korrigierte Item-Skala- Korrelation	Quadrierte multiple Korrelation	Cronbachs Alpha, wenn Item wegge- lassen
bekümmert	12.86	17.35	.55	.32	.72
verärgert	12.96	17.79	.44	.28	.74
schuldig	13.30	19.68	.44	.31	.74
erschrocken	13.23	19.84	.41	.26	.74
feindselig	12.92	19.15	.29	.17	.76
gereizt	12.92	18.81	.35	.22	.75
beschämt	13.29	19.84	.47	.31	.74
nervös	12.75	18.03	.41	.30	.74
durcheinander	12.73	17.46	.42	.26	.74
ängstlich	13.16	17.92	.60	.40	.72

Auch die Korrelation eines negativen Adjektivs mit den anderen negativen Adjektiven des PANAS-Stimmungsbarometers ist hoch (jeweils $r > .41$ bis auf das Adjektiv „feindselig“ mit $r = .30$). Es fand sich in der Reliabilitätsstatistik für jedes negative Adjektiv, wenn es weggelassen wird, ein Cronbachs-Alpha-Wert von über .74 (Tabelle 4-8). Es findet sich demnach

eine befriedigende interne Konsistenz der Items aus der Gruppe der negativen Stimmungsadjektive. Aus dieser Analyse kann geschlossen werden, dass die Interne Konsistenz für das PANAS-Stimmungsbarometer erfüllt ist. Somit kann die Messung der Stimmung mit Hilfe des PANAS in der vorliegenden Studie als reliabel bezeichnet werden.

4.6.2.2 d2-Aufmerksamkeits- und Belastungstest

Der d2-Test ist ein weit verbreiteter Test, der in allen Auflagen hinreichend auf Reliabilität und Validität überprüft wurde. Die „Split-Half“- und die Paralleltest- Reliabilität der d2-Skalen sind von den Testentwicklern mit Hilfe der Daten, die vor 1995 erhoben wurden, getestet worden. Bei der Paralleltest-Methode ist die Korrelation zweier Zeilen und bei der „Split-Half“-Reliabilität die Korrelation der ersten Hälfte mit der zweiten Hälfte der Skalen ermittelt worden. In nahezu allen Fällen sind Koeffizienten von über $r_{\alpha}=.90$ gefunden worden (Brickenkamp, 2001). Dies spricht für eine hohe Zuverlässigkeit der Skalen. Für die hier verwendete neunte Auflage werden die Ergebnisse mit neueren Daten nochmals überprüft. Es finden sich noch höhere Reliabilitätsschätzungen für alle d2-Skalen (GZ, GZ-F, KL, F% und F) ($r_{\alpha} > .94$, $N=3176$). „Insgesamt sprechen die Reliabilitätskoeffizienten der Skalen (GZ, GZ-F und KL) in allen neu gebildeten Altersgruppen für eine sehr hohe Zuverlässigkeit der Mengenleistung bzw. des Bearbeitungstempos (GZ), der einfach fehlerkorrigierten Mengenleistung (GZ-F) und der Konzentrationsleistung (KL). Auch die d2-Skalen für die absolute Fehlerzahl (F) und den relativen Fehleranteil (Fehlerprozentwert F%) erwiesen sich nach den neuen Schätzwerten immerhin noch als befriedigend bis hoch zuverlässig“ (Brickenkamp, 2002, S. 28).

Die Messstabilität der Daten ist in der Literatur mittels der „Test-Retest“-Reliabilität überprüft worden. Die Testentwickler haben gefunden, dass die Skalen GZ, GZ-F und KL über lange Zeitabschnitte relativ stabil bleiben ($r>.73$), wohingegen die Fehlerskalen (F% und F) weniger stabil sind ($r>.59$) und daher eher geeignet sind, diagnostische Anforderungen zu erfüllen (Brickenkamp, 2002). Die in vorliegender Studie erhobenen Daten können nicht für eine weitere Reliabilitätsuntersuchung herangezogen werden, da einerseits eine parallele Testform fehlt und andererseits kein zweiter Testdurchgang stattgefunden hat. Die Ergebnisse könnten auch hier zeilenweise verglichen werden, dies ist aber von den Testentwicklern wie oben erwähnt bereits getan worden. Es muss deshalb auf die oben erwähnte Literatur verwiesen werden.

Die Inhaltsvalidität gilt für den d2-Test als sichergestellt. Befragungen der Probanden haben ergeben, dass die Testdurchführung ein hohes Maß an selektiver Aufmerksamkeit erfordert und als belastend empfunden wird. Der reale Bezug ist hergestellt, da viele Tätigkeiten diese selektive Aufmerksamkeit unter Zeitdruck erfordern: „...das kursorische Korrekturlesen in Buch-, Zeitungs- und Zeitschriftenverlagen, die Überprüfung von Checklisten, verschiedene Kontroll- und Überwachungsaufgaben, das Führen von Kraftfahrzeugen oder Flugzeugen und das Aussortieren von fehlerhaften industriellen oder landschaftlichen Produkten“ (Brickenkamp, 2002, S. 30).

Eine Studie zur Konstruktvalidität besteht aus 506 Collegestudenten (Alter: 18-32 Jahre; M=20.7 Jahre, SD=3.1; 59% männlich). Neben dem d2-Test haben die Studenten weitere Tests zur Messung komplexer Aufmerksamkeit bearbeitet: Trail Making Test A und B aus der Halstead-Reitan Neuropsychological Test Battery (Reitan & Wolfson, 1993), Symbol Digit Modalities Test (Smith, 1982) (ähnlich dem Zahlen-Symbol-Test aus dem Hamburger Wechsler Intelligenztest für Erwachsene HAWIE) und Stroop Color Word Test (Golden, 1976). Die d2-Werte GZ-F und KL korrelieren signifikant mit allen Messwerten für die komplexe Aufmerksamkeit ($p=.01$). Darüber hinaus werden die Skalen des d2-Tests mit Ergebnissen des Zahlen-Symbol-Tests (ZS), des Zahlennachsprechttests (ZN) und des Subtests Rechnerisches Denken (RD) des Hamburg-Wechsler-Intelligenztests (HAWIE) verglichen. Die Befunde bekräftigen eine gute Konstruktvalidität des d2-Tests. „Die Resultate, die an deutschen und US-amerikanischen Stichproben mit anderen Aufmerksamkeits- und Konzentrationstests gefunden wurden, belegen zudem, dass die Konstruktvalidität des Verfahrens nicht auf den deutschen Sprachraum beschränkt ist“ (Brickenkamp, 2002, S. 41). Dies ist vor allem unter dem Aspekt wichtig, da in vorliegender Untersuchung der d2-Test mit deutschen und französischen Probanden durchgeführt wird. Die konvergente und diskriminante Validität wird anhand der in vorliegender Studie erhobenen Daten überprüft. Im Unterkapitel 4.6.2.5 finden sich die Korrelationsmatrizen und Ergebnisse der Zusammenhänge dieser drei kognitiven Leistungstests. Somit kann der d2-Aufmerksamkeits- und Belastungstest als reliabel und valide bezeichnet werden.

4.6.2.3 Zahlen-Verbindungs-Test (ZVT)

Oswald und Roth (1987) haben die Messstabilität der Daten des ZVT mittels der „Test-Retest“-Reliabilität im Gruppentest mit einem Zeitabstand von sechs Wochen getestet. Es finden sich Reliabilitätskoeffizienten von $r_{tt}=.81$ (Konsistenz nach dem Kendall-Schema: 1. Test $r=.83$, 2. Test $r=.92$, $N=164$). Mit der Paralleltest-Reliabilität finden sich im ersten Testdurchgang Koeffizienten zwischen $r=.77$ und $r=.87$, bei der Testwiederholung zwischen $r=.88$ und $r=.93$ (Oswald & Roth, 1987). Die „Split-Half“-Reliabilität entspricht in diesem Fall der Paralleltest-Reliabilität, da einerseits pro Matrize Skalen erhoben werden, die miteinander korreliert werden und andererseits diese Matrizen auch als parallele Tests aufgefasst werden können. Für den Einzelversuch finden sich höhere Reliabilitätskoeffizienten, da die Testdurchführungsbedingungen leichter kontrolliert werden können. Diese werden hier nicht aufgeführt, da für vorliegende Untersuchung nur der Gruppentest von Belang ist.

Die in vorliegender Studie erhobenen Daten dienen für eine weitere Überprüfung der Reliabilität. Der ZVT besteht aus vier Matrizen A, B, C und D (siehe Kapitel 4.6.1). Jeder Matrize wird entsprechende der erreichten Zahl ein Leistungswert in Bits pro Sekunde zugeordnet. Die „Split-Half“-Reliabilität (bzw. Paralleltest-Reliabilität) kann nun untersucht werden, indem man die Leistungswerte aus Matrizen A und B (Teil 1) mit denen aus C und D (Teil 2) vergleicht. Die Reliabilitätsanalyse ergibt für Teil 1 ein Cronbachs Alpha von .76 und für Teil 2 von .85. Der Guttman Split-Half-Koeffizient beträgt $r=.89$ und ist somit ausreichend hoch.

Die Entwickler des ZVT (1987) weisen den Test als objektiv aus und nennen ihn im Einzel- und im Gruppenversuch hoch reliabel. Er entspräche einem Gültigkeitsbereich, der ihn als einen spezifischen Intelligenztest zur Messung der „kognitiven Leistungsgeschwindigkeit“ ausweist, vergleichbar „im Wesentlichen [mit] der speed-Komponente gebräuchlicher Intelligenztests oder des Fähigkeitsbündels, welches bei Thurstone mit „perceptual speed“ und bei Jäger (1982) mit „Bearbeitungsgeschwindigkeit“ bezeichnet wird“ (Oswald & Roth, 1987, S. 5).

Sie betonen zudem, dass der ZVT trotz seiner kurzen Bearbeitungszeit „als Schätzverfahren für „Allgemeine Intelligenz“ annähernd gleich gut abschneidet, wie wesentlich umfangreichere andere Intelligenztestverfahren“ (S.5). Vorteil des ZVT ist hierbei, dass er sprachlich unabhängig ist. Dies ist besonders in dieser Studie von Vorteil, da deutsche und französische Schülerinnen und Schüler untersucht werden. Die Ergebnisse des ZVT im Einzelversuch werden mit bekannten Intelligenztests verglichen. Es finden sich hohe korrelative Zusammenhänge mit dem Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Erwachsene (HAWIE, Wechsler, 1964) ($r < -.46$), dem Intelligenz-Struktur-Test nach Amthauer (IST, 1970) ($r < -.50$), den Standard Progressive Matrices nach Raven (SPM, Raven, 1938) ($r < -.40$) und dem Prüfsystem für Schul- und Bildungsberatung nach Horn (PSB, 1969) ($r < -.45$ bei Gymnasiasten). „Infolge der hohen korrelativen Zusammenhänge zwischen verschiedenen Intelligenztests konnte vermutet werden, dass ähnliche Untersuchungen mit anderen Testverfahren, z.B. dem HAWIE (Wechsler, 1964) oder dem IST (Amthauer, 1970) zu vergleichbaren Ergebnissen führen werden“ (Oswald & Roth, 1987, S. 49).

Das negative Vorzeichen der Korrelationskoeffizienten bedingt sich durch die Zeitvariable des ZVT: Unterdurchschnittliche Bearbeitungszeiten im ZVT kovariieren mit überdurchschnittlichen Intelligenzrohwerten der Vergleichstests. Diese Daten gelten allerdings alle nur für den Einzelversuch des ZVT, bei dem die Zeit gestoppt wird, die der Proband braucht, um die Matrizen vollständig von Zahl 1 bis 90 zu bearbeiten. Beim Gruppenversuch haben die Probanden nur 30 Sekunden pro Matrize Zeit und es wird die bearbeitete Information in Bits pro Sekunde gemessen. Im Gruppentest steht also ein hoher Wert für eine gute Konzentrationsleistung im Gegensatz zum Einzelversuch.

Arnold (1960), Bäumlner (1964) und Bergmann (1964) haben signifikante Zusammenhänge mit dem Aufmerksamkeits-Belastungstest d2 gefunden, wohingegen Roth (1964) und Brickenkamp (1970) keine Gemeinsamkeiten finden konnten. Für Studenten ($N=367$) haben sich in einer Studie Korrelationskoeffizienten zwischen den Ergebnissen des Einzelversuchs des ZVT und den Skalen des d2 von $r = -.48$; $p < .01$ für GZ-F und $r = .24$; $p < .01$ für F% gefunden. Eine andere Studie hat für Studenten ($N=42$) keine signifikanten Korrelationen ($r = -.29$ für GZ-F und $r = .21$ für F%) ergeben (Oswald & Roth, 1987). Die Korrelationskoeffizienten der Skalen des ZVT im Einzelversuch mit F% aus dem d2-Test sind positiv, da ein hoher F%-Wert für viele Fehler steht und somit für eine geringere Konzentrationsleistung als ein niedrigerer F%-Wert bei sonst gleichbleibenden Faktoren. Die Ergebnisse der Korrelationen von ZVT-Ergebnissen mit den Ergebnissen des d2 und FAIR der Daten aus vorliegender Studie

finden sich in Kapitel 4.6.2.5. Durch die oben beschriebenen Ergebnisse in der Literatur und mit den hier vorliegenden Daten kann der Zahlen-Verbindungs-Test als reliabel und valide angesehen werden.

4.6.2.4 Frankfurter Aufmerksamkeits-Inventar (FAIR)

Zur Bestimmung der Reliabilität ist von den Autoren des FAIR die „Split-Half“-Reliabilität, die „Test-Retest“-Reliabilität und die Paralleltest-Reliabilität geprüft worden (Moosbrugger & Oehlschlägel, 1996). Bei der „Split-Half“-Reliabilität wird das Ergebnis des ersten Testbogens mit dem des zweiten verglichen. Die Werte L und K weisen eine Reliabilität von $r=.908$ und $r=.896$ und der Q-Wert von $r=.806$ auf ($N=573$). Die Ergebnisse beziehen sich auf Testform A, die auch in vorliegender Studie verwendet worden ist. Bei der „Test-Retest“-Reliabilität ist von den Autoren der Test viermal hintereinander mit Pausen von 5, 10 oder 20 Minuten durchgeführt worden ($N=18$). Für den Leistungswert L findet sich eine Reliabilität von $r=.85$. Bei der Paralleltest-Reliabilität werden zwei parallele Testformen bei einem Probanden hintereinander durchgeführt. Rothaar (1993, S. 53; aus: Moosbrugger & Oehlschlägel, 1996) hat einen Korrelationskoeffizienten der beiden Testformen von $r=.76$ für den Leistungswert L gefunden ($N=38$). Moosbrugger (1993; aus: Moosbrugger & Oehlschlägel, 1996) hat an 22 Jura-Studenten für L eine Reliabilität von $r=.831$, für Q von $r=.809$ und für K von $r=.827$ gefunden. Der in vorliegender Studie verwendete Kontinuitätswert K errechnet sich aus dem Leistungswert L und dem Qualitätswert Q ($K = Q \cdot L$, siehe Kapitel 4.5.5). Daher lassen hohe Korrelationskoeffizienten für L und Q auf einen hohen Korrelationskoeffizienten von K schließen. Die Paralleltest-Reliabilität wird erneut mit den in vorliegender Studie erhobenen Daten überprüft. Für die Fehlerskalen (FL-Linienfehler, FA-Falscher-Alarm-Fehler und FV-Verpassungsfehler – siehe Kapitel 4.5.5) werden die Ergebnisse des ersten Testbogens (FL1, FA1, FV1) mit den Ergebnissen des zweiten Testbogens (FL2, FA2 und FV2) verglichen. Die Probanden müssen zwei Testbögen mit dem gleichen Schema in jeweils drei Minuten bearbeiten. Die Reliabilitätsstatistik liefert für Teil eins einen Cronbachs-Alpha-Wert von $\alpha=.39$ und für den zweiten Teil $\alpha=.46$. Wenn ein Item weggelassen wird, bleibt das Cronbachs Alpha immer noch über .54 (Tabelle 4-9).

Tabelle 4-9: Reliabilitätsschätzungen der FAIR-Fehler-Skalen (FL1, FV1, FA1 aus Testbogen 1 und FL2, FV2, FA2 aus Testbogen 2) mittels der Paralleltest-Methode (eigene Daten)

	Skalenmittelwert, wenn Item weggelassen	Skalenvarianz, wenn Item weggelassen	Korrigierte Item-Skala-Korrelation	Quadrierte multiple Korrelation	Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen
FL1	13.27	149.66	.06	.01	.67
FV1	10.91	103.71	.53	.34	.54
FA1	10.99	105.83	.43	.23	.57
FL2	13.28	149.70	.07	.02	.67
FV2	9.26	76.46	.55	.38	.52
FA2	10.80	90.65	.50	.29	.54

Für die Gesamtzahl der markierten Zeichen G wird dementsprechend G1 aus dem ersten Testbogen mit G2 aus dem zweiten Testbogen verglichen. Die beiden Werte korrelieren signifikant miteinander (Pearson $r=.79$, $F=18.77$, $p<.001$). Der Gesamtwert G errechnet sich aus der Summe von G1 und G2. Der Leistungswert L errechnet sich aus den oben geprüften Skalen ($L = G - F_L - 2 \cdot (F_V + F_A)$), siehe Kapitel 4.5.5) und der in vorliegender Studie verwendete Kontinuitätswert erschließt sich wiederum direkt aus L und G:

$$K = Q \cdot L = \frac{L}{G} \cdot L = \frac{L^2}{G}$$

Daher kann der Kontinuitätswert K des FAIR sowie die anderen Skalen als höchst reliabel bezeichnet werden.

Die Testentwickler des FAIR bezeichnen diesen Test, als inhaltlich valide, weil „der inhaltliche Bezug zwischen den Anforderungen im Test und Anforderungen in bestimmten Realsituationen unmittelbar evident erscheint“ (Moosbrugger & Oehlschlägel, 1996, S. 80) und als valide im Konstrukt, denn es werden nicht verschiedene Persönlichkeits- oder Verhaltensmerkmale gemessen, sondern immer das Merkmal der Aufmerksamkeit. Für die konvergente Validität haben Schäfer und Moosbrugger (1993) den FAIR-Test mit anderen Testverfahren verglichen, die das gleiche Konstrukt Aufmerksamkeit erfassen. Dazu ist der d2-Test, welcher auch in dieser Testbatterie verwendet wird, gewählt worden. Die Stichprobe besteht aus 601 Personen zwischen 17 und 23 Jahren. Tabelle 4-10 zeigt die Korrelationsmatrix aus der Untersuchung von Moosbrugger und Oehlschlägel (1996, S. 81) der ermittelten Testwerte. Für eine genaue Erklärung dieser Testwerte siehe Kapitel 4.5.5. Alle Korrelationen zeigen hochsignifikante Zusammenhänge ($r>.22$, $p<.01$, Tabelle 4-10). Dies lässt auf eine hohe konvergente Validität des FAIR schließen.

Tabelle 4-10: Korrelationsmatrix zwischen drei Testwerten des FAIR und zwei Testwerten des d2 (verändert aus: Moosbrugger & Oehlschlägel, 1996, S. 81).

	FAIR L	FAIR K	d2 GZ	d2 GZ - F
FAIR L	1.0000	.9763**	.3897**	.4965**
FAIR K		1.0000	.3661**	.4989**
d2 GZ			1.0000	.7984**
d2 GZ - F				1.0000

**Die Korrelationen sind hoch signifikant ($p<.01$).

Um sicherzustellen, dass der FAIR-Test Aufmerksamkeit und nicht die Intelligenz der Probanden misst, sind von Schäfer und Moosbrugger (1993) die Testwerte des FAIR mit denen des „Intelligenz-Strukturtests“ (IST-70) (Amthauer, 1970) verglichen worden. Für eine diskriminante Validität erwarteten die Autoren niedrige Korrelationen. Allerdings fanden sie bei der Stichprobe (N=601) einen signifikanten Zusammenhang zwischen allen Aufmerksamkeitsvariablen des FAIR und den Intelligenzvariablen des Intelligenz-Struktur-Tests (IST). Um diesen Konflikt näher zu untersuchen, teilten die Autoren die Gruppe in Probanden mit

einer IST-70 Gesamtrohwertpunktzahl von ≤ 90 (Gruppe 1) bzw. > 90 (Gruppe 2). Für diese beiden Gruppen wurde nun getrennt die Korrelation von den Werten des FAIR mit denen des IST-70 ermittelt. Für Gruppe 1 fand sich Korrelationen von $r > .38$ und für Gruppe 2 von $r > .19$ (Moosbrugger & Oehlschlägel, 1996, S. 83). Es wird hierbei deutlich, dass die höheren Korrelationswerte zwischen Werten des FAIR (L-Wert und K-Wert) und dem IST-70-Gesamtwert besonders durch diejenigen Probanden zustande gekommen sind, die über eine geringere Intelligenz verfügen. Dies erklärten die Autoren damit, dass für die richtige Testausführung des FAIR eine gewisse Grundintelligenz vonnöten sei. Dies bedeutet für die hier vorliegende Studie, dass, da der Test mit Gymnasiasten durchgeführt wird, welche über eine gewisse Grundintelligenz verfügen sollten, eine eher geringe Korrelation zwischen FAIR und ZVT erwartet wird, zumal wie weiter oben erwähnt wird, der ZVT mit dem IST eine hohe Korrelation zu erwarten lässt. Diese Korrelationen sind in nachfolgendem Kapitel 4.6.2.5 aufgeführt. Die Ergebnisse aus der Literatur und aus den hier vorliegenden Daten lassen auf eine hohe Reliabilität und Validität des Frankfurter Aufmerksamkeits-Inventars schließen.

4.6.2.5 Zusammenhänge der drei kognitiven Leistungstests (d2, ZVT und FAIR)

Um die konvergente Validität zu überprüfen, werden die Ergebnisse des d2-Tests, Zahlen-Verbindungs-Tests (ZVT) und des Frankfurter-Aufmerksamkeits-Inventars (FAIR) miteinander verglichen (N=372).

Tabelle 4-11: Pearson-Korrelationskoeffizienten ausgewählter Skalen der kognitiven Tests (d2, ZVT und FAIR) (eigene Daten)

	d2 (GZ)	d2 (KL)	ZVT (S)	ZVT (KG)	FAIR (G)	FAIR (L)	FAIR (K)
d2 (GZ)	1	.78** N=359	.51** N=358	.44** N=357	.57** N=347	.54** N=347	.49** N=347
d2 (KL)		1	.56** N=358	.51** N=357	.57** N=347	.58** N=347	.57** N=347
ZVT (S)			1	.88** N=370	.44** N=357	.45** N=357	.44** N=357
ZVT (KG)				1	.37** N=357	.38** N=357	.38** N=357
FAIR (G)					1	.97** N=359	.92** N=359
FAIR (L)						1	.99** N=359

* Die Korrelation ist signifikant ($p < .05$). ** Die Korrelation ist hoch signifikant ($p < .001$).

Alle getesteten Skalen der drei Leistungstests korrelieren hoch signifikant miteinander ($p < .001$), ($r = .04$, $p = .51$, Tabelle 4-11). Es ergeben sich sogar höhere Korrelationswerte zwischen dem d2 und FAIR als bei Moosbrugger und Oehlschlägel (1996, S. 81, Tabelle 4-10). Es kann also davon ausgegangen werden, dass alle drei Tests annähernd das gleiche Konstrukt kognitive Leistungsfähigkeit messen. Somit ist sowohl der ZVT als auch der d2 und FAIR den kognitiven Leistungstests der Aufmerksamkeit bzw. Konzentrationsleistung zuzu-

ordnen. Im Folgenden ist der Begriff „kognitiver Leistungstest“ gleichbedeutend mit „Leistungstest zur Bestimmung der Konzentrationsleistung“. Zusammenfassend stehen die hohen Korrelationskoeffizienten aus Tabelle 4-11 für eine hohe Validität der in vorliegender Untersuchung verwendeten kognitiven Leistungstests (d2, ZVT und FAIR).

4.6.3 Unabhängigkeit der Konzentrationsleistung vom Geschlecht

Alle drei kognitiven Leistungstests werden auf der Grundlage der in dieser Studie erhobenen Daten (N=372) auf Unabhängigkeit der Konzentrationsleistung vom Geschlecht der Probanden untersucht.

Tabelle 4-12: Mittelwerte (mit Standardabweichungen in Klammern) ausgewählter Skalen des d2, ZVT und FAIR getrennt nach Geschlecht der Probanden

	d2 (GZ)	d2 (KL)	ZVT (S)	ZVT (PR)	ZVT (KG)	FAIR (G)	FAIR (L)	FAIR (Q)	FAIR (K)
männlich	472.00 (93.18)	180.81* (55.55)	9.74 (1.95)	72.03 (26.74)	112.49 (16.33)	402.59 (104.12)	375.36 (107.17)	.93 (.08)	352.07 (112.1)
weiblich	470.91 (85.20)	174.66* (40.86)	9.69 (1.99)	71.60 (26.25)	111.64 (15.17)	406.42 (91.25)	380.52 (92.06)	.93 (.06)	357.42 (95.33)
gesamt	471.37 (88.52)	177.25 (45.22)	9.71 (1.97)	71.78 (26.42)	112.00 (15.57)	404.82 (96.71)	378.36 (98.54)	.93 (.06)	355.18 (102.5)

*Differenz der Mittelwerte ist signifikant ($p < .01$)

Eine statistische Untersuchung kann keine Unterschiede zwischen den Geschlechtern bezüglich fast aller getesteten Faktoren (für d2: GZ, F1, F2, F%, KL; für ZVT: S, PR, KG; für FAIR: G, FL, FV, FA, L, Q, K) finden (jeweils $F(1,369) < 3.19$, $p > .07$), außer bei den Falscher-Alarm-Fehlern (F_A , siehe Kapitel 4.5.5) des FAIR ($F(1,369) = 5.44$, $p = .02$): Mädchen machen signifikant weniger Falscher-Alarm-Fehler als Jungen. Genaue Erklärungen der einzelnen Skalen der kognitiven Leistungstests finden sich in Kapitel 4.5. Auffallend ist die Signifikanz des Konzentrationsleistungswertes KL des d2 ($F(2,357) = 8.29$, $p = .004$). Bezüglich des KL-Werts zeigen die männlichen Probanden ein hoch signifikant besseres Ergebnis als die weiblichen Probanden. Gerade für diesen Wert wäre eine Unabhängigkeit von der soziodemographischen Variable Alter wünschenswert gewesen. Durch diesen signifikanten Unterschied bezüglich des KL-Wertes zwischen den Geschlechtern ist es besonders wichtig, darauf zu achten, dass die beiden Interventionsgruppen und die Kontrollgruppe dieser Studie ausgeglichen bezüglich männlicher und weiblicher Probanden sind. Dies ist der Fall (siehe Tabelle 4-4). Neben dem Geschlecht ist auch die Unabhängigkeit der Konzentrationsleistung von der soziodemographischen Variable Alter zu testen. Dies geschieht im nächsten Kapitel.

4.6.4 Zusammenhang zwischen Konzentrationsleistung und Alter

Die Annahme liegt nahe, dass Ergebnisse in kognitiven Tests vom Alter der Probanden abhängen. Dies ist keine explizite Fragestellung, die in Kapitel 4.1 aufgeführt wäre, sondern soll

als Unterfragestellung betrachtet werden. Kapitel 4.6.4.1 untersucht allgemein die Zusammenhänge der Ergebnisse der kognitiven Tests mit dem Alter der Probanden. In Kapitel 4.6.4.2 und 4.6.4.3 werden die Klassenstufen 6 bis 9 genauer betrachtet.

4.6.4.1 Zusammenhänge der Ergebnisse der kognitiven Tests mit dem Alter der Probanden

Um zu untersuchen, ob auch bei vorliegender Studie ein Zusammenhang zwischen Alter und Testergebnis der Probanden auftritt, wird eine Korrelationsanalyse der Ergebnisse der drei kognitiven Tests mit dem Alter der Probanden durchgeführt (Tabelle 4-13). Es finden sich hoch signifikante Zusammenhänge zwischen dem Testergebnis des d2-Tests und dem Alter (KL-Wert, $r=.226$, $p<.001$). des FAIR (K-Wert, $r=.323$, $p<.001$) und der Summenvariable S des ZVT ($r=.230$, $p<.001$). Ein Zusammenhang zwischen dem KG-Wert des ZVT und dem Alter der Probanden kann nicht bestätigt werden ($r=-.079$, $p>.05$). Dies liegt daran, dass das Alter bei der Auswertung dieses Wertes schon berücksichtigt wurde (siehe Kapitel 4.5.4). Für die weitere Auswertung (berücksichtigt in den Ergebnissen in Kapitel 5) sind allerdings nur folgende Variablen interessant: KL-Wert des d2, S-Wert des ZVT und K-Wert des FAIR.

Tabelle 4-13: Pearson-Korrelationskoeffizienten des Alters der Probanden mit den kognitiven Testergebnissen (d2, ZVT und FAIR, getestete Variable in Klammern)

	d2 (KL)	ZVT (S)	FAIR (K)
Alter	.226* (N=359)	.230* (N=371)	.323* (N=359)

* Die Korrelation ist hoch signifikant ($p<.001$).

4.6.4.2 Vergleich der Testergebnisse in den Klassenstufen 6 bis 9

Die Klassenstufenzugehörigkeit hängt direkt vom Alter der Schüler ab. Um den Zusammenhang zwischen Alter und Testergebnissen der Probanden zu untersuchen, ist es daher ausreichend, den Zusammenhang zwischen besuchter Klassenstufe des Probanden und Testergebnis zu betrachten. Dies geschieht im Folgenden. Es wird untersucht, ob es Unterschiede in den Ergebnissen der kognitiven Tests innerhalb der Klassenstufen 6 bis 9 gibt. Es werden für die kognitive Leistung der KL-Wert des d2-Tests, der S-Wert des ZVT und der K-Wert des FAIR herangezogen. Abbildung 4-10 zeigt eine Übersicht der Testergebnisse der einzelnen Klassenstufen. Eine Tabelle mit den genauen Mittelwerten und Standardabweichungen befindet sich im Anhang (Tabelle B-1).

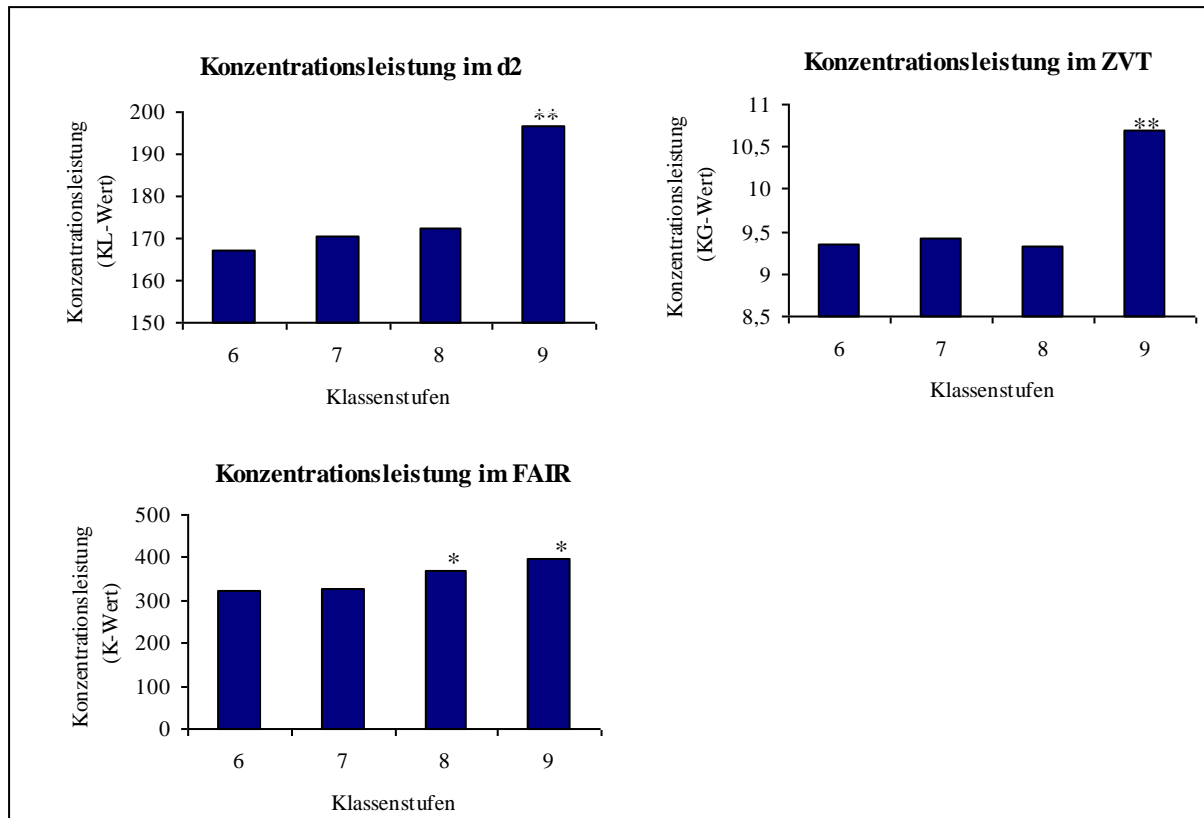


Abbildung 4-10: Ergebnisse der kognitiven Tests (KL-Wert des d2, KG-Wert des ZVT, K-Wert des FAIR) in den Klassenstufen 6-9. Hohe Werte stehen für hohe Konzentrationsleistungen. Hier sind Testrohre abgebildet, daher die unterschiedlichen Skalen. Es kann daher nicht gefolgert werden, dass der FAIR besser ausgefallen ist als der ZVT oder der d2, **hoch signifikanter Unterschied zu allen anderen Stufen, $p < .001$; *signifikante Unterschiede zu Stufen 6 und 7, $p < .02$;

Die d2-Testwerte verlaufen mit zunehmender Klassenstufe ansteigend. Eine noch auffälliger steigende Tendenz weist FAIR auf. Die S-Werte des ZVT unterscheiden sich in allen Stufen nur gering. Die kognitiven Tests berücksichtigen eine unterschiedliche Skalierung ihrer Ergebniswerte. Daher gibt Abbildung 4-10 keine Auskunft darüber, welcher Test im Schnitt besser abschneidet. Bei FAIR gibt es höhere Punktwerte zu erreichen als bei d2 oder ZVT. Er ist aber deswegen nicht besser ausgefallen als die anderen Tests.

Eine einfaktorielle Varianzanalyse ergibt hoch signifikante Unterschiede bezüglich des KL-Wertes aus dem d2-Test innerhalb der unterschiedlichen Klassenstufen ($F(3,355)=8.75$, $p < .001$). Da die Klassenstufen vom Alter abhängig sind, erübrigt sich hier ein Einbezug der Kovariate Alter. Eine Post-Hoc-Analyse der paarweisen Vergleiche mittels Tukey weist einen hoch signifikanten Unterschied der Klassenstufe 9 zu den anderen Stufen ($p < .001$) auf. Die anderen Klassenstufen unterscheiden sich nicht signifikant. Auch beim ZVT werden hoch signifikante Unterschiede des S-Wertes innerhalb der Klassenstufen gefunden ($F(3,366)=11.75$, $p < .001$). Der Tukey-Test zeigt ein signifikant besseres Abschneiden der Klassenstufe 9 gegenüber den anderen Stufen (jeweils $p < .001$). Sowohl beim d2 Als auch beim ZVT verlaufen die Mittelwerte mit der Klassenstufe ansteigend, bis auf Klassenstufe 8. Sie fällt mit niedrigeren Werten hier etwas aus dem Bild (siehe Tabelle B-1 im Anhang). Dies

ist aber nicht signifikant. Betrachtet man FAIR finden sich auch hier hoch signifikante Unterschiede zwischen den Klassenstufen ($F(3,355)=11.00$, $p<.001$). Bei genauerer Betrachtung mittels Tukey finden sich signifikant höhere Konzentrationsleistungen in der Klassenstufe 9 als in den Stufen 6 und 7 ($p<.001$), sowie in der Stufe 8 als in den Stufen 6 und 7 ($p=.009$ und $p=.014$). Die Mittelwerte des FAIR aus Abbildung 4-10 verlaufen mit zunehmendem Alter ansteigend.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die kognitive Leistungsfähigkeit mit zunehmender Klassenstufe ansteigend verläuft. Besonders Schüler der Stufe 9 schneiden deutlich besser in allen drei kognitiven Leistungstests ab als Schüler niedrigerer Klassenstufen.

4.6.4.3 Vergleich der Testergebnisse zwischen den Untersuchungsgruppen

Da die Testergebnisse aller drei Tests in den Klassenstufen unterschiedlich ausfallen, stellt sich die Frage, ob das Alter bzw. die besuchte Klassenstufe der Probanden einen Moderatoreffekt auf den Einfluss der Unterrichtsgruppenzugehörigkeit (Sport, Kunst/Freistunde oder Mathematik) auf die kognitive Leistungsfähigkeit direkt im Anschluss hervorruft. Daher werden die kognitiven Testergebnisse in den Klassenstufen für jede Unterrichtsgruppe separat betrachtet (Abbildung 4-11). Die genauen Mittelwerte und Standardabweichungen zu Abbildung 5-11 finden sich in Tabelle B-2 im Anhang aufgeteilt nach Zugehörigkeit zu den Gruppen und besuchter Klassenstufe der Probanden. Um oben genannten Moderatoreffekt der Klassenstufe zu untersuchen, wird eine 2-faktorielle ANOVA (1. Faktor: Untersuchungsgruppe und 2. Faktor: Klassenstufe) durchgeführt. Da die besuchte Klassenstufe direkt mit dem Alter der Probanden zusammenhängt, wurde hier das Alter nicht als Kovariate mitberücksichtigt. Diese Varianzanalyse fand einen signifikanten Interaktionseffekt dieser beiden Faktoren bei allen drei kognitiven Leistungstests (d2 (KL): $F(6,339)=4.57$, $p<.001$, ZVT (S): $F(6,339)=8.65$, $p<.001$ und FAIR (K): $F(6,339)=2.62$, $p=.017$). Um diesen Interaktionseffekt zu interpretieren, ist Abbildung 4-11 zu betrachten.

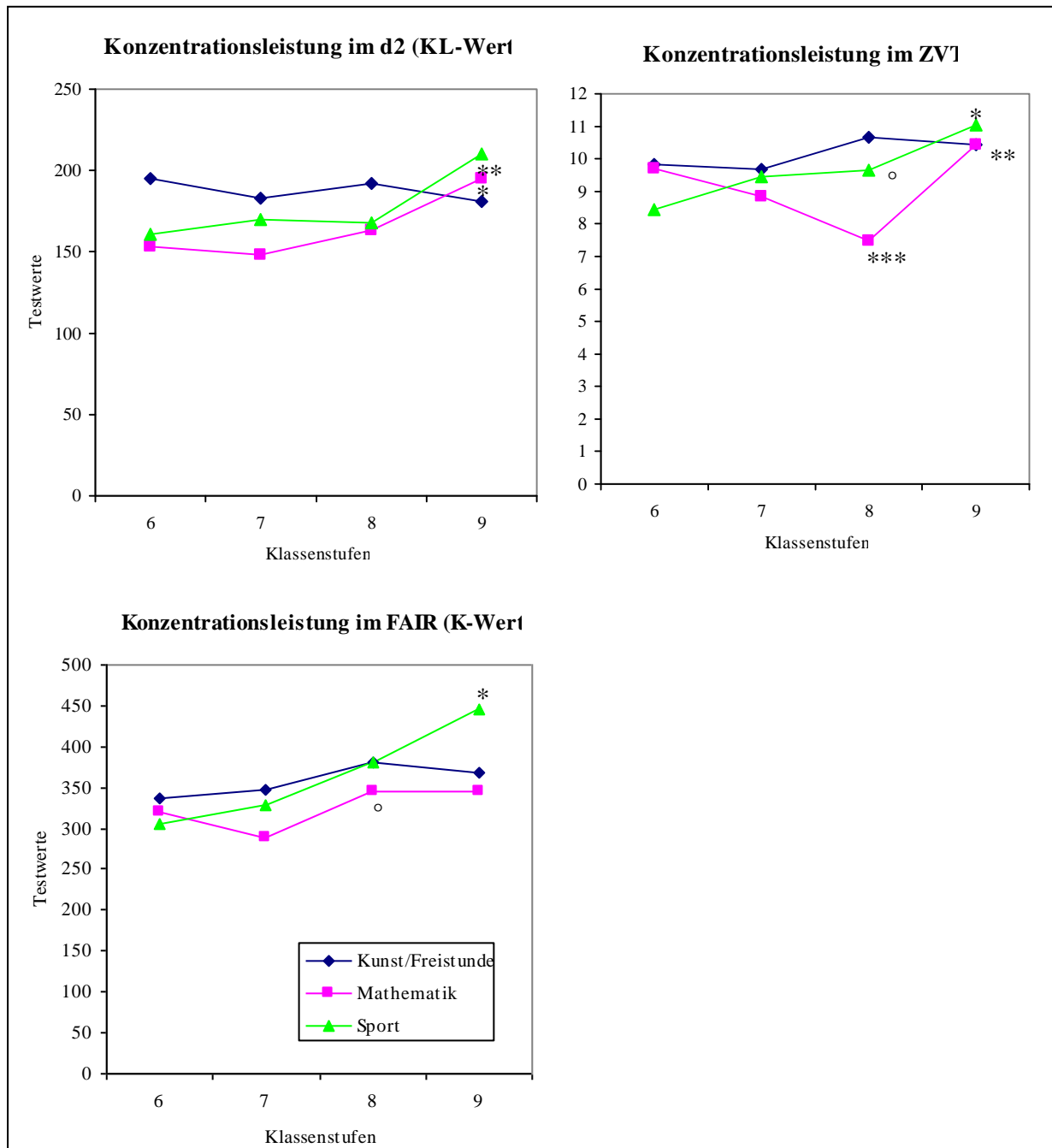


Abbildung 4-11: Ergebnisse der kognitiven Tests (d2, ZVT, FAIR, getestete Variable in Klammern) in den Klassenstufen 6-9 der jeweiligen Gruppen (Kunst/Freistunde, Sport, Mathematik), hohe Werte stehen für eine hohe Konzentrationsleistung. Es sind hier die Testrohwerte abgebildet, daher die Unterschiede in der Skala. Dies bedeutet nicht, dass der FAIR besser als der ZVT oder der d2-Test ausgefallen ist. *Werte der Stufe 9 sind höher als die der anderen Stufen ($p < .01$ für Mathematik und $p < .001$ für Sport), ** Werte der Stufe 9 sind höher als Stufe 6-8 ($p < .05$), ***Werte der Stufe 8 sind niedriger als die der anderen Stufen ($p < .01$), °Werte der Stufe 8 sind höher als Stufe 6 ($p < .05$).

Für eine genauere Analyse werden die Probanden nach Unterrichtsgruppe getrennt und separate Varianzanalysen (Oneway ANOVA) mit fixem Faktor *Klassenstufe* durchgeführt (siehe Abbildung 4-11). Hierbei fällt auf, dass es innerhalb der *Kunst/Freistundengruppe* keine sig-

nifikanten Unterschiede zwischen den Klassenstufen gibt, obwohl bei der Varianzanalyse nicht nach Alter kontrolliert wurde (d2 (KL): $F(3,106)=.52$, $p=.672$; ZVT (S): $F(3,116)=2.00$, $p=.119$; FAIR (K): $F(3,114)=1.03$, $p=.380$). Für die *Mathematikgruppe* ergeben sich Unterschiede zwischen den Klassenstufen im d2 und ZVT (d2 (KL): $F(3,95)=8.76$, $p<.001$; ZVT (S): $F(3,95)=13.24$, $p<.001$; FAIR (K): $F(3,94)=1.76$, $p=.160$). Hier sind die Schüler der Klassenstufe 9 besser als die Schüler der anderen Stufen (jeweils $p<.01$) im d2 und besser als die Schüler der Stufen 7 und 8 im ZVT (jeweils $p<.05$). Merkwürdigerweise sind die Schüler der Stufe 8 der Mathematikgruppe schlechter als die der anderen Stufen (jeweils $p<.05$). Dies könnte zum Einen mit dem Auftreten der Pubertät in dieser als problematisch bekannten Klassenstufe erklärt werden und zum Anderen mit einem möglicherweise falschen Handhaben des ZVT in dieser Klasse (z.B. ein sich zu lange Zeitlassen beim Verbinden der Zahlen). In der *Sportgruppe* sind die Unterschiede zwischen den Klassenstufen am deutlichsten (d2 (KL): $F(3,146)=9.73$, $p<.001$; ZVT (S): $F(3,148)=13.44$, $p<.001$; FAIR (K): $F(3,139)=14.54$, $p<.001$). Deskriptiv lässt sich sagen, dass in der *Sportgruppe* die kognitiven Leistungswerte gegen Ende der Unterrichtsstunde (FAIR) mit Zunahme der Klassenstufe ansteigend verlaufen. In den beiden anderen Unterrichtsgruppen ist dieser Anstieg weniger ausgeprägt und auch nicht kontinuierlich. Post-Hoc-Tests nach Tukey zeigen, dass die Klassenstufe 9 in der *Sportgruppe* besser ist als die anderen Stufen im d2 (jeweils $p<.001$). Auch im ZVT ist die Klassenstufe 9 besser als die anderen Stufen (jeweils $p<.001$). Zudem ist hier die Klassenstufe 8 besser als Klassenstufe 6 ($p=.035$). Im FAIR zeigt sich das gleiche Bild: Stufe 9 ist besser als alle anderen (jeweils $p<.01$) und Stufe 8 besser als 6 ($p=.024$). Diese Signifikanzen sind der Übersicht halber in Abbildung 4-11 abgebildet.

Es scheinen besonders die älteren Schüler von der Sportintervention zu profitieren. Die Werte des ZVT sind in allen Gruppen über die Stufen gesehen ausgeglichen, bis auf einen leichten Leistungsabfall der achten Stufe in der *Mathematikgruppe*. Die d2-Werte verlaufen in den Gruppen *Mathematik* und *Sport* ansteigend mit den Klassenstufen. In der *Kunst/Freistunden-gruppe* ist kein Anstieg zu verzeichnen.

Dass die Klassenstufen sich untereinander unterscheiden, wurde somit gezeigt. Als weitere Analyse wurde nun jede Klassenstufe für sich separat betrachtet. In der 6. Stufe gab es signifikante Unterschiede im d2-Test und ZVT zwischen den Untersuchungsgruppen (Mathematik, Sport, Kunst/Freistunde) (d2 (KL): $F(2,64)=7.79$, $p=.001$; ZVT (S): $F(2,64)=5.02$, $p=.010$). Im d2-Test war die *Kunst/Freistunden-gruppe* besser als die beiden anderen Gruppen (jeweils $p<.01$) und im ZVT waren die *Kunst/Freistunden-* und die *Mathematikgruppe* besser als die *Sportgruppe* (jeweils $p<.02$). In der 7. Stufe gab es nur signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen bezüglich des d2-Tests ($F(2, 104)=4.76$, $p=.011$). Hier war die *Kunst/Freistunden-gruppe* besser als die *Mathematikgruppe* ($p=.007$). In der 8. Stufe gab es signifikante Unterschiede im d2- und sehr deutliche Unterschiede im ZVT zwischen den Untersuchungsgruppen (d2 (KL): $F(2,93)=3.91$, $p=.023$; ZVT (S): $F(2,106)=27.18$, $p<.000$). Im d2 war die *Kunst/Freistunden-gruppe* besser als die *Mathematikgruppe* ($p=.026$). Im ZVT war die *Mathematikgruppe* schlechter als beide anderen Gruppen (jeweils $p<.000$) und die *Kunst/Freistunden-gruppe* zusätzlich noch besser als die *Sportgruppe* ($p=.033$). In der 9. Stufe

ergab sich signifikante Unterschiede im d2-Test und FAIR zwischen den Unterrichtsgruppen (d2 (KL): $F(2,94)=3.17$, $p=.047$; FAIR (K): $F(2,88)=6.96$, $p=.002$). Hier ergibt sich ein etwas anderes Bild: Die *Sportgruppe* ist hier besser im d2 als die *Kunst/Freistundengruppe* ($p=.036$). Im FAIR ist die *Sportgruppe* besser als beide andere Gruppen (Kunst: $p=.014$, Mathematik: $p=.004$).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Interaktionseffekte der Faktoren Klassenstufe und Unterrichtsgruppe in allen drei kognitiven Leistungstests signifikant sind (d2 (KL): $F(6,339)=4.57$, $p<.001$, ZVT (S): $F(6,339)=8.65$, $p<.001$ und FAIR (K): $F(6,339)=2.62$, $p=.017$). Die besuchte Klassenstufe bzw. das Alter des Probanden hat also einen Moderatoreffekt auf die Auswirkungen der Unterrichtsgruppe (Sport, Kunst/Freistunde und Mathematik) auf die kognitive Leistungsfähigkeit direkt im Anschluss an diesen Unterricht. Dies ist zu erwarten gewesen, da die Konzentrationsleistungsfähigkeit mit dem Alter zunimmt. Die Altersunterschiede der Probanden (dargestellt anhand der Klassenstufenzugehörigkeit) kommen besonders in der *Sportgruppe* zum Tragen. Die Testwerte aller drei kognitiven Tests verlaufen ansteigend, und die 9. Klassenstufe ist deutlich konzentrierter als die jüngeren Stufen ($p<.02$). In den beiden anderen Untersuchungsgruppen verlaufen die Testwerte nicht immer ansteigend mit zunehmender Klassenstufe. Bei der separaten Betrachtung aller Klassenstufen war in Stufen 6 bis 8 in den meisten Fällen im Besonderen im d2 und ZVT die *Kunst/Freistundengruppe* besser als die *Mathematikgruppe* oder sogar besser als beide Gruppen. Allein in der 9. Stufe war die *Sportgruppe* besser als beide anderen Gruppen. Dies könnte bedeuten, dass entweder diese Schüler aus der 9. Klasse der *Sportgruppe* zufällig besonders gut waren (aber dies sollte eigentlich durch die Randomisierung ausgeschlossen werden), oder dass besonders ältere Schüler vom Sportunterricht profitieren und direkt im Anschluss eine hohe kognitive Leistungsfähigkeit besitzen. Für weiterführende Untersuchungen wäre es interessant, den Effekt des Sportunterrichts auf die kognitive Leistungsfähigkeit im direkten Anschluss bei älteren Schülern der Oberstufe zu betrachten.

5 Eigene Untersuchung: Ergebnisse

Im folgenden Kapitel sollen die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung dargestellt werden. Ziel dieser Studie ist es, den Effekt des Sportunterrichts auf die nachfolgende kognitive Leistungsfähigkeit zu untersuchen. In Kapitel 4.1 sind folgende zu überprüfenden Fragestellungen aufgeführt:

1. Können sich Schüler nach dem Sportunterricht besser konzentrieren als Schüler nach dem Mathematikunterricht?
2. Gibt es einen Unterschied in der kognitiven Leistungsfähigkeit zwischen Schülern nach dem Sportunterricht und Schülern, die ein weniger konzentrationsintensives Fach gelehrt bekamen?
3. Unterscheidet sich die momentane Stimmungslage von Schülern direkt nach dem Sportunterricht, nach dem Mathematikunterricht bzw. nach dem Unterricht in einem weniger konzentrationsintensiven Fach?
4. Profitieren Schüler, die neben der Schule habituell sportlich aktiv sind, mehr von eventuellen positiven Effekten des Sportunterrichts auf die kognitive Leistungsfähigkeit in der anschließenden Unterrichtsstunde als inaktive Schüler?
5. Haben sportlich aktivere Schüler eine höhere generelle kognitive Leistungsfähigkeit – d.h. bessere Jahresendnotenschnitte - als sportlich weniger aktive Schüler?
6. Profitieren Schüler mit einer schlechteren generellen kognitiven Leistungsfähigkeit – Jahresendnotenschnitt - mehr von eventuellen positiven Effekten des Sportunterrichts auf die kognitive Leistungsfähigkeit in der anschließenden Unterrichtsstunde als Schüler mit besseren schulischen Leistungen?
7. Gibt es bezüglich des Effektes des Sportunterrichts auf die kognitive Leistungsfähigkeit in der anschließenden Unterrichtsstunde kulturelle Unterschiede - d.h. treten dieselben Effekte sowohl bei deutschen als auch bei französischen Schülern auf?

Um diese sieben Fragestellungen zu überprüfen, ist - wie im vierten Kapitel beschrieben - mittels dreier kognitiver Tests die kognitive Leistungsfähigkeit von Schülern nach dem Mathematik-, nach dem Sportunterricht und nach Kunstunterricht bzw. Freistunde gemessen worden. Dazu sind die Schüler in drei Gruppen eingeteilt worden: Gruppe M (Mathematikunterricht), Gruppe S (Sportunterricht) und Gruppe KF (Kunstunterricht oder Freistunde). Dieser Unterricht in den Gruppen hat immer in der fünften Schulstunde stattgefunden. Zur Kontrolle der Effekte des Unterrichts in diesen Gruppen auf die kognitive Leistungsfähigkeit in der anschließenden Unterrichtsstunde werden die Ergebnisse der drei Gruppen miteinander verglichen. Die Messung der kognitiven Leistungsfähigkeit ist bei allen Probanden in gleicher Weise in der sechsten Unterrichtsstunde (der letzten Stunde des Vormittagsunterrichts) durchgeführt worden. Es sind drei kognitive Tests mit drei unterschiedlichen Messinstrumenten zu unterschiedlichen Zeitpunkten durchgeführt worden, um die Konzentrationsleistungen nicht nur einmalig vergleichen zu können, sondern um die Konzentrationsleistungsfähigkeit zu drei Zeitpunkten in der Unterrichtsstunde zu messen (zu Beginn, in der Mitte und am Ende). Dieser Aufbau wurde so gewählt, damit die Messung der kognitiven Leistungsfähigkeit

möglichst unterrichtsnah gestaltet ist, da sich im Unterricht unterschiedliche Konzentrationsphasen mit Entspannungsphasen abwechseln. Ein eventueller positiver Effekt des Sporttreibens wäre nicht nur in der ersten Phase des darauffolgenden Unterrichts wünschenswert, sondern in der gesamten Unterrichtszeit von 45 Minuten.

Fragestellungen 1 und 2 werden im Unterkapitel 5.1 gemeinsam untersucht. Dazu werden die Testergebnisse der kognitiven Leistungstests aller drei Gruppen miteinander verglichen. In Unterkapitel 5.2 wird ein möglicher Effekt der momentanen Stimmungslage auf das Konzentrationsverhalten beleuchtet (Fragestellung 3). Im Anschluss daran werden in Unterkapitel 5.3 Fragestellungen 4 und 5 behandelt. Hier wird der Effekt des sportlichen Freizeitverhaltens der Schüler auf die kognitive Leistungsfähigkeit in der anschließenden Unterrichtsstunde (Kapitel 5.3.1, Fragestellung 3) und auf den Jahresendnotenschnitt (5.3.2, Fragestellung 5) betrachtet. Unterkapitel 5.4 behandelt die sechste Fragestellung. Hier wird erläutert, ob es einen Effekt des Jahresendnotenschnitts auf die kognitive Leistungsfähigkeit in der anschließenden Unterrichtsstunde gibt. Um eventuelle kulturelle Unterschiede aufzuzeigen, werden in Kapitel 5.5 die Stichproben in deutsche und französische Schüler unterteilt und getrennt untersucht (Fragestellung 7). Im letzten Abschnitt dieses Kapitels (5.6) werden die untersuchten Klassenstufen 6 bis 9 getrennt betrachtet, um einen möglichen Einfluss des Alters der Probanden aufzuzeigen. Auf eine kurze Erläuterung der Variablen und Ergebnisse folgt in den einzelnen Unterkapiteln eine graphische Darstellung. Daran schließt sich eine tabellarische Übersicht an, in der die gefundenen Zusammenhänge erfasst sind. Einige Tabellen sind aus Gründen der besseren Übersicht im Anhang zu finden.

5.1 Unterschiede in der kognitiven Leistungsfähigkeit zwischen den Gruppen

In diesem Kapitel werden Fragestellung 1 und 2 untersucht. Es soll geprüft werden, ob sich Schüler nach dem Sportunterricht besser konzentrieren können als nach dem Mathematikunterricht und ob es einen Unterschied in der kognitiven Leistungsfähigkeit gibt zwischen Schülern, die Sportunterricht oder Kunstunterricht bzw. eine Freistunde hatten. Dazu werden die Schüler in drei Gruppen eingeteilt: *Sportgruppe*, *Mathematikgruppe* und *Kunst/Freistunden-gruppe*. Nach dem Unterricht in der fünften Schulstunde wird bei allen drei Gruppen die kognitive Leistungsfähigkeit in der anschließenden sechsten Schulstunde in gleicher Weise gemessen:

Teil 1:	Fragebogen zu allgemeinen Angaben zur Person
Teil 2:	PANAS-Stimmungsbarometer
Teil 3:	Kognitiver Test Nr.1 (d2-Aufmerksamkeits- und Belastungstest)
Teil 4:	Fragebogen zur Sportaktivität
Teil 5:	Kognitiver Test Nr. 2 (Zahlen-Verbindungs-Test ZVT)
Teil 6:	Kognitiver Test Nr.3 (Frankfurter Aufmerksamkeits-Inventar FAIR)

In diesem Kapitel werden die dadurch gemessenen Parameter miteinander verglichen. Es werden drei kognitiven Tests durchgeführt: Einer zu Beginn der Unterrichtsstunde, einer in der Mitte und einer am Ende. In folgendem Kapitel werden zuerst die drei Gruppen getrennt nach Messinstrument verglichen (Beginn der Stunde (d2): Kapitel 5.1.1; Mitte (ZVT): Kapitel 5.1.2; Ende (FAIR): Kapitel 5.1.3). In Kapitel 5.1.4 wird der Verlauf der Konzentrationsleistungsfähigkeit in den Gruppen betrachtet, es werden also die Ergebnisse der ersten Messung mit denen der zweiten und dritten verglichen. Das Kapitel 5.1.5 beleuchtet den Verlauf der Konzentrationsleistungsfähigkeit der einzelnen Probanden. Die korrelativen Zusammenhänge der drei kognitiven Tests werden in Kapitel 5.1.6 untersucht. Für diese Vergleiche werden bestimmte Parameter, die durch den jeweiligen kognitiven Test bestimmt werden können, herangezogen. Kapitel 4.5 gibt einen Überblick über diese Messgrößen der Tests. Als wichtigste Variable zur Messung der kognitiven Leistungsfähigkeit wird aus dem d2-Test der Konzentrationsleistungswert KL gewählt. Der Zahlen-Verbindungs-Test liefert als Maß für die Bearbeitungsgeschwindigkeit den Summenwert S der verarbeiteten Informationen pro Zeiteinheit (in Bits pro Sekunde). Der Kontinuitätswert K des Frankfurter Aufmerksamkeits-Inventars (FAIR) informiert über den Grad der kontinuierlichen Konzentrationsleistung. Um die drei Gruppen miteinander zu vergleichen, wird mittels des Statistikprogramms SPSS eine einfaktorische Varianzanalyse (ANOVA) durchgeführt. Unabhängige Variable ist die Gruppenzugehörigkeit, abhängige Variablen sind der KL-Wert des d2, S-Wert des ZVT und K-Wert des FAIR. Der KL-Wert des d2 steht für die Konzentrationsleistungsfähigkeit zu Anfang, der S-Wert des ZVT für die Leistungsfähigkeit in der Mitte und der K-Wert des FAIR zu Ende der Unterrichtsstunde. Um Unterschiede zwischen den Gruppen zu testen, wird der Varianzanalyse eine Post-Hoc-Analyse der paarweisen Vergleiche (LSD) angeschlossen.

5.1.1 Konzentrationsleistungsfähigkeit nach dem d2-Test: KL-Wert

Die Ergebnisse der Messung der Konzentrationsleistungsfähigkeit innerhalb der Gruppen zu Beginn der Messung (d2-Test) direkt nach dem Unterricht in den drei Gruppen finden sich in Abbildung 5-1 und Tabelle C-2 (im Anhang). Da die Gruppenmitglieder der *Mathematikgruppe* signifikant jünger sind als die Probanden aus den anderen Gruppen (siehe Tabelle 4-4 in Kapitel 4.3.2), wird bei der Varianzanalyse das Alter als Kovariate mitbetrachtet. Die nicht nach Alter kontrollierten Werte finden sich im Anhang. Einige d2-Tests sind von Probanden falsch ausgefüllt worden (siehe 4.5.6). Daher unterscheidet sich die Anzahl der Gruppenteilnehmer von den Anfangszahlen aus Tabelle 4-3 in Kapitel 4.3.1 (Gruppe S mit N=150 statt N=153 und Gruppe KF mit N=110 statt N=119). Die *Kunst/Freistundengruppe* weist die höchsten Mittelwerte der KL-Werte im d2-Test auf (M=186.18, SD=46.95), gefolgt von der *Sportgruppe* (M=179.34, SD=47.36) und der *Mathematikgruppe* (M=164.11, SD=36.60). Kontrolliert man die Mittelwerte nach dem Alter, bleibt dieses Bild erhalten (Abbildung 5-1).

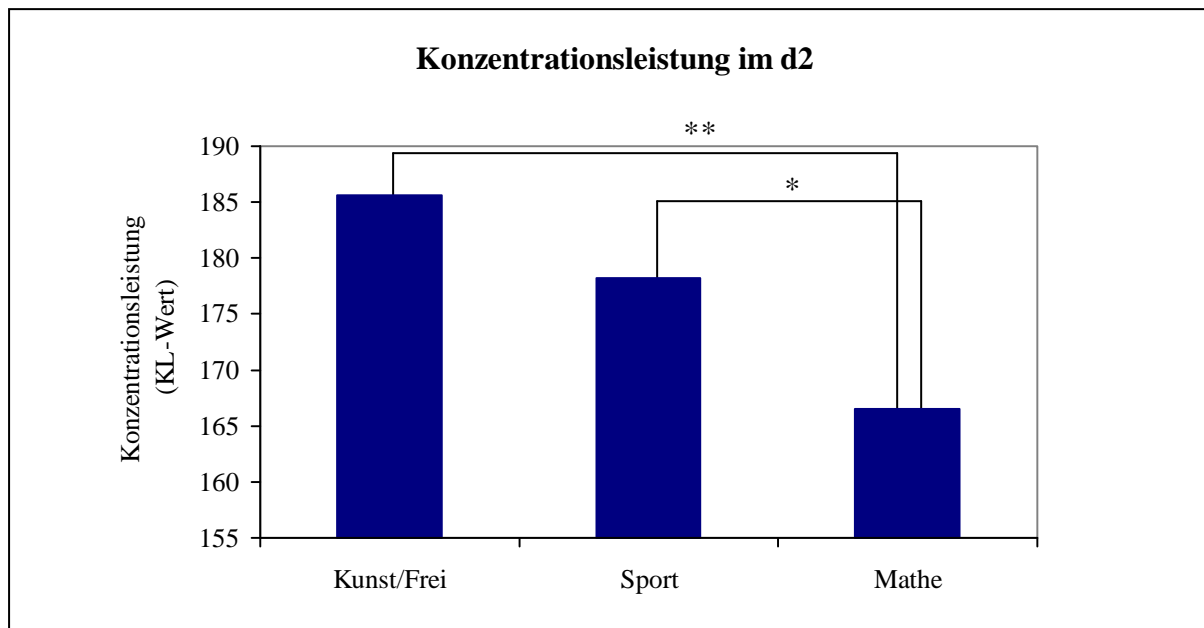


Abbildung 5-1: Konzentrationsleistung (d2-Test) in den Untersuchungsgruppen (Kunst/Freistunde, Sport und Mathematik) kontrolliert nach Alter. Hohe Werte stehen für eine hohe Konzentrationsleistung. ** $p < .01$; * $p < .05$.

Die anschließende Varianzanalyse kontrolliert das Alter in den Gruppen mit geschätzten Mittelwerten. Die Tabelle dazu befindet sich im Anhang (Tabelle C-2). Bezüglich der abhängigen Variable KL des d2-Tests finden sich signifikante Unterschiede zwischen den drei Gruppen ($F(2,356)=6.70$, $p=.001$). Wird das Alter als Kovariate hinzugerechnet, bleibt der Unterschied hoch signifikant ($F(2,355)=4.93$, $p=.008$). Der anschließend durchgeführte LSD-Test der paarweisen Vergleiche zeigt, dass die Mitglieder der Gruppe Sport signifikant besser abschneiden, als die Mitglieder der *Mathematikgruppe* ($p=.043$). Aber zwischen der *Kunst/Freistundengruppe* und der Gruppe *Mathematik* findet sich nur ein geringer Unterschied ($p=.177$). Die Konzentrationsleistung im d2-Test der Gruppe *Mathematik* ist verglichen mit der *Kunst/Freistundengruppe* signifikant geringer ($p=.002$). Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die *Mathematikgruppe* in der ersten Messung zu Beginn der Unterrichtsstunde deutlich schlechter abschneidet als die *Sportgruppe* und die *Kunst/Freistundengruppe*.

5.1.2 Konzentrationsleistungsfähigkeit nach dem ZVT: S-Wert

Um die Konzentrationsleistungsfähigkeit in der Mitte der Unterrichtsstunde zu messen, wird der ZVT (Messung 2) hinzugefügt. Als abhängige Variable des ZVT wird der S-Wert gewählt. Dieser Summenwert S errechnet sich aus der Summe der verarbeiteten Bits pro Sekunde der Probanden in der vorgegebenen Zeit und berücksichtigt im Gegensatz zum KG-Wert nicht das Alter (für eine genauere Erklärung siehe Kapitel 4.5.4). Auch hier wird das Alter als Kovariate mitgeführt. Die nicht nach Alter kontrollierten Mittelwerte finden sich im Anhang (Tabelle C-3).

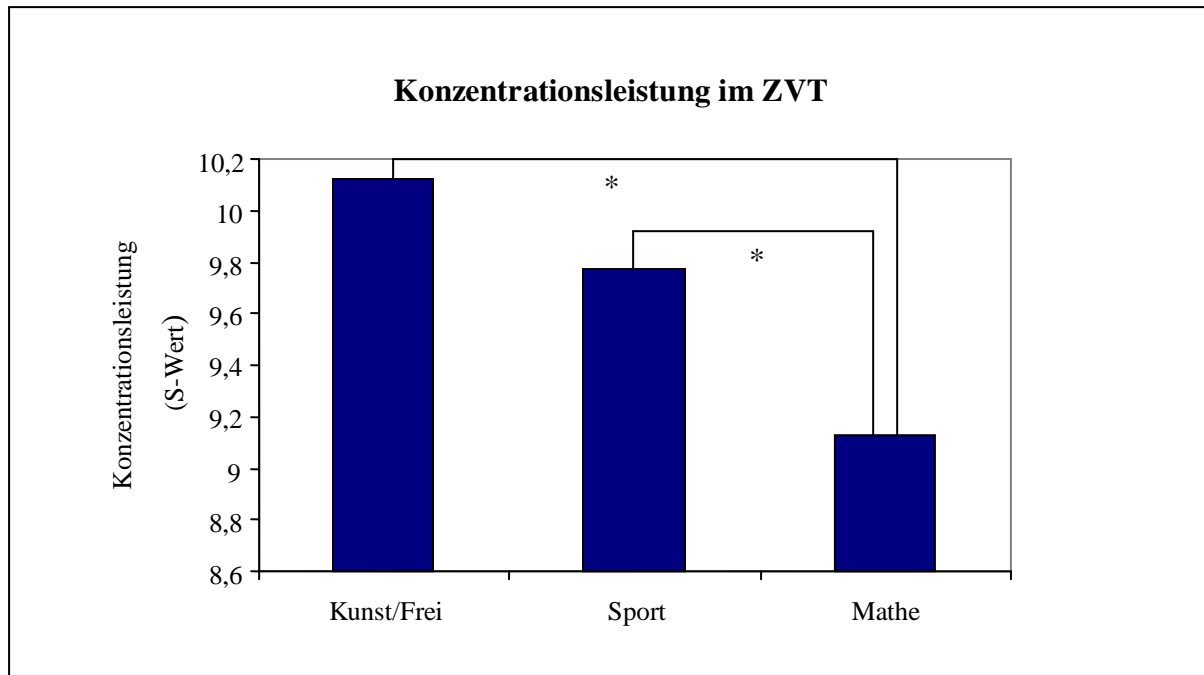


Abbildung 5-2: Konzentrationsleistung (ZVT) in den Untersuchungsgruppen (Kunst/Freistunde, Sport und Mathematik) kontrolliert nach Alter. Hohe Werte stehen für eine hohe Konzentrationsleistung, * $p < .01$.

Die statistische Analyse der Werte aus Abbildung 5-2 findet sich in Tabelle C-4 im Anhang. Der Summenwert S weist signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen auf ($F(2,368)=9.80$, $p < .001$). Führt man auf Grund des Altersunterschieds der *Mathematikgruppe* eine Varianzanalyse mit der Kovariate Alter durch, so ergibt sich weiterhin ein hoch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen ($F(2,367)=7.49$, $p = .001$). Die paarweisen Vergleiche (Tabelle C-4 im Anhang) zeigen bei dem S-Wert signifikante Unterschiede zwischen der *Kunst/Freistundengruppe* und der Gruppe *Mathematik* ($p < .001$). Der S-Wert der Gruppe Sport ist signifikant höher als der der *Mathematikgruppe* ($p = .010$). Allerdings finden sich für den S-Wert keine signifikanten Unterschiede zwischen der *Sport-* und der *Kunst/Freistundengruppe* ($p = .122$). Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die *Sportgruppe* und die *Kunst/Freistundengruppe* auch in der Mitte der Unterrichtsstunde sowohl bei Betrachtung des KG- als auch des S-Wertes deutlich höhere Konzentrationsleistungen liefern als die *Mathematikgruppe*. Dieser Effekt bleibt erhalten, wenn das Alter kontrolliert wird.

5.1.3 Konzentrationsleistungsfähigkeit nach dem FAIR: K-Wert

Für die Konzentrationsleistungsfähigkeit am Ende wird das Frankfurter Aufmerksamkeits-Inventar (FAIR) herangezogen. Abbildung 5-4 zeigt die Mittelwerte mit Standardabweichungen des K-Wertes aus dem FAIR innerhalb der Gruppen. Es wird eine einfaktorielle Varianzanalyse durchgeführt. Das Alter der Probanden wird als Kovariate Alter kontrolliert. Paarweise wird mittels LSD verglichen.

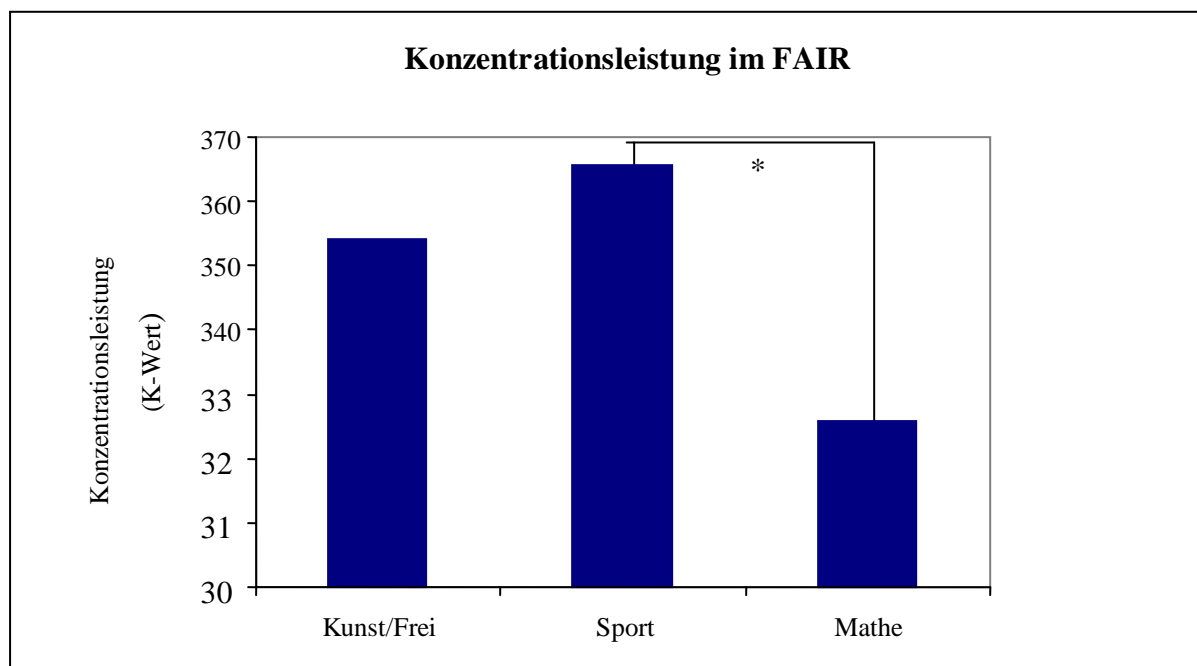


Abbildung 5-3: Konzentrationsleistung (FAIR) in den Untersuchungsgruppen (Kunst/Freistunde, Sport und Mathematik) kontrolliert nach Alter. Hohe Werte stehen für eine hohe Konzentrationsleistung, $*p < .05$.

Die Ergebnisse der Post-Hoc-Analyse finden sich im Anhang (Tabelle C-5). Es sind einerseits die nach Alter kontrollierten Mittelwerte und andererseits in Klammern die originalen Mittelwerte aufgeführt (Tabelle C-6).

Abbildung 5-3 zeigt die Ergebnisse des FAIR (K-Wert) der dritten Messung am Ende der Unterrichtsstunde. Die Anzahl der Probanden pro Gruppe unterscheidet sich auch hier von Tabelle 4-3 aus Kapitel 4.4, weil manche Tests nicht gewertet werden können, da sie falsch bearbeitet worden sind. Die Varianzanalyse ergibt signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen bezüglich des Konzentrationswertes K des FAIR ($F(2,356)=5.56$, $p=.004$). Kontrolliert man die Alterseffekte als Kovariante, so erhält man eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $p=.04$ ($F(2,355)=3.22$). Betrachtet man diesen Unterschied genauer mittels paarweiser Vergleiche, so finden sich signifikante Unterschiede in den nicht nach Alter kontrollierten Daten zwischen der Gruppe Sport und Mathematik ($p=.003$) und der *Kunst/Freistundengruppe* und der Gruppe *Mathematik* ($p=.048$). Zwischen der Gruppe Sport und der *Kunst/Freistundengruppe* können keine signifikanten Unterschiede gefunden werden ($p=.671$). Wird nach Alter der Probanden kontrolliert (Abbildung 5-3), sind die Unterschiede der *Kunst/Freistunden-* und der *Mathematikgruppe* nicht mehr signifikant ($p=.097$). Die Konzentrationsleistungen der *Sportgruppe* sind allerdings immer noch signifikant besser als die der *Mathematikgruppe* ($p=.012$). Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich auch in der dritten Messung am Ende der Unterrichtsstunde die Konzentrationsleistungen unterscheiden. Die *Sportgruppe* schneidet deutlich besser ab als die *Mathematikgruppe*. Auffallend ist, dass sich nun die *Kunst/Freistundengruppe* nicht mehr signifikant von der *Mathematikgruppe* unterscheidet. Deskriptiv betrachtet, liefert die *Kunst/Freistundengruppe* in den ersten beiden

Messungen höhere Konzentrationsleistungswerte als die *Sportgruppe*. In der dritten und letzten Messung dreht sich das Bild allerdings um, und die Werte der *Sportgruppe* sind höher. Gegen Ende der sechsten Unterrichtsstunde schneiden die Schüler der *Sportgruppe* am besten ab. Es wäre demnach möglich, dass der Messzeitpunkt einen Effekt auf die Konzentrationsleistungsfähigkeit in den einzelnen Gruppen hat. Dies wird im nächsten Kapitel 5.1.4 genauer untersucht.

5.1.4 Vergleich der Konzentrationsleistungsfähigkeit zu Beginn, in der Mitte und am Ende der Erhebungsphase

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Konzentrationsleistungen zu Beginn (d2), in der Mitte (ZVT) und am Ende (FAIR) miteinander verglichen. Es wird untersucht, ob der Messzeitpunkt einen Effekt auf die Konzentrationsleistungsfähigkeit in den drei Gruppen hat. Da sich die gemessenen Werte der Variablen KL (aus d2), S (aus ZVT) und K (aus FAIR) der kognitiven Tests aufgrund unterschiedlicher Messskalen erheblich unterscheiden, kann man sie nicht direkt miteinander vergleichen. Aus diesem Grund werden sie z-standardisiert (Abbildung 5-4). Die z-Werte stehen für die standardisierte Abweichung vom Mittelwert. Ein z-Wert kleiner als Null steht somit für ein Testergebnis schlechter als der Mittelwert, wohingegen ein z-Wert größer Null ein besseres Ergebnis als der Mittelwert bedeutet. Mit Mittelwert ist immer der Mittelwert des jeweiligen Tests gemeint (d.h. der Mittelwert aller KL-Werte des d2, aller S-Werte des ZVT und aller K-Werte des FAIR). Durch diese Methode lassen sich Variablen, die auf unterschiedlichen Messskalen beruhen, miteinander vergleichen. Es lässt sich allerdings mit dieser Methode nur der Leistungsverlauf innerhalb beispielweise der hier beschriebenen Gruppen (*Sport-, Mathematik- und Kunst/Freistundengruppe*) bestimmen. Somit kann z.B. untersucht werden, ob Mitglieder der Mathematikgruppe in allen drei Tests unter dem jeweiligen Testmittelwert liegen oder darüber. Es ist allerdings nicht möglich, die drei kognitiven Tests miteinander zu vergleichen, da sie auf unterschiedlichen Skalen beruhen und daher unterschiedliche Aussagen machen, auch wenn sie das gleiche Konstrukt Konzentrationsleistungsfähigkeit messen. Genauso wenig wäre beispielsweise das Ergebnis eines Dreisprungs mit dem eines Weitsprungs vergleichbar, obwohl beide Tests die Sprungkraft messen, da eine Referenzskala bzw. eine Norm fehlt. Ein Vergleich dieser drei Tests käme einem Vergleich von Äpfeln mit Birnen gleich. Man kann also nicht sagen, ob die Schüler allgemein gegen Ende der Unterrichtsstunde eine höhere Konzentrationsleistungsfähigkeit aufweisen als am Anfang. Man kann allerdings Teilgruppen mit dem Rest der Untersuchungsgruppe untersuchen. So lässt sich überprüfen, wie beispielsweise die Sportgruppe am Anfang, in der Mitte und am Ende im Vergleich zu den restlichen Probanden abgeschnitten hat.

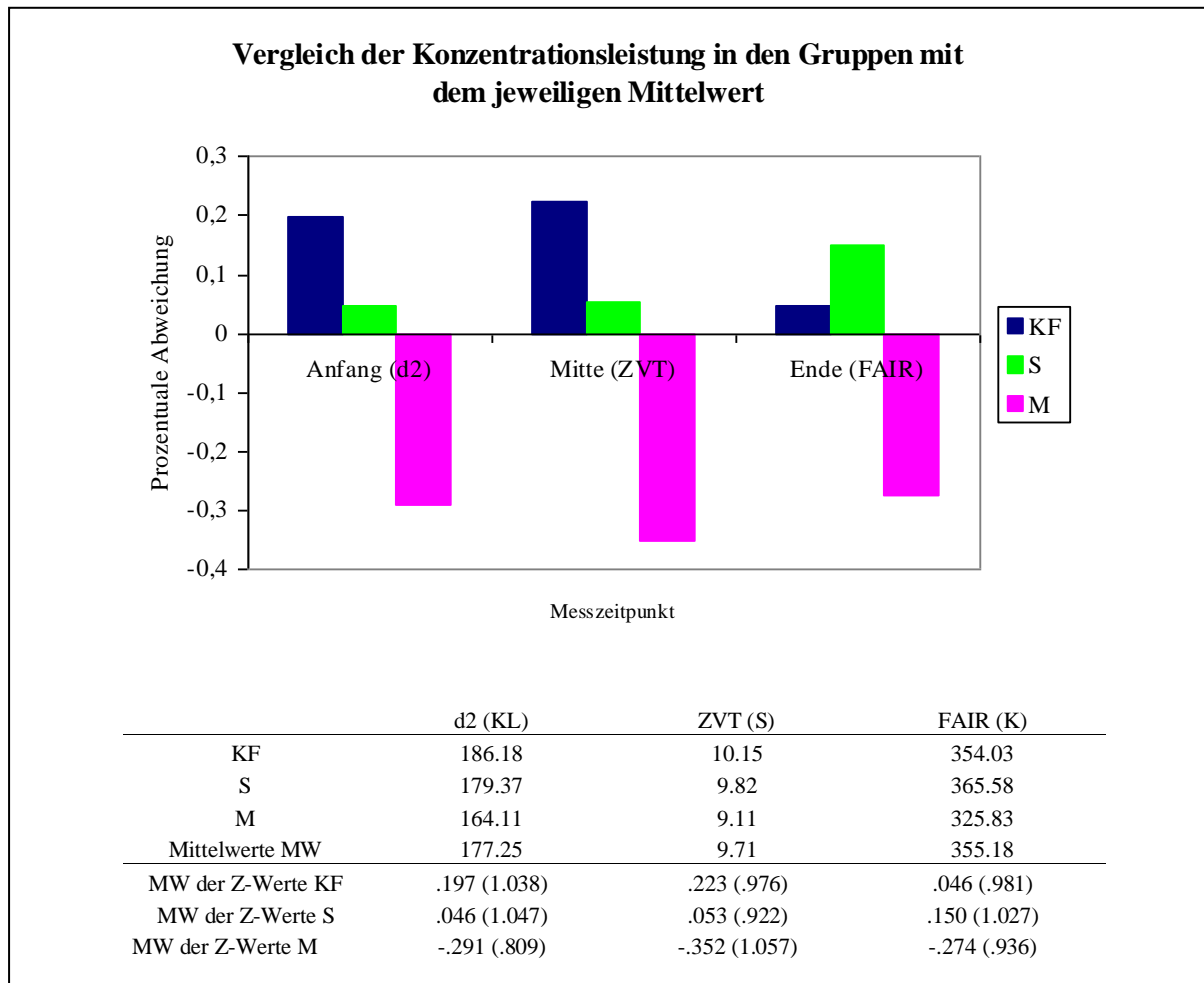


Abbildung 5-4: Mittelwerte und Standardabweichungen der Z-Werte (standardisierte Abweichung vom Mittelwert) der Gruppen (Kunst/Freistunde KF, Sport S, Mathematik M) in den drei Tests (Mittelwert der Z-Werte in einer Gruppe >0 bedeutet, dass die Gruppe besser als der Gesamtmittelwert des einen Tests über alle Gruppen abgeschnitten hat, <0 schlechter (Standardabweichung in Klammern)).

Auf diese Weise lässt sich allerdings der Verlauf der Konzentrationsleistung der drei Gruppen vom Anfang (d2-Test) über Mitte (ZVT) bis zum Ende der Unterrichtsstunde (FAIR) vergleichen. In Abbildung 5-4 ist zu sehen, dass in der *Kunst/Freistundengruppe* die Konzentration im Vergleich zu allen Gruppen gegen Ende der Stunde abnimmt. Die Konzentrationsleistung in der *Sportgruppe* jedoch nimmt im Verlauf der Testeinheit zu. Generell liegt die Leistung der Gruppe Mathematik deutlich unter der Leistung der beiden anderen Gruppen und bleibt über die Unterrichtsstunde konstant schlecht. Am Anfang und in der Mitte ist die *Kunst/Freistundengruppe* besser als die Gruppe Sport, aber am Ende der Unterrichtsstunde schneidet die *Sportgruppe* besser ab. Multivariate Tests zeigen, dass es keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Messzeitpunkt (Anfang, Mitte, Ende) und Kondition (*Sport-*, *Mathematik-* und *Kunst/Freistundengruppe*) gibt ($F(4,686)=1.64$, $p=.16$). Betrachtet man die drei Gruppen getrennt, sind die Leistungstestergebnisse der *Sportgruppe* am Anfang der Messung nicht verschieden zu den Leistungen in der Mitte und am Ende der Messung ($F(2,137)=1.52$, $p=.22$). Auch in der *Kunst/Freistundengruppe* gibt es keine Unterschiede in den Testergebnissen bezüglich des Messzeitpunktes ($F(2,107)=1.63$, $p=.20$). In der *Mathematikgruppe* sind die

Testergebnisse zu Anfang, Mitte und am Ende der Messung sogar noch ausgeglichener ($F(2,96)=.32$, $p=.73$). Für die statistischen Vergleiche der verschiedenen kognitiven Leistungstests untereinander werden die jeweiligen z-Werte der Testskalen verwendet. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass zwar deskriptiv die Konzentrationsleistungen der *Sportgruppe* innerhalb der Unterrichtsstunde zunehmen und die der *Kunst/Freistundengruppe* abnehmen, diese Unterschiede allerdings statistisch nicht signifikant sind. Die Leistungen der *Mathematikgruppe* sind bei allen drei Messungen konstant.

5.1.5 Konzentrationsleistungsverlauf der einzelnen Probanden innerhalb der drei Messungen

In der sechsten Unterrichtsstunde finden, wie bereits erwähnt, drei Messungen der kognitiven Leistungsfähigkeit statt. Die erste Messung zu Beginn der Stunde besteht aus dem d2-Test, die zweite Messung etwa 15 Minuten später in der Mitte der Stunde aus dem ZVT und die dritte Messung am Ende der Stunde nach insgesamt ungefähr 30 Minuten aus dem FAIR. Es ist von Interesse herauszufinden, ob es bezüglich dieser drei Messungen einen Leistungsabfall oder einen Leistungszuwachs der Probanden aus den drei Gruppen gibt. Im folgenden Kapitel werden daher die Probanden einzeln betrachtet. Für jeden einzelnen Probanden werden seine drei Testwerte aus den drei Messungen betrachtet. Um diese Testwerte miteinander vergleichen zu können, wird auch hier - wie in Kapitel 5.1.4 - die standardisierte Abweichung vom Gesamtmittelwert jedes einzelnen Tests betrachtet (z-Wert). Ein z-Wert größer als Null bedeutet daher, dass der Proband in diesem Test besser (b) als der Mittelwert aller Probanden abschneidet. Ist der z-Wert kleiner als Null, dann ist der Proband schlechter (s) als der Durchschnitt. So kann jedem Proband ein Verlaufscodex zugeordnet werden: sss bedeutet, der Proband ist in allen drei Messungen schlechter als der Mittelwert der Gesamtstichprobe, sbb bedeutet, dass der Proband in der ersten Messung schlechter, in der zweiten und dritten Messung aber besser als der Schnitt ist, seine Leistung hat sich also im Verlauf der Messungen gesteigert. Bezüglich dieses Leistungsverlaufs können acht Fälle unterschieden werden: bbb, bbs, bsb, sbb, ssb, sbs, bss und sss. In jeder Konditionsgruppe können nun die Probanden diesen acht Fällen zugeordnet werden. Tabelle 5-1 zeigt die Größe dieser Fallgruppen und die prozentualen Anteile der Gruppen an den Gesamtfallgruppen.

Tabelle 5-1: Verlauf der Testergebnisse von der 1. Messung (d_2 , KL-Wert) über die 2. Messung (ZVT, S-Wert) zur 3. Messung (FAIR, K-Wert), dazu Einteilung in Fälle (z.B. sbs bedeutet, der Proband hatte bei der 1. Messung einen Wert über dem Mittelwert, 2. Messung schlechter als Mittelwert und 3. Messung besser), gerundete Prozentwerte in Klammern.

	Fall bbb	Fall bbs	Fall bsb	Fall sbb	Fall ssb	Fall sbs	Fall bss	Fall sss	Summe ^a
Sportgruppe	41 (29,6%)	5 (3,6%)	14 (10,1%)	14 (10,1%)	11 (7,9%)	14 (10,1%)	6 (4,3%)	34 (24,5%)	153 - 14 = 139 (100%)
Kunst/Freistundengruppe	34 (31,2%)	16 (14,7%)	6 (5,5%)	6 (5,5%)	8 (7,3%)	13 (11,9%)	5 (4,6%)	21 (19,3%)	120 - 11 = 109 (100%)
Mathematikgruppe	10 (10,2%)	7 (7,1%)	8 (8,2%)	9 (9,2%)	14 (14,3%)	11 (11,2%)	5 (5,1%)	34 (34,7%)	99 - 1 = 98 (100%)
Summe	85 (24,5%)	28 (8,1%)	28 (8,1%)	29 (8,4%)	34 (9,9%)	38 (11,0%)	16 (4,6%)	88 (25,4%)	372 - 25 = 347 (100%)

^a Die Differenzen in der letzten Spalte ergeben sich aus den Schülern von denen eine der drei Messungen nicht vorhanden war, die dadurch nicht gewertet werden konnten.

Eine Zugehörigkeit zu den Fallgruppen bbs und bss steht für einen guten Start des Probanden mit Testergebnissen über dem gesamten Mittelwert und für ein schlechteres Ergebnis bezüglich des Mittelwertes am Ende der Messung. Diese Klassifizierung wird im Folgenden mit Leistungsabfall bezeichnet, wobei dieser Term keine exakte Formulierung ist, da es auch die Möglichkeit gibt, dass ein Proband im ersten Test sehr gute, im zweiten Test sehr schlechte Konzentrationswerte liefert und im dritten Test aber nur knapp unter dem Mittelwert abschneidet. Der Übersicht halber soll aber für diesen Vergleich trotzdem diese Klassifizierung beibehalten werden. Dementsprechend wird mit Leistungszunahme eine Zugehörigkeit in Fallgruppen sbb und ssb bezeichnet (Tabelle 5-1). In der Summenzeile in Tabelle 5-1 lassen sich die Verläufe aller Probanden ablesen. Daraus ergibt sich, dass etwa die Hälfte der Probanden unabhängig von der Einteilung nach Unterricht entweder ein konstantes gutes Ergebnis (24,5%) oder ein konstant schlechtes Ergebnis (25,4%) liefern. Die andere Hälfte der Probanden liegt in den anderen Fallgruppen. 7,7% der Mitglieder der *Sportgruppe* verzeichnen einen Leistungsabfall (3,6% in der Fallgruppe bbs und 4,3% in bss). Einen Leistungszuwachs erfahren 18,0% (7,9% in ssb und 10,1% in sbb). 41 Mitglieder der Gruppe (29,6%) liefern stabil gute und 34 (24,5%) stabil schlechte Ergebnisse. In der *Kunst/Freistundengruppe* zeigt sich für 12,8% der Gruppe ein Leistungszuwachs (5,5% in sbb und 7,3% in ssb) und für 19,3% ein Leistungsabfall (14,7% in bbs und 4,6% in bss). 34 Probanden (31,2%) sind konstant gut und 21 (19,3%) konstant schlecht. In der *Mathematikgruppe* werden 23,5% der Schüler (9,2% in sbb und 14,3% in ssb) mit der Zeit besser und 12,2% Probanden (7,1% in bbs und 5,1% in bss) schlechter. Zehn Probanden (10,2%) sind konstant gut und 34 (34,7%) konstant schlecht. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass nur 7,7% der Mitglieder der *Sportgruppe* einen Leistungsabfall aufweisen (verglichen mit 19,3% in KF und 12,2% in M) und die *Kunst/Freistundengruppe* den geringsten Leistungszuwachs aufzeigt (12,8% verglichen mit 18,0% in S und 23,5% in M). Die meisten Schüler aus allen Gruppen liefern stabil schlechte (S: 24,5%; KF: 19,3% und M: 34,7%) oder stabil gute (S: 29,6%; KF: 31,2%) Ergebnisse. Auffallend ist, dass nur 10,2% der *Mathematikgruppe* konstant gute Ergebnisse liefern und 34,7% konstant schlechte. Also scheinen die Schüler der *Sportgruppe* sich über den

Messzeitraum der sechsten Unterrichtsstunde betrachtet stärker zu verbessern als Schüler der beiden anderen Gruppen.

5.1.6 Zusammenhänge der Ergebnisse der drei kognitiven Tests

Der letzte Abschnitt zeigt auf, dass die meisten Schüler aus allen Gruppen entweder konstant gute bzw. konstant schlechte Ergebnisse liefern. Daraus lässt sich ein Zusammenhang zwischen den drei kognitiven Tests vermuten. Probanden, die gut in der ersten Messung (d2) abschneiden, könnten auch gut in der zweiten (ZVT) und dritten Messung (FAIR) abschneiden. Um dies zu untersuchen, wird mit den hier relevanten Variablen der drei kognitiven Leistungstests (KL des d2, S des ZVT und K des FAIR) eine Korrelationsanalyse nach Pearson durchgeführt (Tabelle 5-2). Für den Zusammenhang der anderen gemessenen Variablen der drei kognitiven Leistungstests siehe Kapitel 4.6.2.5 *Zusammenhänge der drei kognitiven Leistungstests (d2, ZVT und FAIR)*.

Tabelle 5-2: Pearson-Korrelationskoeffizienten der kognitiven Tests (für d2 der KL-Wert, für ZVT der S-Wert, für FAIR der K-Wert)

	d2 (KL)	ZVT (S)	FAIR (K)
d2 (KL)	1	.562** (N=358)	.566*** (N=347)
ZVT (S)		1	.440*** (N=358)

** Die Korrelation ist hoch signifikant ($p < .01$), *** $p < .001$.

Die Analyse ergibt hoch signifikante Zusammenhänge der kognitiven Tests (d2 und ZVT von $r = .562$, $p < .001$; d2 und FAIR von $r = .566$, $p < .001$; ZVT und FAIR von $r = .440$, $p < .001$). Da alle drei Tests die kognitive Leistungsfähigkeit messen, ist dieser starke Zusammenhang nicht weiter verwunderlich, obwohl die Tests zu unterschiedlichen Zeitpunkten stattgefunden haben. In Unterkapitel 4.6.2.5 wurde eine Korrelationsanalyse mit den hier verwendeten und noch weiteren Variablen der drei kognitiven Leistungstests zur Überprüfung der psychometrischen Kennwerte der Messinstrumente durchgeführt. Die Ergebnisse sind dieselben, der Übersicht halber wurden die relevanten Variablen hier nochmals gesondert aufgeführt.

5.1.7 Zusammenfassung:

Dieses Kapitel hat die Unterschiede in der Konzentrationsleistungsfähigkeit in den drei Gruppen untersucht. Es sollten folgende Fragestellungen geklärt werden:

1. Können sich Schüler nach dem Sportunterricht besser konzentrieren als Schüler nach dem Mathematikunterricht?
2. Gibt es einen Unterschied in der kognitiven Leistungsfähigkeit zwischen Schülern nach dem Sportunterricht und Schülern, die ein weniger konzentrationsintensives Fach gelehrt bekamen?

Diese beiden Fragestellungen werden gemeinsam untersucht, indem die Testergebnisse aller drei Gruppen miteinander verglichen werden. Als Fazit lässt sich sagen, dass bei allen drei Messungen der Konzentrationsleistungsfähigkeit die *Mathematikgruppe* deutlich schlechter abschneidet als die beiden anderen Gruppen. Es kann allerdings nicht bestätigt werden, dass es einen Unterschied in der kognitiven Leistungsfähigkeit zwischen Schülern nach dem Sportunterricht und Schülern nach einem kognitiv weniger ermüdenden Fach gibt. Betrachtet man allerdings den Messzeitpunkt, so lässt sich sagen, dass - deskriptiv betrachtet - die kognitive Leistungsfähigkeit in der *Sportgruppe* während der Erhebungsphase zu- und in der *Kunst/Freistundengruppe* abnimmt. Auch sind die Messwerte der *Kunst/Freistundengruppe* beim d2 und ZVT zwar höher als die der *Sportgruppe*, gefolgt von der *Mathematikgruppe*, in der letzten Messung aber gegen Ende der Stunde weist die Sportgruppe die höchsten Konzentrationsleistungswerte auf, gefolgt von der *Kunst/Freistunden-* und der *Mathematikgruppe*. Dies ist allerdings nicht statistisch signifikant. Es könnte allerdings vermutet werden, dass, gegen Ende der Stunde, wenn es für die Schüler schwieriger wird, sich zu konzentrieren, die Schüler der *Sportgruppe* profitieren und sich länger konzentrieren können, bzw. sich sogar noch steigern können. Nur 7,2% der *Sportgruppe* weisen einen Leistungsabfall auf (im Gegensatz zu 19,3% in der *Kunst/Freistundengruppe* und 12,2% in der *Mathematikgruppe*). Die Leistungen der *Mathematikgruppe* sind in allen drei Messungen konstant deutlich schlechter als die Mittelwerte. Somit kann die erste Fragestellung mit „ja“ beantwortet werden. Es gilt zudem nicht nur, dass sich die Schüler der *Sportgruppe* besser konzentrieren können als die Schüler der *Mathematikgruppe*, sondern auch die Schüler der *Kunst/Freistundengruppe*. Des Weiteren kann noch gezeigt werden, dass die drei durchgeführten kognitiven Leistungstests trotz unterschiedlichem Messzeitpunkt sehr hoch miteinander korrelieren. Eine ausführliche Diskussion der Ergebnisse findet in Kapitel 6 statt.

5.2 Moderatoreffekt der momentanen Stimmungslage auf die Konzentrationsleistungsfähigkeit

In der Testphase nach dem Unterricht in den drei Gruppen, wurde vor der kognitiven Testbatterie die momentane Stimmungslage der Probanden mittels des PANAS-Stimmungsbarometers (Krohne et al., 1996) ermittelt. Es soll untersucht werden, ob die unterschiedlichen Konditionen in der fünften Unterrichtsstunde einen Effekt auf die Stimmung der Probanden hat, die wiederum das kognitive Testergebnis beeinflussen könnte (Fragestellung 3). Wie in Kapitel 4.5.1 erläutert wird, lassen sich mittels dieses Barometers zwei Variablen ermitteln: „PANAS pos“ für die positive Stimmungslage und „PANAS neg“ für die negative. Tabelle 5-6 zeigt die Mittelwerte, Standardabweichungen und Spannen der positiven und negativen Stimmungswerte für die Gesamtstichprobe und für die einzelnen drei Gruppen. Eine Varianzanalyse zeigt keinen Unterschied zwischen den Werten ($F(2, 366)=1.41, p=.246$ und $F(2,366)=1.44, p=.239$, Tabelle 5-3). Die Daten belegen somit keinen Effekt des vorangegangenen Unterrichts (Sport, Mathematik, Kunst/Freistunde) auf die momentane Stimmungslage. Die Schüler haben nach dem Sportunterricht, nach dem Mathematikunterricht oder nach dem Kunstunterricht bzw. Freistunde eine ähnliche momentane Stimmungslage. Die momentane

Stimmungslage kann also als beeinflussender Faktor für die Konzentrationsleistungsfähigkeit im Anschluss ausgeschlossen werden.

Tabelle 5-3: PANAS-Werte der momentanen Stimmungslage in den einzelnen Gruppen

	Gesamt- stich- probe	Sport- gruppe S	Mathe- matik- gruppe M	Kunst/ Freistunden- gruppe KF	F-Wert	p-Wert
Positive Stimmung						
M	28.23	28.90	28.26	27.33	1.408	.246
SD	7.64	7.64	6.96	7.56		
Spanne	4 – 45	4 - 46	10 - 42	10 – 45		
Negative Stimmung						
M	14.50	14.00	14.89	14.82	1.437	.239
SD	4.75	4.75	4.63	4.15		
Spanne	10 – 46	10 - 46	10 - 32	10 – 33		

5.3 Effekte des habituellen Sporttreibens

Dieses Kapitel untersucht die Fragestellungen 4 und 5:

4. Profitieren Schüler, die neben der Schule habituell sportlich aktiv sind, mehr von eventuellen positiven Effekten des Sportunterrichts auf die kognitive Leistungsfähigkeit in der anschließenden Unterrichtsstunde als inaktive Schüler?
5. Haben sportlich aktivere Schüler eine höhere generelle kognitive Leistungsfähigkeit – d.h. bessere Jahresendnotenschnitte - als sportlich weniger aktive Schüler?

In Kapitel 5.3.1 wird die Moderatorhypothese überprüft (Fragestellung 4). Es wird der Effekt des sportlichen Freizeitverhaltens auf die akute kognitive Leistungsfähigkeit (d.h. auf die kognitive Leistungsfähigkeit direkt nach dem Unterricht) untersucht. Kapitel 5.3.2 beschäftigt sich mit der fünften Fragestellung. Hier wird der Effekt des sportlichen Freizeitverhaltens auf die chronische kognitive Leistungsfähigkeit behandelt. Wie in Kapitel 4.5.3 erläutert wird, wird jeder Proband nach seinem habituellen sportlichen Freizeitverhalten in Kategorien von 0 (keine Aktivität) bis 10 (sportlich sehr aktiv) eingeteilt. Dieses Freizeitverhalten wird aus den ausgefüllten Fragebögen ermittelt. Des Weiteren wird die Sportnote des letzten Zeugnisses hinzugezogen. Dieser Abschnitt beleuchtet den Effekt des habituellen sportlichen Freizeitverhaltens, bestimmt durch die Kategoriezugehörigkeit, auf einerseits die akute kognitive Leistungsfähigkeit und andererseits auf die chronische kognitive Leistungsfähigkeit. Die akute kognitive Leistungsfähigkeit wird anhand der Ergebnisse der drei kognitiven Tests bestimmt, und die chronische kognitive Leistungsfähigkeit anhand des Jahresendnotenschnitts der Hauptfächer.

5.3.1 Moderatoreffekte des habituellen Sporttreibens auf die akute kognitive Leistungsfähigkeit

Die Zuordnung der Probanden in Kategorien 0 bis 10 je nach habituellem Sporttreiben wird im Folgenden mit Aktivitätswert bezeichnet (siehe Kapitel 4.5.3). Als weiterer Indikator für das habituelle Sporttreiben, wird in diesem Kapitel zudem die Sportnote betrachtet. Weder der Aktivitätswert noch die Sportnote unterscheiden sich signifikant innerhalb der drei Gruppen (siehe Tabelle 4-4 in Kapitel 4.3.2). Es sind demnach alle Schüler der drei Gruppen durchschnittlich gleich aktiv in ihrer Freizeit. Es ist nun zu untersuchen, ob sich das habituelle Sporttreiben in der Freizeit auf die Konzentrationsleistung auswirkt, d.h. ob es einen Zusammenhang zwischen Aktivitätswert und kognitiver Leistungsfähigkeit gibt. Dazu wird eine Korrelationsanalyse nach Pearson durchgeführt (Tabelle 5-4).

Tabelle 5-4: Pearson-Korrelationskoeffizienten der kognitiven Tests mit Sportnote und Aktivitätswert

	d2 (KL)	ZVT (S)	FAIR (K)	Sportnote
Aktivitätswert	-.081 (N=359)	.113* (N=371)	-.020 (N=359)	.159** (N=363)
Sportnote	.109* (N=350)	.150** (N=362)	.083 (N=350)	1

* Die Korrelation ist signifikant ($p < .05$). ** Die Korrelation ist hoch signifikant ($p < .01$).

Es kann ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Sportnote und den Ergebnissen der ZVT- und d2-Tests gefunden werden (mit ZVT: $r = .150$, $p = .004$; mit d2: $r = .109$, $p = .042$, Tabelle 5-4). Der Aktivitätswert korreliert leicht mit dem Ergebnis des ZVT ($r = .113$, $p = .030$). Allerdings korrelieren weder die Sportnote noch der Aktivitätswert mit den Ergebnissen des FAIR. Die Sportnote korreliert hoch signifikant mit dem Aktivitätswert ($r = .159$, $p = .002$). Dies spricht für die Sportnote als zusätzlichen Indikator für das habituelle Sporttreiben. Schüler die häufig in ihrer Freizeit Sport treiben, haben in der Regel auch bessere Sportnoten. Es wäre hier allerdings eine höhere Korrelation als $r = .159$ zu erwarten gewesen. Die Korrelationskoeffizienten des Aktivitätswerts und der Ergebnisse der kognitiven Tests sind niedriger, als die Koeffizienten der Sportnote mit den Tests. Nur die Ergebnisse des ZVT scheinen mit dem habituellen Sporttreiben zusammenzuhängen. Für die beiden anderen kognitiven Leistungstests finden sich sogar negative Korrelationskoeffizienten mit dem Aktivitätswert, wenn auch nicht signifikant. Das habituelle Sportverhalten scheint also auf die kognitive Leistungsfähigkeit direkt im Anschluss an den Unterricht keinen Einfluss zu haben. Dies ist auch über alle drei Unterrichtsgruppen (Sport, Kunst/Freistunde und Mathematik) betrachtet kaum zu erwarten. Wenn ein Einfluss des habituellen Sporttreibens auf die kognitive Leistungsfähigkeit nach dem Unterricht existiert (Moderatorhypothese), dann ist anzunehmen, dass er vor allem in der *Sportgruppe* auftritt. Aus diesem Grunde werden im Folgenden die drei Unterrichtsgruppen getrennt untersucht.

Für eine genauere Überprüfung der Moderatorhypothese werden die Probanden bezüglich ihres habituellen Sporttreibens in drei etwa gleich große Aktivitätsklassen eingeteilt. Die Schüler mit der höchsten Aktivität (mehr als 399 Minuten Sport pro Woche, $N = 111$) bilden

die Gruppe *aktiv*, die Schüler mit der niedrigsten Aktivität (weniger als 174 Minuten Sport pro Woche, N=116) die Gruppe *passiv* und die restlichen Schüler die Gruppe *mittel* (N=118). Um alle drei Tests besser miteinander vergleichen zu können, werden für alle Aktivitätsgruppen in den drei Unterrichtsgruppen die z-Werte der Testergebnisse ermittelt (Tabelle C-7 im Anhang). Die Werte sind in Abbildung 5-5 dargestellt.

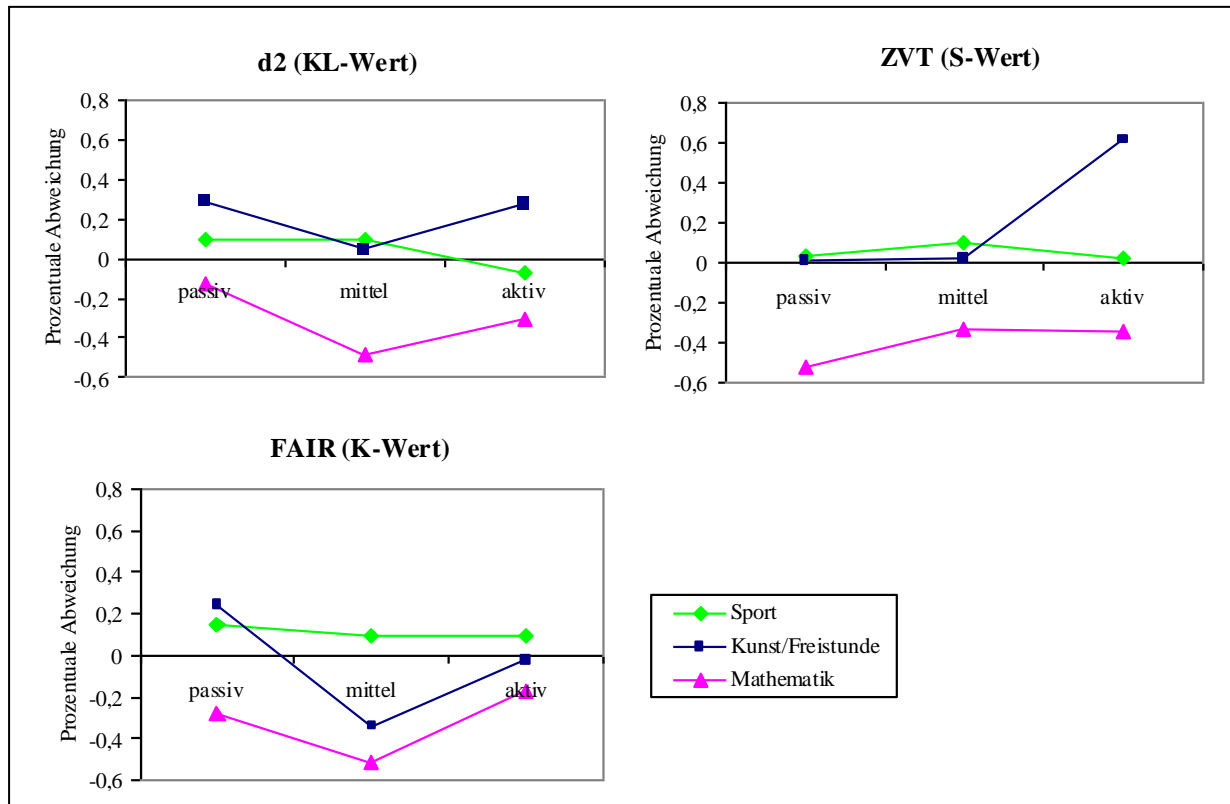


Abbildung 5-5: Vergleich der z-Werte (standardisierte Abweichung vom Mittelwert) der Testergebnisse des d2 (KL-Wert), ZVT (S-Wert) und FAIR (K-Wert) der Gruppen Sport, Mathematik und Kunst/Freistundengruppe getrennt nach Aktivitätsklassen (aktiv, mittel, passiv), positive (negative) Z-Werte bedeuten ein besseres (schlechteres) Abschneiden als der Durchschnitt dieses Testes. *signifikanter Unterschied: $p < .05$.

Das schlechte Abschneiden der *Mathematikgruppe* gegenüber den beiden anderen Gruppen (siehe Kapitel 5.1) spiegelt sich auch hier wieder. In der *Sportgruppe* liegen alle Schüler über dem Mittelwert, bis auf die aktiven Schüler, die bei dem d2-Test leicht unter dem Mittelwert liegen (negativer z-Wert). In der *Kunst/Freistundengruppe* liegen nur die passiven Schüler durchgehend über dem Durchschnitt, wohingegen in der *Mathematikgruppe* in allen drei kognitiven Tests alle Schüler schlechter als der Mittelwert sind. Die mittelaktiven und passiven Schüler der *Kunst/Freistundengruppe* liefern im d2 und ZVT bessere und im FAIR schlechtere Ergebnisse als der Mittelwert. Auffallend ist das gute Abschneiden der aktiven Schüler der *Kunst/Freistundengruppe* im ZVT. In der *Sportgruppe* sind die aktiven Schüler in der ersten Messung (d2) schlechter als die mittelaktiven und passiven Schüler dieser Gruppe, in den beiden darauffolgenden Messungen (ZVT und FAIR) jedoch annähernd gleich. Die aktiven

Schüler der *Sportgruppe* werden mit fortgeschrittener Zeit (von Messung 1 über 2 zu 3) immer besser. Sie scheinen etwas Zeit zu brauchen, um sich zu erholen. Unter Umständen haben sich die aktiven Schüler im Sportunterricht mehr verausgabt und müssen sich daher erst etwas erholen, ihre Konzentrationsleistungsfähigkeit nimmt aber gegen Ende der Stunde zu. Um signifikante Unterschiede zu finden, wurden Varianzanalysen mit fixem Faktor *Aktivitätsklasse* für jede Unterrichtsgruppe getrennt durchgeführt. Hierbei interessiert besonders die *Sportgruppe*, da besonders dort ein Effekt des habituellen Sporttreibens zu erwarten ist. In der *Sportgruppe* finden sich allerdings keine signifikanten Unterschiede in den kognitiven Leistungstests zwischen Schülern unterschiedlicher habitueller Sportaktivität (d2 (KL): $F(2,147)=.42$, $p=.659$; ZVT(S): $F(2,149)=.09$, $p=.911$ und FAIR(K): $F(2,140)=.15$, $p=.861$). Auch in der *Mathematikgruppe* ergeben sich keine Unterschiede (d2 (KL): $F(2,96)=1.52$, $p=.223$; ZVT(S): $F(2,96)=.80$, $p=.454$ und FAIR(K): $F(2,95)=.27$, $p=.763$). Lediglich in der *Kunst/Freistundengruppe* gibt es einen Unterschied bei ZVT (d2 (KL): $F(2,107)=.62$, $p=.540$; ZVT(S): $F(2,117)=5.52$, $p=.005$ und FAIR(K): $F(2,115)=1.08$, $p=.343$). Aktive Schüler der *Kunst/Freistundengruppe* liefern im ZVT signifikant bessere Ergebnisse als passive Schüler ($p=.013$).

Um einen möglichen Moderatoreffekt des habituellen Sporttreibens auf den Effekt der Unterrichtsgruppe (Sport, Kunst/Freistunde oder Mathematik) auf die kognitive Leistungsfähigkeit direkt im Anschluss an diesen Unterricht zu überprüfen, wurde eine 2-faktorielle ANOVA (mit 1. Faktor: Gruppenzugehörigkeit zu Sport, Kunst/Freistunde oder Mathematik und 2. Faktor: Aktivitätsklasse) durchgeführt. Diese Varianzanalyse mit Kovariate Alter findet keinen Interaktionseffekt der beiden Faktoren bei keinem der drei Leistungstests (d2 (KL): $F(4,335)=.409$, $p=.802$; ZVT(S): $F(4,335)=1.124$, $p=.345$ und FAIR(K): $F(4,335)=.903$, $p=.461$). Das habituelle Sporttreiben scheint also den Effekt der Unterrichtsgruppenzugehörigkeit auf die kognitive Leistungsfähigkeit im direkten Anschluss nicht zu moderieren (Abbildung 5-5a).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Sportnote mit den Kennwerten der kognitiven Tests d2 und ZVT korreliert, wohingegen der Aktivitätswert, der für das habituelle Sporttreiben steht, nur mit dem ZVT leicht korreliert. Unterteilt man die Probanden in aktive, mittelaktive und passive Schüler, so wiederholt sich auch hier das schlechte Abschneiden der *Mathematikgruppe*. In der *Kunst/Freistundengruppe* schneiden die passiven und aktiven Schüler besser ab als die mittelaktiven Schüler. In der *Sportgruppe* liegen die passiven und mittelaktiven Schüler über dem Durchschnitt und die aktiven Schüler in der ersten Messung (d2) darunter. Die kognitive Leistungsfähigkeit der aktiven Schüler der *Sportgruppe* nimmt aber mit fortgeschrittener Zeit immer mehr zu. Dies sind allerdings rein deskriptive Beobachtungen. Die Unterschiede in der kognitiven Leistungsfähigkeit im Anschluss an den Unterricht innerhalb der *Sportgruppe* zwischen aktiven und passiven Schülern sind nicht signifikant. Über die gesamten Probanden hinweg konnte kein Moderatoreffekt des habituellen Sporttreibens auf den Effekt der Unterrichtsgruppe (Sport, Kunst/Freistunde oder Mathematik) auf die kognitive Leistungsfähigkeit direkt im Anschluss an diesen Unterricht gefunden werden. Fragestellung 4 muss daher verneint werden, habituell sportlich aktive Schüler profitieren nicht mehr

vom Sportunterricht bezüglich der kognitiven Leistungsfähigkeit im Anschluss als weniger aktive Schüler. Im Gegenteil: in der ersten Messung lagen ihre Werte deutlich unter dem Durchschnitt.

5.3.2 Effekt des habituellen Sporttreibens auf die generelle kognitive Leistungsfähigkeit

Neben den in Kapitel 5.3.1 besprochenen Korrelationen der Sportnote und des Aktivitätswertes mit Variablen der akuten kognitiven Leistungsfähigkeit werden des Weiteren Korrelationskoeffizienten des Aktivitätswertes mit einer Variablen der generellen kognitiven Leistungsfähigkeit berechnet. Diese Variable wird anhand des Jahresendnotenschnitts aus den Hauptfächern Mathematik, Deutsch und Französisch gemessen. Hier muss beachtet werden, dass für die französischen Schüler die Deutschnote eine Fremdsprachennote und die Französischnote eine Muttersprachennote darstellt. Bei den deutschen Schülern verhält es sich umgekehrt. Daher ist es wichtig, im Jahresendnotenschnitt beide Fächer zu betrachten. Englisch wird als weiteres Hauptfach ausgeschlossen, da dieses Fach erst ab Klasse 7 unterrichtet wird und daher die Stufe 6 nicht über diesen Notenwert verfügt. Die Korrelationsanalyse nach Pearson ergibt einen negativen Zusammenhang zwischen dem Jahresendnotenschnitt (aus der Mathematik-, Deutsch- und Französischnote) und dem Aktivitätswert ($r = -.136$, $p < .01$). Schüler mit einem höheren habituellen Sportverhalten scheinen in den Hauptfächern gemittelt schlechtere Noten zu liefern als Schüler mit einem weniger aktiven habituellen Sportverhalten. Dieser Zusammenhang wird genauer untersucht, indem der Notenschnitt der Hauptfächer Mathematik, Deutsch und Französisch in sogenannten Aktivitätsklassen betrachtet wird (siehe Kapitel 5.3.1). Diese Aktivitätsklassen unterteilen die Probanden bezüglich ihres habituellen Sporttreibens in aktive, mittlere und passive Schüler (Tabelle 5-5).

Tabelle 5-5: Unterschiede der Jahresendnotenschnitte der Hauptfächer Mathematik, Deutsch und Französisch und Sportnoten des letzten Zeugnisses für Schüler mit aktivem, mittleren und passivem habituellen Sporttreiben

	aktiv N=124	mittel N=122	passiv N=117	F-Wert	p-Wert
Jahresendnotenschnitt (M, D, F) ^a	7.37	7.54	7.55	1.36	.259
Sportnote	8.29	8.39	7.86	12.74	.000

^a für eine Umrechnung der Noten in das deutsche System siehe Tabelle 4-5 in Kapitel 4.3.3

Eine einfaktorielle Varianzanalyse ergibt keinen signifikanten Unterschied zwischen Schülern mit einem aktiven, mittleren oder passivem habituellen Sporttreiben für den Jahresendnotenschnitt ($F(2,361) = 1.36$, $p = .259$). Die Sportnote unterscheidet sich allerdings bei aktiven, mittleren und passiven Schülern ($F(2,361) = 12.74$, $p < .001$). Post-Hoc-Tests mittels Tukey ergeben, dass Schüler mit einem passivem habituellen Freizeitverhalten signifikant schlechtere Sportnoten bekommen als mittelaktive und aktive Schüler (jeweils $p < .001$).

5.3.3 Zusammenfassung

Zusammenfassend zeigt sich, dass die Sportnote mit zwei der drei kognitiven Tests und der Aktivitätswert nur mit dem ZVT korrelieren. Das habituelle Sporttreiben der Schüler scheint also schwach mit der kognitiven Leistungsfähigkeit direkt nach dem Sportunterricht zusammenzuhängen. Das habituelle Sporttreiben scheint allerdings keinen Einfluss auf die Konzentrationsleistungsfähigkeit direkt nach akuter körperlicher Aktivität zu haben. Die aktiven Schüler der *Sportgruppe* unterscheiden sich nicht signifikant von mittel-aktiven oder passiven Schülern. Im Gegenteil: deskriptiv betrachtet liegen die aktiven Schüler der *Sportgruppe* im ersten Test (d2) unter dem Durchschnitt, wohingegen alle anderen Schüler der *Sportgruppe* bei allen Tests über dem Durchschnitt liegen. Unter Umständen verausgaben sich die aktiven Schüler mehr beim Sportunterricht und brauchen daher etwas länger, um sich zu erholen. Es ist aber nicht der Fall, dass die Konzentrationsleistungsfähigkeit von Schülern, die in ihrer Freizeit wenig Sport treiben, nach akuter körperlicher Aktivität beeinträchtigt ist. Der Aktivitätswert korreliert negativ mit dem Jahresendnotenschnitt. Auch ist der Korrelationskoeffizient von Aktivitätswert und Sportnote ($r=.159$, $p<.01$) relativ niedrig. Die generelle kognitive Leistungsfähigkeit hängt schwach negativ mit dem Aktivitätswert zusammen. Eine Einteilung in Aktivitätsgruppen bezüglich des habituellen Sporttreibens (aktiv, mittel und passiv) ergibt jedoch keinen Unterschied in den Jahresendnotenschnitten. Fragestellung 5 lässt sich daher verneinen: Schüler mit einem hohen habituellen sportlichen Freizeitverhalten scheinen keine höhere generelle kognitive Leistungsfähigkeit zu haben als sportlich weniger aktive Schüler. Sie tendieren nicht zu höheren Jahresendschnittnoten.

5.4 Effekt des schulischen Leistungsstandes auf die akute kognitive Leistungsfähigkeit

Nachdem in den beiden vorhergehenden Kapiteln der Zusammenhang zwischen habituellem Sporttreiben und der akuten und generellen Leistungsfähigkeit untersucht wird, liegt es auf der Hand auch den Zusammenhang zwischen genereller und akuter kognitiver Leistungsfähigkeit zu untersuchen. Es soll untersucht werden, ob der Leistungsstand der Schüler in den Hauptfächern über das Jahr gemittelt einen Einfluss auf die Effekte der Unterrichtsgruppe (Sport, Kunst/Freistunde oder Mathematik) auf die Ergebnisse der kognitiven Tests haben (Moderatorhypothese). Im speziellen hinterfragt Fragestellung 6:

6. Profitieren Schüler mit einer schlechteren generellen kognitiven Leistungsfähigkeit – Jahresendnotenschnitt - mehr von eventuellen positiven Effekten des Sportunterrichts auf die kognitive Leistungsfähigkeit in der anschließenden Unterrichtsstunde als Schüler mit besseren schulischen Leistungen?

Kapitel 5.4.1 diskutiert allgemein den Zusammenhang des Jahresendnotenschnitts mit den Ergebnissen der kognitiven Tests, wohingegen Kapitel 5.4.3 die *Sport-*, *Mathematik-* und

Kunst/Freistundengruppen getrennt betrachtet. Kapitel 5.4.2 beschreibt die Einteilung der Probanden nach Jahresendnotenschnitt.

5.4.1 Zusammenhang des Jahresendnotenschnitts mit den Ergebnissen der kognitiven Tests

Um einen Zusammenhang zwischen der chronischen Leistungsfähigkeit, die anhand des Jahresendnotenschnitts gemessen wird, und den Testergebnissen des d2, ZVT und FAIR zu untersuchen, wird eine weitere Pearson-Korrelationsanalyse durchgeführt (Tabelle 5-6). Für den Jahresendnotenschnitt wurden die Endnoten des letzten Zeugnisses der Hauptfächer Mathematik, Deutsch und Französisch herangezogen. Englisch wurde außenvorgelassen, da Englisch erst ab der 7. Klasse unterrichtet wird, also für die sechste und siebte Klasse noch keine Jahresendnote für Englisch vorliegt. Es ist zu bemerken, dass für die französischen Schüler die Deutschnote eine Fremdsprachennote und Französisch eine Muttersprachennote ist. Für die deutschen Schüler ist dies umgekehrt.

Tabelle 5-6: Pearson-Korrelationskoeffizienten des Jahresendnotenschnitts mit den kognitiven Tests

	d2 (KL)	ZVT (S)	FAIR (K)
Jahresendnotenschnitt (M, D, F)	.196** (N=341)	.237** (N=353)	.144* (N=341)

* Die Korrelation ist hoch signifikant ($p < .01$). ** $p < .001$, M = Mathematik, D = Deutsch, F = Französisch

Der Jahresendnotenschnitt der Fächer Mathematik, Deutsch und Französisch korreliert hoch signifikant mit allen drei Testergebnissen (jeweils $r > .14$, $p < .01$, Tabelle 5-6). Der ZVT weist den stärksten Zusammenhang auf. Schüler mit guten Noten in den Hauptfächern Mathematik, Deutsch und Französisch scheinen bei den kognitiven Leistungstests besser abzuschneiden, als Schüler mit schlechteren Noten.

5.4.2 Einteilung der Probanden nach Jahresendnotenschnitt

Um zu testen, ob Schüler mit schlechteren schulischen Leistungen mehr oder weniger von der Zugehörigkeit zu den Gruppen (Mathematik, Sport, Kunst/Freistunde) profitieren, werden die Probanden nach ihrem Jahresendnotenschnitt in drei Gruppen geteilt: Gruppe „gut“ für gute schulische Leistungen (Notenschnitt der Hauptfächer Mathematik, Deutsch und Französisch besser als 8.3), Gruppe „mittel“ für mittlere schulische Leistung (Notenschnitt zwischen 8.2 und 7.1) und Gruppe „schwach“ für weniger gute schulische Leistungen (Notenschnitt unter 7.1 „befriedigend“). Wie schon im Methodenteil dargestellt wird (Kapitel 4.3.3), umfasst die Notenskala die Noten von 1 bis 10, wobei 10 die beste Note ist und 6 „ausreichend“ bedeutet. Die Gruppeneinteilung ist in Tabelle 5-7 dargestellt. In Klammern befinden sich die für die Gruppenzugehörigkeit ausschlaggebenden Notenschnitte aus der Jahresendnote Mathematik, Deutsch und Französisch.

Tabelle 5-7: Gruppeneinteilung nach schulischer Leistung (Schulnoten in Klammern). Für den Notenschnitt werden die Jahresendnoten des letzten Zeugnisses der Fächer Mathematik, Deutsch und Französisch betrachtet.

	Einteilung nach Notenschnitt					Summe	ausgelassen ^a
	Gesamt	Gut (10.0-8.3)	Mittel (8.2-7.1)	Schwach (< 7.1)			
Anzahl	372	83	143	137	363	9	
Prozent	100.0	22.3	38.4	37.7	97.6	2.4	

^a in die Messungen wurden 9 Austauschschüler aus Frankreich mitaufgenommen, von denen keine schulischen Leistungen vorlagen.

Die Gruppeneinteilung nach schulischer Leistung ergibt Gruppen unterschiedlicher Größe. Dies erklärt sich dadurch, dass im mittleren Leistungsbereich die meisten Schüler zu finden sind und nur wenige zu den Gruppen mit herausragenden guten bzw. schwachen schulischen Leistungen gehören. Die Gruppengröße wird nicht angeglichen, da man sonst weniger gute Schüler (z.B. mit einem Notenschnitt von 8.0) in die gute Gruppe aufnehmen müsste und somit der Unterschied zwischen den Leistungen innerhalb der Gruppen weniger deutlich wäre.

5.4.3 Vergleich der Testergebnisse in den Schulleistungsgruppen

Kapitel 5.4.1 zeigt einen Zusammenhang zwischen den Jahresendnotenschnitten der Schüler und ihren Ergebnissen in den kognitiven Tests. Dieser soll im folgenden Kapitel näher beleuchtet werden. Dazu werden die Ergebnisse der drei kognitiven Leistungstests d2, ZVT und FAIR in Abbildung 5-6 graphisch dargestellt. Es wird dabei sowohl nach Unterrichtsgruppe (Sport S, Mathematik M und Kunst/Freistunde KF) als auch nach Schulleistungsgruppe (gut, mittel, schwach) unterschieden.

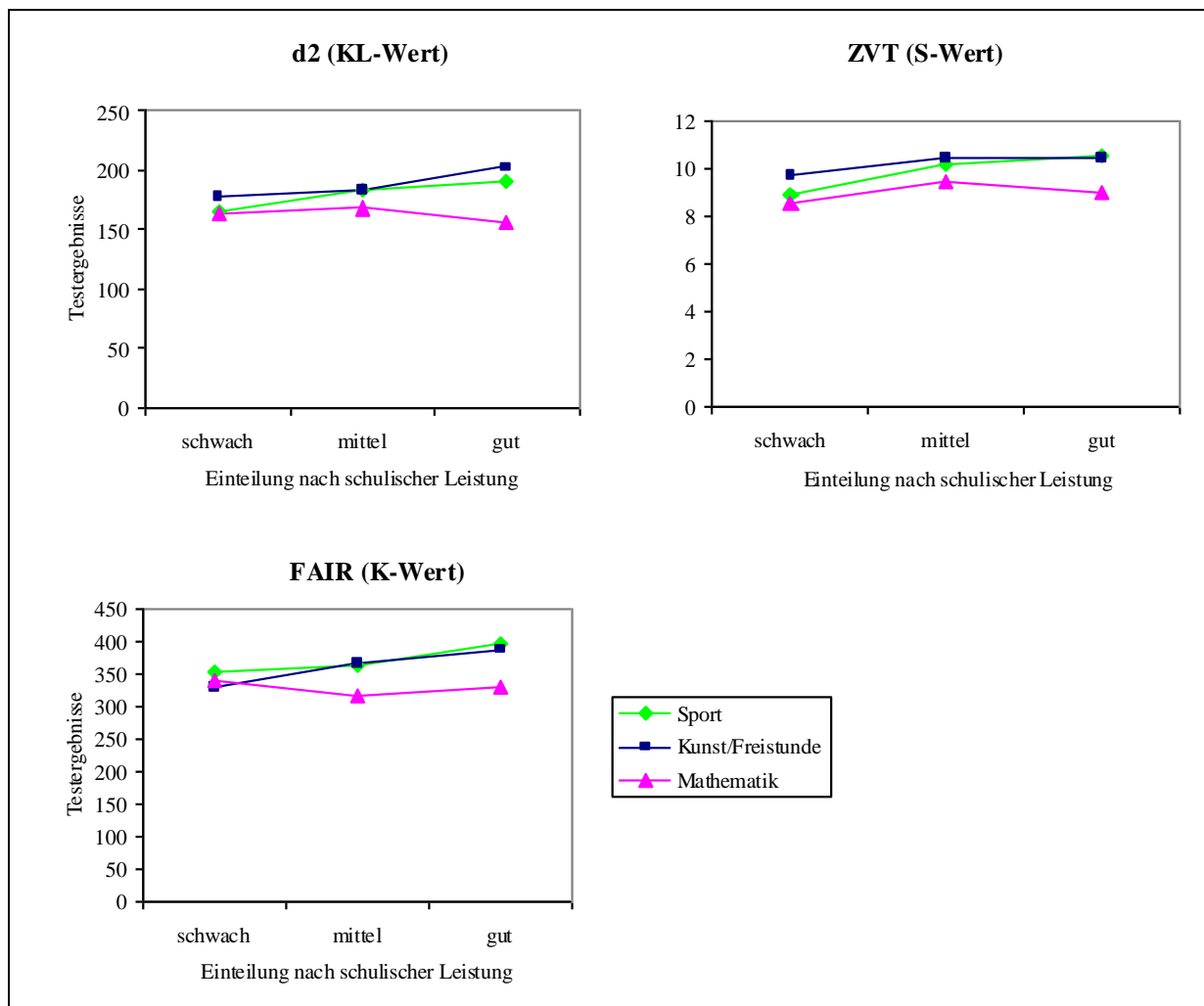


Abbildung 5-6: Testwerte des d2, ZVT, FAIR (getestete Variablen in Klammern) der Gruppen (Sport, Mathematik und Kunst/Freistundengruppe) getrennt nach schulischen Leistungen (gut, mittel, schwach), hohe Testwerte stehen für eine hohe kognitive Leistungsfähigkeit. Hier sind Testrohwerte abgebildet, daher die unterschiedlichen Skalen. Es kann daher nicht gefolgert werden, dass der FAIR besser ausgefallen ist als der d2.

Um den Moderatoreffekt der gemittelten Schulleistung auf den Effekt der Unterrichtsgruppe auf die unmittelbare kognitive Leistungsfähigkeit zu untersuchen, wurde eine 2-faktorielle ANOVA (1. Faktor: Unterrichtsgruppe, 2. Faktor: Notenklasse) durchgeführt. Sie ergibt keine signifikante Interaktion dieser beiden Faktoren (d2 (KL-Wert): $F(4,327)=1.37$, $p=.243$, ZVT (S-Wert): $F(4,327)=.50$, $p=.738$ und FAIR (K-Wert): $F(4,327)=1.18$, $p=.318$). Die Notenklasse hat allerdings einen signifikanten Effekt auf die Ergebnisse der Leistungstests d2 und ZVT (d2 (KL-Wert): $F(2,334)=3.90$, $p=.021$, ZVT (S-Wert): $F(2,334)=11.42$, $p<.001$ und FAIR (K-Wert): $F(2,334)=2.18$, $p=.115$). Post-Hoc-Tests ergeben, dass Schüler aus der Notenklasse *gut* signifikant besser im d2-Test und im FAIR sind als Schüler aus der Notenklasse *schwach* (d2: $p=.010$, FAIR: $p=.037$). Im ZVT sind die *guten*³² und *mittleren* Schüler signifikant besser

³² „Gute Schüler“ und „schwache Schüler“ steht kurz gleichbedeutend für „Schüler mit guten (bzw. schlechten) schulischen Leistungen“ und soll keine Klassifizierung der Person an sich darstellen.

als die *schwächeren* Schüler (jeweils $p < .001$). Deskriptiv ist zu bemerken, dass in den Unterrichtsgruppen *Sport* und *Kunst/Freistunde* ein Anstieg der kognitiven Leistungsfähigkeit von der Notenklasse *schwach* über *mittel* zu *gut* zu verzeichnen ist. In der *Mathematikgruppe* allerdings verhält es sich etwas anders. Hier schneiden die *guten* Schüler gleich oder sogar schlechter ab als die *schwachen*. Besonders beim FAIR scheinen die *schwachen* Schüler von der Zugehörigkeit zur *Sportgruppe* zu profitieren, da hier der Anstieg etwas schwächer ausfällt als in der *Kunst/Freistundengruppe*. Hier sind die *schwachen* Schüler der *Sportgruppe* besser als die *schwachen* Schüler der beiden anderen Gruppen. Ein signifikanter Moderatoreffekt der Schulleistung konnte allerdings nicht gefunden werden.

5.4.4 Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Schüler mit einem guten Jahresendnotenschnitt auch bessere Ergebnisse in den drei kognitiven Leistungstests liefern. Im d2 und ZVT ist ein Anstieg der kognitiven Leistung über die Notengruppen *schwach* bis *gut* zu verzeichnen. In der *Mathematikgruppe* ist dies allerdings nicht immer der Fall. Es kann kein Moderatoreffekt der schulischen Leistungen auf den Effekt der Unterrichtsgruppe auf die unmittelbare kognitive Leistungsfähigkeit gefunden werden. Bezüglich Fragestellung 5 lässt sich sagen, dass Schüler mit schwachen schulischen Leistungen in allen drei Untersuchungsgruppen zu allen drei Messzeitpunkten schlechter als der Durchschnitt abschneiden, außer die Schüler der *Sport-* und *Mathematikgruppe* in der dritten Messung. Falls gerade schwächere Schüler von den Effekten des Sportunterrichts auf die kognitive Leistungsfähigkeit in der anschließenden Unterrichtsstunde profitieren sollten, so trifft das nur beim FAIR gegen Ende der Unterrichtsstunde zu. Aber auch dieses bessere Abschneiden als der Durchschnitt ist nur deskriptiv zu verzeichnen und statistisch nicht signifikant.

5.5 Vergleich französischer und deutscher Schulklassen

Dieses Kapitel untersucht Fragestellung 7:

7. Gibt es bezüglich des Effektes des Sportunterrichts auf die kognitive Leistungsfähigkeit in der anschließenden Unterrichtsstunde kulturelle Unterschiede - d.h. treten dieselben Effekte sowohl bei deutschen als auch bei französischen Schülern auf - ?

Wie bereits im Methodenteil erwähnt, unterteilen sich die Probanden in deutsche und französische Schüler, die in unterschiedlichen Sektionen unterrichtet werden. Als ein weiterer zu untersuchender Aspekt vorliegender Studie soll geprüft werden, ob die in Kapitel 5.1 gefundenen Unterschiede in den Konzentrationsleistungsfähigkeiten in den drei Gruppen (Sport, Kunst/Freistunde und Mathematik) über die Landesgrenzen hinaus erhalten bleiben. Das bedeutet, es soll untersucht werden, ob es kulturelle Unterschiede in der Auswirkung der Gruppenzugehörigkeit auf die Konzentrationsleistung gibt. Dazu werden die Schüler der französischen und der deutschen Klassen getrennt betrachtet. Eine Varianzanalyse ergibt, dass wenn

man alle französischen Schüler mit den deutschen vergleicht, in allen drei kognitiven Tests die Schüler aus deutschen Klassen höhere Testergebnisse liefern als die Schüler aus französischen Klassen (ANOVA: d2 (KL-Wert): $F(1,344)=4.83$, $p=.029$, ZVT (S-Wert): $F(1,344)=47.94$, $p<.001$ und FAIR (K-Wert): $F(1,344)=11.55$, $p=.001$). Diese generell besseren Ergebnisse der deutschen Schüler gegenüber den französischen, kann damit erklärt werden, dass die deutschen Schüler schon bei der Aufnahme in die fünfte Klasse nach Grundschulzeugnisnote selektiert werden, da der Andrang auf die deutschen Plätze höher ist als auf die französischen (siehe dazu Kapitel 4.3.1).

Zur Beantwortung von Fragestellung 7 müssen die französischen und deutschen Schüler allerdings zudem nach Unterrichtsgruppe (Sport, Kunst/Freistunde und Mathematik) getrennt betrachtet werden. Abbildung 5-9 zeigt die Ergebnisse in den drei kognitiven Leistungstests (d2, ZVT und FAIR) für deutsche und französische Klassen in diesen drei Unterrichtsgruppen. Die genauen Mittelwerte und Standardabweichungen befinden sich im Anhang (Tabelle C-8).

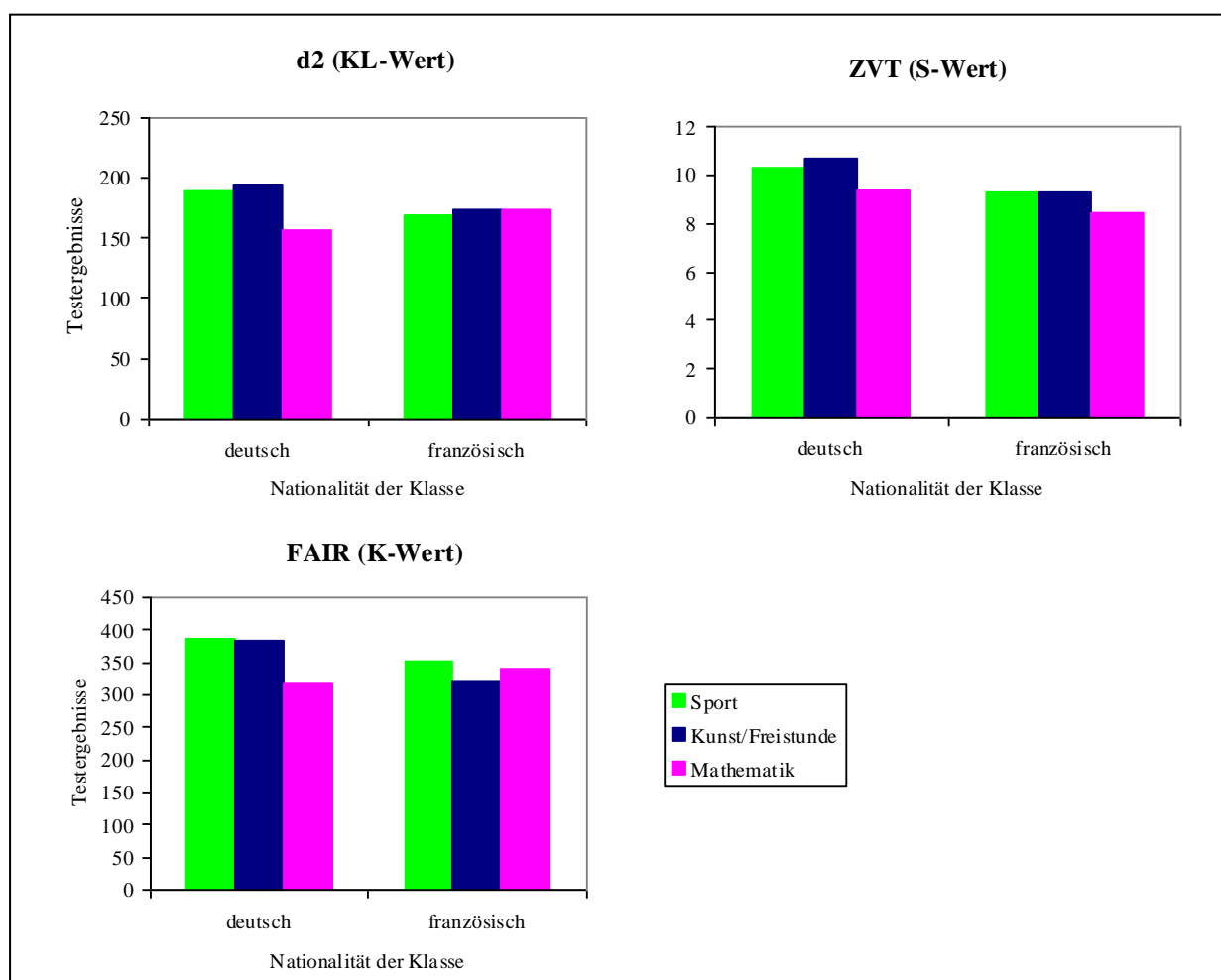


Abbildung 5-7: Testwerte des d2, ZVT, FAIR (getestete Variablen in Klammern) der Gruppen (Sport, Mathematik und Kunst/Freistundengruppe) getrennt nach Klassennationalität (deutsch, französisch), hohe Testwerte stehen für eine hohe kognitive Leistungsfähigkeit. Hier sind Testrohwerte abgebildet, daher die unterschiedlichen Skalen. Es kann daher nicht gefolgert werden, dass der FAIR besser ausgefallen ist als der ZVT.

Aus Abbildung 5-7 kann entnommen werden, dass in der *Sport-* und *Kunst/Freistunden-*gruppe die Schüler aus deutschen Klassen bessere kognitive Leistungswerte liefern als die Schüler aus französischen Klassen. In der *Mathematikgruppe* gilt dies nur für die zweite Messung (ZVT). Die deutschen Schüler schneiden in allen drei kognitiven Tests nach dem Sportunterricht und nach einer Kunst- bzw. Freistunde gleich gut ab. Nach einer Mathematikstunde sind sie jedoch deutlich schlechter. Französische Schüler weisen bezüglich der unterschiedlichen Unterrichtsgruppen in der kognitiven Leistungsfähigkeit im Anschluss nicht diese Unterschiede auf. Nach dem Mathematikunterricht schneiden sie genauso gut ab wie nach der Sport- oder Kunst- bzw. Freistunde (gilt im Besonderen für die Ergebnisse des d2 und FAIR). Dies bestätigen die Varianzanalysen: Teilt man die Probanden nach deutschen und französischen Klassen auf und führt zwei separate Varianzanalysen durch, so findet sich, dass bei den französischen Klassen kein Unterschied in der kognitiven Leistungsfähigkeit im Anschluss zwischen den Unterrichtsgruppen (Sport, Kunst/Freistunde und Mathematik) besteht (d2 (KL-Wert): $F(2,159)=.25$, $p=.782$; ZVT (S-Wert): $F(2,161)=2.63$, $p=.075$ und FAIR (K-Wert): $F(2,155)=1.33$, $p=.268$). Bei den deutschen Klassen ist dies anders (d2 (KL-Wert): $F(2,194)=14.87$, $p<.001$; ZVT (S-Wert): $F(2,204)=8.18$, $p<.001$ und FAIR (K-Wert): $F(2,198)=10.62$, $p<.001$). Post-Hoc-Tests mit LSD ergeben für die deutschen Klassen für alle drei kognitiven Leistungstests ein schlechteres Abschneiden der *Mathematikgruppe* gegenüber den beiden anderen Gruppen (jeweils $p<.005$). Französische Schüler zeigen demnach keinen Ermüdungseffekt nach einem konzentrationsintensiven Fach (hier: Mathematik) im Gegensatz zu deutschen Schülern.

Um zu untersuchen, ob die Klassennationalität einen Moderatoreffekt auf den Einfluss der Unterrichtsgruppe (Sport, Kunst/Freistunde oder Mathematik) auf die kognitive Leistungsfähigkeit im direkten Anschluss an diesen Unterricht hat, wird eine 2-faktorielle ANOVA (1. Faktor: Unterrichtsgruppe und 2. Faktor: Klassennationalität) durchgeführt. Da die Schüler der *Mathematikgruppe* in Durchschnitt signifikant jünger sind als die Schüler der anderen Unterrichtsgruppen, wurde als Kovariate - wie bei den bisherigen Varianzanalysen - das Alter miteingerechnet. Es ergibt sich ein signifikanter Interaktionseffekt zwischen Unterrichtsgruppe und Klassennationalität beim d2 (d2 (KL-Wert): $F(2,338)=3.29$, $p=.039$; ZVT (S-Wert): $F(2,338)=1.02$, $p=.363$; FAIR (K-Wert): $F(2,338)=.93$, $p=.397$).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Schüler der deutschen Klassen in allen drei kognitiven Leistungstests höhere Konzentrationsleistungswerte aufweisen als die Schüler der französischen Klassen. In den deutschen Klassen unterscheidet sich die *Kunst/Freistunden-*gruppe in allen drei Messungen nicht sonderlich von der *Sportgruppe*. In der *Mathematik-*gruppe jedoch liegen die Testergebnisse der ersten und dritten Messung (d2 und FAIR) allerdings deutlich unter dem Durchschnitt. In den französischen Klassen zeigt sich ein anderes Bild: In der ersten (d2) und dritten (FAIR) Messung der *Mathematikgruppe* sind die französischen Schüler deutlich besser als die deutschen Schüler. Die französischen Schüler dieser Gruppe sind auch nicht schlechter als die französischen Schüler der *Sport-* bzw. *Kunst/Freistunden-*gruppe im Gegensatz zu den deutschen Klassen. Die französischen Schüler zeigen daher keine so auffälligen Ermüdungserscheinungen nach dem Mathematikunterricht

als die deutschen Schüler. Es gibt also einen signifikanten Moderatoreffekt der Klassennationalität auf den Einfluss der Unterrichtsgruppe (Sport, Kunst/Freistunde oder Mathematik) auf die kognitive Leistungsfähigkeit im direkten Anschluss an diesen Unterricht gemessen mit dem d2-Test ($p=.039$, die Messwerte der anderen kognitiven Leistungstests sind allerdings nicht signifikant).

Bezüglich der siebten Fragestellung lässt sich sagen, dass deutsche Schüler in der *Sport– bzw. Kunst/Freistundengruppe* deutlich besser in den kognitiven Tests abschneiden, als in der *Mathematikgruppe*. Bei den französischen Schülern zeigen sich diesbezüglich keine markanten Unterschiede. Vorliegende Daten unterstützen daher die Vermutung, dass deutsche Schüler mehr von den Effekten des Sportunterrichts (und der Kunst/Freistunde) gegenüber Mathematikunterricht profitieren als französische Schüler.

6 Zusammenfassung und Diskussion

Ziel vorliegender Arbeit ist es, die Effekte körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit im schulischen Kontext zu untersuchen. Durch die allgemeine Schulreform, mit der ein Wechsel vom neunjährigen zum achtjährigen Gymnasium einhergeht, kommt es zu einer größeren Belastung für die Schüler bedingt durch vermehrten Nachmittagsunterricht und eine erhöhte Stofffülle. Da ein ganzes Schuljahr wegfällt, kommt es verstärkt zu Lernstoffkürzungen und Stundenkürzen vorwiegend in den Nebenfächern (Ruep, 2003). An vielen Gymnasien wird der Sportunterricht von zwei auf drei Stunden pro Woche gekürzt (Kubesch, 2002). In diesem Zusammenhang ist es von Interesse, die Rolle des Sportunterrichts im schulischen Alltag neu zu beleuchten. Bös und Obst (2000) konnten in ihrem Schulmodellversuch zeigen, dass die Einführung der täglichen Schulsportstunde nicht nur zu einer Fitnesssteigerung der Schüler führte, sondern auch die Anzahl an Schülerunfällen und Aggressionen in den Pausen reduzierte, sowie das schulische Klima verbesserte und die Schullust der Schüler förderte. Dies zeigt, dass der Schulsportunterricht nicht nur zur Bewegungsförderung und Fitnesssteigerung der Schüler beiträgt, sondern auch eine wichtige Rolle im Sozialverhalten und in der psychischen Zufriedenheit der Schüler spielt. Darüber hinaus stellt sich die Frage, ob neben diesen sozialen, physischen und psychischen positiven Effekten der Sportunterricht durch eine mögliche Steigerung der kognitiven Leistungsfähigkeit auch zu verbesserten schulischen Leistungen in den anderen Fächern beitragen kann. Viele Lehrer sind der Meinung, dass die Schüler nach dem Sportunterricht unruhiger, aufgedrehter und dadurch unkonzentrierter sind, und es daher nicht vorteilhaft wäre, eine Klassenarbeit im direkten Anschluss an den Sportunterricht zu schreiben. In vorliegender Arbeit gilt es, dieses Vorurteil unter die Lupe zu nehmen und zu testen, ob dies zutrifft oder nicht sogar das Gegenteil der Fall sein könnte, dass Schüler nach dem Sportunterricht womöglich Konzentrationsleistungsfähiger sind als nach einer anderen Schulstunde. Besonders in der Oberstufe liegt der Sportunterricht meist am Nachmittag. Hier stellt sich die Frage, ob dies sinnvoll ist, oder ob eine Schulsportunterrichtsstunde am Vormittag nicht zur Entlastung des Stundenplans beitragen könnte und den Schülern eine willkommene Pause zwischen kognitiv anstrengenden Fächern bieten könnte.

Neben der Diskussion dieser Fragen, gibt vorliegende Studie einen Überblick über die allgemeinen Auswirkungen körperlicher Aktivität. Hierbei wird zwischen physischen und psychischen Auswirkungen unterschieden. Des Weiteren wird ein Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit hergestellt. Diese Auswirkungen und Zusammenhänge werden in den schulischen Kontext eingebettet. In der anschließend besprochenen eigenen Untersuchung wird der Effekt körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit im direkten Anschluss bei Schülern im schulischen Alltag beleuchtet. Es wird die kognitive Leistungsfähigkeit nach dem Sportunterricht mit der kognitiven Leistungsfähigkeit nach einem kognitiv intensiven bzw. nach einem kognitiv weniger intensiven Unterricht verglichen. Dieses Kapitel gibt eine Zusammenfassung der Arbeit mit einer kurzen Wiederholung der wichtigsten Ergebnisse vorliegender Studie und mit einem Ausblick auf weitere mögliche Untersuchungen.

6.1 Überblick über die aktuelle Forschungslage zum Effekt körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit

In der Wissenschaft ist es mittlerweile unumstritten, dass körperliche Aktivität positive Auswirkungen auf den Körper und den allgemeinen Gesundheitszustand hat. Auch im Bereich der menschlichen Psyche kann in vielen Studien nachgewiesen werden, dass körperliche Aktivität das allgemeine Wohlbefinden verbessert und sogar Stress, Angst und Depression positiv beeinflussen kann. Durch körperliche Aktivität können nicht nur psychische Krankheitssymptome abgemildert werden, sie kann auch präventiv wirken (Arent et al., 2000; Babyak, et al., 2000; Craft & Landers, 1998; Fuchs, 2003; Landers & Arent, 2001; Neumann & Frasch, 2005; Puetz, O'Connor & Dishman, 2006; Reed & Ones, 2006). Bezüglich des Zusammenhangs zwischen körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit als weiteren Teilbereich der menschlichen Psyche ist die wissenschaftliche Lage bislang allerdings weniger eindeutig und klar untersucht. Bei älteren Menschen konnte festgestellt werden, dass körperliche Aktivität altersbedingte kognitive Degenerationserscheinungen verlangsamen und zudem auch bei Demenz und Alzheimer positiv eingesetzt werden kann (Abbott et al., 2004; Hollmann et al., 2003a; Larson et al., 2006; Laurin et al., 2001). Die präventive Wirkung körperlicher Aktivität ist auch hier (z.B. durch geringeres prozentuales Auftreten von Alzheimer) gezeigt worden (Friedland et al., 2001). Bei jüngeren Menschen und Kindern existieren allerdings weitaus weniger Studien über den Zusammenhang von körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit als bei älteren Menschen. Dieses Gebiet ist erst seit Kurzem von wissenschaftlichem Interesse.

Um den Effekt körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit zu untersuchen, muss unterschieden werden zwischen chronischer, regelmäßiger körperlicher Aktivität und akuter, einmaliger Aktivität. Bezüglich des Effekts chronischer körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei Kindern lässt sich nur schwer eine Aussage machen. Dazu ist die kognitive Leistungsfähigkeit ein zu allgemeiner Begriff, der sich aus vielen Bereichen zusammensetzt; u. a.: Wahrnehmungsfähigkeit, Konzentrationsfähigkeit, Reaktionsschnelligkeit, visuelle Koordination, Verarbeitungsgeschwindigkeit und exekutive Kontrollfunktionen. Daher finden kaum Studien einen Zusammenhang zwischen allgemeinen Intelligenztests, die verschiedene Bereiche der kognitiven Leistungsfähigkeit gesammelt testen, und chronischer körperlicher Aktivität bei Kindern (Tomporowski et al., 2008). Betrachtet man einzelne Bereiche der kognitiven Leistungsfähigkeit, so findet sich, dass wie auch bei Erwachsenen keine Verbesserung der Wahrnehmungsfähigkeit und visueller Koordination gefunden werden kann (Tuckman & Hinkle, 1986). Allerdings kann gezeigt werden, dass körperlich trainierte Kinder Verbesserungen der Reaktionszeiten, Aufmerksamkeit und des Arbeitsgedächtnisses aufweisen (Hillman, Pontifex et al., 2009). Es existiert eine Vielzahl von Korrelationsstudien, die einen positiven Zusammenhang zwischen dem Grad der Aktivität und der Schulleistung finden (Tomporowski et al., 2008). Bei diesen Studien ergibt sich allerdings das Problem des kausalen Zusammenhangs. Es lässt sich meist nicht eindeutig sagen, ob das chronisch durchgeführte Sporttreiben der Kinder zu guten Schulleistungen führt oder ob es eine weitere Einflussvariable gibt. Beispielsweise könnten Kinder aus einem fördernden Elternhaus mehr

Sport treiben und zusätzlich, aber nicht bedingt dadurch, gut in der Schule sein. Es existieren nur wenige aussagekräftige und methodisch einwandfreie Langzeitstudien zu diesem Thema (Tomporowski et al., 2008). In einer dieser Studien konnte aber ein positiver Zusammenhang bezüglich chronischer aerober Aktivität und Leseleistung, Mathematikfähigkeit und allgemeine Schulleistung gefunden werden. Dieser Zusammenhang zeigte sich allerdings nur bei aerober Aktivität und nicht bei chronischem Beweglichkeits- oder Muskelkrafttraining (Castelli et al., 2007).

Bezüglich einmaliger, akuter körperlicher Aktivität bei Kindern existieren ebenso nur wenige Studien. Hier spielt die Intensität der akuten körperlichen Aktivität eine wichtige Rolle. Bei Erwachsenen konnte ein Zusammenhang zwischen Intensität der akuten körperlichen Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit im Anschluss in Form einer umgekehrten U-Funktion (umgekehrte U-Hypothese) gefunden werden. Zu wenig, aber auch zu intensive körperliche Aktivität wirkt sich nachteilig auf die kognitive Leistungsfähigkeit aus. Eine mittlere Intensität führt hingegen zu einem positiven Effekt auf die kognitive Leistungsfähigkeit. Dieser Zusammenhang wurde bei Erwachsenen bei komplexen kognitiven Aufgaben nachgewiesen (Arent & Landers, 2003; Chang & Etnier, 2009a). Bei weniger komplexen Aufgaben (bei motorischen und peripheren kognitiven Prozessen) ergab sich ein linearer Zusammenhang (Chang & Etnier, 2009a). Diese umgekehrte U-Hypothese konnte allerdings nicht bei Kindern gefunden werden. Studien deuten darauf hin, dass bei Kindern unabhängig von der Komplexität der Aufgabe generell ein lineares Verhältnis vorliegt. Je höher die Intensität der akuten körperlichen Aktivität, desto höher ist die kognitive Leistungsfähigkeit direkt im Anschluss (Gabbard & Barton, 1979; McNaughton & Gabbard, 1993). Studien konnten zeigen, dass akute körperliche Aktivität exekutive Kontrollfunktionen wie Kreativität und Planen sowohl bei Kindern als auch bei jungen Erwachsenen direkt im Anschluss an diese körperliche Aktivität verbessert (Davis et al., 2007; Hillman, Pontifex et al., 2009; Hinkle, 1993). Des Weiteren verbessert moderate akute körperliche Aktivität die Antwortgenauigkeit und Verarbeitungsgeschwindigkeit und erhöht zudem die kognitive Aufmerksamkeitskontrolle (Hillman et al., 2005). Hillman und Kollegen konnten diese Effekte im EEG sichtbar machen (höhere P3-Amplituden stehen für eine verbesserte Aufmerksamkeitskontrolle und kürzere P3-Latenzen für eine erhöhte Verarbeitungsgeschwindigkeit). Bezüglich des Zusammenhangs zwischen akuter körperlicher Aktivität und der Konzentrationsleistungsfähigkeit fanden Raviv und Low (1990) bei elf- und zwölfjährigen Schülern sowohl nach dem Sportunterricht als auch nach naturwissenschaftlichem Unterricht eine Verbesserung der Konzentrationsleistungsfähigkeit im Vergleich zu vor dem Unterricht. Allerdings fanden sie keine unterschiedlichen Effekte zwischen Sportunterricht oder Unterricht in den Naturwissenschaften. Damit widerspricht dies einerseits der Vermutung, dass kognitiv anstrengender Unterricht (wie in den Naturwissenschaften), die Schüler ermüdet und zu einer Verschlechterung der Konzentrationsleistungsfähigkeit im Anschluss führe. Andererseits bestätigt es die Ergebnisse von Hillman et al. (2008), die besagen, dass körperliche Aktivität in der Schule sich nicht negativ auf die Schulleistung im Anschluss auswirkt. Raviv und Low (1990) bemerkten zudem einen Einfluss der Tageszeit auf die Konzentrationsleistung. Dies steht im Widerspruch zu McNaughton und Gabbard (1993), die keinen Einfluss der Tageszeit auf die Konzentrationsleistung bei

Sechstklässlern aufzeigen konnten. Allerdings fanden diese Autoren einen Interaktionseffekt zwischen Tageszeit und Dauer der akuten Aktivität. In ihrer Studie absolvierten die Schüler einen moderaten Dauerlauf über 20, 30 oder 40 Minuten. Eine vierte Gruppe nahm nicht am Dauerlauf teil. Im Anschluss wurde die Konzentrationsleistungsfähigkeit gemessen. Fand die Untersuchung um 8.30 Uhr statt, so ergab sich kein Unterschied in der Konzentrationsleistung zwischen den einzelnen Laufgruppen. Um 14.20 Uhr war allerdings die Konzentrationsleistung derjenigen Schüler, die 30 oder 40 Minuten Dauerlauf absolvierten, höher als bei denjenigen, die nur 20 Minuten oder gar nicht aktiv waren. Der eventuelle positive Effekt akuter körperlicher Aktivität scheint also besonders dann zum Tragen zu kommen, wenn die Konzentrationsleistungsfähigkeit abflacht (z.B. kurz vor bzw. nach dem Mittagessen). Auch ist die Dauer der körperlichen Aktivität entscheidend. Fällt die akute Aktivität zu kurz aus, ist kein Effekt auf die Konzentrationsleistungsfähigkeit zu bemerken. Caterino und Polak (1999) fanden nur bei Viertklässlern und nicht bei Zweit- und Drittklässlern eine Verbesserung der Konzentrationsleistungsfähigkeit nach akuter körperlicher Aktivität. Dies lässt darauf schließen, dass neben der Tageszeit das Alter der Schüler als weitere Moderatorvariable bezüglich des Effekts akuter körperlicher Aktivität auf die Konzentrationsleistungsfähigkeit beachtet werden muss. Weitere Studien wären nötig, um nach diesen hier beschriebenen Studien einerseits den Effekt des Alters genauer zu beleuchten und um andererseits den Unterschied zwischen Sportunterricht und Unterricht in anderen Fächern genauer zu untersuchen. Zudem sind die meisten der existierenden Studien eher älteren Datums. Es fehlen eindeutig neuere Feldstudien im schulischen Kontext. Dies könnte unter Umständen helfen, den Status des Sportunterrichts an deutschen Schulen zu erhöhen. Aus Gesprächen ergab sich, dass gerade unter Lehrern das Vorurteil sehr verbreitet ist, dass Sportunterricht die Konzentrationsleistungsfähigkeit im darauffolgenden Unterricht verschlechtert. Daher wird beispielsweise immer noch ungern direkt nach dem Sportunterricht eine Klassenarbeit angesetzt, da die Schüler ja sehr erschöpft seien und somit sich nicht gut bei einer Prüfung konzentrieren könnten. Die in vorliegender Arbeit beschriebene Feldstudie an einem deutsch-französischen Gymnasium soll daher untersuchen, ob dieses Vorurteil begründet ist oder ob sich die Theorie bestätigt, dass nämlich die Konzentrationsleistungsfähigkeit nach dem Schulsport nicht beeinträchtigt ist. Des Weiteren soll untersucht werden, ob nicht sogar das Gegenteil vorliegt, dass akute körperliche Aktivität in Form von Schulsport die kognitive Leistungsfähigkeit im anschließenden Unterricht sogar erhöht. Nach den Erkenntnissen von Caterino und Polak (1999), die bei Viertklässlern im Gegensatz zu jüngeren Schülern einen Effekt verzeichnen konnten und nach denen von Raviv und Low (1990), die bei Elf- und Zwölfjährigen keinen Unterschied zwischen Sport- und Naturwissenschaftsunterricht feststellen konnten, wäre es interessant, den Effekt akuter körperlicher Aktivität besonders bei älteren Schülern zu untersuchen. Daher werden in vorliegender Studie Schüler der Klassen 6 bis 9 getestet. Durch die Tatsache, dass an der Untersuchungsschule deutsche sowie französische Schulklassen zu finden sind, lassen sich auch Aussagen über eventuelle kulturelle Unterschiede zwischen deutschen und französischen Schülern machen.

6.2 Fragestellungen und Methodik der eigenen Untersuchung

Die in vorliegender Arbeit vorgestellte Untersuchung setzt sich zum Ziel, die kognitive Leistungsfähigkeit von Schülern nach körperlicher Aktivität (im schulischen Kontext in Form von Schulsport) zu untersuchen. Dazu wurden Schüler eines deutsch-französischen Gymnasiums der Klassen 6 bis 9 in drei Gruppen unterteilt. Alle drei Gruppen hatten in der fünften Unterrichtsstunde Unterricht. Dieser Unterricht unterschied sich je nach Gruppenzugehörigkeit (Gruppe M: Mathematik, Gruppe: S Sport und Gruppe K/F: Kunstunterricht bzw. beaufsichtigte Selbstbeschäftigung in einer Freistunde). In der sechsten Unterrichtsstunde durchliefen alle Schüler eine Batterie verschiedener Tests zur kognitiven Leistungsfähigkeit (als erstes den d2- Aufmerksamkeits- und Belastungstest, als zweites den ZVT Zahlen-Verbindungs-Test und als letztes den FAIR Frankfurter Aufmerksamkeits-Inventar).

Folgende Fragestellungen wurden überprüft:

1. Können sich Schüler nach dem Sportunterricht besser konzentrieren als Schüler nach dem Mathematikunterricht?
2. Gibt es einen Unterschied in der kognitiven Leistungsfähigkeit zwischen Schülern nach dem Sportunterricht und Schülern, die ein weniger konzentrationsintensives Fach gelehrt bekamen?
3. Unterscheidet sich die momentane Stimmungslage von Schülern direkt nach dem Sportunterricht, nach dem Mathematikunterricht bzw. nach dem Unterricht in einem weniger konzentrationsintensiven Fach?
4. Profitieren Schüler, die neben der Schule habituell sportlich aktiv sind, mehr von eventuellen positiven Effekten des Sportunterrichts auf die kognitive Leistungsfähigkeit in der anschließenden Unterrichtsstunde als inaktive Schüler?
5. Haben sportlich aktivere Schüler eine höhere generelle kognitive Leistungsfähigkeit – d.h. bessere Jahresendnotenschnitte - als sportlich weniger aktive Schüler?
6. Profitieren Schüler mit einer schlechteren generellen kognitiven Leistungsfähigkeit – Jahresendnotenschnitt - mehr von eventuellen positiven Effekten des Sportunterrichts auf die kognitive Leistungsfähigkeit in der anschließenden Unterrichtsstunde als bessere Schüler?
7. Gibt es bezüglich des Effektes des Sportunterrichts auf die kognitive Leistungsfähigkeit in der anschließenden Unterrichtsstunde kulturelle Unterschiede - d.h. treten dieselben Effekte sowohl bei deutschen als auch bei französischen Schülern auf?

Zusammenfassend kann man sagen, dass Schüler, die 45 Minuten Schulsportunterricht hatten (in diesem Fall moderater Dauerlauf) in allen drei kognitiven Leistungstests signifikant besser abschnitten als Schüler, die vorher Mathematikunterricht hatten (für die genauen statistischen Werte siehe folgende Seite). Wie schon Hillman und Kollegen (2008) sagten, scheint sich daher Schulsportunterricht nicht nachteilig auf die Schulleistung auszuwirken. Damit muss mit dem bestehenden Vorurteil in den Kollegien an Schulen aufgeräumt werden, dass es unvorteilhaft sei, direkt nach dem Schulsportunterricht eine Klassenarbeit zu schreiben. Es konnte in vorliegender Studie gezeigt werden, dass Schüler nach dem Sportunterricht sich

besser konzentrieren können, als nach dem Mathematikunterricht. Daher erscheint es sinnvoller, Klassenarbeiten direkt nach dem Sportunterricht zu schreiben, als nach Mathematikunterricht. Damit konnten die Ergebnisse von Raviv und Low (1990) nicht bestätigt werden, die sowohl nach Sport als auch nach naturwissenschaftlichem Unterricht eine Verbesserung der Konzentrationsleistungsfähigkeit verzeichneten. In vorliegender Studie wurde der Mathematikunterricht stellvertretend für alle kognitiv intensiven Schulfächer untersucht. Es ist anzunehmen, dass die Konzentrationsleistungsfähigkeit nach einem anderen kognitiv intensivem Schulfach wie beispielsweise Physik oder Latein ähnlich wie nach Mathematikunterricht ausfällt. Allerdings zeigt dieser Vergleich nur den Unterschied zwischen körperlich ermüdeten Schülern nach dem Sportunterricht und kognitiv ermüdeten Schülern nach dem Mathematikunterricht. Daraus lässt sich noch nichts über einen eventuellen positiven Effekt akuter körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit direkt im Anschluss aussagen. Es könnte an dieser Stelle argumentiert werden, dass nur der negative Effekt des Mathematikunterrichts in Form von kognitiver Ermüdung auf die kognitive Leistungsfähigkeit im Anschluss untersucht wurde und nicht ein eventueller positiver Effekt körperlicher Aktivität. Um dies abzuklären, wurden die Schüler dieser beiden Gruppen (Mathematikgruppe und Sportgruppe) mit einer dritten Gruppe verglichen. Diese dritte Gruppe war kognitiv nicht ermüdet, sondern hatte entweder vor den kognitiven Tests eine beaufsichtigte Freistunde mit Selbstbeschäftigung oder Kunstunterricht. Der Kunstunterricht war so gestaltet, dass die Schüler an ihren Bildern weiterarbeiten sollten und kognitiv nicht gefordert wurden. An dieser Stelle ist anzumerken, dass idealer Weise diese Gruppe nur aus Schülern mit Freiunterricht bestehen sollte, allerdings war dies aus logistischen Gründen nicht möglich. Die Kunstlehrer wurden allerdings im Voraus angewiesen, die Schüler in keiner Weise kognitiv zu fordern, sondern wie in einer Freistunde die Schüler sich selbst beschäftigen zu lassen. Diese kreative Beschäftigung könnte sich allerdings in anderer Weise auf die kognitive Leistungsfähigkeit auswirken, als die Selbstbeschäftigung in einer Freistunde. Da es sich hierbei um eine Feldstudie handelt und der Unterschied zwischen Sportunterricht und einem nicht kognitiv intensiven Unterricht untersucht werden soll, ist es durchaus zu rechtfertigen, dass die Kunstgruppe und die Selbstbeschäftigungsgruppe gemeinsam untersucht wurden. Darüber hinaus stand die Selbstbeschäftigungsgruppe ebenfalls unter Aufsicht eines Lehrers, musste sich in einem Klassenzimmer aufhalten und durfte nicht körperlich aktiv sein.

6.3 Zusammenfassung der Ergebnisse der eigenen Untersuchung

Als erstes wurden die Ergebnisse der drei kognitiven Leistungstests in den drei Untersuchungsgruppen (Sport-, Mathematik- und Kunst- bzw. Freiunterricht) miteinander verglichen. Im Anschluss wurde der Effekt der Stimmungslage, des habituellen Sporttreibens, des schulischen Leistungsstandes, der Nationalität (deutsche vs. französische Klassen) und des Alters bzw. der besuchten Klassenstufe untersucht.

6.3.1 Vergleiche der Untersuchungsgruppen

Im Vergleich der drei Gruppen (Sport-, Mathematik- und Kunst- bzw. Freiunterricht) zeigt sich neben dem oben erwähnten besseren Abschneiden der Sportgruppe gegenüber der Mathematikgruppe auch ein besseres Abschneiden der Kunst- bzw. Freigruppe gegenüber der Mathematikgruppe in allen drei kognitiven Leistungstests (d2: $F(2,355)=4.93$, $p=.008$; ZVT: $F(2,367)=7.49$, $p=.001$; FAIR: $F(2,355)=3.22$, $p=.04$). Dies bestätigt die „Theorie der kognitiven Ermüdung“ nach dem Mathematikunterricht. Außerdem stimmen diese Ergebnisse mit denen von Tomporowski (2003) überein, dass akute körperliche Aktivität wahrscheinlich zu keiner Beeinträchtigung der kognitiven Leistungsfähigkeit im Anschluss führt, sondern im Gegenteil aerobe akute körperliche Aktivität zu einer Verbesserung der kognitiven Leistungsfähigkeit führen könnte (Davis et al., 2007; Hillman, Pontifex et al., 2009, Hinkle, 1993). Deskriptiv gesehen sind die Ergebnisse der Kunst/Freistundengruppe bei den ersten beiden Tests (d2 und ZVT) besser als die der Sportgruppe (allerdings nicht signifikant). Im dritten Test (FAIR) weist allerdings die Sportgruppe die höchsten kognitiven Leistungen der drei Gruppen auf. Hier ist nur die Sportgruppe signifikant besser als die Mathematikgruppe, nicht die Kunst/Freistundengruppe. Dieses bessere Abschneiden der Sportgruppe (nach Alter kontrolliert: $p=.012$) könnte unter anderem daran liegen, dass der FAIR-Test als letztes durchgeführt wurde, so dass nach der körperlichen Aktivität mindestens eine halbe Stunde vergangen war. Es könnte der Fall sein, dass Schüler nach dem Sportunterricht eine gewisse Erholungsphase brauchen bis sie von den positiven Effekten der akuten körperlichen Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit profitieren können. Eine weitere Erklärungsmöglichkeit wäre ein „längeres mentales Frischbleiben“ nach dem Sportunterricht. Schüler, die vor der kognitiven Testphase Sportunterricht hatten, können sich eventuell länger konzentrieren als Schüler nach dem Kunst- bzw. Freiunterricht. Dies spiegelt die Ergebnisse von McNaughten und Gabbard (1993) wieder, die zeigten, dass ein eventuell positiver Effekt akuter körperlicher Aktivität besonders dann zum Tragen zu kommen scheint, wenn die Konzentrationsleistungsfähigkeit abflacht. Dies war in ihrer Studie am Nachmittag im Gegensatz zum Vormittag der Fall. In vorliegender Studie könnte dies am Ende der Erhebungsphase sein, wenn die Schüler bereits zwei kognitive Tests (d2 und ZVT) abgeleistet haben. Allerdings lässt sich dies nicht mit Sicherheit sagen, da es natürlich auch an der Art des Tests liegen könnte. Hier könnte die Frage aufkommen, warum zu den drei Testzeitpunkten (am Anfang, in der Mitte und am Ende der Stunde) nicht jeweils der gleiche kognitive Test durchgeführt worden ist. Dies würde aber zu weniger Interpretationsmöglichkeiten führen, da durch ein mehrmaliges Hintereinander ausführen des gleichen Tests ein Trainingseffekt vorläge, der gerade für den letzten Zeitpunkt nur noch sehr wenige aussagekräftige Ergebnisse liefern würde. Um genau zu bestätigen, ob eine Erholungsphase nach der körperlichen Aktivität nötig ist, müsste in weiteren Studien der gleiche kognitive Leistungstest nach unterschiedlich langen Erholungspausen nach der körperlichen Aktivität in verschiedenen Gruppen durchgeführt werden. Es lässt sich allerdings mit Blick auf vorliegende Ergebnisse sagen, dass körperliche Aktivität in Form von Schulsport sich nicht negativ auf die kognitive Leistungsfähigkeit auswirkt, sondern im Gegenteil Schulsport sich besser auswirkt als ein kognitiv ermüdendes Fach. Damit können einerseits die Ergebnisse von Raviv und Low (1990) nicht bestätigt werden, die sowohl nach Sport als

auch nach naturwissenschaftlichem Unterricht eine Verbesserung der Konzentrationsleistungsfähigkeit fanden. Andererseits unterstützen vorliegende Ergebnisse die Vermutung von Hillman et al. (2008), dass sich Sportunterricht nicht nachteilig auf die kognitive Leistungsfähigkeit im Anschluss auswirkt. Daher wäre es nur sinnvoll, den Sportunterricht im Gegensatz zu den meisten Schulen aus dem Nachmittagsunterricht in den Vormittag zu verlegen, da damit den Schülern eine wohltuende kognitive Pause ermöglicht werden könnte (ähnlich einem kognitiv nicht intensiven Unterricht wie Kunst oder eine Freistunde). Dies kann zu einer erhöhten kognitiven Leistungsfähigkeit im Anschluss führen. Besteht dahingegen der schulische Vormittag nur aus kognitiv intensiven Fächern, muss zwangsläufig die kognitive Leistungsfähigkeit der Schüler abnehmen.

Vergleicht man die Ergebnisse der drei kognitiven Tests jeweils für eine Gruppe (dafür müssen die z -Werte als standardisierte Abweichung vom Mittelwert herangezogen werden, da sonst die Ergebnisse der kognitiven Tests aufgrund ihrer unterschiedlichen Punkteskalen nicht vergleichbar wären), so finden sich innerhalb der drei Gruppen keine Unterschiede bezüglich der kognitiven Tests. Deskriptiv lässt sich allerdings sagen, dass die Ergebnisse der Sportgruppe im Testverlauf zunehmen und die der Kunst/Freistundengruppe abnehmen. Dies unterstützt die oben angesprochene These, dass nach dem Sportunterricht eine gewisse Erholungsphase notwendig sei bzw. der Sportunterricht zu einem längeren „mentalen Frischbleiben“ führe. Da diese Unterschiede aber einerseits nicht signifikant sind und andererseits auch mit der unterschiedlichen Teststruktur zusammenhängen können, bleibt dies nur Spekulation. Die sollte in der Zukunft genauer untersucht werden. Die nur geringen Unterschiede der drei kognitiven Tests werden durch eine jeweilige hohe Korrelation untereinander bestätigt (d2 und ZVT von $r=.562$, $p<.001$; d2 und FAIR von $r=.566$, $p<.001$; ZVT und FAIR von $r=.440$, $p<.001$). Dies ist nicht weiter verwunderlich, weil alle drei Tests die kognitive Leistungsfähigkeit messen.

Betrachtet man den Leistungsverlauf der einzelnen Probanden innerhalb der Testbatterie, so ergibt sich, dass nur 7,7% der Sportgruppe einen Leistungsabfall aufweisen. Dies bedeutet, dass nur 7,7% dieser Gruppe entweder in dem ersten kognitiven Leistungstest (d2) über dem jeweiligen Testmittelwert und in dem zweiten (ZVT) und dritten (FAIR) darunter liegen, oder nur im dritten Test darunter liegen. In der Kunst-/Freistundengruppe ist ein Leistungsabfall von 19,3% und in der Mathematikgruppe von 12,2% zu verzeichnen. Anders herum betrachtet, weist die Kunst-/Freistundengruppe mit 12,8% den geringsten Leistungszuwachs auf (verglichen mit 18,0% in der Sportgruppe und sogar 23,5% in der Mathematikgruppe). Die meisten Schüler aus allen drei Gruppen liefern aber dafür stabil schlechte (S: 24,5%; KF: 19,3% und M: 34,7%) oder stabil gute (S: 29,6%; KF: 31,2%; M: 10,2%) Ergebnisse. Diese Untersuchungen sind rein deskriptiv zu sehen. Es lässt sich nicht sagen, dass sich einzelne Schüler aus der Sportgruppe über die Testbatterie gesehen mit der Zeit stark verbessern und ein besonders großer Leistungszuwachs in der Sportgruppe zu bemerken ist. Der hohe Leistungszuwachs in der Mathematikgruppe ist allerdings eher verwunderlich. Hier wäre ein größerer Leistungsabfall durch einen Abfall der Konzentrationsleistungsfähigkeit zu erwarten gewesen. Da in dieser Untersuchung aber nur in Augenschein genommen wurde, ob der Leis-

tungswert des Probanden unter oder über dem jeweiligen Testmittelwert liegt und nicht wie weit er davon entfernt ist, lassen sich über diese Prozentwerte nur bedingt Aussagen machen. Liegt beispielsweise ein Proband in allen drei Tests über dem Mittelwert, fällt er in die Gruppe der stabil guten Ergebnisse, obwohl es möglich wäre, dass seine Testwerte im Verlauf von der ersten kognitiven Messung (d2) bis zur letzten kognitiven Messung (FAIR) abnehmen bzw. zunehmen. Auch ist es problematisch, hier über einen Leistungsabfall oder –zuwachs zu reden, ohne zu bedenken, dass drei unterschiedliche Tests durchgeführt worden sind. Um genauere Aussagen über den Verlauf der Konzentrationsleistungsfähigkeit nach körperlicher Aktivität oder nach intensiver oder weniger intensiver kognitiver Anstrengung machen zu können, bedarf es eines anderen Versuchsaufbaus. Eine Möglichkeit wäre, wie oben schon erwähnt, die Sportgruppe in drei Untergruppen zu teilen. Die Gruppen bewältigen einen kognitiven Test nach beispielsweise 5, 20 oder nach 30 Minuten Erholung. In der Zukunft wären weitere Studien dieser Form nötig, um diesbezüglich genauere Aussagen machen zu können. Dennoch lässt sich für die Schulpraxis ableiten, dass trotz körperlicher Aktivität 29,6% der Sportgruppe in allen drei kognitiven Tests über dem Durchschnitt liegt und nur 24,5% darunter (verglichen mit der Mathematikgruppe mit 10,2% darüber und 34,7% darunter). Dies bestätigt erneut die Tatsache, dass mit dem Vorurteil aufgeräumt werden muss, dass Schüler sich nach dem Sportunterricht nur eingeschränkt konzentrieren können. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen Pontifex, Hillman, Fernhall, Thompson und Valentini (2009), die die Reaktionszeit und das Arbeitsgedächtnis bei 21 jungen Erwachsenen direkt vor der Interventionsphase (Test 1), direkt nach der Interventionsphase (Test 2) und 30 Minuten später (Test 3) untersuchten. Die Intervention bestand entweder aus 30-minütiger aerober körperlicher Aktivität, Krafttraining oder Ruhephase. Die Reaktionszeiten nach der aeroben Betätigung waren direkt im Anschluss und 30 Minuten später signifikant kürzer als vor der Interventionsphase. Diese Effekte zeigten sich nicht für die Krafttraining- und Ruhephasengruppe. In allen drei Gruppen zeigte sich ein Leistungszuwachs dadurch, dass die Reaktionszeiten von Test 1 bis 3 abnahmen. Signifikant war diese Abnahme allerdings nur in der aeroben Sportgruppe. Der allgemeine Leistungszuwachs in allen drei Gruppen lässt sich unter anderem durch Trainingseffekte begründen. Um dies zu umgehen, wäre ein wie oben beschriebener alternativer Versuchsaufbau nötig, der verschiedene Gruppen zu unterschiedlichen Erholungspausen nach der körperlicher Aktivität mit dem gleichen kognitiven Test untersucht. Doch decken sich die Ergebnisse von Pontifex und Kollegen (2009) mit denen der vorliegenden Studie. Sie zeigen ebenfalls, dass eventuelle positive Effekte aerober körperlicher Aktivität nach 30 Minuten (in vorliegender Studie am Ende der nächsten Unterrichtsstunde, also nach 45 Minuten) noch sichtbar sind und sogar besser sein können als direkt im Anschluss an die körperliche Aktivität. Allerdings konnte in vorliegender Studie kein Unterschied zwischen dem Sport- und dem Kunst/Freistundenunterricht festgestellt werden, im Gegensatz zu Pontifex und Kollegen, die nur eine Verbesserung in der aeroben Sportgruppe finden konnten. Die Autoren verglichen jedoch die Testwerte aus Test 2 und 3 mit denen vor der Interventionsphase. Dies war in vorliegender Studie nicht möglich, da vor dem Unterricht in den jeweiligen Gruppen kein Konzentrationstest abgelegt wurde. Die positiven Effekte aerober körperlicher Aktivität in Form von verkürzten Reaktionszeiten waren in der Studie von Pontifex und Kollegen (2009) noch deutlicher bei Aufgaben, die exekutive Kontrollfunktionen wie das Ar-

beitsgedächtnis beinhalteten. Die Autoren schlossen daraus, dass positive Effekte aerober körperlicher Aktivität besonders bei komplexeren kognitiven Aufgaben deutlich werden und mehr als eine halbe Stunde anhalten. Für den schulischen Alltag wäre es interessant zu untersuchen, über wie viele Unterrichtsstunden dieser positive Effekt anhalten könnte. Erleichtert Sportunterricht in der ersten Schulstunde die Konzentrationsfähigkeit bis hin zur sechsten Schulstunde oder ist dann kein Effekt mehr zu verzeichnen? Weitere Untersuchungen wären notwendig, um diese Frage zu klären.

6.3.2 *Effekte der Stimmungslage*

Als weitere Fragestellung wurde in vorliegender Arbeit der Effekt der Stimmungslage hinterfragt. Mittels des PANAS-Stimmungsbarometers (Krohne et al., 1996) wurde untersucht, ob sich die momentane Stimmungslage bei Schülern aus den unterschiedlichen Untersuchungsgruppen (Sport, Mathematik, Kunst/Freistunde) direkt im Anschluss an den jeweiligen Unterricht unterscheidet. Es fand sich weder ein Effekt des Unterrichts auf die positive ($F(2, 366)=1.41, p=.246$), noch auf die negative Stimmungslage ($F(2,366)=1.44, p=.239$). Die momentane Stimmungslage der Schüler nach dem Sportunterricht, nach dem Mathematikunterricht oder nach dem Kunstunterricht bzw. Freistunde unterschied sich nicht. Daher kann also die momentane Stimmungslage als beeinflussender Faktor für die Konzentrationsleistungsfähigkeit im Anschluss ausgeschlossen werden. Diese Ergebnisse stehen im Widerspruch zu denen von Williamson und Kollegen (2001), die bei neun- und zehnjährigen Kindern eine Erhöhung der positiven und einen Rückgang der negativen Stimmungswerte nach 15-minütiger aerober Aktivität verzeichnen konnten. In der Kontrollgruppe, die in der gleichen Zeit ein Video ansah, waren die Ergebnisse entgegengesetzt. Die Autoren schlussfolgern, dass kurze akute aerobe Aktivität zu einer Stimmungsverbesserung führt. In einer früheren Studie fanden Steptoe und Bolton (1988) allerdings eine signifikante Zunahme an negativen Gefühlen und Angstwerten nach intensiver 15-minütiger akuter körperlicher Aktivität bei Erwachsenen. Bei niedrigerer Intensität nahmen die Angstwerte während der körperlichen Betätigung ab, aber nicht in der Gruppe mit hoher Intensität. Bartholomew, Morrison und Ciccolo (2005) fanden allerdings eine signifikante Verbesserung der Stimmungslage nach 30-minütiger akuter aerober Aktivität bei depressiven Erwachsenen gegenüber der Kontrollgruppe. Hier lässt sich allerdings argumentieren, dass die Ausgangsstimmungslage bei depressiven Patienten als geringer einzuschätzen ist als bei gesunden Schulkindern. Daher ergibt sich bei depressiven Patienten mehr Raum für positive Verbesserungen. Die in vorliegender Studie getesteten Schulkinder könnten schon vor dem Unterricht je nach Gruppenzugehörigkeit in einer positiven Stimmungslage gewesen sein, so dass der Sportunterricht bzw. der Unterricht in den anderen Fächern wenig Effekt hatte. Es wäre interessant zu untersuchen, wie sich die Stimmungslage der Schüler in den einzelnen Gruppen vor bzw. nach dem jeweiligen Unterricht verändert hat und ob es in der Sportgruppe signifikante Unterschiede zu den anderen Gruppen ergibt. In seiner Interventionsstudie fand Birrer (1999) positive Stimmungsveränderungen nach dem Sportunterricht an einer Berufsschule. Diese Veränderungen waren anhängig von der Anfangsstimmung. Je schlechter diese war, desto stärker kam es zu einer Stimmungsverbesserung nach dem Sportunterricht. Allerdings fehlte in dieser Studie eine Kontrollgruppe.

Kleine und Hensel (1994) untersuchten die Befindlichkeit von 61 Neuntklässlern eines Gymnasiums nach einer Mathematikarbeit und nach der unmittelbar darauf folgenden Sport- bzw. Deutschstunde. Die Autoren fanden heraus, dass Sportunterricht nach der Klassenarbeit in Mathematik zu einer deutlichen Befindlichkeitsverbesserung führte. Dabei profitierten Jungen stärker von diesem Effekt als Mädchen. Allerdings fehlt auch hier der Vergleich mit einer Gruppe, die nach der Mathematikarbeit eine Erholungspause hatte, also bestenfalls keinen Unterricht in Form einer Freistunde. Denn der kognitiv anstrengende Deutschunterricht könnte auch zu einer Befindlichkeitsverschlechterung führen. In zukünftigen Studien wäre daher die Stimmungslage vor und nach unterschiedlichen Unterrichtsfächern neben Schulsport und neben einer Freistunde zu überprüfen. Der Zusammenhang chronischer aerober Aktivität und Stimmungslage bzw. Wohlbefinden wurde in der Wissenschaft häufiger untersucht als der Zusammenhang mit akuter körperlicher Aktivität. Hierbei bestätigt sich in der Literatur ein positiver Zusammenhang (siehe Kapitel 2.4; für Meta-Analysen und Zusammenfassungen siehe u.a. Arent, Landers & Etnier, 2000; Craft & Landers, 1998; Fuchs, 2003; Puetz et al., 2006; Reed & Ones, 2006). Bezüglich akuter körperlicher Aktivität sind weitere Studien notwendig, um den hier beschriebenen Widerspruch beim Zusammenhang akuter körperlicher Aktivität und Stimmungslage aufzuklären.

6.3.3 *Effekte des habituellen Sporttreibens*

Bei der Untersuchung des Effekts körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit ist von Interesse zu erfahren, inwieweit der Trainingszustand der einzelnen Schüler dieses Ergebnis beeinflussen könnte. Somit kommt die Frage auf, ob Schüler, die neben der Schule habituell sportlich aktiv sind (also eine hohe chronische körperliche Aktivität aufweisen), mehr von eventuellen positiven Effekten des Sportunterrichts auf die kognitive Leistungsfähigkeit in der anschließenden Unterrichtsstunde profitieren als inaktive Schüler. In Studien konnte ein positiver Zusammenhang zwischen Fitness von Erwachsenen (Abbott et al., 2004; Colcombe et al., 2004; Weuve et al., 2004) und Kindern (also habituell eher körperlich aktiveren Kindern) und kognitiver Leistungsfähigkeit gefunden werden (Castelli et al., 2007, Hillman, Buck et al., 2009). Die Autoren untersuchten allerdings nicht den Effekt akuter körperlicher Aktivität und die Moderatorrolle des habituellen Sporttreibens (bzw. chronischer körperlicher Aktivität). Dieser Aspekt bleibt bislang in der Literatur weitgehend unberücksichtigt. Wissenschaftliche Studien scheinen sich bislang entweder auf den Effekt akuter körperlicher Aktivität oder auf den Effekt chronischer körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit zu beschränken (Pesce, 2009). Einem möglichen Zusammenspiel von akuter und chronischer körperlicher Aktivität wurde bislang nur beschränkt Aufmerksamkeit geschenkt. In vorliegender Studie wurde daher zusätzlich die Moderatorrolle des habituellen Sporttreibens (chronisch) auf die Effekte akuter körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit im Anschluss hinterfragt. Die Schüler wurden dazu bezüglich ihres sportlichen habituellen Freizeitverhaltens, welches mittels eines Fragebogens ermittelt wurde, in drei Aktivitätsklassen (aktiv, mittel, passiv) eingeteilt. Es fand sich allerdings kein Interaktionseffekt der Aktivitätsklasse und der Gruppenzugehörigkeit (Sport, Mathematik, Kunst/Freistunde). Das habituelle Sporttreiben scheint also den Effekt des vorherigen Unterrichts je nach Gruppenzu-

gehörigkeit auf die kognitive Leistungsfähigkeit im direkten Anschluss nicht zu moderieren. Sowohl habituell aktive als auch habituell weniger aktive Schüler profitieren in gleicher Weise von möglichen Effekten akuter körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit im direkten Anschluss. Betrachtet man Abbildung 5-5 in Kapitel 5 fällt auf, dass in allen drei kognitiven Leistungstests die Ergebnisse in der Sportgruppe in den drei unterschiedlichen Aktivitätsklassen relativ ausgeglichen sind, wohingegen es in den beiden anderen Gruppen zu größeren Schwankungen kommt, obwohl eigentlich das Gegenteil zu erwarten wäre, da in der Mathematik- und Kunst/Freistundengruppe kein Moderatoreffekt des habituellen Sporttreibens vorliegen sollte. Diese Schwankungen sind allerdings nicht signifikant, außer bei den aktiven Schülern der Kunst/Freistundengruppe, die im ZVT signifikant bessere Ergebnisse als passive Schüler ($p=.013$) lieferten. Für die Praxis in der Schule lässt sich daraus schließen, dass mögliche Effekte des Schulsportunterrichts auf die kognitive Leistungsfähigkeit der Schüler im anschließenden Unterricht unabhängig sind vom habituellen Sporttreiben dieser Schüler. Dies könnte dahingehend interpretiert werden, dass Schüler, die in ihrer Freizeit nicht häufig Sport treiben, den sportlicheren Schülern gegenüber nicht benachteiligt sind. Es kann also nicht der Fall eintreten, dass diese Schüler durch den Sportunterricht beispielsweise so erschöpft sind, dass sie sich im Anschluss weniger konzentrieren können als sportlichere Schüler, oder dass sportliche Schüler sich derart im Sportunterricht verausgaben, dass sie für eine spätere Konzentrationsleistung zu erschöpft sind. Pohlmann, Möller und Streblov (2005) zeigten, dass Schüler mit besseren Sportnoten sich im Schulsportunterricht stärker anstrengen als Schüler mit schlechteren Noten. Die Anstrengungsbereitschaft stieg mit dem Erhalt besserer Sportnoten. Die Autoren untersuchten allerdings nicht, ob Schüler mit besseren Sportnoten auch vermehrt habituell körperlich aktiv sind. Wäre dies der Fall, dann könnten habituell aktivere Schüler mehr erschöpft sein als Schüler, die habituell weniger Sport treiben. Es könnte allerdings auch das Gegenteil vorliegen, dass habituell aktivere Schüler durch ihren Trainingsgrad eben gerade weniger erschöpft seien. Die Ergebnisse dieser Studie lassen allerdings vermuten, dass der Grad an habitueller Sportaktivität in der Freizeit keinen Einfluss auf einen möglichen Effekt akuter körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit im Anschluss hat.

Nicht weiter verwunderlich ist der starke Zusammenhang zwischen dem Aktivitätswert der Schüler als Maß für das habituelle Sporttreiben und ihrer Sportnote ($r=.159$, $p<.01$, $N=363$), obwohl dieser Zusammenhang noch stärker zu erwarten wäre. Umso erstaunlicher ist dahingegen die Tatsache, dass die Sportnote leicht mit dem Ergebnis des d2 ($r=.109$, $p<.05$; $N=350$) und stark mit dem des ZVT ($r=.150$, $p<.05$, $N=362$) korreliert. Diese Ergebnisse deuten einerseits darauf hin, dass Sportlehrer in ihrer Notengebung unter Umständen von äußeren Faktoren beeinflusst werden, wie z.B. der generelle Leistungsstand des Schülers in anderen Fächern oder sein Verhalten im Unterricht. Andererseits zeigt dies auch, dass ein verstärktes habituelles Sporttreiben nicht zwangsläufig zu guten Schulsportnoten führen muss. Ein Schüler, der viel Fußball in seiner Freizeit spielt, wird wahrscheinlich eine gute Fußballnote bekommen, aber nicht unbedingt eine gute Turn- oder Schwimmnote. Die Sportnote sollte zudem nicht nur die körperliche Leistungsfähigkeit des Schülers widerspiegeln, sondern weitere Faktoren wie Anstrengung (Mitarbeit), Lernfortschritt und soziales Verhalten berücksichti-

gen. Dies ist nicht immer ganz eindeutig zu bewerten. Viele Schüler stellen daher die Notengebung im Schulsportunterricht in Frage (Bleicher, 2007) und auch Pädagogen diskutierten schon in früheren Jahren über ein eventuelles Abschaffen der Sportnote (Egger, 1982). Des Weiteren fand sich, dass die erteilte Schulsportnote Einfluss auf die Einstellung des Schülers gegenüber Sport nehmen kann. Pohlmann und Kollegen (2005) zeigten, dass bessere Sportnoten zu einem höheren sportbezogenen Selbstkonzept und zu einem größeren sportlichen Interesse führen könnten. Dies bedinge wiederum eine erhöhte Anstrengungsbereitschaft im Sportunterricht. Gute Sportnoten können also auf der einen Seite motivierend wirken und zum Sporttreiben ermutigen. Auf der anderen Seite können schlechte Sportnoten das Gegenteil bewirken.

Betrachtet man den Zusammenhang zwischen habituellem Sporttreiben und Schulnoten, so ergibt sich zwar kein Effekt der Aktivitätsgruppe (aktiv, mittel, passiv) auf den Jahresendnotenschnitt der Hauptfächer Mathematik, Deutsch und Französisch ($F(2,361)=1.36$, $p=.259$), aber auf die Endjahressportnote ($F(2,361)=12.74$, $p<.001$). Schüler mit einem passiven habituellen Freizeitverhalten haben signifikant schlechtere Sportnoten als mittelaktive oder aktive Schüler (jeweils $p<.001$). Dieses Ergebnis ist auch anzunehmen gewesen. Schüler, die in ihrer Freizeit viel Sport treiben, sind in den Hauptfächern nicht schlechter aber auch nicht besser als andere Schüler. Es konnte hier kein Effekt chronischer körperlicher Aktivität (habituelles sportliches Freizeitverhalten) auf die generelle kognitive Leistungsfähigkeit (gemessen anhand von Zeugnisnoten) festgestellt werden. Dies widerspricht der Studie von Castelli et al. (2007), die einen positiven Zusammenhang von chronischer aerober Aktivität mit Leseleistung, Mathematikfähigkeit und allgemeiner Schulleistung aufzeigen konnten. Die Ergebnisse in der hier vorliegenden Studie stimmen dahingegen mit denen von Daley und Ryan (2000) überein. Die Autoren untersuchten 232 Schüler der Klassen acht bis elf und fanden keine signifikanten Korrelationen zwischen selbstangegebener sportlicher Betätigung in der Freizeit und Schulnoten in Englisch, Mathematik und Naturwissenschaften. Auch Fisher, Juszczak und Friedman (1996) fanden keinen Zusammenhang zwischen sportlicher Freizeitgestaltung und Schulleistung. Sallis et al. (1999) fanden bei Schülern, die bei einem verstärkten Schulsportprogramm teilnahmen, keine eindeutigen Verbesserungen der Schulleistung. Allerdings wurden in ihrer Studie die Schüler nicht randomisiert verteilt. Field et al. (2001) teilten 89 Oberstufenschüler aufgrund ihrer Selbstangaben mittels eines Fragebogens in eine Gruppe mit hoher und eine mit niedriger körperlicher Aktivität in der Freizeit ein. Die Gruppe der hohen Aktivität hatte signifikant bessere Noten als die andere Gruppe. Einen geringen positiven Zusammenhang von körperlicher Fitness und Schulleistung fanden auch Kim und Kollegen (2003) bei 6000 koreanischen Schülern der Klassen fünf, acht und elf. Bei diesen Vergleichen müssen allerdings weitere Moderatorvariablen betrachtet werden. Es kann aus diesen Studien nicht geschlossen werden, dass habituelles Sporttreiben zu besseren Noten führt. Es könnte zum Beispiel der Fall sein, dass Schüler aus einem Elternhaus mit einem hohen sozioökonomischen Status bessere Schulnoten haben und zusätzlich mehr Sport treiben, da die Eltern sich beispielsweise besser um ihre Kinder kümmern. Auch stehen bessere Schulnoten nicht unbedingt für eine gute chronische kognitive Leistungsfähigkeit. Aus diesem Grunde ist der

Effekt chronischer körperlicher Aktivität auf die chronische kognitive Leistungsfähigkeit nur in streng kontrollierten Langzeitstudien und nicht mittels Korrelationsstudien zu untersuchen.

6.3.4 Effekte des schulischen Leistungsstands

Bei einer Untersuchung des Effekts akuter körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit direkt im Anschluss stellt sich die Frage, ob der schulische Leistungsstand der Schüler einen Einfluss auf das Ergebnis hat. Als weitere Fragestellung wurde in vorliegender Studie deshalb untersucht, ob Schüler mit einer schlechteren generellen kognitiven Leistungsfähigkeit (gemessen anhand des Jahresendnotenschnitts der Hauptfächer) mehr von eventuellen positiven Effekten des Sportunterrichts auf die kognitive Leistungsfähigkeit in der anschließenden Unterrichtsstunde profitieren als Schüler mit besseren schulischen Leistungen. Es könnte zum Beispiel der Fall sein, dass Schüler mit schlechteren schulischen Leistungen, die womöglich auch Konzentrationsschwierigkeiten haben, besonders von einer kognitiven Pause in Form einer Schulsportstunde profitieren und sich dadurch in der anschließenden Unterrichtsstunde besser konzentrieren können. Träfe dies zu, so würde das noch dringender die Notwendigkeit von kognitiven Pausen bzw. von körperlicher Aktivität im schulischen Alltag unterstreichen.

Alle drei kognitiven Testergebnisse korrelieren signifikant mit dem Jahresendnotenschnitt der Hauptfächer Mathematik, Deutsch und Französisch (jeweils $r > .14$, $p < .01$). Dies ist auch nicht weiter erstaunlich, da anzunehmen ist, dass Schüler mit guten schulischen Leistungen sich auch gut konzentrieren können. Interessanter ist es daher, den Moderatoreffekt der gemittelten Endjahresschulleistung bezüglich des Effekts der Unterrichtsgruppe (Sport, Mathematik, Kunst/Freistunde) auf die unmittelbare kognitive Leistungsfähigkeit zu untersuchen. Dazu wurden die Schüler nach ihres Jahresendnotenschnitts in drei verschiedene Schulleistungsklassen (schwach, mittel, gut) unterteilt. Es ergibt sich hierbei allerdings keine signifikante Interaktion zwischen Unterrichtsgruppe und Schulleistungsklasse für einen der drei kognitiven Tests. Betrachtet man allerdings den Effekt der Schulleistungsklasse allein, so findet sich ein signifikanter Effekt auf die Ergebnisse des d2 und ZVT (jeweils $F(2,334) > 3.90$, $p < .021$). Schüler aus der Schulleistungsklasse *gut* sind signifikant besser im d2 als Schüler der Schulleistungsklasse *schwach*. Im ZVT betrifft dies die Schüler der Unterteilung *gut* und *mittel*. Dies spiegelt die oben beschriebenen Korrelationsergebnisse wieder. Allerdings scheint es nicht der Fall zu sein, dass Schüler mit schlechteren oder mit besseren schulischen Leistungen mehr von eventuellen positiven Effekten akuter körperlicher Aktivität auf die anschließende kognitive Leistungsfähigkeit profitieren. Die Effekte akuter körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit im direkten Anschluss scheinen unabhängig vom schulischen Leistungsstand der Schüler zu sein.

6.3.5 Vergleich französischer und deutscher Schulklassen

Wie in Kapitel 4 beschrieben, handelt es sich bei der hier aufgeführten Untersuchungsschule um ein deutsch-französisches Gymnasium. Dies gibt Gelegenheit zu überprüfen, ob es bezüg-

lich des Effekts akuter körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit im Anschluss kulturelle Unterschiede gibt. Das heißt, ob die gleichen Effekte sowohl bei deutschen als auch bei französischen Schülern auftreten. Vergleicht man allgemein die Testergebnisse der deutschen mit den französischen Schülern, so stellt man fest, dass in allen drei kognitiven Tests die deutschen Schüler besser abschneiden als die Schüler aus den französischen Klassen (ANOVA: d2: $F(1,344)=4.83$, $p=.029$, ZVT: $F(1,344)=47.94$, $p<.001$ und FAIR: $F(1,344)=11.55$, $p=.001$). Dieser deutliche Unterschied lässt sich mit der Tatsache erklären, dass in der fünften Klasse die deutschen Schüler aufgrund des hohen Andrangs nach Leistungen im Grundschulzeugnis selektiert werden. Dies führt dazu, dass sich in den deutschen Klassen Schüler mit besonders guten Noten befinden. In den französischen Klassen wird dagegen kaum oder gar nicht selektiert, weil dort der Andrang an Schülern deutlich kleiner ist. Daher lassen sich die Ergebnisse der deutschen mit den französischen Schülern kaum vergleichen. Interessanter ist es daher zu untersuchen, ob sich innerhalb der deutschen Klassen das gleiche Bild zwischen den unterschiedlichen Unterrichtsgruppen ergibt wie innerhalb der französischen Klassen. Teilt man die Probanden nach nationaler Klassenzugehörigkeit auf und untersucht diese beiden Klassen dann getrennt, ergeben sich für die französischen Klassen keine Unterschiede in der kognitiven Leistungsfähigkeit direkt im Anschluss an den Unterricht (Sport, Mathematik oder Kunst/Freistunde, je nach Unterrichtsgruppenzugehörigkeit). Die Ergebnisse in allen drei kognitiven Leistungstests sind in den drei Unterrichtsgruppen nicht signifikant anders. Dies bedeutet, dass bei den französischen Schülern kein Effekt akuter körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit direkt im Anschluss zu verzeichnen ist. Auch zeigen sie keine Verschlechterung der kognitiven Leistungsfähigkeit im Anschluss an den Mathematikunterricht. Bei den deutschen Schülern ist das Bild ein anderes: Hier sind hoch signifikante Unterschiede zwischen den Unterrichtsgruppen in allen drei kognitiven Tests zu bemerken (d2: $F(2,194)=14.87$, $p<.001$; ZVT: $F(2,204)=8.18$, $p<.001$ und FAIR: $F(2,198)=10.62$, $p<.001$). In allen drei Tests liefern Schüler nach dem Mathematikunterricht deutlich schlechtere Leistungen als nach einer Sport- oder Kunst/Freistunde ($p<.005$). Vorliegende Daten unterstützen daher entweder die Möglichkeit, dass deutsche Schüler mehr von den Effekten des Sportunterrichts (und der Kunst/Freistunde) gegenüber Mathematikunterricht profitieren als französische Schüler oder dass französische Schüler ermüdungsresistenter gegenüber kognitiv ermüdendem Unterricht (wie beispielsweise Mathematik) sind als deutsche Schüler. Man könnte nun argumentieren, dass es als nicht gesichert gilt, ob die unterschiedliche Nationalität der Schüler die Ursache für diese Differenzen ist, oder der unterschiedliche Leistungsstand zwischen deutschen und französischen Klassen. Die Moderatorrolle des schulischen Leistungsstands bei einem möglichen Effekt akuter körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit im Anschluss wurde allerdings in Unterkapitel 6.3.4 untersucht. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass der schulische Leistungsstand hierbei keine Rolle spielt. Es liegt also die Vermutung nahe, dass mögliche Differenzen in diesen Gruppen auf kulturelle Unterschiede zurückzuführen sind. Daher ist besonders an deutschen Schulen zu empfehlen, den Vormittagsunterricht durch kognitiv weniger intensive Fächer oder durch Sportunterricht zu entlasten. Im Hinblick auf diese entscheidenden kulturellen bzw. nationalen Unterschiede sind internationale Studien (mehrheitlich aus dem ameri-

kanischen Raum) mit Vorsicht zu genießen. Eventuelle gefundene Ergebnisse sind nicht zwangsläufig auf deutsche Populationen zu übertragen.

6.3.6 Effekte des Alters bzw. der Klassenstufe

Betrachtet man die besuchte Klassenstufe der Probanden, so stellt man fest, dass die Ergebnisse in allen drei kognitiven Tests mit Höhe der Klassenstufe ansteigend verlaufen (jeweils $p < .001$). Dies ist nicht weiter verwunderlich, da anzunehmen ist, dass die Konzentrationsleistungsfähigkeit bei Kindern mit dem Alter zunimmt. Interessant ist allerdings, dass sich ein Interaktionseffekt zwischen besuchter Klassenstufe und Unterrichtsgruppe bei allen drei kognitiven Leistungstests fand ($d2$: $F(6,339)=4.57$, $p < .001$, ZVT: $F(6,339)=8.65$, $p < .001$ und FAIR: $F(6,339)=2.62$, $p = .017$). Eine Trennung nach Unterrichtsgruppe ergibt in der Kunst/Freistundengruppe keine signifikanten Unterschiede in allen drei Tests zwischen Schülern unterschiedlicher Klassenstufen. In der Mathematikgruppe finden sich Unterschiede im $d2$ und ZVT ($d2$: $F(3,95)=8.76$, $p < .001$; ZVT: $F(3,95)=13.24$, $p < .001$; FAIR: $F(3,94)=1.76$, $p = .160$). Hier schneiden besonders Schüler der Klassenstufe 9 im $d2$ besser ab als Schüler der anderen Stufen (jeweils $p < .01$) und im ZVT besser als Schüler der Klassenstufen 7 und 8 (jeweils $p < .05$). Besonders auffallend ist hier das schlechte Abschneiden der Klassenstufe 8 im ZVT. Sie liefern schlechtere Ergebnisse als alle anderen Stufen (jeweils $p < .05$). Dies könnte einerseits mit dem Auftreten der Pubertät in dieser als problematisch bekannten Klassenstufe erklärt werden und andererseits mit einem möglicherweise falschen Handhaben des ZVT in dieser Klasse (z.B. ein sich zu lange Zeitlassen beim Verbinden der Zahlen). Erstaunlicherweise sind die Unterschiede zwischen den einzelnen Klassenstufen in der Sportgruppe am größten ($d2$: $F(3,146)=9.73$, $p < .001$; ZVT: $F(3,148)=13.44$, $p < .001$; FAIR: $F(3,139)=14.54$, $p < .001$). Deskriptiv ist hier ein deutlicheres Ansteigen der Leistungswerte mit Höhe der Klassenstufe in den kognitiven Tests als bei den anderen beiden Unterrichtsgruppen zu bemerken (siehe dazu Abbildung 4-11 in Kapitel 4). Besonders auffallend ist das gute Abschneiden der Klassenstufe 9 in der Sportgruppe. Post-Hoc-Tests nach Tukey ergeben, dass im $d2$ -Test und ZVT Schüler der Stufe 9 in der Sportgruppe besser sind als Schüler der anderen Stufen in der Sportgruppe (jeweils $p < .001$). Im ZVT ist auch Klassenstufe 8 signifikant besser als die untere Stufe 6 ($p = .024$). Aus diesen Ergebnissen kann geschlossen werden, dass besonders ältere Schüler von akuter körperlicher Aktivität zu profitieren scheinen. Betrachtet man die Klassenstufen separat, findet sich für die Klassenstufen 6 bis 8 ein besseres Abschneiden der Kunst/Freistundengruppe gegenüber den anderen beiden Gruppen bzw. gegenüber der Mathematikgruppe (*Stufe 6*: $d2$: $F(2,64)=7.79$, $p = .001$; ZVT: $F(2,64)=5.02$, $p = .010$, im $d2$ $K/F > M$, S , $p < .01$, im ZVT K/F , $M > S$, $p < .02$; *Stufe 7*: $d2$: $F(2, 104)=4.76$, $p = .011$, $K/F > M$, $p = .007$; *Stufe 8*: $d2$: $F(2,93)=3.91$, $p = .023$; ZVT: $F(2,106)=27.18$, $p < .000$, im $d2$ $K/F > M$, $p = .026$, im ZVT S , $K/F > M$, $p < .001$). Die Ergebnisse des FAIR unterscheiden sich nicht in den Unterrichtsgruppen der Klassenstufen 6 bis 8. In der Klassenstufe 9 ergibt sich allerdings ein anderes Bild: Es finden sich signifikante Unterschiede im $d2$ und FAIR zwischen den Unterrichtsgruppen ($d2$: $F(2,94)=3.17$, $p = .047$; FAIR: $F(2,88)=6.96$, $p = .002$). Hier ist die Sportgruppe besser als die Kunst/Freistundengruppe im $d2$ ($p = .036$). Im FAIR schneidet die Sport-

gruppe deutlich besser ab als die Kunst/Freistundengruppe ($p=.014$) und als die Mathematikgruppe ($p=.004$).

Betrachtet man diese Ergebnisse, so kommt man zu dem Schluss, dass besonders ältere Schüler (hier aus der Klassenstufe 9) von den Effekten akuter körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit im anschließenden Unterricht zu profitieren scheinen. Dies könnte unter anderem daher rühren, dass Schüler jüngerer Klassenstufen sich generell im Schulalltag mehr bewegen als ältere Schüler. So toben sie beispielsweise mit ihren Klassenkameraden, rennen in den Pausen über den Schulhof oder spielen auf dem Fußballplatz. Sie sind daher im Allgemeinen aktiver als ältere Schüler. In diesem Studienaufbau wurde zwar sichergestellt, dass Schüler der „Nicht-Sport-Gruppen“ (Kunst/Freistundengruppe und Mathematikgruppe) während der Interventionsphase bis zur Durchführung des kognitiven Leistungstests nicht körperlich aktiv waren. Auch hatten diese Schüler an dem Vormittag der Testdurchführung keinen Schulsport. Es wurde aber nicht erfasst, wie viel sich diese Schüler bis zur fünften Unterrichtsstunde (der Zeitpunkt des Unterrichts in den verschiedenen Unterrichtsgruppen) im und um das Schulgebäude bewegen (z.B. Rennen auf dem Schulhof in der großen Pause zwischen dritter und vierter Unterrichtsstunde). Beobachtungen im Schulalltag zeigen, dass eher die jüngeren Schüler in den Pausen herumtoben und somit körperlich aktiver sind als die älteren Schüler. Auch sind die älteren Schüler aufgrund des zunehmenden Leistungsdrucks in den höheren Klassen einem größeren Stress ausgesetzt als Schüler niedrigerer Klassen. Diese möglichen Erklärungen und die Ergebnisse vorliegender Studie sprechen dafür, dass besonders in höheren Klassen der Schulvormittag durch körperliche Aktivität in Form von Schulsport entzerrt werden sollte. Aber der Alltag zeigt, dass gerade die höheren Klassen kaum vormittags Sportunterricht haben, sondern dieser fast nur am Nachmittag liegt. Hier müsste ein Umdenken stattfinden, um einerseits gerade bei älteren Schülern den Sportunterricht mehr in den Vordergrund zu rücken und dessen Bedeutung zu stärken und andererseits den stressigen Schulvormittag durch sportliche Betätigung zu unterbrechen. Damit könnten sich die Schüler im darauffolgenden Unterricht besser konzentrieren. Caterino und Polak (1999) konnten, wie oben erwähnt, bei Viertklässlern im Gegensatz zu jüngeren Schülern einen positiven Effekt körperlicher Aktivität verzeichnen. In vorliegender Studie konnte gezeigt werden, dass bei Neuntklässlern ein stärkerer Effekt zu verzeichnen ist als bei Sechst- bis Achtklässlern. An dieses Erscheinungsbild sollten nun weiterführende Studien anschließen, die den Effekt körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei älteren Schülern der Oberstufe untersuchen. Denn gerade im Hinblick auf das Abitur nimmt der schulische Stress in der Oberstufe deutlich zu. Es wäre wichtig zu erfahren, ob verstärkter Schulsportunterricht in diesem Falle die Konzentrationsleistungsfähigkeit erhöhen würde und unter Umständen zusätzlich den empfundenen Schulstress verringern könnte. Dies gibt Raum für weitere Untersuchungen.

6.3.7 Zusammenfassung der Ergebnisse

Trotz den oben genannten bestehenden Unklarheiten deuten vorliegende Untersuchungsergebnisse darauf hin,

1. dass mit dem Vorurteil aufgeräumt werden muss, dass Schulsport die Konzentrationsleistungsfähigkeit der Schüler im Gegensatz zu anderem Unterricht senkt.
2. dass Schüler nach dem Sportunterricht bzw. nach einer Kunst-/Freistunde konzentrationsleistungsfähiger erscheinen als Schüler nach dem Mathematikunterricht.
3. dass besonders ältere Schüler (Klasse 9) von eventuellen positiven Effekten des Sportunterrichts zu profitieren scheinen.
4. dass Sportunterricht wahrscheinlich keinen Effekt auf die Stimmungslage der Schüler im Anschluss hat.
5. dass mögliche Effekte des Schulsportunterrichts auf die kognitive Leistungsfähigkeit der Schüler im anschließenden Unterricht unabhängig vom habituellen Sporttreiben dieser Schüler zu sein scheinen.
6. dass das sportliche Freizeitverhalten der Schüler keinen Effekt auf die Schulnoten habe.
7. dass Schüler mit schlechten Noten und Schüler mit guten Noten die gleichen Effekte des Schulsports auf die Konzentrationsleistungsfähigkeit aufweisen. Das bedeutet, dass das schulische Leistungsniveau der Schüler keine Moderatorrolle bei eventuellen Effekten akuter körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit im Anschluss zu haben scheint.
8. dass deutsche Schüler deutliche Unterschiede in der Konzentrationsleistungsfähigkeit nach Mathematik- bzw. Sportunterricht aufweisen, wohingegen bei französischen Schülern kein Unterschied zu bemerken ist. Daraus kann entweder geschlossen werden, dass französische Schüler eventuell ermüdungsresistenter nach Mathematikunterricht sind oder dass deutsche Schüler besonders von den positiven Effekten des Sportunterrichts profitieren.
9. sich Schüler nach dem Sportunterricht wahrscheinlich länger konzentrieren können als Schüler nach einer Kunst-/Freistunde bzw. nach einer Mathematikstunde. Dies ließe sich entweder damit erklären, dass Schüler nach akuter körperlicher Aktivität eine gewisse körperlicher Erholungsphase bräuchten, bevor sie von eventuellen positiven Effekten auf die kognitive Leistungsfähigkeit profitieren könnten (die positiven Effekte also verzögert einträten) oder damit, dass akute körperliche Aktivität zu einem längeren „mentalen Frischbleiben“ führen könnte. Vorliegende Ergebnisse sprechen daher für Latenzeffekte der akuten körperlichen Aktivität.

6.4 Gesamtfazit und Ausblick

Die Ergebnisse vorliegender Studie deuten darauf hin, dass entgegen vieler Lehrermeinungen sich Schüler nach dem Sportunterricht nicht weniger konzentrieren können, als Schüler nach einem anderen Unterricht. Im Gegenteil, sie scheinen kognitiv leistungsfähiger zu sein als Schüler nach einem kognitiv intensiven Fach, wie beispielsweise Mathematikunterricht. Die Schüler scheinen auch von einer Freistunde derart zu profitieren, dass auch sie im Anschluss kognitiv leistungsfähiger sind als Schüler nach einem kognitiv intensiven Unterricht. Da im Schulalltag Freistunden nur durch Stundenausfall beispielsweise wegen Krankheit eines Leh-

thers zustande kommen, sind diese nicht der Regelfall. Daher sprechen diese Ergebnisse für eine Umgestaltung des Stundenplans. Es erscheint durchaus sinnvoll, den Sportunterricht, der meistens am Nachmittag liegt, in den Vormittag als kognitive Entlastungspause zu legen. Des Weiteren sprechen diese Ergebnisse gegen den allgemeinen Trend an Schulsportunterricht zu kürzen. Schulsportunterricht dient nicht nur der physischen und psychischen Entwicklung der Schüler, sondern scheint die kognitive Leistungsfähigkeit im Anschluss zu erhöhen. Durch vermehrten Sportunterricht würden somit auch die anderen Schulfächer profitieren, da die Schüler in diesen Fächern konzentrierter wären, wenn sie vorher Sportunterricht gehabt hätten, als wenn sie beispielsweise Mathematik hätten. Somit macht es keinen Sinn, den Schulalltag einerseits immer kompakter zu gestalten und dichter mit Lernstoff zu füllen, wie dies seit Einführung des achtjährigen Gymnasiums der Fall ist, und andererseits an Schulsport zu kürzen. Aufgrund vorliegender Ergebnisse wäre ein Überdenken dieser Tendenz wünschenswert.

Eventuelle positive Effekte des Sportunterrichts auf die kognitive Leistungsfähigkeit im Anschluss scheinen unabhängig von der Stimmungslage, von dem habituellen Sporttreiben und von dem schulischen Leistungsstand der Schüler zu sein. Dies bedeutet, dass sowohl körperlich aktive wie auch körperlich weniger aktive Schüler und sowohl leistungsstarke wie auch leistungsschwache Schüler von positiven Effekten akuter körperlicher Aktivität profitieren könnten. Interessant ist allerdings, dass es kulturelle Unterschiede bezüglich des Effekts des Unterrichts (in Mathematik, Kunst/Freistunde oder Sport) auf die kognitive Leistungsfähigkeit im Anschluss zwischen französischen und deutschen Schülern zu geben scheint. Dies deutet darauf hin, dass internationale Studien mit Vorsicht zu betrachten sind, da Ergebnisse von Untersuchungen an beispielsweise französischen oder auch amerikanischen Probanden nicht unbedingt auf die deutsche Bevölkerung übertragen werden können.

Des Weiteren findet sich in vorliegender Untersuchung ein möglicher Latenzeffekt der akuten körperlichen Aktivität. Gegen Ende der Erhebungsphase (FAIR) wiesen Schüler der Sportgruppe höhere kognitive Leistungswerte auf als Schüler der anderen Gruppen. Es könnte der Fall sein, dass man nach akuter körperlicher Aktivität eine körperliche Erholungsphase braucht, bis die positiven Effekte zum Tragen kommen. Ebenso könnte akute körperliche Aktivität für ein längeres „mentales Frischbleiben“ sorgen. Dadurch könnten Schüler der Sportgruppe gegen Ende der Erhebungsphase noch konzentrationsleistungsfähiger sein als Schüler der anderen Gruppen. Dies spräche umso mehr für eine Umgestaltung des Stundenplans, da somit die Schüler in der Unterrichtsstunde nach dem Sportunterricht über eine längere Konzentrationsspanne verfügen würden. Dies ermögliche dem Lehrer ein effektiveres und effizienteres Arbeiten in der Unterrichtsstunde direkt nach dem Sportunterricht. Weitere Studien wären nötig, um zu untersuchen, wie lange diese erhöhte kognitive Leistungsfähigkeit anhält und ob eventuell noch Effekte in den weiter folgenden Unterrichtsstunden zu verzeichnen wären.

Für die Zukunft wäre es des Weiteren von Interesse, Schüler der Oberstufe (Klasse 10 und höher) zu untersuchen, da vorliegende Ergebnisse die Vermutung aufwerfen, dass besonders

ältere Schüler von eventuellen positiven Effekten des Schulsportunterrichts auf die Konzentrationsleistungsfähigkeit im Anschluss profitieren. Dies könnte unter anderem daran liegen, dass einerseits ältere Schüler im Gegensatz zu jüngeren weniger „herumtoben“ und andererseits unter einem größeren Leistungsdruck stehen. Die Ergebnisse vorliegender Untersuchung sprechen demnach dafür, dass die derzeitige bestehende Tendenz (besonders in höheren Klassen) den Sportunterricht auf den Nachmittag zu verlegen, überdacht werden muss. Denn gerade diese Abwechslung vom Schulalltag einerseits in Form einer kognitiven Pause und andererseits in Form von körperlicher Anstrengung mit ihren positiven Effekten trägt zu einer Erhöhung der Konzentrationsleistungsfähigkeit der Schüler und damit zu einem besseren Leistungsvermögen im schulischen Kontext bei.

Literatur

- Abbott, R. D., White, L. R., Ross, G. W., Masaki, K. H., Curb, J. D. & Petrovitch, H. (2004). Walking and dementia in physical capable elderly men. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, 292, 1447-1453.
- Adam, J. J., Teeken, J. C., Ypelaar, P. J. C., Verstappen, F. T. J. & Paas, F. G. W. (1997). Exercised-induced arousal and information processing. *International Journal of Sport Psychology*, 28, 217-226.
- Ahamed, Y., MacDonald, H., Reed, K., Naylor, P. J., Liu-Ambrose, T., McKay, H. (2007). School-based physical activity does not compromise children's academic performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39, 371-376.
- Akil, H., Haskett R., Young E. A., Grunhaus L., Kotun J., Weinberg V., Greden J., Watson S. J. (1993). Multiple HPA profiles in endogenous depression: effect of age and sex on cortisol and beta-endorphin. *Biological Psychiatry*, 33, 73-85.
- Aks, D. J. (1998). Influence of exercise on visual search: Implications for mediating cognitive mechanisms. *Perceptual and Motor Skills*, 87, 771-783.
- Amelang, M. & Zielinski, W. (1994). *Psychologische Diagnostik und Intervention*. Berlin: Springer.
- Ameri, A. (2001). Neue Nervenzellen in alten Gehirnen. Eine mögliche Rolle bei Reparatur- und Lernprozessen. *Extracta psychiatrica*, 1 (2), 12-17.
- American Psychiatric Association (1996). *Diagnostisches und Statistisches Manual Psychischer Störungen-DSM-IV*. Göttingen, Bern, Toronto, Seattle: Hogrefe.
- American Psychiatric Association (2000). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders – DSM-IV-TR* (4th edition, Text Revision). Washington, DC: American Psychiatric Association.
- Amthauer, R. (1970). *Intelligenz-Struktur-Test, I-S-T 70*. Göttingen: Hogrefe.
- Angst, J. (1992). Epidemiologie affektiver Störungen. *Journal of the ZNS*, 1, 2-8.
- Arancio, O., Chao, M. V. (2007). Neurotrophins, synaptic plasticity and dementia. *Current Opinion in Neurobiology*, 17 (3), 325–330.
- Arent, S. M. & Landers, D. M. (2003). Arousal, anxiety, and performance: A reexamination of the inverted-U hypothesis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 74 (4), 436-444.
- Arent, S. M., Landers, D. M. & Etnier, J. L. (2000). The effects of exercise on mood in older adults: A meta-analytic review. *Journal of Aging and Physical Activity*, 8, 407-430.
- Arnold, W. (1960). Beiträge zur Faktorenanalyse des Paulitests. *Psychologische Beiträge*, 312-327.
- Audiffren, M., Tomporowski, P. D. & Zagrodnik, J. (2009). Acute aerobic exercise and information processing: Modulation of executive control in a random number generation task. *Acta Psychologica*, 132(1), 85-95.
- Babiyak, M., Blumenthal, J. A., Herman, S., Khatri, P., Doraiswamy, M., Moore, K., Craighead, E., Baldewicz, T. T. & Krishnan, K. R. (2000). Exercise treatment for major depression: Maintenance of therapeutic benefit at 10 months. *Psychosomatic Medicine*, 62, 633-638.

- Bäumler, G. (1964). Zur Faktorenstruktur der Paulitesteleistung unter besonderer Berücksichtigung des sogenannten numerischen Faktors. *Diagnostica*, 10, 107-120.
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, 84, 191-215.
- Barbour, K. A. & Blumenthal, J. A. (2005). Exercise training and depression in older adults. *Neurobiology of Aging*, 26 (1), *Special issue: Aging, Diabetes, Obesity, Mood and Cognition*, 119-123.
- Bartholomew, J. B., Morrison, D. & Ciccolo, J. T. (2005). Effects of acute exercise on mood and well-being in patients with major depressive disorder. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37 (12), 2032-2037.
- Baumann, A. E. (2004). Updating the evidence that physical activity is good for health: An epidemiological review 2000-2003. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 7(1), 6-19.
- Baur, J. & Burrmann, U. (2006). Die Argumentationsfigur "Gesundheit - Sport - Fitness" im Sportverständnis Jugendlicher. *Sportunterricht*, 55 (12), 355-360.
- Baylor, A. M. & Spirduso, W. W. (1988). Systematic aerobic exercise and components of reaction time in older women. *Journal of Gerontology*, 43, 121-126.
- Beblo, T. & Hermann, M. (2000). Neurophysiologische Defizite bei depressiven Störungen. *Fortschritte der Neurologie - Psychiatrie*, 68, 1-11.
- Belse, D. & Peaseley, V. (1937). The relationship of reaction time, and age. *Research Quarterly*, 8, 133-142.
- Berchtold, N.C., Kesslak, J. P., Pike, C. J., Adlard, P. A., Cotman, C. W. (2001). Estrogen and exercise interact to regulate brain-derived neurotrophic factor mRNA and protein expression in the hippocampus. *European Journal of Neuroscience*, 14, 1992-2002.
- Bergmann, E. (1964). Der Einfluß der Situation auf die Intelligenzleistung in der Schule, *Welt der Schule*, 17, 161-172.
- Berlin, J. A., Colditz, G. A. (1990). A meta-analysis of physical activity in the prevention of coronary heart disease. *American Journal of Epidemiology*, 132, 612-628.
- Biddle, S. (2000). Emotion, mood and physical activity. In S. J. H. Biddle, K. R. Fox & S. H. Boutcher (2000). *Physical Activity and Psychological Well-Being* (S. 63-87). London: Routledge.
- Birrer, D. (1999). Befindlichkeitsveränderung im Schulsport: Eine Feldstudie mit Berufsschülerinnen. *Psychologie und Sport*, 6 (2), 46-59.
- Black, J. E., Isaacs, K. R., Anderson, B. J., Alcantara, A. A., Greenough, W. T. (1990). Learning causes synaptogenesis, whereas motor activity causes angiogenesis, in cerebellar cortex of adult rats. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 87, 5568-5572.
- Blair, S. N., Connelly, J.C. (1996). How much physical activity should we do? The case for moderate amounts and intensities of physical activity. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 67 (2), 193-205.
- Blair, S. N., Kohl, H. W., Paffenbarger, R. S., Clark, D. G., Cooper, K. H., Gibbons, L. W. (1989). Physical Fitness and All-Cause Mortality: A Prospective Study of Healthy Men and Women. *Journal of American Medical Association*, 262 (17), 2395-2401.

- Bleicher, A. (2007). Einstellungen von Schülerinnen und Schülern zum Schulsport. In U. Bartmann (Hrsg.), *Fortschritte in Lauftherapie. Schwerpunktthema: Lauftherapie bei Kindern und Jugendlichen* (S. 35-48). Tübingen: DGVT Deutsche Gesellschaft für Verhaltenstherapie.
- Blumenthal, J. A., Babyak, M. A., Doraiswamy, P. M., Watkins, L., Hoffman, B. M., Barbour, K. A., Herman, S., Craighead, W. E., Brasse, A. L., Waugh, R., Hinderliter, A., Sherwood, A. (2007). Exercise and pharmacotherapy in the treatment of major depressive disorder. *Psychosomatic*, 69 (7), 587-596.
- Blumenthal, J. A., Babyak M. A., Moore K. A., Craighead, W. E., Herman, S., Khatri, P., Waugh, R., Napolitano, M. A., Forman, L. M., Applebaum, M., Doraiswamy, P. M. & Krishnan, R. (1999). Effects of exercise training on older patients with major depression. *Archives of Internal Medicine*, 159 (19), 2349-2356.
- Blumenthal, J.A., Fredrikson M., Matthews K. A., Kuhn, C. M., Schniebolk, S., German, D., Rifai, N., Steege, J., Rodin, J. (1991). Stress reactivity and exercise training in premenopausal and postmenopausal women. *Health Psychology*, 10, 384-391.
- Bös, K. (1991). Sport und Fitneß für Alle – ein Weg zur kommunalen Gesundheitsförderung. In Landesgemeinschaft für Gesundheitserziehung Baden-Württemberg e.V. (Hrsg.), *Gesundheitsförderung in der Gemeinde – Neue Wege durch Bewegung und Sport* (S. 9-28). Stuttgart: Selbstverlag.
- Bös, K., Heel, J & Romahn, N. (2002). Untersuchungen zur Motorik im Rahmen des Kinder- und Jugendgesundheits surveys. *Gesundheitswesen*, 65 (Sonderheft 1), 80-87.
- Bös, K. & Obst, F. (2000). Tägliche Sportstunde – Bericht eines Modellversuchs. In R. Laging & G. Schillack (Hrsg.), *Die Schule kommt in Bewegung*. Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.
- Bookheimer, S. Y., Strojwas, M. H., Cohen, M. S., Saunders, A. M., Pericak-Vance, M. A., Mazziotta, J. C. & Small G. W. (2000). Patterns of brain activation in people at genetic risk for Alzheimer's disease. *New England Journal of Medicine*, 343 (7), 502-503.
- Brehm, W. (1998). Sportliche Aktivität und psychische Gesundheit. In K. Bös & W. Brehm (Hrsg.), *Gesundheitssport. Ein Handbuch* (S. 33-43). Schorndorf: Hofmann.
- Brickenkamp, R. (1970). *Test d2. Aufmerksamkeits-Belastungs-Test*. Göttingen: Hogrefe.
- Brickenkamp, R. (2002). *Test d2. Aufmerksamkeits-Belastungs-Test* (9. Auflage). Göttingen: Hogrefe.
- Brickenkamp, R. & Karl, G. A. (1986). Geräte zur Messung von Aufmerksamkeit, Konzentration und Vigilanz. In R. Brickenkamp (Hrsg.), *Handbuch apparativer Verfahren in der Psychologie*. Göttingen: Hogrefe.
- Broocks, A., Bandelow, B., Pekrun, G., George, A., Meyer, T., Bartmann, U., Hillmer-Vogel, U., Rüther, E. (1998). Comparison of aerobic exercise, clomipramine and placebo in the treatment of panic disorder. *American Journal of Psychiatry*, 155, 603-609.
- Brosse A. L., Sheets, E. S., Lett, H. S., & Blumenthal, J. A. (2002). Exercise and the treatment of clinical depression in adults: recent findings and future disrections. *Sports Medicine*, 32, 741-760.

- Brown, B. J. (1967). The effect of an isometric strength programme on the intellectual and social development of trainable retarded males. *American Corrective Therapy Journal*, 31, 44-48.
- Brunoni, R., Lopes, M. & Fregni, F. (2008). A systematic review and meta-analysis of clinical studies on major depression and BDNF levels: implications for the role of neuroplasticity in depression. *The International Journal of Neuropsychopharmacology*, 11 (8), 1169.
- Bunce, D. & Murden, F. (2006). Age, aerobic fitness, executive function, and episodic memory. *European Journal of Cognitive Psychology*, 18(2), 221-233.
- Burpee, R. H. & Stroll, W. (1936). Measuring reaction time of athletes. *Research Quarterly*, 7, 110-118.
- California Department of Education (2005). *A study of the relationship between physical fitness and academic achievement in California using 2004 test results*. Sacramento, CA: California Department of Education.
- Carro, E., Nuñez, A., Busiguina, S. & Torres-Alemán, I. (2000). Circulating insulin-like growth factor I mediates effects of exercise on the brain. *Journal of Neuroscience*, 20, 2926-2933.
- Castelli, D. M., Hillman, C. H., Buck, S. M. & Erwin, H. (2007). Physical fitness and academic achievement in 3rd & 5th Grade Students. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 29, 239-252.
- Caterino, M. & Polak, E. (1994). The effects of three types of activity on the performance of a test of concentration by fourth grade children. *Iowa Journal of Health, Physical Education, Recreation and Dance*, 27 (2), 28-29.
- Caterino, M. & Polak, E. (1999). Effects of two types of activity on the performance of second-, third-, and fourth-grade students on a test of concentration. *Perceptual and Motor Skills*, 89, 245-248.
- Chang, Y. K. & Etnier, J. L. (2009a). Exploring the Dose-Response Relationship Between resistance Exercise Intensity and Cognitive Function. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 31, 640-656.
- Chang, Y. K. & Etnier, J. L. (2009b). Effects of an acute bout of localized resistance exercise on cognitive performance in middle-aged adults: A randomized controlled trial study. *Psychology of Sport and Exercise*, 10, 19-24.
- Chaouloff, F. (1997). Effects of acute physical exercise on central serotonergic systems. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29 (1), 58-62.
- Chmura, J., Nazar, K. & Kaciuba-Uscilko, H. (1994). Choice reaction time during graded exercise in relation to blood lactate and plasma catecholamine thresholds. *International Journal of Sports Medicine*, 15, 172-176.
- Cian, C., Barraud, P. A., Melin, B. & Raphel, C. (2001). Effects of fluid ingestion on cognitive function after heat stress or exercise-induced dehydration. *International Journal of Psychophysiology*, 42, 243-251.
- Cian, C., Koulmann, N., Barraud, P. A., Raphel, C., Jimenez, C. & Melin, B. (2000). Influences of variations in body hydration on cognitive function: Effects of hyperhydration,

- heat stress, and exercise-induced dehydration. *Journal of Psychophysiology*, 14, 29-36.
- Coe, D. P., Pivarnik, J. M., Womack, C. J., Reeves, M. J. & Malina, R. M. (2006). Effects of physical education and activity levels on academic achievement in children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38, 1515-1519.
- Colcombe, S. J., Erickson, K. I., Raz, N., Webb, A. G., Cohen, N. J., McAuley, E. & Kramer, A. F. (2003). Aerobic fitness reduces brain tissue loss in aging humans. *Journal of Gerontology: Medical Sciences*, 58, 176-180.
- Colcombe, S. J., Erickson, K. I., Scalf, P. E., Kim, J. S., Prakash, R., McAuley, E., Elavsky, S., Marquez, D. X., Hu, L. & Kramer, A. F. (2006). Aerobic Exercise Training Increases Brain Volume in Aging Humans. *The Journals of Gerontology: Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 61A(11), 1166-1170.
- Colcombe, S. & Kramer, A. F. (2003). Fitness effects on cognitive function of older adults: A meta-analytic-study. *Psychological Science*, 14 (2), 125-130.
- Colcombe, S. J., Kramer, A. F., Erickson, K. I., Scalf, P., McAuley, E., Cohen, N. J., Webb, A., Jerome, G. J., Marquez, D. X. & Elavsky, S. (2004). Cardiovascular fitness, cortical plasticity, and aging. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101, 3316-3321.
- Colditz, G. A. (1999). Economic costs of obesity and inactivity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31, 663-667.
- Coles, K. & Tomporowski, P. D. (2008). Effects of acute exercise on executive processing, short-term and long-term memory. *Journal of Sports Sciences*. 26(3), 333-344.
- Corder, W. O. (1966). Effects of physical education on the intellectual, physical, and social development of educable mentally retarded boys. *Exceptional Children*, 32, 357-364.
- Cotman, C. W. & Berchtold, N. C. (2002). Exercise: A behavioral intervention to enhance brain health and plasticity. *Trends in Neuroscience*, 25, 295-301.
- Cotman, C.W. & Engesser-Cesar, C. (2002). Exercise enhances and protects brain funktion. *Exercise and Sport Science Reviews*, 30, 75-79.
- Craft, D. H. (1983). Effect of prior exercise on cognitive performance tasks by hyperactive and normal young boys. *Perceptual and Motor Skills*, 56, 979-982.
- Craft, L. L. & Landers, D. M. (1998). The effects of exercise on clinical depression and depression resulting from mental illness: A meta-analysis. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 20, 339-357.
- Crews, D. J., Landers, D. M. (1987). A meta-analytic review of aerobic fitness and reactivity to psychosocial stressors. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 19 (5), 325-343.
- Crook, T., Bartus, R. T., Ferris, S. H., Whitehouse, P., Cohen G. D. & Gershon, S. (1986). Age-associated memory impairment : proposed diagnostic criteria and measures of clinical change – Report of a National Institute of Mental Health Work Group. *Developmental Neuropsychology*, 2 (4), 261-276.
- Daley, A. J. & Ryan, J. (2000). Academic Performance and Participation in Physical Activity by Secondary School Adolescents. *Perceptual and Motor Skills*, 91, 531-534.
- Davey, C. P. (1973). Physical exertion and mental performance. *Ergonomics*, 16, 595-599.

- Davis, C. L. & Lambourne, K. (2009). Exercise and cognition in children. In T. McMorris, P. D. Tomporowski & M. Audiffren (Hrsg.), *Exercise and cognitive function* (S. 249-267). New York: John Wiley & Sons Ltd.
- Davis, C. L., Tomporowski, P. D., Boyle, C. A., Waller, J. L., Miller, P. H., Naglieri, J. A., Gregoski, M. (2007). Effects of aerobic exercise on overweight children's cognitive functioning: A randomized controlled trial. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 78, 510-519.
- Davrachne, K. & Audiffren, M. (2004). Facilitation effects of exercise on information processing. *Journal of Sports Sciences*, 22, 419-428.
- Deary, I. J., Langan, S. J., Hepburn, D. A. & Frier, B. M. (1991). Which abilities does the PASAT test. *Personality and Individual Differences*, 12 (10), 983-987.
- Delgado, P. L. & Schillerstrom, J. (2009). Cognitive Difficulties associated with depression: What are the implications of treatment? *Psychiatric Times*, 26(3), 155-166.
- Delp, M. D., Armstrong, R. B., Godfrey, D. A., Laughlin, M. H., Ross, C. D. & Wilkerson, M. K. (2001). Exercise increases blood flow to locomotor, vestibular, cardiorespiratory and visual regions of the brain in miniature swine. *Journal of Physiology*, 533, 849-859.
- Deutsches PISA-Konsortium (Hrsg.) (2001). *PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich*. Opladen: Leske & Budrich.
- Dickhuth, H.-H. (2000). *Einführung in die Sport- und Leistungsmedizin*. Schorndorf: Hofmann.
- Dishman, R.K. (1997). Brain monoamines, exercise and behavioral stress: animal models. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 29, 63-74.
- Dishman, R. K., Berthoud, H.-R., Booth, F. W., Cotman, C. W., Edgerton, R., Fleshner, M.R., Gandevia, S. C., Gomez-Pinilla, F., Greenwood, B. N., Hillman, C. H., Kramer, A. F., Levin, B. E., Moran, T. H., Russo-Neustadt, A. A., Salamone, J. D., Van Hoo-missen, J. D., Wade, C. E., York, D. A. & Zigmond, M. J. (2006). Neurobiology of exercise, *Obesity*, 14 (3), 345-356.
- Dishman, R.K., Renner K. J., White-Welkey J. E., Burke K. A., Bunnell B. N. (2000). Treadmill exercise training augments brain norepinephrine response to familiar and novel stress. *Brain Research Bulletin*, 52, 337-342.
- Dordel, S. (2000). Kindheit heute: Veränderte Lebensbedingung = reduzierte motorische Leistungsfähigkeit? *Sportunterricht*, 11, 340-349.
- Dunn, A. L., Trivedi, M. H., Kampert, J. B., Clark, C. G. & Chambliss, H. O. (2005). Exercise Treatment for Depression: Efficacy and Dose Response. *American Journal of Preventive Medicine*, 28(1), 1-8.
- Dustman, R. E., Emmerson, R. Y., Ruhling, R. O., Shearer, D. E., Steinhaus, L. A., Johnson, S. C., Bonekat, H. W. & Shigeoka, J. W. (1990). Age and fitness effects on EEG, ERPs, visual sensitivity, and cognition. *Neurobiology of Aging*, 11 (3), 193-200.
- Dustman, R. E., Emmerson, R. & Shearer, D. (1994). Physical activity, age, and cognitive-neuropsychological function. *Journal of Aging and Physical Activity*, 2, 143-181.
- Dwivedi, Y. (2009). Brain-derived neurotrophic factor: role in depression and suicide. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 5, 433-49.

- Dwyer, T., Coonan, W. E., Leitch, D. R., Hetzel, B. S. & Baghurst, P. A. (1983). An investigation of the effects of daily physical activity on the health of primary school students in South Australia. *International Journal of Epidemiology*, 12, 308-313.
- Dwyer, T., Sallis, J. F., Blizzard, L., Lazarus, R. & Dean, K. (2001). Relation of academic performance to physical activity and fitness in children. *Pediatric Exercise Science*, 13, 225-237.
- Egger, K. (1982). Lehrziel- und normorientierte Sportnote. *Sportunterricht*, 31 (9), 337-353.
- Elbert, T., Pantev, C., Wienbruch, C., Rockstroh, B. & Taub, E. (1995). Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players. *Science*, 270, 305-307.
- Ellis, H. C. & Hunt, R. R. (1993). *Fundamentals of cognitive psychology* (5. Auflage). Madison, WI, England: Brown & Benchmark.
- Engels, S. (2001). *Pädagogische Perspektiven im Schulsport – Das Fach Sport in der Schule*. Norderstedt: Grin.
- Ekkekakis, P. & Lind, E. (2006). Exercise does not feel the same when you are overweight: The impact of self-selected and imposed intensity on affect and exertion. *International Journal of Obesity*, 30, 652-660.
- Eriksen, C. W. & Eriksen, B. A. (1974). Effects of noise letters upon the identification letter in a non-search task. *Perception & Psychophysicals*, 16, 143-149.
- Eriksson, P.S., Perfilieva, E., Bjork-Eriksson, T., Alborn, A.M., Nordborg, C., Peterson, D.A., & Gage, F.H. (1998). Neurogenesis in the adult human hippocampus. *Nature Medicine*, 4, 1313-1317.
- Espejo, E. F. & Minano, F. J. (1999). Prefrontocortical dopamine depletion induces antidepressant-like effects in rats and alters the profile of desipramine during Porsolt's test. *Neuroscience*, 88, 609-615.
- Etnier, J. L., Nowell, P. M., Landers, D. M. & Sibley, B. A. (2006). A meta-regression to examine the relationship between aerobic fitness and cognitive performance. *Brain Research Reviews*, 52, 119-130.
- Etnier, J. L., Salazar, W., Landers, D. M., Petruzzello, S. J., Han, M. & Nowell, P. (1997). The influence of physical fitness and exercise upon cognitive functioning: A meta-analysis. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 19, 249-277.
- Fawcett, J. (1995). Compliance: Definitions and key issues. *Journal of Clinical Psychiatry*, 56, 4-8.
- Field, T., Diego, M. & Sanders, C. E. (2001). Exercise is positively related to adolescents' relationships and academics. *Adolescence*, 36, 105-110.
- Fisher, M., Juszczak, L. & Friedman, S. B. (1996). Sports participation in an urban high school: academic and psychological correlates. *Journal of Adolescence and Health*, 18 (5), 329-334.
- Focht, B. C., Koltyn, K. F. (1999). Influence of resistance exercise of different intensities on state anxiety and blood pressure. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31 (3), 456-463.
- Forschungsverbund DHP (Hrsg.). (1991). *DHP - Deutsche Herz-Kreislauf-Präventionsstudie*. Bern: Hans Huber.

- Frank, E. (1995). Ethische Probleme sportlicher Höchstleistung und ihrer Wissenschaft. In J. Krug & H.-J. Minow (Hrsg.), *Sportliche Leistung und Training* (Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, 70, S. 49-66). Sankt Augustin: Academia-Verlag.
- French, D. N., Krämer, W. J., Volek, J. S., Spiering, B. A., Judelson, D. A., Hoffman, J. R. & Maresh, C. M. (2007). Anticipatory responses of catecholamines on muscle force production. *Journal of Applied Physiology*, 102 (1), 94-102.
- Friedland, R. P., Fritsch, T., Smyth, K. A., Koss, E., Lerner, A. J., Chen, C. H., Petot, G. J. & Debanne, S. M. (2001). Patients with Alzheimer's disease have reduced activities in midlife compared with healthy control-group members. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 98, 3440-3445.
- Fuchs, R. (1997). *Psychologie und körperliche Bewegung*. Göttingen: Hogrefe.
- Fuchs, R. (2003). *Sport, Gesundheit und Public Health*. Göttingen: Hogrefe.
- Fuchs, R. (2007). Bewegung, Gesundheit und Public Health. In T. von Lengerte (Hrsg.), *Public Health-Psychologie: Individuum und Bevölkerung zwischen Verhältnissen und Verhalten* (S. 77-91). Weinheim: Juventa.
- Gabbard, C. & Barton, J. (1979). Effects of physical activity on mathematical computation among young children. *Journal of Psychology*, 103, 287-288.
- Gabler, H., Nitsch, J. R. & Singer, R. (2000). *Einführung in die Sportpsychologie. Teil 1: Grundthemen* (3. erw. und überarb. Auflage). Schorndorf: Hofmann.
- Garvin, A. W., Koltyn, K. F., Morgan, W. P. (1997). Influence of acute physical activity and relaxation on state anxiety and blood lactate in untrained college males. *International Journal of Sports Medicine*, 18 (6), 470-476.
- Gaschler, P. & Heinecke, I. (1990). Zur Beweglichkeit von Kindern heute und vor zehn Jahren. *Sportunterricht*, 39, 373-384.
- Glasser, W. (1976). *Positive Addiction*. Harper and Row: New York.
- Goekint, M., Heyman, E., Roelands, B., Njemini, R., Bautmans, I., Mets, T. & Meeusen, R. (2008). No Influence of Noradrenaline Manipulation on Acute Exercise-Induced Increase of Brain-Derived Neurotrophic Factor. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40 (11), 1990-1996.
- Gold, S. M., Schulz, K. H., Hartmann, S., Mladek, M., Lang, U. E., Hellweg, R., Reer, R., Braumann, K. M. & Heesen, C. (2003). Basal serum levels and reactivity of nerve growth factor and brain-derived neurotrophic factor to standardized acute exercise in multiple sclerosis and controls. *Journal of Neuroimmunology*, 138 (1-2), 99-105.
- Golden, C. J. (1976). A group version of the Stroop Color and Word Test. *Journal of Personality Assessment*, 39, 386-395.
- Gonzalez, P., Grant, I., Miller, W., Taylor, M. J., Schweinsburg, B. C., Carey, C. L., Woods, S. P. et al. (2006). Demographically adjusted normative standards for new indices of performance on the paced auditory serial addition task (PASAT). *The Clinical Neurologist*, 20, 396-413.
- Gorgulu, Y. & Caliyurt, O. (2009). Rapid antidepressant effects of sleep deprivation therapy correlates with serum BDNF changes in major depression. *Brain Research Bulletin*, 80(3), 158-162.

- Hänsel, F. (2007). Körperliche Aktivität und Gesundheit. In R. Fuchs, W. Göhner & H. Seelig (Hrsg.), *Aufbau eines körperlich-aktiven Lebensstils: Theorie, Empirie und Praxis* (S. 23-44). Göttingen: Hogrefe.
- Haier, R. J., Siegel, B. V., MacLachlan, A., Soderling, E., Lottenberg, S. & Buchsbaum, M. S. (1992). Regional glucose metabolic changes after learning a complex visuospatial/motor task: a positron emission tomographic study. *Brain Research*, 570 (1-2), 134-143.
- Hillman, C. H., Buck, S. M., Themanson, J. R., Pontifex, M. B. & Castelli, D. M. (2009). Aerobic fitness and cognitive development: Event-related brain potential and task performance indices of executive control in preadolescent children. *Developmental Psychology*, 45(1), 114-129.
- Hillman, C. H., Castelli, D. & Buck, S. M. (2005). Physical fitness and neurocognitive function in healthy preadolescent children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37, 1967-1974.
- Hillman, C. H., Erickson, K. I. & Kramer, A. F. (2008). Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 9, 58-65.
- Hillman, C. H., Kramer, A. F., Belopolsky, A. V. & Smith, D. P. (2006). A cross-sectional examination of age and physical activity on performance and event-related brain potentials in a task switching paradigm. *International Journal of Psychophysiology*, 59, 30-39.
- Hillman, C. H., Motl, R. W., Pontifex, M. B., Posthuma, D., Stubbe, J. H., Boomsma, D. I. & de Geus, E. J. C. (2006). Physical Activity and Cognitive Function in a Cross-Section of Younger and Older Community-Dwelling Individuals. *Health Psychology*, 25 (6), 678-687.
- Hillman, C. H., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Castelli, D. M., Hall, E. E. & Kramer, A. F. (2009). The effect of acute treadmill walking on cognitive control and academic achievement in preadolescent children. *Neuroscience*, 159(3), 1044-1054.
- Hillman, C. H., Weiss, E. P., Hagberg, J. M. & Hatfield, B. D. (2002). The relationship to age and cardiovascular fitness to cognitive and motor processes. *Psychophysiology*, 59, 1-10.
- Hinkle, J. S., Tuckman, B. W. & Sampson, J. P. (1993). The psychology, physiology, and the creativity of middle school aerobic exercises. *Elementary School Guidance & Counseling*, 28 (2), 133-145.
- Hobson, M., L., Rejeski, W., J. (1993). Does the dose of acute exercise mediate psychophysiological responses to mental stress? *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 15, 77-87.
- Hogervorst, E., Riedel, W., Jeukendrup, A. & Jolles, J. (1996). Cognitive performance after strenuous physical exercise. *Perceptual and Motor Skills*, 83, 479-488.
- Hollmann, W. & De Meirleir, K. (1988). Gehirn und Sport – hämodynamische und biochemische Aspekte. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 39, 56-64.
- Hollmann, W., De Meirleir, K., Fischer, H. G., Holzgraefe, M. (1993). Über neuere Aspekte von Gehirn, Muskelarbeit, Sport und Psyche. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 44, 478-490.

- Hollmann, W. & Hettinger, T. (2000). *Sportmedizin, Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin*. Stuttgart: Schattauer.
- Hollmann, W. & Löllgen, H. (2002). Bedeutung der körperlichen Arbeit für kardiale und zerebrale Funktionen. *Deutsches Ärzteblatt*, 99 (20), C1077-C1079.
- Hollmann, W. & Strüder, H. K. (1998). Zur Biochemie des Gehirns bei muskulärer Arbeit. *Nervenheilkunde*, 17, 30-35.
- Hollmann, W. & Strüder, H. K. (2000). Gehirn, Psyche und körperliche Aktivität. *Orthopädie*, 29, 948-956.
- Hollmann, W. & Strüder, H. K. (2001). Gehirn, Geist, Psyche und körperliche Aktivität. In J. R. Nitsch & H. Almer (Hrsg.), *Denken – Sprechen – Bewegen* (S. 13 - 27). Köln: bps.
- Hollmann, W., Strüder, H. K. & Tagarakis, C. V. M. (2003, a). Körperliche Aktivität fördert Gehirngesundheit und -leistungsfähigkeit. *Nervenheilkunde*, 9, 467-474.
- Hollmann, W., Strüder, H. K. & Tagarakis, C. V. M. (2003, b). Übertraining – ein Resultat der Hirnplastizität? *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 54, 25-26.
- Horn, W. (1969). *Prüfsystem für Schul- und Bildungsberatung, P-S-B*. Göttingen: Hogrefe.
- Hüther, G. & Rüter, E. (2000). *Das serotonerge System*. Bremen: Unimed.
- Illi, U. (1995). Bewegte Schule: Die Bedeutung und Funktion der Bewegung als Beitrag zu einer ganzheitlichen Gesundheitsbildung im Lebensraum Schule. *Sportunterricht*, 44 (10), 404-415.
- Isaacs, K. R., Anderson, B. J., Alcantara, A. A., Black, J. E. & Greenough, W. T. (1992). Exercise and the brain: angiogenesis in the adult rat cerebellum after vigorous physical activity and motor skill learning. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, 12, 110-119.
- Ismail, A. H. (1967). The effects of a well-organized physical education programme on intellectual performance. *Research in Physical Education*, 1, 31-38.
- Jacobs, B. L. (1994). Serotonin, Motor Activity and Depression-Related Disorders. *American Scientist*, 82 (5), 456-463.
- Jacobs, B. L. & Fornal, C. A. (1999). Activity of serotonergic neurons in behaving animals. *Neuropsychopharmacology*, 21 (2), 9-15.
- Jäger, A. O. (1982). Mehrmodale Klassifikation von Intelligenzleistungen: Experimentell kontrollierte Weiterentwicklung eines deskriptiven Intelligenzstrukturmodells. *Diagnostica*, 28, 195-225.
- Joch, W. (1995). Schulsport: Anspruch und Wirklichkeit. *Sportunterricht*, 44 (2), 45-69.
- Johannes-Kepler-Gymnasium Leonberg (Hg.): Rein achtjähriges Gymnasium. URL: http://www.bildung-staerkt-menschen.de/leu_datenbank/example.2005-04-07.7039414402/material.2005-04-07.7761772771/download. [Stand: 27.04.2010]
- Kamijo, K., Nishihira, Y., Hatta, A., Kaneda, T., Wasaka, T., Kida, T. & Kuroiwa, K. (2004). Differential influences of exercise intensity on information processing in the central nervous system. *European Journal of Applied Physiology*, 92, 305-311.
- Karr, M., Kubesch, S. (2004). Sporttherapie. In A. Hüter-Becker & M. Dölken (Hrsg.), *Lehrbuchreihe Physiotherapie – Psychiatrie* (S. 100-117). Stuttgart: Georg Thieme.
- Kickbusch, I. (1986). Health promotion: a global perspective. *Canadian Journal of Public Health*, 77, 321-326.

- Kida, N., Oda, S. & Matsumura, M. (2004). Intensive baseball practice improves the Go/Nogo reaction time, but not the simple reaction time. *Cognitive Brain Research*, 22(2), 257-274.
- Kim, H.-Y. P., Frongillo, E. A., Han, S. S., Oh, S. Y., Kim, W. K., Jang, Y. A., Won, H. S., Lee, H. S., Kim, S. H. (2003). Academic performance of Korean children is associated with dietary behaviours and physical status. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 12, 186-192.
- King, A. C., Taylor, C. B., Haskell, W. L. (1993). Effects of differing intensities and formats of 12 months of exercise training on psychological outcomes in older adults. *Health Psychology*, 12 (4), 292-300.
- Kleine, D. & Hensel, J. (1994). Sportliche Aktivität als Mittel zur Stressreduktion nach einer schulischen Belastung. In J. R. Nitsch, R. Seiler, J. Knobloch, P. Schwenkmezger (Hrsg.), *Bewegung und Sport. Psychologische Grundlagen und Wirkungen. Bericht über den VIII. Europäischen Kongreß für Sportpsychologie* (S. 150-155). Sankt Augustin: Academia-Verlag.
- Kramer, A. F., Hahn, S., Cohen, N. J., Banich, M. T., McAuley, E., Harrison, C. R., Chason, J., Vakil, L. B., Boileau, R. A. & Colcombe, A. (1999). Aging, fitness and neurocognitive function. *Nature*, 400 (29), 418-419.
- Kramer, A. F., Humphrey, D. G., Larish, J. F., Logan, G. D. & Strayer, D. L. (1994). Aging and inhibition: Beyond a unitary view of inhibitory processing in attention. *Psychology and Aging*, 9, 419-512.
- Krohne, H. W., Egloff, B., Kohlmann, C. W. & Tausch, A. (1996). Untersuchungen mit einer deutschsprachigen Version der „Positive and Negative Affect Schedule“ (PANAS). *Diagnostica*, 42 (2), 139-156.
- Kruber, D. (1996). Lieblingsfach Schulsport. *Sportunterricht*, 45 (1), 4-8.
- Kubesch, S. (2002). Sportunterricht: Training für Körper und Geist. *Nervenheilkunde*, 9, 487-490.
- Kubesch, S. (2004). Das bewegte Gehirn – an der Schnittstelle von Sport- und Neurowissenschaft. *Zeitschrift für sozialistische Politik und Wirtschaft*, 34 (2), 135 - 144.
- Kubesch, S., Bretschneider, V., Freudenmann, R., Weidenhammer, N., Lehmann, M., Spitzer, M. & Grön, G. (2003). Aerobic endurance exercise improves executive functions in depressed patients. *Journal of Clinical Psychiatry*, 9, 1005-1012.
- Kubitz, K. A., Landers, D. M., Petruzzello, S. J., Han, M. (1996). The effects of acute and chronic exercise on sleep: A meta-analytic review. *Sports Medicine*, 21 (4), 277-291.
- Kultusministerkonferenz (2003): Prognose der Studienanfänger, Studierenden und Hochschulabsolventen bis 2020; Statistische Veröffentlichung der Kultusministerkonferenz; Dokumentation Nr. 167; Bonn.
- Laging, R. (2006). *Warum macht „Bewegte Schule“ Sinn? Hintergründe und Entwicklungen der Bewegten Schule. Dossier zur Tagung: „Was macht Bewegte Schule? URL: <http://www.gesundheit-nds.de/downloads/30.05.06.vortrag.laging.pdf>.*
[Stand: 30.05.2006]

- Landers, D. M., Arent, S. M. (2001). Physical activity and mental health. In R. N. Singer, H. A. Hausenblas & C. M. Janelle (Hrsg.), *Handbook of Sport Psychology* (2. Auflage, S. 740-765). New York: John Wiley & Sons.
- Landers, D. M., Petruzzello, S.J. (1994). Physical activity, fitness, and anxiety. In C. Bouchard, R. J. Shephard & T. Stephens (Hrsg.), *Physical activity, fitness and health: International proceedings and consensus statement* (S. 868-882). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Landers, D. M., Salazar, W. & Etnier, J. (1993). Effects of exercise on cognitive function: A meta-analysis. Tempe: Arizona State University. Unpublished paper.
- Larrabee, G. J., Crook, T. H. (1994). Estimated prevalence of age-associated memory impairment derived from standardized tests of memory function. *International Psychogeriatrics*, 6, 95-104.
- Larson, E. B., Wang, L., Bowen, J. D., McCormick, W. C., Teri, L., Crane P. et al. (2006). Exercise is associated with reduced risk for incident dementia among persons 65 years of age and older. *Annals of Internal Medicine*, 144, 73-81.
- Laurin, D., Verreault, R., Lindsay, J., MacPherson, K., Rockwood, K. (2001) Physical activity and risk of cognitive impairment and dementia in elderly persons. *Archives of Neurology*, 58, 498-504.
- Lawlor, D.A. & Hopker, S. W. (2001). The effectiveness of exercise as an intervention in the management of depression: Systematic review and meta-regression analysis of randomised trials. *British Medical Journal*, 322, 1-8.
- Lawther, J. D. (1951). *Psychology of coaching* Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Lazarus, R., S. (1994). *Emotion and Adaption*. Oxford University Press: New York.
- Lee, C. D., Folsom, A. R., Steven, M. D. & Blair, N. (2003). Physical Activity and Stroke Risk. *American Heart Association*, 34, 2475.
- Lehr, U. (2002). Bewegte Altern - Eine Herausforderung für das Individuum und die Gesellschaft. In H. Baumann & A. Rütten (Hrsg.), *Perspektiven bewegten Alterns. Lebenswelt, Bewegungskompetenzen, Bildungschancen* (S. 27-42). Köln: Sport und Buch Strauß.
- Leith, L. M. (1994). *Foundations of exercise and mental health*. Morgantown: Fitness Information Technology.
- Lindner, K. J. (2002). The physical activity participation- academic performance relationship revisited: perceived and actual performance and the effect of banding (academic tracking). *Pediatric Exercise Science*, 14, 155-169.
- MacMahon, J., R. & Gross, R., T. (1988). Physical and Psychological Effects of Aerobic Exercise in Delinquent Adolescent Males. *American Journal of Diseases of Children*, 142 (12), 1361-1366.
- Maguire, E. A., Gadian D. G., Johnsrude, I. S., Good, C. D., Ashburner, J., Frackowiak, R. S. & Frith, C. D. (2000). Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97, 4398-4403.
- Maina, G., Rosso, G., Zanardini, R., Bogetto, F., Gennarelli, M., Bocchio-Chiavetto, L. (2009). Serum levels of brain-derived neurotrophic factor in drug-naïve obsessive-

- compulsive patients: A case-control study. *Journal of Affective Disorders*, 122 (1), 174-178.
- Marteniuk, R. G. (1976). *Information processing in motor skills*. New York: L Holt, Rinehart & Winston.
- Martinsen, E. W. (1990). Benefits of exercise for the treatment of depression. *Sports Medicine*, 9, 380-389.
- Martinsen, E. W. (1994). Physical activity and depression: clinical experience. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 89 (377), 23-27.
- Martinsen, E. W. (2002). The role of exercise in the management of depression. In D. Mostofsky & Zaichkowsky (Hrsg.), *Medical and Psychological Aspects of Sports and Exercise* (S. 205-214). Morgantown: FIT.
- Martinsen, E.W., Hoffart, A. & Solberg, O. (1989). Comparing aerobic with nonaerobic forms of exercise in the treatment of clinical depression : A randomized trail. *Comprehensive Psychiatry*, 30, 324-331.
- Martinsen, E. W., Medhus, A. & Sandvik, L. (1985). Effects of aerobic exercise on depression : A controlled study. *British Medical Journal*, 291, 109.
- Martinsen, E. W., Raglin, J. S., Hoffart, A., Friis, S. (1998). Tolerance to Intensive Exercise and High Levels of Lactate in Panic Disorder. *Journal of Anxiety Disorders*, 12 (4), 333-342.
- Masley, S., Roetzheim, R., Gualtieri, T. (2009). Aerobic exercise enhances cognitive flexibility. *Journal of Clinical Psychology in Medical Settings*. 16(2), 186-193.
- Mayberg, H.S., Brannan, S. K., Mahurin, R. K.: (1997). Cingulate function in depression : a potential predictor of treatment response. *Neuroreport*, 8, 1057-1061.
- McAuley, E. (1994). Physical Aktivity and psychosocail outcomes. In C. Bouchard, R. J. Shephard & T. Stephens (Hrsg.), *Physical activity, fitness and health*. (S. 1040-1055). Champaign, IL: Human Kinetics.
- McDonald, D. G. & Hodgdon, J. A. (1991). *Psychological effects of aerobic fitness training. Research and theory*. New York: Springer.
- McMorris, T. & Graydon, J. (1997). Effect of exercise on cognitive performance in soccer-specific tests. *Journal of Sports Sciences*, 15, 459-468.
- McMorris, T. & Graydon, J. (2000). The effect of incremental exercise on cognitive performance. *International Journal of Sport Psychology*, 31, 66-81.
- McNaughten, D. & Gabbard, C. (1993). Physical exertion and immediate mental performance of sixth-grade children. *Perceptual and Motor Skills*, 77(3), 1155-1159.
- Mercader, J. M., Fernández-Aranda, F., Gratacòs, M., Ribasés, M., Badía, A., Villarejo, C., Solano, R., González, J. R., Vallejo, J. & Estivill, X. (2007). Blood levels of brain-derived neurotrophic factor correlate with several psychopathological symptoms in anorexia nervosa patients. *Neuropsychobiology*, 56 (4), 185-190.
- Meyendorf, R. & Kabza, H. (2001). *Depressionen und Angst*. Baierbrunn: Wort & Bild.
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (2004). *Bildungsplan 2004: Allgemein bildendes Gymnasium*. Ditzingen: Reclam Jun.

- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A. & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49-100.
- Moosbrugger, H. (1993). *Stichprobe Austria. Zur Paralleltest-Reliabilität des FAIR*. Persönliche Aufzeichnung.
- Moosbrugger, H. & Oehlschlägel, J. (1996). *FAIR. Frankfurter Aufmerksamkeits-Inventar. Testmanual*. Bern: Hans Huber.
- Morgan, W. P. (1984). *Coping with mental stress: The potential and limits of exercise interventions (Final report)*. Bethesda, MD: NIMH.
- Morgan, W. P., Roberts, J. A., Brand, F. R. & Feinerman, A. D. (1970). Psychological effects of chronic physical activity. *Medicine and Science in Sports*, 2, 213-217.
- Morris, J. (1996). Exercise versus heart attack: questioning the consensus? *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 67 (2), 216-220.
- Murrock, C. J. (2005). Musik and Mood. In A. V. Clark (Hrsg.), *Psychology of moods* (S. 141-155). New York: Nova Science Publishers.
- Mutrie, N. (2000). The relationship between physical activity and clinically defined depression. In S. J. H. Biddle, K. R. Fox & S. H. Boutcher (Hrsg.), *Physical activity and psychological well-being* (S. 46-62). New York: Routledge.
- Neeper, S. A., Gómez-Pinilla, F., Choi, J. & Cotman, C.W. (1996). Physical activity increases mRNA for brain-derived neurotrophic factor and nerve growth factor in rat brain. *Brain Research*, 726, 49-56.
- Nelson, T., F. & Morgan, W. P. (1994). Acute effects of exercise on mood in depressed female students. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26, 156.
- Neumann, N. U. & Frasch, K. (2005). Biologische Mechanismen antidepressiver Wirksamkeit von körperlicher Aktivität. *Psycho Neuro*, 31 (10), 513-517.
- Newcomer, J. W., Selke, G., Melson, A. K., Hershey, T., Craft, S., Richards, K. & Alderson, A. L. (1999) Decreased memory performance in healthy humans induced by stress-level cortisol treatment. *Archives of General Psychiatry*, 56, 527-533..
- Nutt, D. J. (2002). The neuropharmacology of serotonin and noradrenalin in depression. *International Clinical Psychopharmacology*, 17 (Suppl 1), 1-12.
- O'Connor, P. J., Smith, J. C., Morgan, W. P. (2000). Physical activity does not provoke panic attacks in patients with panic disorder: A review of the evidence. *Anxiety, Stress & Coping*, 13 (4), 333-353.
- Oda, K., Okubo, Y., Ishida, R., Murata, Y., Ohta, K., Matsuda, T., Matsushima, E., Ichimiya, T., Sahara, T., Shibuya, H., Nishikawa, T. (2003). Regional cerebral blood flow in depressed patients with white matter magnetic resonance hyperinsensitivity. *Biological Psychiatry*, 53 (2), 150-156.
- Österreich, C. (2005). Qualifikationen, Einstellungen und Belastungen von Sportlehrkräften. Erste Ergebnisse der SPRINT-Studie. *Sportunterricht*, 54(8), 236-242.
- Opper, E., Worth, A., Bös, K. (2005). Kinderfitness – Kindergesundheit. *Bundesgesundheitsbildung, Gesundheitsforschung und Gesundheitsschutz*, 48, 854-862.
- Oswald, D. & Roth, E. (1987). *Der Zahlen-Verbindungs-Test (ZVT). Handanweisung*. Göttingen: Hogrefe.

- Pachana, N. A., Thompson, L. W., Marcopulos, B. A. & Yoash-Gantz, R. (2004). California older adult stroop test (COAST): A stroop test for older adults. *Clinical gerontologist*, 27, 3-22.
- Pate, R. R., Long, B. J. & Heath, G. W. (1994). Descriptive epidemiology of physical activity in adolescents. *Pediatric Exercise Science*, 6, 434-447.
- Pate, R. R., Pratt, M., Blair, S. N., Haskell, W. L., Macera, C. A., Bouchard, C., Buchner, D., Ettinger, W., Heath, G. W., King, A. C., Kriska, A., Leon, A. S., Marcus, B. H., Morris, J., Paffenbarger, R. S. Jr, Patrick, K., Pollock, M. L., Rippe, J. M., Sallis, J. & Wilmore, J.H. (1995). Physical activity and public health : A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *Journal of the American Medical Association*, 273, 402-407.
- Pereira, A. C., Huddleston, D. E., Brickman, A. M., Sosunov, A. A., Hen, R., McKhann, G. M., et al. (2007). An in vivo correlate of exercise-induced neurogenesis in adult dentate gyrus. *Proceedings of the National Academy of Science*, 104 (3), 5638-5643.
- Pesce, C. (2009). An integrated approach to the effect of acute and chronic exercise on cognition: The linked role of individual and task constraints. In T. McMorris, P. Tomporowski, Audiffren, M. (Hrsg.). *Exercise and cognitive function* (S. 213-226). New York: Wiley-Blackwell.
- Pfaffenbarger, R. S. Jr, Hyde, R. T., Wing, A. L., Hsieh, C. C. (1986). Physical activity, all-cause mortality, and longevity of college alumni. *New England Journal of Medicine*, 314, 605-613.
- Pfaffenbarger, R. S. Jr, Hyde, R. T., Wing, A. L., Lee, I.M., Jung, D.L. & Kampert, J. B. (1993). The association of changes in physical-activity level and other lifestyle characteristics with mortality among men. *New England Journal of Medicine*, 328, 538-545.
- Pierson, W. R. & Montoye, H. J. (1958). Movement time, reaction time, and age. *Journal of Gerontology*, 13, 418-421.
- Pinto, B. M., Rabin, C. & Farrell, N. (2005). Lifestyle and coronary heart disease prevention. *Primary Care*, 32, 947-961.
- Pitts, F. M. & McClure, J. N. (1967). Lactate metabolism in anxiety neurosis. *New England Journal of Medicine*, 177, 1329-1336.
- Ploughman, M. (2008). Exercise is brain food: the effects of physical activity on cognitive function. *Developmental neurorehabilitation*, 11(3), 236-240.
- Pohlmann, B., Möller, J. & Streblov, L. (2005). Bedingungen leistungsbezogenen Verhaltens im Sportunterricht. *Zeitschrift für Sportpsychologie*, 12 (4), 127-134.
- Pontifex, M. B., Hillman, C. H., Fernhall, B., Thompson, K. M. & Valentini, T. A. (2009). The effect of acute aerobic and resistance exercise on working memory. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(4), 927-934.
- Powell, K. E. & Blair, S. N. (1994). The public health burdens of sedentary living habits: theoretical but realistic estimates. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 26, 851-856.
- Pratt, M., Macera, M. A. & Wang, G. (2000). Higher direct medical costs associated with physical inactivity. *The Physician and Sports Medicine*, 28, 63-70.

- Puetz, T. W., O'Connor, P. J. & Dishman, R. K. (2006). Effects of chronic exercise on feelings of energy and fatigue: A quantitative synthesis. *Psychological Bulletin*, 132, 866-876.
- Querido, J. S. & Sheel, A. W. (2007). Regulation of cerebral blood flow during exercise. *Sports Medicine*, 37, 765-785.
- Raglin, J. S. (1997). Anxiolytic effects of physical activity. In W. P. Morgan (Hrsg.), *Physical activity and mental health* (S. 107-126). Washington, D.C.: Taylor & Francis.
- Raven, J. C. (1938). *Progressive Matrices*. London: Lewis & Co.
- Raviv, S. & Low, M. (1990). Influence of physical activity on concentration among junior high-school students. *Perceptual and Motor Skills*, 70, 67-74.
- Raz, N. (2000). Aging of the brain and its impact on cognitive performance: Integration of structural and functional findings. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Hrsg.), *The handbook of aging and cognition* (2. Auflage, S. 1-90). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Reed, J. & Ones, J. (2006). The effect of acute aerobic exercise on positive activated affect: A meta-analysis. *Psychology of Sport and Exercise*, 7, 477-516.
- Reitan, R. M. & Wolfson, D. (1993). *The Halstead-Reitan neuropsychological test battery: Theory and clinical interpretation*. Tucson: Neuropsychology Press.
- Richards, M., Hardy, R. & Wadsworth, M. E. J. (2003). Does active leisure protect cognition? Evidence from a national birth cohort. *Social Science and Medicine*, 56, 785-792.
- Rindermann, H. (2002). Modelle und Ergebnisse der Potentialschätzung für das achtjährige Gymnasium. In K. A. Heller (Hrsg.), *Begabtenförderung im Gymnasium: Ergebnisse einer zehnjährigen Längsschnittstudie* (S. 179-214). Opladen: Leske & Budrich.
- Roehr-Sendlmeier, U. (2009). Entwicklungsförderung durch Bewegung: eine lebenslange Perspektive. *Motorik*, 32 (2), 43-58
- Roth, G. & Prinz, W. (1996). *Kopf-Arbeit. Gehirnfunktionen und kognitive Leistungen*. Heidelberg: Spektrum.
- Rothaar, E. (1993). *Untersuchung von Interferenz und Übungseffekten bei serieller Anwendung von Parallelformen des Frankfurter Aufmerksamkeits-Inventars (FAIR)*. (Unveröffentlichte Diplomarbeit). Universität Frankfurt: Institut für Psychologie.
- Ruep, M. (2003). Schulentwicklung in Baden-Württemberg. In S. S. Schönau, W. Wölfling (Hrsg.), *Schulreform / Schulentwicklung / Schulprofil: Weiterbildungsangebote der Pädagogischen Hochschule Heidelberg* (S. 4-14). Nördlingen: Steinmeier.
- Rützel, E. (1977). Aufmerksamkeit. In T. Hermann, P. R. Hofstätter, H. P. Huber & F. E. Weinert (Hrsg.), *Handbuch psychologischer Grundbegriffe* (S.48-58). München: Kösel.
- Russo-Neustadt, A. A., Beard, R. C., Huang, Y. M. & Cotman, C. W. (2000). Physical activity and antidepressant treatment potentiate the expression of specific brain-derived neurotrophic factor transcripts in the rat hippocampus. *Neuroscience*, 101, 305-312.
- Sallis, J. F., McKenzie, T. L., Kolody, B., Lewis, M., Marshall, S. & Rosengard, P. (1999). Effects of health-related physical education on academic achievement: Project SPARK. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 70 (2), 127-134.

- Salthouse, T. A. & Davis, H. P. (2006). Organization of cognitive abilities and neuropsychological variables across the lifespan. *Developmental Review, 26*(1), 31-54.
- Samitz, G. & Baron, R. (2002). Epidemiologie der körperlichen Aktivität. In G. Samitz & G. Mensink (Hrsg.), *Körperliche Aktivität in Prävention und Therapie* (S. 11-31). München: Hans Marseille.
- Sánchez-García, J., Villaverde-Gutiérrez, C., Ramírez-Rodrigo, J., Ruiz-Villaverde, G., Arrovo-Morales, M. & Ruíz-Villaverde, R. (2004). ACTH, β -endorphin, and levels of anxiety in middle-age athletes. *International Journal of Sport Psychology, 35* (2), 149-156.
- Sapolsky, R. M. (1999). Glucocorticoids, stress, and their adverse neurological effects: relevance to aging. *Experimental Gerontology, 34*, 721-732.
- Schäfer, N. & Moosbrugger, H. (1993). Einige Validitätsaspekte des Frankfurter Aufmerksamkeits-Inventars (FAIR). *Arbeiten aus dem Institut für Psychologie der Johann Wolfgang Goethe-Universität, 10*, Frankfurt am Main.
- Schavan, A. (2003). Regierungserklärung Baden-Württemberg vom 28. März.
- Schlicht, W. (1994). *Sport und Primärprävention*. Göttingen, Bern, Toronto, Seattle: Hogrefe.
- Schlicht, W. (1995). *Wohlbefinden und Gesundheit durch Sport*. Schorndorf: Hofmann.
- Schneider, W. X., Owen, A. M. & Duncan, J. (2000, Hrsg.). Executive Control and the Frontal Lobe: Current Issues. *Experimental Brain Research, Special Issue, 133*, 1-138.
- Schwerdtfeger, A., Eberhardt, R. & Chmitorz, A. (2008). Gibt es einen Zusammenhang zwischen Bewegungsaktivität und psychischem Befinden im Alltag? Eine Methodenillustration zum ambulanten Monitoring in der Gesundheitspsychologie. *Zeitschrift für Gesundheitspsychologie, 16*(1), 2-11.
- Scully, D., Kremer, J., Meade, M. M., Graham, R. & Dudgeon, K. (1998). Physical exercise and psychological well being: a critical review. *British Journal of Sports Medicine, 32*, 111-120.
- Shaper, A. G. & Wannamethee, G. (1991). Physical activity and ischaemic heart disease in middle-aged British man. *British Heart Journal, 66*, 384-394.
- Shepard, R. J., Volle, M., Lavallée, H., LaBarre, R., Jequier, J. C. & Rajic, M. (1984). Required physical activity and academic grades: A controlled longitudinal study. In I. Valimaki (Hrsg.), *Children and sport* (S. 58-63). Berlin: Springer.
- Sherman, S. E., D'Agostino, R. B., Silbershatz, H., Kannel, W. B. (1999). Comparison of past versus recent physical activity in the prevention of premature death and coronary artery disease. *American Heart Journal, 138* (5), 900-907.
- Sherwood, D. E. & Selder, D. J. (1979). Cardiorespiratory health, reaction time, and aging. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 11*, 186-189.
- Sibley, B. A., Beilock, S. L. (2007). Exercise and working memory: An individual differences investigation. *Journal of Sport & Exercise Psychology, 29* (6), 783-791.
- Sibley, B. A. & Etnier, J. L. (2003). The relationship between physical activity and cognition in children: a meta-analysis. *Pediatric Exercise Science, 15*, 243-256.
- Sibley, B. A., Etnier, J. L. & Le Masurier, G. C. (2006). Effects of an acute bout of exercise on cognitive aspects of stroop performance. *Journal of Sport & Exercise Psychology, 28*, 285-299.

- Singh-Manoux, A., Hillsdon, M., Brunner, E. & Marmot, M. (2005). Effects of Physical Activity on Cognitive Functioning in Middle Age : Evidence from the Whitehall II Prospective Cohort Study. *American Journal of Public Health, 95* (12), 2252-2258.
- Sjoberg, H. (1980). Physical fitness and mental performance during and after work. *Ergonomics, 23*, 977-985.
- Small, G. W., Silverman, D. H. S., Siddarth, P., Ercoli, L. M., Miller, K. J., Lavretsky, H., Wright, B. C., Bookheimer, S. Y., Barrio, J. R. & Phelps, M. E. (2006). Effects of a 14-Day Healthy Longevity Lifestyle Program on Cognition and Brain Function. *American Journal of Geriatric Psychiatry, 14* (6), 538-545.
- Smith, A. (1982). *Symbol Digit Modalities Test (manual revised)*. Los Angeles: Western Psychological Publishers.
- Spiel, C., Wagner, P. & Fellner, G. (2002). Wie lange arbeiten Kinder zu Hause für die Schule? Eine Analyse in Gymnasium und Grundschule. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 34* (3), 125-135.
- Spielberger, C. D., Gorsuch, R. L., Lushene, R. E., Vagg, P. R., Jacobs, G. A. (1983). *Manual for the State Trait Anxiety Inventory STAI*. Consulting Psychologists Press: Palo Alto, CA.
- Spiriduso, W. W. (1980). Physical fitness, aging, and psychomotor speed: a review. *Journal of Gerontology, 6*, 850-865.
- Spiriduso, W. W. & Clifford, P. (1978). Replication of age and physical activity effects on reaction time and movement times. *Journal of Gerontology, 33*, 26-30.
- Spitzer, M. (1996). *Geist im Netz*. Heidelberg: Spektrum.
- Spitzer, M. (2000). *Geist, Gehirn & Nervenheilkunde*. Stuttgart: Schattauer.
- Starkstein, S. E., Bryer, J. B., Berthier, M. L., Cohen, B., Price, T. R., Robinson, R. G. (1991). Depression after stroke: the importance of cerebral hemisphere asymmetries. *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neuroscience, 3* (3), 276-285.
- Statistisches Bundesamt (2006). *Bevölkerung Deutschlands bis 2050*. Wiesbaden: Pressestelle Statistisches Bundesamt.
- Steffny, H. & Pramann, U. (2001). *Perfektes Lauftraining*. München: Südwest.
- Stephens, T. (1988). Physical activity and mental health in the United States and Canada: Evidence from four population surveys. *Preventive Medicine, 17* (1), 35-47.
- Stephens, T. & Bolton, J. (1988). The short-term influence of high and low intensity physical exercise on mood. *Psychology & Health, 2* (2), 91-106.
- Ströhle, A. (2003). Die Neuroendokrinologie von Stress und die Pathophysiologie und Therapie von Depression und Angst. *Nervenarzt, 74*, 279-292.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology, 18*, 643-662.
- Stroth, S., Hille, K., Spitzer, M. & Reinhardt, R. (2009). Aerobic endurance exercise benefits memory and affect in young adults. *Neuropsychological Rehabilitation, 19*(2), 223-243.

- Swaab, D. F., Fliers, E., Hoogendijk, W. J. G., Veltman, D. J., Zhou, J. N. (2000). Interaction of prefrontal cortical and hypothalamic systems in pathogenesis of depression. *Program Brain Research*, 126, 369-396.
- Taras, H. (2005). Physical activity and student performance at school. *Journal of School Health*, 75(6), 214-218.
- Tardon, A., Lee, W., Delgado-Rodriguez, M., Dosemeci, M., Albanes, D., Hoover, R. & Blair, S. (2005). Leisure-time physical activity and lung cancer: A meta-analysis. *Cancer Causes and Control*, 16, 389-397.
- Themanson, J. R., Pontifex, M. B., Hillman, C. H. (2008). Fitness and action monitoring: evidence for improved cognitive flexibility in young adults. *Neuroscience*, 157(2), 319-328.
- Thomas, J. R., Landers, D. M., Salazar, W. & Etnier, J. (1994). Exercise and cognitive function. In C. Bouchard (Hrsg.), *Physical activity, fitness and health: international proceedings and consensus statement; [proceedings of the Second International Conference on Physical Activity, Fitness and Health held in Toronto]* (S. 521-529). Champaign, Ill: Human Kinetics.
- Tomporowski, P. D. (2003). Effects of acute bouts of exercise on cognition. *Acta Psychologica*, 112, 297-324.
- Tomporowski, P. D. (2006). Physical activity, cognition, and aging: A review of reviews. In L. W. Poon, W. J. Chodzko-Zajko & P. D. Tomporowski (Hrsg.), *Active living, cognitive functioning, and aging* (S. 15-32). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Tomporowski, P. D., Cureton, K., Armstrong, L. E., Kane, G. M., Sparling, P. B. & Millard-Stafford, M. (2005). Short-term effects of aerobic exercise on executive processes and emotional reactivity. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 3 (2), 131-146.
- Tomporowski, P. D., Davis, C. L., Miller, P. H. & Naglieri, J. A. (2008). Exercise and Children's Intelligence, Cognition, and Academic Achievement. *Educational Psychological Review*, 20, 111-131.
- Tomporowski, P. D. & Ellis, N. R. (1986). Effects of exercise on cognitive processes : a review. *Psychological Bulletin*, 99, 338-346.
- Tomporowski, P. D., Ellis, N. R. & Stephens, R. (1987). The immediate effects of strenuous exercise on free-recall memory. *Ergonomics*, 30, 121-129.
- Tomporowski, P. D. & Ganio, M. S. (2006). Short-term effects of aerobic *exercise* on executive processing, memory, and emotional reactivity. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 4(1), 57-72.
- Tremblay, M. S., Inman, J. W. & Willms, J. D. (2000). The relationship between physical activity, self-esteem, and academic achievement. *Pediatric Exercise Science*, 12, 312-323.
- Tuckman, B. W. & Hinkle, J. S. (1986). An experimental study of the physical and psychological effects of aerobic exercise on schoolchildren. *Health Psychology*, 5 (3), 197-207.
- Turnbull, M. & Wolfson, S. (2002). Effects of Exercise and Outcome Feedback on Mood: Evidence for Misattribution. *Journal of Sports Behavior*, 25 (4), 394-406.

- United States Department of Health and Human Services (2000). Healthy People 2010. URL: <http://www.healthypeople.gov/Document>. [Stand: 27.04.2010]
- Vazou-Ekkekakis, S. & Ekkekakis, P. (2009). Affective consequences of imposing the intensity of physical activity: Does the loss of perceived autonomy matter? *Hellenic Journal of Psychology*, 6(2), Special issue: Self-determination theory, physical activity, and well-being, 125-144.
- Vuori, I. (2004). Inactivity as a disease risk and health benefits of increased physical activity. In P. Oja & J. Borms (Hrsg.), *Health enhancing physical activity* (S. 29-95). Oxford: Meyer & Meyer.
- Wabitsch, M. (2004). Kinder und Jugendliche mit Adipositas in Deutschland. *Bundesgesundheitsbildung, Gesundheitsforschung und Gesundheitsschutz*, 47, 251-255.
- Wagner, N. & Kirch, W. (2006). Recommendations for the promotion of physical activity in children. *Journal of Public Health*, 14, 71-75.
- Warburton, D., Nicol, C. & Bredin, S. (2006). Health benefits of physical activity: The evidence. *Canadian Medical Association Journal*, 174, 801-809.
- Watson, D., Clark, L.A. & Tellegen, A. (1988). Development and validation of brief measures of positive and negative affect: the PANAS scales. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54 (6), 1063-1070.
- Wechsler, D. (1964). *Die Messung der Intelligenz Erwachsener* (3. Aufl.). Bern: Huber.
- Wechsler, D. (1997). *Wechsler Adult Intelligence Scale- Third Edition manual*. Lisse: Swets & Zeitlinger.
- Weinberg, R. & Gould, D. (2007). *Foundations of Sport and Exercise Psychology* (4. Auflage). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Weineck, J. (2000). *Optimales Training*. Balingen: Spitta, 10. Auflage.
- Weingarten, G. (1973). Mental performance during physical exertion: The benefit of being physically fit. *International Journal of Sports Psychology*, 4, 16-26.
- Welk, G. J., Morrow, J. R. J. & Falls, H. B. (2002). *Fitnessgram reference guide*. Dallas, TX: The Cooper Institute.
- West, R. L. (1996). An application of prefrontal cortex function theory to cognitive aging. *Psychological Bulletin*, 120, 272-292.
- Weuve, J., Kang, J. H., Manson, J. E., Breteler, M. M., Ware, J. H. & Grodstein, F. (2004). Physical activity including walking, and cognitive function in older women. *JAMA: Journal of the American Medical Association*, 292, 1454-1461.
- Wharton, W., Hirshman, E., Merritt, P., Stangl, B., Scanlin, K. & Krieger, L. (2006). Lower blood pressure correlates with poorer performance on visuospatial attention tasks in younger individuals. *Biological Psychology*, 73(3), 227-234.
- Widenfalk, J., Olson, L. & Thoren, P. (1999). Deprived of habitual running, rats downregulate BDNF and TrkB messages in the brain. *Neuroscience Research*, 34, 125-132.
- Williams, J. B. W. (2001). Standardizing the Hamilton Depression Rating Scale. Past, present, and future. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, 251 (2), II/6-II/12.

- Williamson, D., Dewey, A. & Steinberg, H. (2001). Mood change through physical exercise in nine- to ten-year-old children. *Perceptual Motor Skills*, 93 (1), 311-316.
- Winter, B., Breitenstein, C., Mooren, F. C., Voelker, K., Fobker, M., Lechtermann, A., Krueger, K., Fromme, A., Korsukewitz, C., Floel, A. & Knecht, S. (2007). High impact running improves learning. *Neurobiology of Learning and Memory*, 87, 597-609.
- Woll, A. (1998). Erwachsene. In K. Bös, W. Brehm (Hrsg.), *Gesundheitssport – Ein Handbuch* (S. 108-116). Schorndorf: Hofmann.
- World Health Organization (1986). *Ottawa charter of health promotion*. Kopenhagen: WHO.
- World Health Organization (1999). *WHO – Internationale Klassifizierung psychischer Störungen – ICD-10* (Kapitel V). Bern, Göttingen, Toronto, Seattle: Hans Huber.
- World Health Organization (2000). *Obesity. Preventing and managing the global epidemic*. Genf: WHO 894.
- World Health Organization (2003). *Process for a global strategy on diet, physical activity and health*. Genf: WHO Technical Report Series.
- World Health Organization (2004). *International Statistical Classification of Diseases and Health Related Problems. The ICD-10* (10. Auflage). Genf: WHO.
- Wydra, G., Leweck, P. (2007). Zur kurzfristigen Trainierbarkeit der Fitness im Schulsport. *Sportunterricht*, 56 (7), 195-200.
- Yaffe, K., Barnes, D., Nevitt, M., Lui, L. Y., Covinsky, K. (2001). A prospective study of physical activity and cognitive decline in elderly women. *Archives of Internal Medicine*, 161, 1703-1708.
- Xiu, M. H., Hui, L., Dang, Y. F., De Hou, T., Zhang, C. X., Zheng, Y. L., Chen, D. C., Kosten, T. R., Zhang, X. Y. (2009). Decreased serum BDNF levels in chronic institutionalized schizophrenia on long-term treatment with typical and atypical antipsychotics. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 33 (8), 1508-1512.
- Zajac, M. S., Pang, T. Y., Wong, N., Weinrich, B., Leang, L. S., Craig, J. M., Saffery, R., Hannan, A. J. (in press). Wheel running and environmental enrichment differentially modify exon-specific BDNF expression in the hippocampus of wild-type and pre-motor symptomatic male and female Huntington's disease mice. *Hippocampus*.
- Zeef, E. J., Sonke, C. J., Kok, A., Buiten, M. M. & Kenemans, L. J. (1996). Perpetual factors affecting age-related differences in focused attention: Performance and psychophysiological analyses. *Psychophysiology*, 33, 555-565.
- Zervas, Y., Apostolos, D. & Klissouras, V. (1991). Influence of physical exertion on mental performance with reference to training. *Perceptual and Motor Skills*, 73, 1215-1221.
- Zimbardo, P. G. (1992). *Psychologie* (5., neu übersetzte und bearbeitete Auflage). Berlin: Springer.
- Zuccato, C. & Cattaneo, E. (2009). Brain-derived neurotrophic factor in neurodegenerative diseases. *Nature Reviews Neurology*, 5 (6), 311-22.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1:	Umgekehrte U-Kurve mit kognitiver Leistungsfähigkeit abgetragen an der y-Achse und Intensität der körperlichen Aktivität unmittelbar davor an der x-Achse	57
Abbildung 3-2:	Position des Hippokampus	70
Abbildung 3-3:	Laterale Ansicht des menschlichen Gehirns	74
Abbildung 4-1:	Messung der momentanen Stimmungslage	95
Abbildung 4-2:	Arbeitsanweisung für den d2-Aufmerksamkeits- und Belastungstest ...	97
Abbildung 4-3:	Fragebogen zur Sportaktivität	98
Abbildung 4-4:	Arbeitsanweisung für den Zahlen-Verbindungs-Test (ZVT)	100
Abbildung 4-5:	Overheadfolie mit Instruktionen für das Frankfurter Aufmerksamkeits-Inventar	101
Abbildung 4-6:	Arbeitsanweisung für das Frankfurter Aufmerksamkeits-Inventar (FAIR)	102
Abbildung 4-7:	Beispiel einer bearbeiteten Zeile des d2-Tests	104
Abbildung 4-8:	Auswertungsbeispiel für die Variablen GZ, F% und KL des d2-Tests für unterschiedliche Altersklassen mit Standardwerten (SW), Prozenträngen (PR) und Quartilen (Q)	105
Abbildung 4-9:	Auswertungstabelle für den Gruppenversuch des ZVT	107
Abbildung 4-10:	Ergebnisse der kognitiven Tests (KL-Wert des d2, KG-Wert des ZVT, K-Wert des FAIR) in den Klassenstufen 6-9	122
Abbildung 4-11:	Ergebnisse der kognitiven Tests (d2, ZVT, FAIR, getestete Variable in Klammern) in den Klassenstufen 6-9 der jeweiligen Gruppen	124
Abbildung 5-1:	Konzentrationsleistung (d2-Test) in den Untersuchungsgruppen (Kunst/Freistunde, Sport und Mathematik) kontrolliert nach Alter ...	130
Abbildung 5-2:	Konzentrationsleistung (ZVT) in den Untersuchungsgruppen (Kunst/Freistunde, Sport und Mathematik) kontrolliert nach Alter ...	131
Abbildung 5-3:	Konzentrationsleistung (FAIR) in den Untersuchungsgruppen (Kunst/Freistunde, Sport und Mathematik) kontrolliert nach Alter ...	132
Abbildung 5-4:	Mittelwerte und Standardabweichungen der Z-Werte (standardisierte Abweichung vom Mittelwert) der Gruppen in den drei Tests	134
Abbildung 5-5:	Vergleich der z-Werte der Testergebnisse des d2 (KL-Wert), ZVT (S-Wert) und FAIR (K-Wert) der Gruppen Sport, Mathematik und Kunst/Freistundengruppe getrennt nach Aktivitätsklassen	141
Abbildung 5-6:	Testwerte des d2, ZVT, FAIR (getestete Variablen in Klammern) der Gruppen (Sport, Mathematik und Kunst/Freistunden-gruppe) getrennt nach schulischen Leistungen	147
Abbildung 5-7:	Testwerte des d2, ZVT, FAIR (getestete Variablen in Klammern) der Gruppen (Sport, Mathematik und Kunst/Freistunden-gruppe) getrennt nach Klassennationalität	149

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1:	Zusammenfassung prospektiver und experimenteller Studien, die den Effekt chronischer körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit von Kindern untersuchen	49
Tabelle 3-2:	Zusammenfassung der Korrelationsstudien zum Zusammenhang chronischer körperlicher Aktivität und Schulleistung bei Kindern.....	54
Tabelle 4-1:	Effekte des akuten und chronischen Sporttreibens auf die akute und chronische kognitive Leistungsfähigkeit	82
Tabelle 4-2:	Untersuchungsdesign.....	84
Tabelle 4-3:	Überblick über die untersuchten Klassen in den einzelnen Gruppen Sport, Mathematik und Kunst/Freistunde	90
Tabelle 4-4:	Baseline-Soziodemographie der Stichproben.....	91
Tabelle 4-5:	Notenumrechnungen des Deutsch-Französischen Gymnasiums (DFG) auf das deutsche Notensystem.....	92
Tabelle 4-6:	Unterrichtsfächer mit zugeordneten Ermüdungsziffern.....	93
Tabelle 4-7:	Item-Skala-Statistiken aller positiven Stimmungsadjektive des PANAS-Stimmungsbarometers.....	113
Tabelle 4-8:	Item-Skala-Statistiken aller negativen Stimmungsadjektive des PANAS-Stimmungsbarometers.....	113
Tabelle 4-9:	Reliabilitätsschätzungen der FAIR-Fehler-Skalen mittels der Paralleltest-Methode	117
Tabelle 4-10:	Korrelationsmatrix zwischen drei Testwerten des FAIR und zwei Testwerten des d2	118
Tabelle 4-11:	Pearson-Korrelationskoeffizienten ausgewählter Skalen der kognitiven Tests.....	119
Tabelle 4-12:	Mittelwerte (mit Standardabweichungen in Klammern) ausgewählter Skalen des d2, ZVT und FAIR getrennt nach Geschlecht.....	120
Tabelle 4-13:	Pearson-Korrelationskoeffizienten des Alters der Probanden mit den kognitiven Testergebnissen.....	121
Tabelle 5-1:	Verlauf der Testergebnisse von der 1. Messung (d2, KL-Wert) über die 2. Messung (ZVT, S-Wert) zur 3. Messung (FAIR, K-Wert)	136
Tabelle 5-2:	Pearson-Korrelationskoeffizienten der kognitiven Tests.....	137
Tabelle 5-3:	PANAS-Werte der momentanen Stimmungslage in den einzelnen Gruppen.....	139
Tabelle 5-4:	Pearson-Korrelationskoeffizienten der kognitiven Tests mit Sportnote und Aktivitätswert.....	140
Tabelle 5-5:	Unterschiede der Jahresendnotenschnitte der Hauptfächer Mathematik, Deutsch und Französisch und Sportnoten des letzten Zeugnisses für Schüler mit aktivem, mittleren und passivem habituellen Sporttreiben	143
Tabelle 5-6:	Pearson-Korrelationskoeffizienten des Jahresendnotenschnitts mit den kognitiven Tests.....	145
Tabelle 5-7:	Gruppeneinteilung nach schulischer Leistung.....	146

Anhang

Inhaltsverzeichnis des Anhangs

Anhang A

A-1	Testbogen zur Konzentrationsfähigkeit	197
A-2	Anleitung zum Konzentrationstest FAIR	209

Anhang B Zusammenhang zwischen Konzentrationsleistung und Alter

Tabelle B-1:	Testergebnisse des d2, ZVT und FAIR der Gruppen getrennt nach Klassenstufen. Getestete Variable in Klammern.....	210
Tabelle B-2:	Ergebnisse der kognitiven Leistungstests (KL-Wert des d2, S-Wert des ZVT, K-Wert des FAIR) in den Klassenstufen 6 bis 9 der jeweiligen Gruppen (Sport, Mathematik, Kunst/Freistundengruppe KF)	210

Anhang C Eigene Untersuchung: Ergebnisse

Tabelle C-1:	Konzentrationsleistung (d2-Test) in den Gruppen (Kunst/Freistunde, Sport und Mathematik) kontrolliert nach Alter = 13,23. Hohe Werte stehen für eine hohe Konzentrationsleistung (in Klammern stehen die unkontrollierten Werte)	211
Tabelle C-2:	Ergebnisse der Post-Hoc-Analyse der paarweisen Vergleiche (LSD) des d2-Tests (KI-Wert) zwischen den Gruppen (Sport S, Mathematik M und Kunst/Freistunde KF) kontrolliert nach Alter, basierend auf geschätzten Randmittelwerten	211
Tabelle C-3:	Konzentrationsleistung (ZVT, Summenwert S) in den Gruppen (Kunst/Freistunde KF, Sport S, Mathematik M) kontrolliert nach Alter. Hohe Werte stehen für eine hohe Konzentrationsleistung (in Klammern stehen die unkontrollierten Werte)	211
Tabelle C-4:	Ergebnisse der Post-Hoc-Analyse (LSD) des ZVT zwischen den Gruppen kontrolliert nach Alter, basierend auf geschätzten marginalen Mittelwerten	212
Tabelle C-5:	Ergebnisse der Post-Hoc-Analyse (LSD) des FAIR (K-Wert) zwischen den Gruppen kontrolliert nach Alter, basierend auf geschätzten marginalen Mittelwerten (in Klammern stehen die nicht kontrollierten Werte).....	212
Tabelle C-6:	Mittelwerte M und Standardabweichungen SD der	

	Konzentrationsleistung (FAIR) in den Gruppen (Kunst/Freistunde KF, Sport S, Mathematik M) kontrolliert nach Alter. Hohe Werte stehen für eine hohe Konzentrationsleistung (in Klammern stehen die unkontrollierten Werte)	212
Tabelle C-7:	Abweichung vom Mittelwert (z-Werte) der Testergebnisse der Gruppen (Sport S, Mathematik M und Kunst/Freistunden- gruppe KF) getrennt nach Aktivitätsklassen (aktiv, mittel, passiv), positive (negative) z-Werte bedeuten ein besseres (schlechteres) Abschneiden als der Durchschnitt dieses Testes.....	213
Tabelle C-8:	Mittelwerte M und Standardabweichungen SD der Konzentrationsleistung (d2: KL-Wert, ZVT: S- und KG-Wert, FAIR: K-Wert) in den Gruppen (Sport S, Kunst/Freistunden- gruppe KF und Mathematik M) getrennt nach deutschen und französischen Klassen. Hohe Werte stehen für eine hohe Konzentrationsleistung	213

Anhang A**A-1 Testbogen zur Konzentrationsfähigkeit****Testbogen zur Konzentrationsfähigkeit**

Datum: _____

Alter: _____

Name: _____

Geburtsdatum: _____

Vorname: _____

Geschlecht: _____

Klasse: _____

Ich bin Rechtshänder. Linkshänder.Muttersprache: Deutsch Französisch**Teil 1:**

Wie fühlst Du Dich jetzt im Moment?

	gar nicht	ein bisschen	einiger- maßen	erheblich	äußerst
Aktiv	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bekümmert	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Interessiert	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Freudig erregt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Verärgert	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Schuldig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Erschrocken	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Stark	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Angeregt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Feindselig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gereizt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Stolz	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Begeistert	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wach	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Beschämt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Entschlossen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nervös	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Durcheinander	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ängstlich	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aufmerksam	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Bitte erst umblättern, wenn der Testleiter die Anweisung dazu gibt!

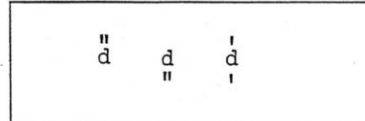
Teil 2: d mit 2 Strichen (d2)

Dies ist ein Test zur Konzentrationsfähigkeit. Keine Angst, er wird weder benotet, noch anderen Lehrern gezeigt.

Auf der nächsten Seite sind lauter d's und p's abgebildet.

Du sollst alle **d's mit 2 Strichen** anstreichen, keine anderen Symbole!

Du sollst also folgende Zeichen anstreichen:



Hast du noch Fragen? Es ist ganz wichtig, dass du alles verstanden hast. Wenn noch etwas unklar ist, dann frage bitte jetzt.

Bevor der richtige Test losgeht, hast du hier erst einmal Gelegenheit zu üben:

Übung:

"	"	!	d	"	d	"	!	d	!	d	"	d	!	!	"	d	"
d	p	d	d	d	d	p	d	d	p	d	d	d	d	p	p	d	d
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

So, jetzt geht es gleich los. Konntest du die Übung gut lösen?
Hast du noch Fragen???

Arbeite möglichst ohne Fehler, aber so schnell du kannst!

Bitte noch nicht umblättern! Erst das Startzeichen abwarten!



Teil 3: Sportaktivität

a) Bist du Mitglied in einem Sportverein/Fitnessstudio ?

ja nein

b) Falls du mit ja geantwortet hast, welche Sportart betreibst du im Verein und wie oft?

1. _____ mal pro Woche für jeweils Minuten.

2. _____ mal pro Woche für jeweils Minuten.

3. _____ mal pro Woche für jeweils Minuten.

c) Hast du am Wochenende Wettkämpfe ?

ja nein

d) Falls du mit ja geantwortet hast, wie oft und in welcher Sportart hast du Wettkämpfe?

1. _____ mal im Monat für Minuten.

2. _____ mal im Monat für Minuten.

e) Betreibst du außerhalb des Schulsports und eines Vereins Sport (z.B. joggen, AGs)?

ja nein

1. _____ mal die Woche für jeweils Minuten.

2. _____ mal die Woche für jeweils Minuten.

3. _____ Tage im Jahr für jeweils Stunden.

4. _____ Tage im Jahr für jeweils Stunden.

f) Fährst du mit dem Fahrrad in die Schule?

ja, an etwa Monaten im Jahr nein

g) Falls du mit ja geantwortet hast, wie viele Minuten brauchst du für Hin- und Rückweg zusammen?

mal die Woche Minuten

h) Wie sehr strengst du dich in der Regel beim Sport (privat und in der Schule an)?

ohne zu schwitzen und ohne Kurzatmigkeit

etwas schwitzen und etwas Kurzatmigkeit

viel schwitzen und Kurzatmigkeit

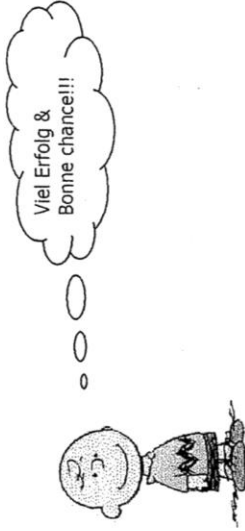
i) Hast du in diesem Trimester mehr als zweimal nicht am Sportunterricht teilgenommen?

ja nein

j) Falls du mit ja geantwortet hast, dann erkläre doch bitte kurz warum:

Teil 4: Zahlenverbindungstest

Die ersten Aufgaben hast du schon super gelöst!
Dann wird dies jetzt auch kein Problem für dich sein:



Aufgabe: Verbinde die Zahlen in fortlaufender Folge:
1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 usw...

Bevor der richtige Test losgeht, hast du hier erst einmal Gelegenheit zu üben:

Übungsaufgabe 1:

ANFANG					
1	2	4	5	6	
19	20	3	7	9	
ENDE					
18	16	13	10	8	
17	14	15	12	11	

Übungsaufgabe 2:

ANFANG					
1	2	4	5	6	
19	20	3	7	9	
ENDE					
18	16	13	10	8	
17	14	15	12	11	

So, jetzt geht es gleich los. Konntest du die beiden Übungen gut lösen? Hast du noch Fragen???

Arbeite möglichst ohne Fehler, aber so schnell du kannst!

Bitte noch nicht umblättern! Erst das Startzeichen abwarten!

ZVTA

1	7	6	14	12	18	19	21	22	23
ANFANG									
2	5	8	13	15	11	17	20	24	26
77	3	4	9	10	16	29	30	27	25
76	78	83	84	85	86	31	28	34	35
75	74	79	82	87	88	32	33	38	36
73	72	81	80	90	89	49	39	40	37
				ENDE					
71	65	64	63	58	50	48	47	46	41
70	66	62	59	56	57	51	53	45	42
69	68	67	61	60	55	54	52	43	44

ZVT C

1	2	7	8	14	15	16	18	24	23
3	6	5	13	9	10	19	17	22	25
41	4	39	38	12	11	20	21	28	26
42	40	44	45	37	36	34	32	27	29
90	43	46	47	49	35	52	33	31	30
89	87	86	83	48	50	51	53	54	56
88	81	82	85	84	69	68	65	55	57
80	77	74	75	70	67	66	64	61	58
78	79	76	73	72	71	63	62	59	60

ANFANG

ENDE

ZVT D

10	8	7	6	2	1	35	36	38	40
11	9	13	3	5	34	33	37	41	39
18	12	14	15	4	31	32	47	42	43
19	17	16	25	28	30	50	46	48	44
21	20	24	27	26	29	51	49	45	54
22	23	85	88	90	68	67	52	53	55
83	84	87	86	89	69	64	66	56	57
82	79	78	75	70	73	65	63	58	60
81	80	76	77	74	71	72	62	61	59

ANFANG

ENDE

Teil 5: Konzentrationstest

Die ersten Aufgaben hast du schon super gelöst!

Dann wird dies jetzt auch kein Problem für dich sein:

Deine Aufgabe wird darin bestehen, in einer Liste von runden Zeichen jene zu finden, welche innen entweder einen

„Kreis mit 3 Punkten“



bzw.



oder ein

„Quadrat mit 2 Punkten“



bzw.

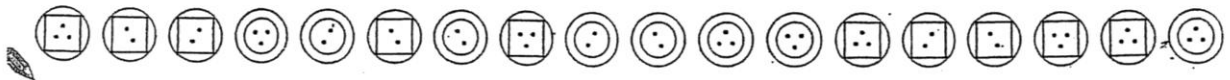


zeigen.

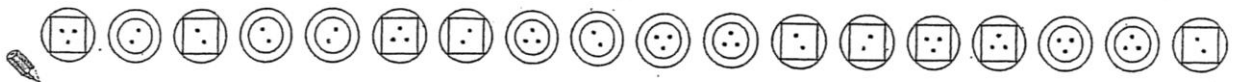
Hast du noch Fragen? Es ist ganz wichtig, dass du alles verstanden hast.
Wenn noch etwas unklar ist, dann frage bitte jetzt.

Bevor der richtige Test losgeht, hast du hier erst einmal Gelegenheit zu üben:

Übung 1:



Übung 2:



So, jetzt geht es gleich los. Konntest du die beiden Übungen gut lösen?
Hast du noch Fragen???

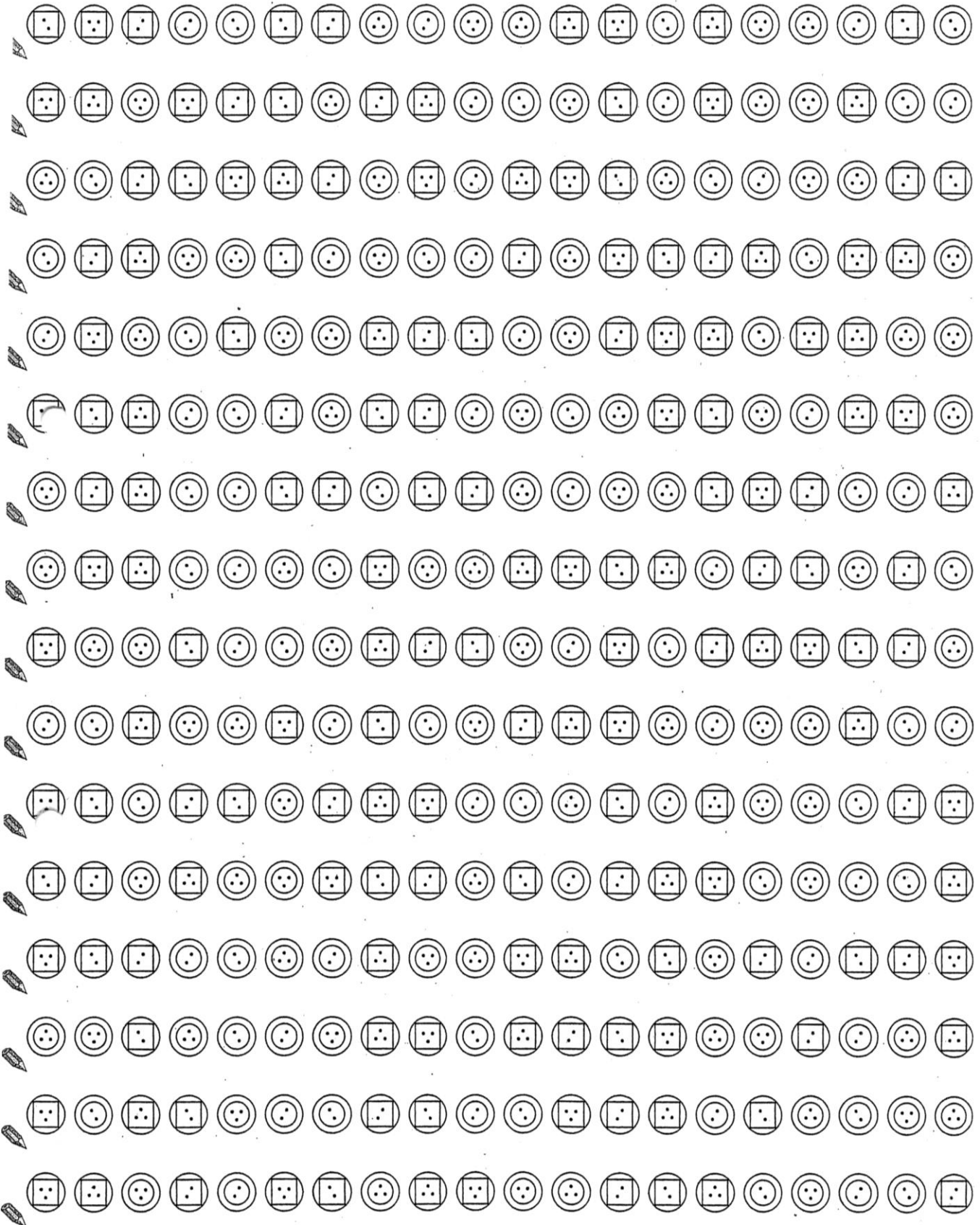
Arbeite möglichst ohne Fehler, aber so schnell du kannst!

Bitte noch nicht umblättern! Erst das Startzeichen abwarten!



Kreis mit 3 Punkten
Quadrat mit 2 Punkten

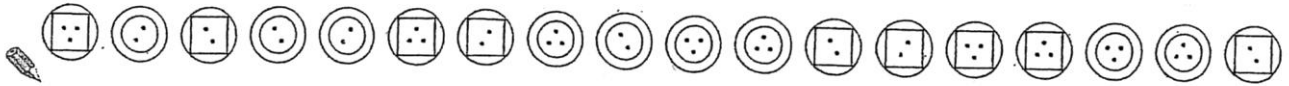
A1



A-2 Anleitung zum Konzentrationstest FAIR

Overheadfolie zu Teil 4: Konzentrationstest

Eine unbearbeitete Zeile sieht so aus:



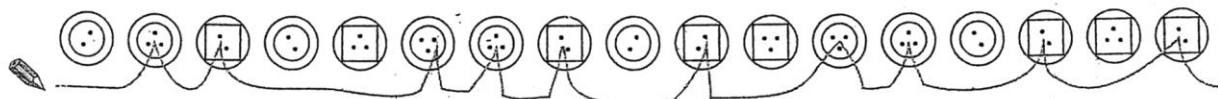
Hier sollen nun folgende Zeichen angestrichen werden:

Ein **Kreis mit 3 Punkten**

oder ein **Quadrat mit 2 Punkten**

RICHTIG:

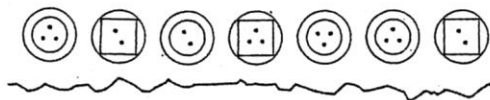
Eine richtig bearbeitete Zeile sollte demnach etwa so aussehen:



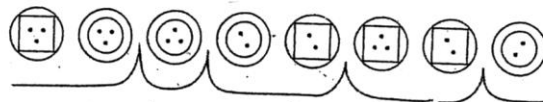
1. Die Linie soll deutlich unter den Zeichen verlaufen.
2. Die Zacken sollen deutlich in die Zeichen hineinragen.
3. Die Linie muss immer bei beginnen und durchgehend bis zum letzten Zeichen verlaufen.

FALSCH:

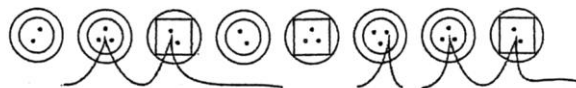
1. Zacken nicht erkennbar



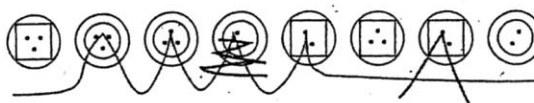
2. Zacken daneben



3. Linie unterbrochen und unvollständig



4. Bearbeitung nachgebessert



Übungszeile: Arbeitet so schnell ihr könnt, aber möglichst ohne Fehler.

Anhang B Zusammenhang zwischen Konzentrationsleistung und Alter

Tabelle B-1: Testergebnisse des d2, ZVT und FAIR der Gruppen getrennt nach Klassenstufen. Getestete Variable in Klammern.

Stufen	d2 (KL)			ZVT (S)			FAIR (K)		
	M	SD	N	M	SD	N	M	SD	N
6	166.94	39.42	65	9.36	1.62	65	320.32	96.56	65
7	170.43	42.81	105	9.42	2.08	106	328.44	90.77	105
8	172.26	40.18	94	9.32	2.10	105	370.20	88.02	100
9	196.79	50.70	95	10.70	1.57	95	395.32	117.93	89
Gesamt	177.25	45.22	359	9.71	1.97	371	355.18	102.54	359

Tabelle B-2: Ergebnisse der kognitiven Leistungstests (KL-Wert des d2, S-Wert des ZVT, K-Wert des FAIR) in den Klassenstufen 6 bis 9 der jeweiligen Gruppen (Sport, Mathematik, Kunst/Freistundengruppe KF)

Stufe und Kondition	d2 (KL)			ZVT (S)			FAIR (K)		
	M	SD	N	M	SD	N	M	SD	N
Sport Stufe 6	160.63	39.57	19	8.43	1.60	19	305.88	98.22	19
Sport Stufe 7	169.72	37.71	47	9.44	1.51	46	328.97	86.51	47
Sport Stufe 8	168.07	39.52	42	9.65	1.77	45	380.34	85.76	40
Sport Stufe 9	209.95	54.29	42	11.04	1.61	42	446.15	104.52	37
KF Stufe 6	194.83	44.64	18	9.82	1.92	18	336.99	101.30	18
KF Stufe 7	183.13	50.47	38	9.68	2.26	40	347.24	93.86	39
KF Stufe 8	192.27	37.46	22	10.67	1.70	30	380.94	93.70	30
KF Stufe 9	180.75	50.54	32	10.44	1.56	32	368.64	113.77	31
Mathematik Stufe 6	153.29	25.39	28	9.70	1.16	28	319.41	94.20	28
Mathematik Stufe 7	147.95	27.80	20	8.85	2.76	20	288.51	86.21	19
Mathematik Stufe 8	163.43	39.28	30	7.49	1.65	30	345.95	83.12	30
Mathematik Stufe 9	194.90	36.04	21	10.44	1.42	21	345.15	116.55	21
Gesamt	177.25	45.22	359	9.71	1.97	371	355.18	102.54	359

Anhang C Eigene Untersuchung: Ergebnisse

Tabelle C-1: Konzentrationsleistung (d2-Test) in den Gruppen (Kunst/Freistunde, Sport und Mathematik) kontrolliert nach Alter = 13,23. Hohe Werte stehen für eine hohe Konzentrationsleistung (in Klammern stehen die unkontrollierten Werte).

	KF N=110	S N=150	M N=99	Ges. N=359	F-Wert	p-Wert
M	185,60 (186,18)	178,19 (179,37)	166,56 (164,11)	(177,25)	4,925 (6,695)	0,008 (0,001)
SD	(46,95)	(47,36)	(36,60)	(45,22)		

Tabelle C-2: Ergebnisse der Post-Hoc-Analyse der paarweisen Vergleiche (LSD) des d2-Tests (KI-Wert) zwischen den Gruppen (Sport S, Mathematik M und Kunst/Freistunde KF) kontrolliert nach Alter, basierend auf geschätzten Randmittelwerten.

(I) Gruppe	(J) Gruppe	Mittlere Differenz (I-J)	Standard Fehler	p-Wert ^a
S	KF	-7.41	5.48	.177
	M	11.64*	5.73	.043
KF	S	7.41	5.48	.177
	M	19.04*	6.10	.002
M	S	-11.64*	5.73	.043
	KF	-19.04*	6.10	.002

a Korrektur für Mehrfachvergleiche: geringste signifikante Differenz (gleichbedeutend mit keiner Korrektur).

* Die Mittlere Differenz ist signifikant (p<0.05). ** p<0.01

Tabelle C-3: Konzentrationsleistung (ZVT, Summenwert S) in den Gruppen (Kunst/Freistunde KF, Sport S, Mathematik M) kontrolliert nach Alter. Hohe Werte stehen für eine hohe Konzentrationsleistung (in Klammern stehen die unkontrollierten Werte).

Summenwert S des ZVT	KG N=120	S N=152	M N=98	Ges. N=370	F	p
M	10,12 (10,15)	9,77 (9,82)	9,13 (9,11)	(9,71)	7,488 (9,796)	.001 (.000)
SD	(1,93)	(1,82)	(1,88)	(1,97)		

Tabelle C-4: Ergebnisse der Post-Hoc-Analyse (LSD) des ZVT zwischen den Gruppen kontrolliert nach Alter, basierend auf geschätzten marginalen Mittelwerten.

Abhängige Variable	(I) Gruppe	(J) Gruppe	Differenz der Mittelwerte (I-J)	Standard Fehler	p-Wert ^a	95% Konfidenzintervall	
						Untere Grenze	Untere Grenze
ZVT S-Wert	S	KF	-.358	.231	.122	-.812	.096
		M	.639 [*]	.247	.010	.153	1.126
	KF	S	.358	.231	.122	-.096	.812
		M	.997 [*]	.259	.000	.487	1.506
	M	S	-.639 [*]	.247	.010	-1.126	-.153
		KF	-.997 [*]	.259	.000	-1.506	-.487

a Korrektur für Mehrfachvergleiche: Geringste signifikante Differenz (gleichbedeutend mit keiner Korrektur).

* Die Differenz der Mittelwerte ist signifikant ($p < .05$).

Tabelle C-5: Ergebnisse der Post-Hoc-Analyse (LSD) des FAIR (K-Wert) zwischen den Gruppen kontrolliert nach Alter, basierend auf geschätzten marginalen Mittelwerten (in Klammern stehen die nicht kontrollierten Werte).

(I) Gruppe	(J) Gruppe	Differenz der Mittelwerte (I-J)	Standard Fehler	p-Wert ^a
S	KF	10.120 (10.722)	12.011 (12.594)	.400 (.671)
	M	32.261 [*] (43.53140 ^{**})	12.801 (13.279)	.012 (.003)
KF	S	-10.120 (-10.722)	12.011 (12.594)	.400 (.671)
	M	22.141 (32.809 [*])	13.316 (13.839)	.097 (.048)
M	S	-32.261 [*] (-43.531 ^{**})	12.801 (13.280)	.012 (.003)
	KF	-22.141 (-32.809 [*])	13.316 (13.839)	.097 (.048)

a Korrektur für Mehrfachvergleiche: Geringste signifikante Differenz (gleichbedeutend mit keiner Korrektur).

* Die Differenz der Mittelwerte ist signifikant ($p < .05$). ** $p < .001$

Tabelle C-6: Mittelwerte M und Standardabweichung SD der Konzentrationsleistung (FAIR) in den Gruppen (Kunst/Freistunde KF, Sport S, Mathematik M) kontrolliert nach Alter, hohe Werte stehen für eine hohe Konzentrationsleistung (in Klammern stehen die unkontrollierten Werte).

K-Wert des FAIR	KF N=118	S N=143	M N=98	Ges. N=359	F-Wert	p-Wert
M	357,20 (354,03)	367,32 (365,58)	335,06 (325,83)	0 (355,18)	3,208 (5,561)	0,042 (0,004)
SD	8,90 (102,53)	8,09 (108,13)	9,85 (95,67)	(102,54)		

Tabelle C-7: Abweichung vom Mittelwert (z-Werte) der Testergebnisse der Gruppen (Sport S, Mathematik M und Kunst/Freistundengruppe KF) getrennt nach Aktivitätsklassen (aktiv, mittel, passiv), positive (negative) z-Werte bedeuten ein besseres (schlechteres) Abschneiden als der Durchschnitt dieses Testes.

Aktivitäts- klasse	Sport			Kunst/Freistunde			Mathe		
	d2 (KL)	ZVT (S)	FAIR (K)	d2 (KL)	ZVT (S)	FAIR (K)	d2 (KL)	ZVT (S)	FAIR (K)
Aktiv	-.075 (N=44)	.022 (N=47)	.212 (N=44)	.275 (N=36)	.619 (N=41)	-.063 (N=40)	-.300 (N=36)	-.202 (N=36)	-.347 (N=36)
Mittel	.099 (N=55)	.096 (N=54)	.096 (N=52)	.048 (N=39)	.024 (N=41)	-.024 (N=41)	-.483 (N=28)	-.338 (N=28)	-.172 (N=28)
Passiv	.096 (N=51)	.036 (N=51)	.152 (N=48)	.288 (N=35)	.011 (N=38)	.240 (N=37)	-.127 (N=35)	-.519 (N=35)	-.283 (N=35)

Tabelle C-8: Mittelwerte M und Standardabweichungen SD der Konzentrationsleistung (d2: KL-Wert, ZVT: S- und KG-Wert, FAIR: K-Wert) in den Gruppen (Sport S, Kunst/Freistundengruppe KF und Mathematik M) getrennt nach deutschen und französischen Klassen. Hohe Werte stehen für eine hohe Konzentrationsleistung.

Gruppen aufgeteilt in deutsche und französi- sche Klassen	d2 (KL)			ZVT (S)			ZVT (KG)			FAIR (K)		
	M	SD	N	M	SD	N	M	SD	N	M	SD	N
Sport Franz	168.76	48.21	74	9.29	1.84	74	107.54	13.77	74	353.18	118.15	69
Sport Deutsch	189.71	44.42	76	10.31	1.67	78	116.23	12.02	78	386.83	89.47	74
KF Franz	173.61	44.81	44	9.30	1.93	46	109.95	16.59	46	320.34	90.27	45
KF Deutsch	194.56	46.79	66	10.68	1.74	74	119.30	12.62	74	384.24	99.39	73
Mathematik Franz	174.02	42.37	44	8.50	2.17	44	97.34	17.97	44	340.31	97.06	44
Mathematik Deutsch	156.18	29.28	55	9.43	1.94	55	115.72	13.35	54	316.26	94.54	54
Gesamt französische Kl.	171.51	45.70	162	9.08	1.95	164	105.48	15.69	164	340.24	104.34	158
Gesamt deutsche Kl.	182,81	40.99	197	10.21	1.77	207	117.20	12.58	206	366.93	94.43	201
Gesamt	177.25	45.22	359	9.71	1.97	371	112.00	15.58	370	355.18	102.54	359

Danksagung

Mein Dank für die hilfreiche Unterstützung dieser Dissertation gilt besonders meinem Doktorvater Prof. Dr. Reinhard Fuchs, der mich in zahlreichen fachlichen und auch persönlichen Gesprächen sehr motiviert hat. Seine konstruktive Kritik und seine vielen Ideen gaben mir immer wieder den nötigen Aufschwung. Ich danke auch Dr. Harald Seelig für seine Geduld und Unterstützung bei allen statistischen Fragen und Problemen.

Ein besonderes Wort des Dankes geht an meine Kollegen des Deutsch-Französischen-Gymnasiums in Freiburg, die mir bei der Organisation dieser Untersuchung beistanden und an die Schüler, die eine Umsetzung erst ermöglichten.

Ein herzliches Dankeschön möchte ich an Carolin Klotz richten, die sich die Zeit nahm, sich durch alle Seiten meiner Dissertation durchzuarbeiten und ihr den nötigen Feinschliff zu verleihen.

Auch möchte ich mich bei meinen Freunden und meinen Eltern bedanken, die mir nicht nur tatkräftig zur Seite standen, sondern auch immer ein offenes Ohr hatten und für die notwendige Abwechslung sorgten. Vielen Dank auch an Daniel Roos für seine Unterstützung beim Endspurt.

Vielen Dank.