

Deutsche Sporthochschule Köln  
Institut für Bewegungs- und Neurowissenschaften  
Geschäftsführender Leiter: Univ.-Prof. Dr. Heiko K. Strüder

**"ÜBER DEN ZUSAMMENHANG VON KÖRPERLICHER AKTIVITÄT,  
SCHLAFQUALITÄT UND EXEKUTIVEN FUNKTIONEN BEI KINDERN MIT  
ADHS."**

Genehmigte Dissertation der Deutschen Sporthochschule Köln  
zur Erlangung des akademischen Grades Dr. rer. nat.

vorgelegt von  
Regine Lehberger  
aus Lennestadt

Köln 2018

**Erste Gutachterin:** Prof. Dr. Dr. Christine Graf

**Zweite Gutachterin:** Prof. Dr. Klara Brixius

**Vorsitzender des Promotionsausschusses:** Prof. Dr. Mario Thevis

**Datum der Disputation:** 18.06.2018

**Versicherung gem. § 7 Abs. 2 Nr. 4 und 5**

Hierdurch versichere ich: Ich habe diese Arbeit selbständig und nur unter Benutzung der angegebenen Quellen und technischen Hilfen angefertigt; sie hat noch keiner anderen Stelle zur Prüfung vorgelegen. Wörtlich übernommene Textstellen, auch Einzelsätze oder Teile davon, sind als Zitate kenntlich gemacht worden.

**Erklärung gem. § 6 Abs. 2 Nr. 10**

Weiterhin erkläre ich, dass ich die „Leitlinien guter wissenschaftlicher Praxis“ der Deutschen Sporthochschule Köln in der aktuellen Fassung eingehalten habe.

..... Köln, 09.03.2018, Regine Lehberger

*FÜR MEINE ELTERN*

## Danksagung

Hiermit möchte ich mich ganz herzlich bei allen Personen bedanken, die mich während meiner Promotionsphase unterstützt haben:

Mein besonderer Dank gilt Frau Prof. Dr. Dr. Christine Graf für die Übernahme meiner Betreuung sowie die Unterstützung und den fachlichen Rat. Weiterhin danke ich Frau Prof. Dr. Klara Brixius für die Durchführung der Zweitkorrektur.

Bedanken möchte ich mich auch bei Herrn Jun. Prof. Dr. Tobias Vogt für die vielen motivierenden Worte und die zahlreichen fachlichen Hilfestellungen, die wesentlich zum Gelingen meiner Arbeit beigetragen haben.

Für das Korrekturlesen bedanke ich mich bei: Frank Antoine, Prof. Dr. Christian Zimmermann und meinen Eltern. In besonderem Maße gilt hierbei der Dank meiner lieben Freundin Dr. Amina Hallab, die mir über das Profi-Korrekturlesen hinaus schon oft durch Diskussionen und emotionale Unterstützung, nicht nur bei wissenschaftlichen Problemen, geholfen hat.

Danke auch an Herrn Dr. Patrick Trotzke, der mir gezeigt hat, wie man Artikel bei einem Journal einreicht und an Frau Esther Hesse für die Hilfe bei der Eingabe der zahlreichen Fragebögen.

Außerdem vielen Dank an alle Eltern und Kinder, die an meiner Untersuchung teilgenommen haben, sowie an die Firma „Streetsurfing-online.de“ für das unkomplizierte Ausleihen der Waveboards.

Meinen Eltern Dr. Jürgen Lehberger und Rosemarie Piroth-Lehberger danke ich für ihr immerwährendes Vertrauen in mich und meinen beruflichen Werdegang wie auch ihre liebevolle Unterstützung in allen Lebenslagen.

Dafür, dass sie immer für mich da und an meiner Seite ist, danke ich meiner Freundin Sandra.

**Inhalt**

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Begriffsbestimmung und aktueller Forschungsstand</b>	<b>5</b>
2.1	Das Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätssyndrom (ADHS) – Definition und Diagnose	5
2.2	Die Prävalenz von ADHS	7
2.3	Ätiologie – zur Entstehung von ADHS	7
2.3.1	Neurophysiologische Ursachen von ADHS	7
2.3.2	Genetische Ursachen von ADHS	10
2.3.3	Umweltfaktoren als Ursache für ADHS	11
2.4	Behandlungsmöglichkeiten bei ADHS	12
2.4.1	Medikamentöse Therapie	12
2.4.2	Verhaltenstherapie	13
2.4.3	Neurofeedback	13
2.4.4	Diäten	14
2.5	Exekutive Funktionen	14
2.5.1	Aufmerksamkeit und Inhibition als Komponenten exekutiver Funktionen	15
2.5.2	Kognitive Tests zur Messung exekutiver Funktionen	16
2.5.3	Die Messung von exekutiven Funktionen über ereigniskorrelierte Potentiale	17
2.6	Exekutive Funktionen bei Kindern mit ADHS	20
2.6.1	Die kognitive Leistungsfähigkeit bei ADHS: Aufmerksamkeit und Inhibition	20
2.6.2	Ereigniskorrelierte Potentiale bei Kindern mit ADHS	21
2.7	Schlaf und Schlafqualität	23
2.7.1	Die Polysomnographie zur objektiven Messung der Schlafqualität	27
2.7.2	Fragebögen zur subjektiven Messung der Schlafqualität	29
2.7.3	Der Einfluss der Schlafqualität auf exekutive Funktionen	29
2.7.4	Der Schlaf bei Kindern mit ADHS	31
2.8	Körperliche Aktivität	34
2.8.1	Der Einfluss von körperlicher Aktivität auf exekutive Funktionen	36
2.8.1.1	Der Einfluss von körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit	37

2.8.1.2	Der Einfluss von körperlicher Aktivität auf ereigniskorrelierte Potentiale	38
2.8.1.3	Der Einfluss von körperlicher Aktivität auf exekutive Funktionen bei Kindern mit ADHS	39
2.8.2	Der Einfluss von körperlicher Aktivität auf die Schlafqualität	41
2.8.3	Der Einfluss von körperlicher Aktivität auf die Schlafqualität bei Kindern mit ADHS	42
2.9	Forschungsziel, Forschungsfragen und wissenschaftliche Relevanz	42
<b>3</b>	<b>Methoden und Material</b>	<b>44</b>
3.1	Untersuchungsdesign der Fragebogenstudie	44
3.1.1	Untersuchungskollektiv der Fragebogenstudie	44
3.1.2	Verfahren und Instrumente der Fragebogenstudie	49
3.2	Studiendesign der Interventionsstudie	50
3.2.1	Untersuchungskollektiv der Interventionsstudie	50
3.2.2	Verfahren und Instrumente der Interventionsstudie	51
3.3	Statistische Auswertungen	57
<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>59</b>
4.1	Ergebnisse der Fragebogenstudie	59
4.1.1	Lebensstilfaktoren in der Fragebogenstudie	59
4.1.2	Körperliche Aktivität in der Fragebogenstudie	60
4.1.3	Schlafqualität in der Fragebogenstudie	61
4.1.4	Zusammenhang ADHS und Bewegung	63
4.1.5	Zusammenhang ADHS und Schlafqualität	63
4.1.6	Zusammenhang Schlafqualität und Bewegung	64
4.1.7	Zusammenhang von ADHS, Schlafqualität und körperlicher Aktivität	65
4.2	Ergebnisse der Interventionsstudie	66
4.2.1	Körperliche Aktivität in der Interventionsstudie	66
4.2.2	Schlafqualität in der Interventionsstudie	66
4.2.3	Kognitive Leistungsfähigkeit und Bewegung	69
4.2.4	Kognitive Leistungsfähigkeit und Schlafqualität	71
4.2.5	Ereigniskorrelierte Potentiale und körperliche Aktivität	71
4.2.6	Ereigniskorrelierte Potentiale und Schlafqualität	71

<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>73</b>
5.1	Diskussion der Methoden	73
5.1.1	Diskussion der Methoden der Fragebogenstudie	76
5.1.1.1	Diskussion des Studiendesigns der Fragebogenstudie	77
5.1.1.2	Diskussion der Instrumente und Verfahren der Fragebogenstudie	78
5.1.2	Methodenkritik in Bezug auf die Interventionsstudie	82
5.1.2.1	Diskussion des Studiendesigns der Interventionsstudie	83
5.1.2.2	Diskussion der Instrumente und Verfahren der Interventionsstudie	84
5.2	Überprüfung des Zusammenhangs von körperlicher Aktivität, ADHS-Diagnose und Schlafqualität durch subjektive Verfahren	87
5.2.1	Perspektiven und Begrenzungen der Fragebogenstudie	89
5.3	Auswirkungen von körperlicher Aktivität auf die Schlafqualität bei Kindern mit ADHS	90
5.3.1	Perspektiven und Begrenzungen des ersten Teils der Interventionsstudie	94
5.4	Auswirkungen von körperlicher Aktivität auf exekutive Funktionen bei Kindern mit ADHS	96
5.4.1	Perspektiven und Begrenzungen des zweiten Teils der Interventionsstudie	97
5.5	Einfluss der Schlafqualität auf exekutive Funktionen bei Kindern mit ADHS	98
5.5.1	Perspektiven und Begrenzungen des dritten Teils der Interventionsstudie	103
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Schlussfolgerung</b>	<b>105</b>
<b>7</b>	<b>Abstract</b>	<b>107</b>
	<b>Quellen</b>	<b>109</b>
	<b>Anhang</b>	<b>149</b>
	<b>Lebenslauf</b>	<b>163</b>

## I Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle 1</b>	Übersicht über die Hirnstrukturen und deren Funktion, die für diese Arbeit relevant sind.	9
<b>Tabelle 2</b>	Kennzeichen der einzelnen Schlafphasen.	24
<b>Tabelle 3</b>	Übersicht über die messbaren Parameter einer Polysomnographie.	25
<b>Tabelle 4</b>	Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen in Bezug auf anthropometrische Daten.	45
<b>Tabelle 5</b>	Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen in Bezug auf das Gewicht.	45
<b>Tabelle 6</b>	Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen in Bezug auf die ADHS-Diagnose.	46
<b>Tabelle 7</b>	Unterschiede zwischen ADHS- und Kontrollgruppe in Bezug auf die Schlafstörungen.	46
<b>Tabelle 8</b>	Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen in Bezug auf die Dauer des Medienkonsums.	47
<b>Tabelle 9</b>	Unterschiede zwischen ADHS- und Kontrollgruppe in Bezug auf die Dauer des Medienkonsums.	47
<b>Tabelle 10</b>	Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen in Bezug auf die Dauer der sportlichen Aktivitäten.	48
<b>Tabelle 11</b>	Unterschiede zwischen ADHS- und Kontrollgruppe in Bezug auf die Dauer der sportlichen Aktivitäten.	48
<b>Tabelle 12</b>	Angaben der Eltern zur ADHS-bezogenen Medikation ihrer Kinder.	51
<b>Tabelle 13</b>	Ausgewählte Daten zu Lebensstilfaktoren in der Untersuchungsgruppe.	59
<b>Tabelle 14</b>	Vergleich der PAQ-Score Werte in den beiden Gruppen ADHS und Kontrolle.	60
<b>Tabelle 15</b>	Vergleich der CSHQ-Items zwischen den beiden Gruppen ADHS und Kontrolle.	61
<b>Tabelle 16</b>	Vergleich der Score-Ergebnisse aus dem CSHQ-Elternfragebogen mit ADHS-Diagnose als Gruppenvariable.	62
<b>Tabelle 17</b>	Vergleich der Ergebnisse aus dem SSR-Kinderfragebogen mit ADHS - Diagnose als Gruppenvariable.	63
<b>Tabelle 18</b>	Binär logistisches Regressionsmodell; Kriterium: ADHS-Diagnose.	63
<b>Tabelle 19</b>	Binär logistisches Regressionsmodell; Kriterium: ADHS-Diagnose.	64
<b>Tabelle 20</b>	Einfaches lineares Regressionsmodell; Kriterium: CSHQ-Score	65

	(Schlafqualität).	
<b>Tabelle 21</b>	Binär logistisches Regressionsmodell; Kriterium: Elternangabe Schlafstörung.	65
<b>Tabelle 22</b>	Binär logistisches Regressionsmodell; Kriterium: Kindereinschätzung Schlafstörung (SSR).	65
<b>Tabelle 23</b>	Vergleich der Variablen der Polysomnographie in Bezug auf die unterschiedlichen Belastungsformen (ANOVA).	68
<b>Tabelle 24</b>	Vergleich der Ergebnisse der Tests zur kognitiven Leistungsfähigkeit in Bezug auf die unterschiedlichen Belastungsformen (ANOVA).	69
<b>Tabelle 25</b>	Vergleich der nicht parametrischen Ergebnisse der Tests zur kognitiven Leistungsfähigkeit in Bezug auf die unterschiedlichen Belastungsformen (Friedman-Test).	70
<b>Tabelle 26</b>	Korrelationen der Parameter zur kognitiven Leistungsfähigkeit mit Parametern der Schlafqualität (Pearson-Korrelation).	71
<b>Tabelle 27</b>	Signifikante Korrelationen zwischen ereigniskorrelierten Potentialen und Parametern der Schlafqualität (Pearson-Korrelation).	72

## II Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1.</b>	Übersicht über die wesentlichen Kriterien der Diagnosesystem DSM-V und ICD-10.	6
<b>Abbildung 2.</b>	Schema möglicher ereigniskorrelierter Potentiale.	18
<b>Abbildung 3.</b>	Schlafzyklen im Verlauf einer Nacht (Schema eines Hypnogramms).	24
<b>Abbildung 4.</b>	EEG-Rhythmen, die verschiedene Schlafstadien kennzeichnen (verändert nach Horne 1988).	28
<b>Abbildung 5.</b>	Elektrodenplatzierungen im Rahmen einer Polysomnographie (Elektroden O1/OP2 optional).	29
<b>Abbildung 6.</b>	Übersicht über das Versuchsdesign der Interventionsstudie.	52
<b>Abbildung 7.</b>	Darstellung des Paradigmas aus dem einfachen Reaktions-test.	54
<b>Abbildung 8.</b>	Darstellung des Paradigmas aus dem Farb-Diskriminations-test.	55
<b>Abbildung 9.</b>	Darstellung des Paradigmas aus dem Zahlen-Diskriminations-test.	56
<b>Abbildung 10.</b>	Negative Korrelation zwischen PAQ-Gesamtscore und SSR-	64

Score.

**Abbildung 11.** Varianzanalyse der REM-Latenz nach unterschiedlichen Belastungsbedingungen (\*Signifikanz). 67

**Abbildung 12.** Übersicht über die Korrelationen zwischen Parametern der Schlafqualität und ereigniskorrelierten Potentialen bei Kindern mit ADHS (schwarzer Pfeil = positive Korrelation, grauer Pfeil = negative Korrelation). 102

### III Abkürzungsverzeichnis

<b>AASM 2014</b>	American Academy of Sleep Medicine
<b>ADHD</b>	Attention-deficit/hyperactivity disorder
<b>ADHS</b>	Aufmerksamkeits-Defizit-Hyperaktivitätssyndrom
<b>AI</b>	Arousal index (Anzahl der Arousals)
<b>ANOVA</b>	Analysis of variance (univariate Varianzanalyse für Messwiederholungen)
<b>BMI</b>	Body Mass Index (Körpermasseindex)
<b>bpm</b>	Beats per minute (Schläge pro Minute)
<b>CHILT</b>	Children's Health Interventional Trial
<b>CPT</b>	Continous Performance Test
<b>CSHQ-DE 4-10</b>	Children's sleep habits questionnaire (Schlaffragebogen für Eltern), Deutsche Version
<b>DISYPS-II</b>	Diagnostik-System für psychische Störungen nach ICD- 10 und DSM-IV für Kinder und Jugendliche II
<b>DSM-V</b>	Diagnostic and Statistical Manual of mental Disorders (Diagnostischer und statistischer Leitfaden psychischer Störungen der amerikanischen psychiatrischen Gesellschaft), Version V
<b>EEG</b>	Elektroenzephalogramm
<b>F</b>	Gesamtzahl der Fehler im d2 Test
<b>F1</b>	Auslassungsfehler in d2 Test
<b>F2</b>	Verwechslungsfehler im d2 Test
<b>FBB-</b>	Fremdbeurteilungsbogen Hyperkinetische Störungen / Aufmerksamkeits-
<b>HKS/ADHS</b>	defizit- / Hyperaktivitätsstörungen
<b>fmRI</b>	Functional magnetic resonance imaging (funktionelle Magnetresonanztomographie)
<b>GZ</b>	Gesamtzahl der bearbeiteten Zeichen im d2 Test
<b>GZ-F</b>	Gesamtzahl der bearbeiteten Zeichen abzüglich der Gesamtfehlerzahl im

	d2 Test
<b>HRmax</b>	Maximale Herzfrequenzrate
<b>ICD-10-GM</b>	International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems (Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme der Weltgesundheitsorganisation (WHO), 10. Revision, Deutsche Version)
<b>Ver- sion 2017</b>	
<b>ICSD</b>	International Classification of Sleep Disorders (internationales Klassifikationssystem für Schlafstörungen)
<b>KL</b>	Konzentrationsleistung im d2 Test
<b>M</b>	Mittelwert
<b>Math</b>	Mathematiktest (Diskriminationstest zur kognitiven Leistungsfähigkeit)
<b>mPFC</b>	Medialer präfrontaler Cortex
<b>MT</b>	Motor time (motorische Zeit, die Zeit zwischen dem Abheben des Fingers und der Berührung des jeweiligen Stimulus)
<b>NOA</b>	Number of awakenings (Anzahl der Wachphasen nach dem Schlafbeginn)
<b>NT</b>	Neuronal time (neuronale Verarbeitungszeit, die Zeit zwischen dem Erscheinen des Stimulus und dem Abheben des Zeigefingers vom Startquadrat)
<b>PAQ-C</b>	Physical Activity Questionnaire for Children (Fragebogen über das Aktivitätsniveau von Kindern)
<b>PFC</b>	Präfrontaler Cortex
<b>PLMS</b>	Periodic limb movements in sleep (Periodische Beinbewegungen im Schlaf)
<b>Rec</b>	Recognition (Visueller Erkennungstest zur kognitiven Leistungsfähigkeit)
<b>REM</b>	Rapid eye movement (Traumschlaf)
<b>REML</b>	REM-latency (REM-Latenz)
<b>RLS</b>	Restless legs Syndrom
<b>RT</b>	Reaction test (Reaktionstest zur kognitiven Leistungsfähigkeit)
<b>S1-S4</b>	Sleep stages 1-4 (Schlafphasen 1-4)
<b>SD</b>	Standardabweichung
<b>SE</b>	Sleep efficiency (Schlafeffizienz)
<b>SL</b>	Sleep latency (Schlaflatenz)
<b>SSR-DE</b>	Sleep self report (Schlafragebogen für Kinder, deutsche Version)
<b>SWS</b>	Slow wave sleep

<b>TIB</b>	Time in bed (Zeit vom Löschen des Lichts bis zum Aufstehen)
<b>TSP</b>	Total sleep phase (Gesamtzeit der in Schlafphasen verbracht wurde)
<b>TST</b>	Total sleep time (Gesamtschlafzeit vom Einschlafen bis zum Aufwachen)
<b>WASO</b>	Wake after sleep onset (Wachzeit nach dem Schlafbeginn)

*Zum besseren Verständnis und aus Gründen der Lesbarkeit werden einige Begriffe zusätzlich im Text erläutert.*

## 1 Einleitung

Das Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätssyndrom (ADHS) ist mit einer weltweit geschätzten Prävalenz von 1,5-5% eines der häufigsten Störungsbilder in der Kinder- und Jugendpsychiatrie (Bachmann, Philpsen & Hoffmann 2017; Jenni 2016; Polanczyk et al. 2007). Die Ursachen der Erkrankung sind noch nicht hinreichend geklärt, vermutlich liegt jedoch eine Störung im Neurotransmitterhaushalt zugrunde (Caylak 2012; Solanto 2002; Jenni 2016), die sich in den Kernsymptomen Unaufmerksamkeit, Hyperaktivität und Impulsivität äußert (Banaschewski & Döpfner 2014). Die Ausprägung dieser Symptome führt bei den Betroffenen zu großen schulischen, psychosozialen und körperlichen Problemen (Banaschewski et al. 2017):

In der Schule beispielsweise stören Kinder mit ADHS durch ihr Verhalten den Unterricht und beeinträchtigen damit sowohl ihren Lernprozess als auch den der Mitschüler. Als Konsequenz haben Kinder mit ADHS durchschnittlich schlechtere schulische Noten als ihre Mitschüler (Suades-Gonzalez et al. 2017; Kortekaas-Rijlaarsdam et al. 2017), was wiederum zur Folge hat, dass sie seltener einen Hochschulabschluss und dadurch später einen niedrigeren sozio-ökonomischen Status erreichen (Banaschewski et al. 2017; Erskine et al. 2016; Payne, Kelsberg & Safranek 2011). Ein geringer sozio-ökonomischer Status und ein geringes Selbstwertgefühl können auch dazu beitragen, dass ein kriminelles Verhalten entwickelt wird. Tatsächlich haben von ADHS betroffene Personen ein dreifach erhöhtes Risiko straffällig zu werden (Mohr-Jensen & Steinhausen 2016; Erskine et al. 2016; Watts 2016).

Neben den beschriebenen akademischen Problemen treten auch Störungen im zwischenmenschlichen Bereich auf. Kinder mit ADHS-Diagnose haben seltener beste Freunde und werden von Mitschülern eher abgelehnt, weil diese die häufig in der Schule auftretenden Verhaltensauffälligkeiten wie Unaufmerksamkeit, Aggression und Regelmissachtung als negativ bewerten und sich von diesen sowie den daraus folgenden Konsequenzen gestört fühlen (Mrug et al. 2009; Villodas et al. 2014). Gleichsam beeinflusst das Verhalten der Kinder mit ADHS auch die Beziehung zu deren Eltern negativ, da sie weniger oft die Anweisungen der Erziehungsberechtigten befolgen, jedoch häufiger Hilfe und Unterstützung anfordern als die Geschwisterkinder (Barkley et al. 1991; Usami 2016), die ebenfalls unter dieser Situation leiden. Sie fühlen sich beispielsweise von den Geschwistern mit ADHS schikaniert und empfinden das Zusammenleben oft als belastend (Kendall 1999; Peasgood et al. 2016).

ADHS hat jedoch nicht nur Auswirkungen auf den psychosozialen Bereich, sondern

auch auf das körperliche Wohlbefinden der betroffenen Personen. Die Symptome Unaufmerksamkeit, Impulsivität und Hyperaktivität können beispielsweise dazu führen, dass sie häufiger Unfälle erleiden als Kinder ohne Diagnose (Kang, Lin & Chung 2013). Hierbei ist das Risiko in schwerwiegende Unfälle verwickelt zu sein um etwa das Dreifache höher als bei Kindern ohne ADHS (Merrill et al. 2009). Neben diesen unbeabsichtigten Verletzungen haben Personen mit ADHS zudem während ihrer gesamten Lebenszeit ein erhöhtes Risiko sich beabsichtigt selbst zu verletzen, Suizidversuche und auch Suizid zu begehen (Yoshimasu et al. 2017; Balazs et al. 2014).

Neben den nun beschriebenen Grundmerkmalen und Auffälligkeiten treten bei etwa 70-85% der betroffenen Kinder assoziierte Begleiterkrankungen auf (Jenni 2016; Steinhausen et al. 2006), die eine zusätzliche Belastung für die Betroffenen und deren Familien darstellen und die Grundsymptome von ADHS verstärken können (Cassoff, Bhatti & Gruber 2014). Häufige Komorbiditäten sind hierbei Ticstörungen (Simpson, Jung & Murphy 2011), Angststörungen (Maric, Bexkens & Bogels 2018; Sciberras et al. 2014), Sprach- und Lernschwierigkeiten (Taanila et al. 2014; Sciberras et al. 2015) sowie Schlafstörungen (Banaschewski et al. 2017). Mit einer Prävalenz von 70-85% sind Schlafstörungen eine der häufigsten komorbiden Erkrankungen bei Kindern mit ADHS (Craig et al. 2017), die sich zusätzlich schlecht auf die Gedächtniskonsolidierung und damit die Lernleistung der Kinder auswirken (Roca et al. 2012; Karpinski, Scullin & Montgomery-Downs 2008; Kuula et al. 2015).

Neben den beschriebenen individuellen Folgen hat ADHS jedoch auch eine erhebliche gesundheitsökonomische Relevanz für die Gesellschaft (Schlack et al. 2007; Cortese et al. 2017; Polanczyk et al. 2007; Braun et al. 2013), was die jährlich steigenden Ausgaben für die Erkrankung belegen: Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes wurden 2002 noch 177 Millionen Euro zur Behandlung der Störung ausgegeben, 2004 bereits 234 Millionen Euro und 2006 341 Millionen Euro. Zum Vergleich: die Kosten für die Behandlung von Asthma lagen im Schnitt relativ stabil bei jeweils 265 Millionen Euro pro Jahr im gleichen Zeitraum (Wehmeier, Schacht & Rothenberger 2009).

Die Auswirkungen von ADHS sind also auf individueller wie gesellschaftlicher Ebene immens und Erfolg versprechende Therapieoptionen sind daher von großer Bedeutung. Derzeit wird eine multimodale Therapie empfohlen, die medikamentöse Behandlung sowie nicht pharmakologische Maßnahmen, wie kognitives Training, Verhaltenstherapie (Banaschewski et al. 2017; Sprich et al. 2016), Neurofeedback (Gelade et al. 2016; Gelade et al. 2017) oder Diäten vorsieht (Nigg & Holton 2014). Die Gabe

von Stimulanzien als medikamentöse Therapie hat sich aktuell als erfolgreichste Methode zur Behandlung der ADHS-Symptome etabliert (Visser et al. 2014; Cortese et al. 2017), wobei jedoch etwa ein Drittel der behandelten Kinder nicht auf diese Behandlung anspricht (Elliott et al. 2014) oder die starken Nebenwirkungen nicht toleriert (Busardo et al. 2016). Als Nebenwirkungen treten häufig Schlafstörungen, Alpträume, Appetitlosigkeit, Reizbarkeit und Ängstlichkeit auf (Rajeh et al. 2017). Verhaltenstherapie und Neurofeedback werden oft als zusätzliche Maßnahmen neben der Medikamentengabe durchgeführt, da sie als eigenständige alternative Therapieoption als weniger wirksam eingestuft werden (Rajeh et al. 2017; Gevensleben et al. 2014). In Bezug auf Diäten (z. B.: das Weglassen von Nahrungsfarbstoffen oder die Gabe von mehrfachgesättigten Fettsäuren) als eigenständige Behandlungsmethode konnten bisher keine oder nur geringe Effekte für den therapeutischen Einsatz nachgewiesen werden (Pelsler et al. 2017).

Da sich körperliche Aktivität positiv auf die psychosoziale Entwicklung von Kindern, die allgemeine Gesundheit und die Lebensqualität auswirkt (Myer et al. 2015; Graf et al. 2014; Graf et al. 2017), wären bewegungsbezogene Maßnahmen auch als Möglichkeit zur Verbesserung von ADHS denkbar. Hierbei konnte ein allgemeiner positiver Einfluss von körperlicher Aktivität auf die ADHS-Symptomatik bei Kindern bereits belegt werden (Ziereis & Jansen 2015; Silva et al. 2015; Gapin, Labban & Etnier 2011; Hill et al. 2011; Hartanto et al. 2016; Den Heijer et al. 2016). In diesem Zusammenhang hat körperliche Aktivität als alternative Behandlungsmethode von ADHS den Vorteil, dass sie keine Nebenwirkungen auslöst, wie beispielsweise die medikamentöse Therapie. Mögliche negative Folgen von körperlicher Aktivität können zwar Verletzungen, Überlastungsschäden oder Übertraining sein (Lehnert 2014; Fone & Nutt 2005), jedoch übersteigen die positiven Effekte bei Weitem die gesundheitlichen Risiken (Schneider & Diehl 2014). Neben den allgemeinen Auswirkungen auf die Gesundheit kann körperliche Aktivität auch spezielle Prozesse des menschlichen Körpers, wie exekutive Funktionen und die Schlafqualität, positiv beeinflussen. Exekutive Funktionen sind metakognitive Prozesse, die an zielorientiertem und situationsangepasstem Verhalten beteiligt sind (Drechsler 2007) und deren Störung sich bei ADHS insbesondere durch die Symptome Unaufmerksamkeit und Impulsivität äußert (Crippa et al. 2014; Banaschewski et al. 2004; Castellanos et al. 2006). Es konnte bereits gezeigt werden, dass sich exekutive Funktionen durch körperliche Aktivität verbessern lassen (Diamond & Lee 2011; Hopkins et al. 2012; Dishman et al. 2006; Best & Miller 2010; Lehnert 2014), jedoch ist die Studienlage in Bezug auf die konkreten Auswirkungen von körperlicher Aktivität auf exekutive

Funktionen bei Kindern mit ADHS noch sehr gering. Außerdem sind die vorliegenden Ergebnisse aufgrund der unterschiedlichen zu untersuchenden Aspekte exekutiver Funktionen auch sehr heterogen (Hoza et al. 2016; Verret et al. 2012).

Neben körperlicher Aktivität hat auch die Schlafqualität einen Einfluss auf exekutive Funktionen (Roca et al. 2012; Karpinski, Scullin & Montgomery-Downs 2008), wobei eine schlechte Schlafqualität beispielsweise mit Unaufmerksamkeit (Barnes, Gozal & Molfese 2012) assoziiert ist. Da sich auch die Schlafqualität durch körperliche Aktivität positiv beeinflussen lässt (Lehberger 2005; Awad et al. 2013; Driver & Taylor 2000), sind kumulierende Effekte im Zusammenhang mit bewegungsbezogenen Maßnahmen zu erwarten. Bei Schlafstörungen wird körperliche Aktivität bereits als akzeptierte Behandlungsmethode angesehen (Flausino et al. 2012; Veqar & Hussain 2012; Youngstedt 2005), jedoch beziehen sich die meisten Studien und Empfehlungen in diesem Kontext auf erwachsene Personen. Obwohl auch bei Kindern die Annahme besteht, dass sich körperliche Aktivität positiv auf die Schlafqualität auswirkt, gibt es leider kaum Studien aus diesem Feld (Kalak et al. 2012; Dworak et al. 2008). Eine große Forschungslücke zeigt sich insbesondere in Bezug auf die Schlafqualität bei Kindern mit ADHS (Fischman, Kuffler & Bloch 2015; Kirov & Brand 2014; Gruber, Sadeh & Raviv 2000). Im Rahmen der aktuellen Literaturrecherche konnten keine Studien gefunden werden, die den Einfluss körperlicher Aktivität auf die Schlafqualität bei Kindern mit ADHS darlegen und nur wenige, die den Einfluss auf exekutive Funktionen bei dieser Gruppe untersuchen (Hoza et al. 2016; Verret et al. 2012).

*Aufgrund der oben beschriebenen Forschungslücken soll in der vorliegenden Arbeit der Zusammenhang von körperlicher Aktivität, exekutiven Funktionen und der Schlafqualität bei Kindern mit ADHS untersucht werden.*

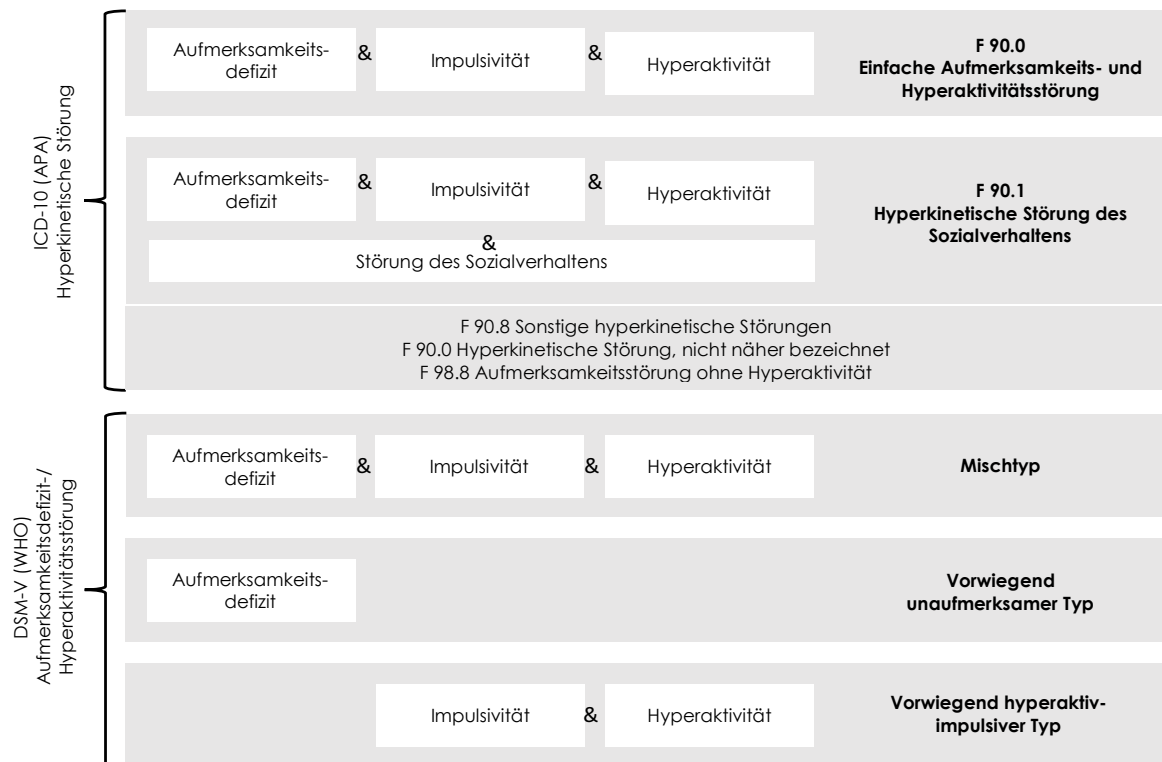
## **2 Begriffsbestimmungen und aktueller Forschungsstand**

### **2.1 Das Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätssyndrom (ADHS) – Definition und Diagnose**

Das Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätssyndrom ist eine verhaltens- und emotionale Störung, deren Manifestation vor der Einschulung in den ersten fünf Lebensjahren erfolgt (ICD-10-GM Version 2017, F 90.0). Grundmerkmal der Erkrankung ist eine allgemein mangelnde Ausdauer bei der Ausführung von Tätigkeiten und die Neigung zu einer anderen Beschäftigung zu wechseln, bevor eine andere abgeschlossen ist. Dies zeigt sich insbesondere bei kognitiv fordernden Tätigkeiten. Zudem äußert sich die Erkrankung ADHS in einem unruhigen Verhalten, beispielsweise in der Unfähigkeit still zu sitzen. Ein weiteres Grundmerkmal ist die Impulsivität, die sich häufig durch sozial nicht angemessene und mangelhaft regulierte motorische und/oder verbale Aktivität zeigt (Butcher, Mineka & Hooley 2009; Gawrilow 2009; Banaschewski et al. 2017).

Die Diagnose erfolgt, wie bei vielen neuropsychiatrischen Erkrankungen, mithilfe von Fragebögen, Checklisten, psychometrischen Tests oder standardisierten Gesprächen (Schulte-Körne 2008; Blanz et al. 2005), wobei es unterschiedliche Instrumente gibt, abhängig vom Alter der betroffenen Person bzw. davon, ob auch die Eltern oder dritte Personen, wie zum Beispiel Lehrkräfte zur Absicherung der Diagnose befragt werden (Banaschewski et al. 2017; Breuer, Wolff Metternich & Döpfner 2009). Außerdem müssen andere Erkrankungen ausgeschlossen werden, die ebenfalls die Symptome Unaufmerksamkeit, Impulsivität und Unruhe umfassen können, wie zum Beispiel Epilepsie oder Angststörungen (Martinson-Schittkowski, Bender & Tolzin 2009; Gawrilow 2009; Jenni 2016).

Die beiden international gebräuchlichen Klassifikationssysteme für ADHS, DSM-5 (der American Psychiatric Association) und ICD-10 (der Weltgesundheitsorganisation) verwenden ähnliche Operationalisierungen in Form von 18 Frageitems, die die einzelnen Hauptsymptombereiche betreffen (Banaschewski & Döpfner 2014). Die beiden Klassifikationssysteme unterscheiden sich jedoch in der Zuordnung der Fragen zu den jeweiligen Kernsymptomen und in den jeweiligen Anforderungen für eine positive Diagnostik. Weiterhin können in Bezug auf das jeweils schwerpunktmäßig auftretende Grundmerkmal ADHS-Subtypen klassifiziert werden (vgl. Abb. 1), die sich ebenfalls je nach ausgewähltem Diagnosesystem voneinander unterscheiden (Görtz-Dorten & Döpfner 2009).



**Abbildung 1.** Übersicht über die wesentlichen Kriterien der Diagnosesysteme DSM-V und ICD-10.

Im Rahmen der ICD-10 Diagnose wird für die Feststellung der einfachen Aktivitäts- und Aufmerksamkeitsstörung (F 90.0) das Vorliegen von mindestens sechs von neun Symptomen des Symptombereichs ‚Unaufmerksamkeit‘, drei von fünf Symptomen des Bereichs ‚Hyperaktivität‘ und eins von vier Symptomen des Bereichs ‚Impulsivität‘ gefordert. Zur Diagnose einer hyperkinetischen Störung des Sozialverhaltens (F 90.1) müssen zusätzliche Kriterien für die Störung des Sozialverhaltens erfüllt sein (Banaschewski & Döpfner 2014). Das DSM-V Diagnosesystem definiert drei verschiedene Erscheinungsformen, beziehungsweise Subtypen von ADHS, wobei zur Diagnose des Symptombereichs ‚Unaufmerksamkeit‘ mindestens sechs von neun Symptomen auftreten müssen und zur Diagnose des Symptombereichs ‚Impulsivität/Hyperaktivität‘ mindestens sechs von neun Symptomen. Auf dieser Basis werden die Subtypen Mischform (Unaufmerksamkeit und Impulsivität/Hyperaktivität), vorwiegend unaufmerksamer Typ (Unaufmerksamkeit) und vorwiegend hyperaktiv-impulsiver Typ (Impulsivität/Hyperaktivität) unterschieden (Banaschewski & Döpfner 2014). Die einzelnen Subtypen können zudem in Kombination vorkommen und im zeitlichen Verlauf unterschiedlich stark ausgeprägt sein (Weissenberger et al. 2017). Weitere gemeinsame Diagnosekriterien sind bei ICD-10 und DSM-V das Auftreten der Symptome über mindestens sechs Monate

und in einem Ausmaß, das nicht mit dem Alter, der Intelligenz und dem Entwicklungsstand des Kindes zu vereinbaren ist. Außerdem muss das Leiden oder die Beeinträchtigung situationsübergreifend in mehreren Lebensbereichen auftreten, zum Beispiel im familiären, schulischen oder beruflichen Kontext (Schulte-Körne 2008; Huss 2008; Jenni 2016).

## **2.2 Die Prävalenz von ADHS**

Die Angaben zur Prävalenz von Kindern mit ADHS-Erkrankung schwanken etwa zwischen 3,9% und 12% (Archer & Kostrzewa 2012; Brook & Boaz 2005), wobei Jungen generell drei bis viermal häufiger von ADHS betroffen sind als Mädchen (Lindemann et al. 2012; Fleming et al. 2017). In Deutschland sind um die 4,8% der Kinder und Jugendlichen diagnostiziert (Huss 2008). Bei 50-66% aller Betroffenen persistieren die Symptome auch im Erwachsenenalter (Jenni 2016; Biederman et al. 1996), wobei ADHS dann als chronische Erkrankung bezeichnet werden kann (Weissenberger et al. 2017). Die Angaben zur Prävalenz sind so divergent, da die beiden oben erläuterten unterschiedlichen Klassifikationssysteme verwendet werden und bisher noch keine Biomarker zum eindeutigen Nachweis der Erkrankung vorliegen (Banaschewski et al. 2017; Huss 2008; Jenni 2016; Petermann & Toussaint 2009).

## **2.3 Ätiologie – zur Entstehung von ADHS**

Die Ursachen von ADHS sind noch nicht vollständig geklärt (Blanz et al. 2005). Es wird vermutet, dass an der Entstehung dieses komplexen Störungsbildes ein Zusammenspiel von Umwelt- sowie auch genetischen Faktoren zugrunde liegt (Huss 2008). Im Folgenden werden daher neuropsychologische, genetische und umweltbedingte Risikofaktoren genauer beleuchtet.

### **2.3.1 Neurophysiologische Ursachen von ADHS**

Auf neurophysiologischer Ebene wird vermutet, dass ADHS durch eine Störung im Neurotransmittersystem hervorgerufen wird (Solanto 2002; Caylak 2012), wobei eine Fehlregulation von Dopamin und Noradrenalin die Beeinträchtigung der zugrunde liegenden kognitiven Mechanismen verursacht (Wigal et al. 2003; Volkow et al. 2009; Arnsten & Li 2005). Diese physiologische Beeinträchtigung betrifft unterschiedliche Hirnregionen (vgl. Tab. 1), wie beispielsweise die Basalganglien, den posterioren parietalen Cortex und den Nukleus caudatus (Martinez et al. 2016). Im Rahmen von Studien mit funktioneller Magnetresonanztomographie (fMRI) konnte bei Patienten mit ADHS eine

Unteraktivierung im frontalen, rechten parietalen und rechten temporalen Bereich sowie im Putamen gezeigt werden. Außerdem wurde eine Überaktivierung im rechten angularen und mittleren okzipitalen Gyrus, im posterioren cingulären Cortex und im mittleren cingulären Cortex festgestellt (Cortese et al. 2012; Banich et al. 2009; Fone & Nutt 2005). Es wird vermutet, dass bei ADHS die kortikalen Regionen (anteriore cinguläre Cortex) ein Dopamindefizit aufweisen und die Defizite im Bereich der Inhibition bedingen, wohingegen subkortikale Regionen (caudate Nukleus) durch Dopamin überaktiviert werden, was die Hyperaktivität verursacht (Castellanos 1997; Martinez et al. 2016; Hart et al. 2013). Funktionsstörungen im dorsolateralen, präfrontalen Cortex und im Cerebellum werden als ursächlich für die Unaufmerksamkeit angesehen (Hart et al. 2013). Als weitere Abweichungen wurden bei Personen mit ADHS im neuroanatomischen Bereich reduzierte Gehirnvolumina im caudaten Nukleus, im rechten anterioren frontalen Cortex, im Putamen und im rechten Globus pallidus festgestellt (Martinez et al. 2016; De La Fuente et al. 2013).

Der präfrontale Cortex (PFC) ist von besonderer Bedeutung für das Störungsbild ADHS, daher soll der Aufbau und die Funktion dieser Regionen im Folgenden näher erläutert werden. Der PFC ist generell für die Verarbeitung komplexer kognitiver Prozesse (exekutiver Funktionen) zuständig und anatomisch in die Bereiche medialer, cingulärer, orbitaler lateraler PFC unterteilt (Martinez et al. 2016; Fuster 2001). Die orbitalen und medialen Bereiche sind hierbei für emotionales Verhalten zuständig und die laterale Region unterstützt die zeitliche Organisation von Verhalten, Sprechen und Denken (Fuster 2001). Der PFC ist über das cortical-striatale dopaminerge System auch mit anderen Hirnbereichen verbunden, wie zum Beispiel dem posterioren und subcorticalen Cerebellum (Drechsler 2007). Funktionale Beeinträchtigungen in diesem Hirnbereich äußern sich beispielsweise in einem impulsiven, hyperaktiven Verhalten, aber auch in Störungen der Aufmerksamkeit (Martinez et al. 2016), also den kennzeichnenden Beschwerden von ADHS. Zum besseren Verständnis werden in Tabelle 1 die Hirnstrukturen systematisiert, deren Funktion im Rahmen dieser Arbeit von Relevanz sind (Ulfig 2008).

**Tabelle 1**

Übersicht über die Hirnstrukturen und deren Funktion, die für diese Arbeit relevant sind.

Hirnbereich	Struktur I	Struktur II	Struktur III	Funktion
Hirnstamm	Pons	Formation reticularis	Nucleus caeruleus	→ Aufmerksamkeit
			Aufsteigendes reticulär aktivierendes System (ARAS)	→ Schlaf-Wach-Rhythmus
	Zwischenhirn (Diencephalon)		Thalamus	→ Zirkadiane Rhythmik
			Hypothalamus	→ Schlaf-Wach-Rhythmus
			Hypophyse (Nucleus suprachiasmaticus)	→ Aufmerksamkeit
Kleinhirn (Cerebellum)			→ Bewegungskontrolle → Koordination → Gleichgewicht → Muskeltonus	
Endhirn (Großhirn, Telencephalon)	Cortex	Lobus frontalis (Frontallappen / Stirnlappen)	Motorisches Primärfeld	→ Karte der Körperteile
			Prämotorisches Feld	→ Komplexe Bewegungen (z. B.: Schreiben)
			Supplementär motorische Rinde	→ Komplexe Bewegungsmuster
			Präfrontaler Cortex (frontaler Assoziationscortex)	→ Soziales / ethisches Verständnis → Motivation → Verstand → Konzentration → Kognitive Leistungen (z. B.: Planen)
		Lobus limbicus (Limbischer Lappen)	Gyrus cinguli	→ Lernen und Gedächtnis → Emotionen → Aufmerksamkeitsregulation
		Globus pallidus	Nucleus caudatus Putamen (Nucleus accumbens)	→ Motorisches System
		Striatum		
		Nucleus subthalamicus		
		Substantia nigra		
		Corpus amygdaloideum		

### 2.3.2 Genetische Ursachen von ADHS

Es wird vermutet, dass die Ursache für die im vorherigen Abschnitt beschriebenen Störungen des Neurotransmitterhaushalts, Funktionseinschränkungen im Bereich der Rezeptor- und Transportermoleküle für Dopamin und Noradrenalin sind (Tripp & Wickens 2009). Diese Funktionseinschränkungen lassen sich teilweise auf veränderte Genstrukturen zurückführen, die den genetischen Code für diese Moleküle enthalten. Es konnten zahlreiche Genorte identifiziert werden, die möglicherweise an der Entstehung von ADHS beteiligt sind (Huss 2008). Diskutiert werden hierbei acht bis zehn Gene, die auf dopaminerge, serotonerge und glutamerge Signalübertragungswege Einfluss nehmen (Bidwell et al. 2017). Charakteristisch veränderte Sequenzen wurden hierbei zum Beispiel in Genen nachgewiesen, die für Dopaminrezeptoren D1 und D2, sowie für Norpinephrinrezeptoren NET1 und DRD1 codieren (Bobb et al. 2005). Außerdem fanden sich Abweichungen in den Bereichen, die die genetische Information für die Dopaminrezeptoren D4 und D5, dem Dopamintransporter DAT1, dem Serotonintransporter 5HTT sowie dem Serotonin 1B Rezeptor HTR1B enthalten (Banaschewski et al. 2017; Bidwell et al. 2017; Loureiro-Vieira et al. 2017; Akutagava-Martins et al. 2013; Swanson et al. 2000). Diese veränderten Gensequenzen führen dazu, dass die entsprechenden Genprodukte, wie die Dopamintransporter und Dopaminrezeptoren, nicht korrekt aufgebaut sind oder fehlen, was dann Funktionseinschränkungen oder Störungen in der Signalweiterleitung zur Folge hat (Mereu et al. 2017; van der Meer et al. 2017), wie beispielsweise eine verminderte Dopamin- oder Noradrenalinausschüttung und die schnellere Wiederaufnahme dieser Transmitter in die Präsynapse. Die reduzierte Menge an Neurotransmittern im synaptischen Spalt reicht dann für eine Aktivierung der Rezeptoren auf der postsynaptischen Membran nicht aus und ankommende Reize können nicht weitergeleitet werden. Dies führt in der Summation vieler fehlgeleiteter Reize zu einer fehlenden Informationsverarbeitung zwischen dem Frontalhirn und den Basalganglien (Martinson-Schittkowski, Bender & Tolzin 2009; Ozturk et al. 2016), wodurch die Symptome Ablenkbarkeit oder Impulsivität entstehen (Loureiro-Vieira et al. 2017). Auch die Überaktivierung der postsynaptischen Rezeptoren ( $\alpha 1$ ,  $\beta 1$ , D1, evtl. D4) kann zu Unaufmerksamkeitssymptomen führen (Loureiro-Vieira et al. 2017). Neben Genorten, die spezifisch für die bei ADHS betroffenen Strukturen codieren, konnten auch weitere Genvarianten identifiziert werden, die signifikant mit dem Phänotyp ADHS assoziiert sind. Beispielsweise konnte eine Variante des Gens CDH13, das an der Zelladhäsion beteiligt ist, sowie an neurologischen Entwicklungsprozessen, mit

den Symptomen Unaufmerksamkeit und Hyperaktivität/Impulsivität in Verbindung gebracht werden. Zudem gibt es Hinweise auf polygenetische Risikofaktoren (Akutagava-Martins, Rohde & Hutz 2016; Stergiakouli et al. 2017).

Generell zeigt auch die hohe Erblichkeitsrate von 60-76%, dass genetische Ursachen bei der Entstehung der ADHS-Erkrankung eine große Rolle spielen (Schmidt, Schussler & Petermann 2012; Faraone & Mick 2010; Heinrich et al. 2017; Loureiro-Vieira et al. 2017).

### **2.3.3 Umweltfaktoren als Ursache für ADHS**

Die Ursachen von ADHS sind jedoch multifaktoriell und können nicht ausschließlich durch genetische Mutationen oder Variationen erklärt werden. Die Ausprägung genetischer Merkmale kann epigenetisch durch Umweltfaktoren beeinflusst werden und auch das Auftreten von ADHS-Symptomen wird möglicherweise durch epigenetische Mechanismen begünstigt (Heinrich et al. 2017; Chen et al. 2017; Stergiakouli et al. 2017). Als Faktoren, die die Ausprägung von ADHS fördern, werden Umweltgifte diskutiert, die beispielsweise in Kunststoffverpackungen oder -spielzeugen vorkommen (Phtalate, Bisphenol A) und sich bereits im Mutterleib negativ auf die Entwicklung des fetalen Nervensystems auswirken (Weissenberger et al. 2017). Auch das Rauchen in der Schwangerschaft kann zu neurokognitiven Defiziten beim Ungeborenen führen und im Kindesalter zu externalisierenden Verhaltensproblemen, wie sie sich bei ADHS zeigen (Sengupta et al. 2017; Banaschewski et al. 2004; Tarver, Daley & Sayal 2014). Eine ähnliche Auswirkung hat der Konsum von Alkohol, einigen Medikamenten (z. B.: Paracetamol) oder Drogen während der Schwangerschaft (Weissenberger et al. 2017; Louth et al. 2016).

Aber nicht nur biologische Umweltfaktoren haben Einfluss auf die Entstehung von ADHS. Soziale Benachteiligung, stressauslösende Situationen nach der Geburt oder Stress bei der Mutter können mit dem Auftreten von ADHS beim Kind assoziiert sein (Weissenberger et al. 2017). Hierzu trägt im Familienleben ebenso ein vernachlässigender Erziehungsstil ohne klare Regeln und inkonsequentem Verhalten auf Seiten der Eltern bei (Ullsperger, Nigg & Nikolas 2016; Reed et al. 2017; Roskam et al. 2014). Generell kann zudem ein Zusammenhang zwischen einem niedrigen sozioökonomischen Status der Familie, ungesundem Lebensstil und dem Auftreten von ADHS hergestellt werden (Weissenberger et al. 2017; Biederman et al. 1996).

## **2.4 Behandlungsmöglichkeiten bei ADHS**

ADHS kann zum aktuellen Zeitpunkt nicht geheilt werden, es gibt jedoch verschiedene Möglichkeiten der Behandlung der Symptome, die auch abhängig sind vom Umfang der Beeinträchtigung und des individuellen Leidensdrucks (Martinson-Schittkowski, Bender & Tolzin 2009). Im Folgenden werden medikamentöse Therapie, Verhaltenstherapie, Neurofeedback und Diäten als Behandlungsmöglichkeiten vorgestellt und diskutiert.

### **2.4.1 Medikamentöse Therapie**

Zum Ausgleich des Dopamin- und Noradrenalindefizits kann ADHS medikamentös mit Stimulanzien wie Methylphenidat (z. B.: Ritalin) oder Amphetaminen behandelt werden (Sikirica et al. 2013), die die Konzentration dieser Transmitter im synaptischen Spalt erhöhen (Sharma & Couture 2014; Solanto 2002; Knopf et al. 2012; Sikirica et al. 2013; Fone & Nutt 2005). Der hierbei zugrundeliegende Mechanismus ist die Hemmung der Wiederaufnahme von Dopamin und Nordadrenalin in die präsynaptische Membran, wodurch die Konzentration dieser Substanzen im synaptischen Spalt erhöht, beziehungsweise auf ein wirksames Maß reguliert wird (Rozas et al. 2015; Beljan et al. 2012). Die empfohlenen Medikamente können jedoch zahlreiche unmittelbare Nebenwirkungen verursachen, wie Appetitlosigkeit oder Bauch- und Kopfschmerzen (Knight, Rooney & Chronis-Tuscano 2008; Graham et al. 2011). Als Langzeitfolgen dieser Therapie werden zudem schwerwiegende Erkrankungen diskutiert, wie ein erhöhtes Krebsrisiko (Steinhausen & Helenius 2013), insgesamt sind die Erkenntnisse aus diesem Bereich jedoch noch unzureichend (Gilsbach, Günther & Konrad 2011).

Im Zusammenhang mit der medikamentösen Therapie von ADHS ist als Nebenwirkung insbesondere der Einfluss der Stimulanzien auf den Schlaf zu diskutieren (Becker, Froehlich & Epstein 2016; Ganelin-Cohen & Ashkenasi 2013), da diese Substanzgruppe eine schlafhemmende Wirkung aufweist (Owens 2008; Mick et al. 2000). Die Studien hierzu sind jedoch widersprüchlich. Einige haben beispielsweise einen Zusammenhang zwischen Schlafstörungen und der Gabe von Methylphenidat nachgewiesen (Galland, Tripp & Taylor 2010; O'Brien et al. 2003), andere konnten keinen Zusammenhang feststellen (Faraone et al. 2009). Teilweise belegen Studien sogar einen positiven Einfluss der Medikation auf die Schlafstruktur (Velez-Galarraga et al. 2016).

### **2.4.2 Verhaltenstherapie**

Verhaltenstherapie kann erfolgreich als nichtpharmakologische Behandlungsmethode bei ADHS eingesetzt werden (Bramham et al. 2009; Knight, Rooney & Chronistusciano 2008; Sprich et al. 2016). Im Rahmen der multimodalen Therapie nimmt die Verhaltenstherapie jedoch meist eher eine ergänzende Rolle zur medikamentösen Behandlung ein. Sie richtet sich in Form von Elterntrainings sowohl an die Erziehungsberechtigten der betroffenen Kinder, als auch mit therapeutischen Maßnahmen an die Patienten selbst (Martinson-Schittkowski, Bender & Tolzin 2009; Chacko & Scavenius 2017). Beispielsweise verbessert das Marburger Konzentrationstraining (MKT) mithilfe von Selbstinstruktions- und Selbstmanagementstrategien bei den betroffenen Kindern die Konzentrations- und Selbststeuerungsfähigkeit (Hahnenfeld & Heuschen 2009). Die Elterntrainings sollen dazu dienen, den Erziehungsstil zu optimieren und durch einheitliche Regeln und Konsequenz familiären Stress zu verringern. Durch einen sinnvoller strukturierten Alltag können Kinder dann zum Beispiel ihre Hausaufgaben zielführender erledigen (Chan, Fogler & Hammerness 2016; Evans, Owens & Bunford 2014).

### **2.4.3 Neurofeedback**

Beim Neurofeedback wird die Hirnaktivität einer Person mithilfe von Elektroden auf der Kopfoberfläche gemessen und über einen Bildschirm visuell (oder einen anderen Sinneskanal) als „Feedback“ dargestellt. Das Erreichen einer bestimmten Hirnaktivität ist auf dem Bildschirm dann zum Beispiel als Bewegung einer Spielfigur sichtbar, mit der gestellte Aufgaben gelöst werden können. Meist ist mit der Bewältigung dieser Aufgaben auch ein Belohnungssystem verbunden, in dessen Rahmen beispielsweise Punkte gesammelt werden können (Drechsler 2011; Sitaram et al. 2017). Ziel der Therapie mit Neurofeedback ist die zielgerichtete Steuerung der Hirnaktivität durch die Patienten selbst. Bei ADHS soll sich Neurofeedback positiv auf die Aufmerksamkeit und die Impulsivität auswirken. Neurofeedback wird seit längerem in der Therapie von ADHS eingesetzt, jedoch wird dessen Wirksamkeit zur alleinigen Behandlung kontrovers diskutiert (Cortese et al. 2016). In einigen Studien konnte gezeigt werden, dass sich Neurofeedback als Therapieform zur Behandlung der Symptome von ADHS eignet (Arns et al. 2009; Holtmann et al. 2004), andere konnten dies nicht belegen (Catala-Lopez et al. 2017).

#### **2.4.4 Diäten**

Ein Ansatz zur positiven Beeinflussung der ADHS-Symptomatik ist das Vermeiden oder Ergänzen bestimmter Stoffe in der Nahrung. Die Vermeidung von künstlichen Farbstoffen in der Nahrung zeigte beispielsweise jedoch nur geringe Effekte (Nigg & Holton 2014; Heilskov Rytter et al. 2015). Als nahrungsergänzende Diät wird die Supplementierung von mehrfach ungesättigten Fettsäuren vorgeschlagen, die der menschliche Körper nicht selbst herstellen kann. Diese Fettsäuren sollen sich generell positiv auf Entzündungsprozesse und auf die Ausschüttung von Neurotransmittern wie Serotonin und Dopamin im frontalen Cortex auswirken, worin ein Ansatzpunkt zur Behandlung von ADHS liegen könnte (Bloch & Mulqueen 2014; Chalon 2006; Hawkey & Nigg 2014). In Bezug auf diesen Therapieansatz konnten jedoch bisher nur kleine Effekte nachgewiesen werden (Stevenson et al. 2014). Als weitere Möglichkeiten der Beeinflussung von ADHS über die Ernährung werden weitere Ansätze genannt, wie zum Beispiel die Supplementierung von Spurenelementen (z. B.: Eisen, Magnesium, Zink) oder Pflanzenextrakten (z. B.: Ginkgo, Johanniskraut), deren Wirksamkeit jedoch bislang noch nicht belegt werden konnte (Bloch & Mulqueen 2014).

#### **2.5 Exekutive Funktionen**

Der Begriff der exekutiven Funktionen ist nicht einheitlich definiert und umfasst zudem sehr viele verschiedene Aspekte (Drechsler 2007). Exekutive Funktionen können jedoch generell als kognitive Prozesse beschrieben werden, die einem zielgerichteten Verhalten zugrunde liegen (Best & Miller 2010) und die ein zielorientiertes und situationsangepasstes Handeln ermöglichen (Drechsler 2007; Friedman & Miyake 2016). Diese kognitiven Prozesse können zahlreiche Fähigkeiten und Verhaltensmodalitäten wie Aufmerksamkeit, kognitive Flexibilität, Planungsfähigkeit, Problemlösen, Arbeitsgedächtnis und Inhibition umfassen, die im täglichen Leben und auch für schulische Leistungen von Bedeutung sind (Anderson et al. 2001; Miyake, Emerson & Friedman 2000; Friedman & Miyake 2016). Es können verschiedene Beschreibungsebenen exekutiver Funktionen definiert werden, die die Einordnung erleichtern. Man kann zunächst die drei basalen Prozesse ‚Initiieren‘, ‚Wechseln‘ und ‚Hemmen‘ auf jeweils basaler oder komplexer Ebene beschreiben. Initiierung bedeutet, dass intentionale Handlungen aus eigenem Antrieb und eigener Motivation heraus begonnen werden. Mit Wechseln ist die Fähigkeit gemeint, den Aufmerksamkeitsfokus gezielt zwischen Inhalten zu alternieren (switching) oder von einem auf einen anderen Inhalt zu verlagern (shifting). Als Hemmung oder Inhibition wird die Fähigkeit verstanden, Reaktionen auf irrelevante

Stimuli zu unterdrücken. Die drei Prozesse können zudem durch verschiedene Kontrollprozesse beeinflusst und gesteuert werden: durch kognitive-, emotionale-, soziale- oder Aktivitätsregulation. Diese basalen Prozesse können außerdem kombiniert ablaufen und müssen sich flexibel an situative Bedingungen anpassen. In diesem Fall liegen komplexe Regulationsprozesse vor (Drechsler 2007; Müller et al. 2010; Friedman & Miyake 2016).

Es gibt unterschiedliche Hirnregionen, die untereinander vernetzt sind und an der Kontrolle der exekutiven Funktionen beteiligt sind. Eine zentrale Rolle nimmt hierbei jedoch der präfrontale Cortex ein (Friedman & Miyake 2016; Drechsler 2007). Weiterhin sind exekutive Funktionen entwicklungsabhängig (Anderson et al. 2001) und werden auch durch Verhaltensweisen oder Umgebungsfaktoren wie zum Beispiel durch die Schlafqualität (McCoy & Strecker 2011) oder sportliche Belastung beeinflusst (Janssen, Toussaint, et al. 2014; Chang, Chu, et al. 2014).

Da eine einheitliche Einordnung und Definition exekutiver Funktionen noch nicht erfolgt ist und der Begriff verschiedene Aspekte der kognitiven Leistungsfähigkeit umfasst, werden im Folgenden nur die den exekutiven Funktionen zugehörigen Bereiche „Aufmerksamkeit“ und „Inhibition“ erläutert, die für die vorliegende Arbeit relevant sind. Diese Relevanz ergibt sich aus der Funktionseinschränkung in diesen Bereichen, die in Kapitel 2.6 umfassender erläutert werden.

### **2.5.1 Aufmerksamkeit und Inhibition als Komponenten exekutiver Funktionen**

Als Aufmerksamkeit wird meist die selektive Verarbeitung von Informationen bezeichnet, die gleichzeitig auf eine Person einwirken (Bear, Connors & Paradiso 2009; Janssen, Chinapaw, et al. 2014). Diese Form der Aufmerksamkeit umfasst die selektive Aufmerksamkeit, wobei im Feld der Aufmerksamkeitsforschung auch die Begriffe ‚Alertness‘, ‚Vigilanz‘ und ‚Daueraufmerksamkeit‘ unterschieden werden können. Sie beziehen sich auf die Intensität der Aufmerksamkeit, wobei Alertness die generelle Aufmerksamkeitsaktivierung bezeichnet, die in Erwartung eines Zielreizes auftritt. Als Vigilanz wird die Aufmerksamkeit verstanden, die über einen längeren Zeitraum bei einer geringen Reizfrequenz aufrechterhalten wird und die Daueraufmerksamkeit ist als das Reagieren auf häufige Reize über einen langen Zeitraum definiert. Alertness und Vigilanz bilden jedoch nur die Basis für komplexere Aufmerksamkeitsaspekte, wie die selektive Aufmerksamkeit (Müsseler & Rieger 2017).

Neben der Aufmerksamkeit spielt die Inhibition als Komponente exekutiver Funktionen eine große Rolle in der Handlungsregulation (Dowsett & Livesey 2000). Inhibition kann im Bereich der exekutiven Funktionen als die Fähigkeit definiert werden, eine (nicht angemessene oder nicht intendierte) Reaktion auf einen Stimulus zu unterdrücken. Dies befähigt zu einem Verhalten, das Gewohnheiten und instinktiven Handlungen widersprechen kann (Hall & Fong 2015) und so zur Einhaltung sozialer Normen befähigt. Außerdem spielt die Fähigkeit zur Inhibition bei Auswahlprozessen und der Kontrolle von zielgerichteten Handlungen eine Rolle (Dowsett & Livesey 2000; Hall & Fong 2015; Drechsler 2007).

### **2.5.2 Kognitive Tests zur Messung exekutiver Funktionen**

Es gibt viele unterschiedliche Tests zur Messung von exekutiven Funktionen, wobei die isolierte Betrachtung einzelner Komponenten kaum möglich ist, da an der Lösung von Aufgaben meist mehrere exekutive Funktionen beteiligt sind (Müsseler & Rieger 2017; Miyake et al. 2000). Zur Messung der Aufmerksamkeit und Inhibitionsfähigkeit werden hauptsächlich Reaktionstests eingesetzt. Bei diesen Tests werden Stimuli präsentiert, auf die der Proband mit einer vorher festgelegten Antwort reagieren soll. Bei einfachen Reaktionstests soll die Antwort auf einen Reiz möglichst schnell erfolgen, unabhängig von der Art des Stimulus (Bruin & Wijers 2002; Häusler & Sturm 2009; Schmidt-Atzert, Bühner & Enders 2006; Günther, Herpertz-Dahlmann & Konrad 2005). Komplexer aufgebaute Reaktionstests sind zum Beispiel Aufgaben zur visuellen Diskrimination, wie Erkennungstests oder Auswahltests. In diesen Diskriminationstests muss ein bestimmter Stimulus erkannt werden, wobei Zielstimuli zum Beispiel bestimmte Farben, Formen oder Buchstaben sein können (Müller & Krummenacher 2012). Darüber hinaus werden teilweise Distraktoren in das Paradigma integriert. Distraktoren sind irrelevante Stimuli, die die Aufmerksamkeit vom relevanten Stimulus ablenken sollen. Diese können aus umgebenden Distraktoren oder aus räumlichen sowie zeitlichen Veränderungen des Zielreizes bestehen (Ansorge & Leder 2016).

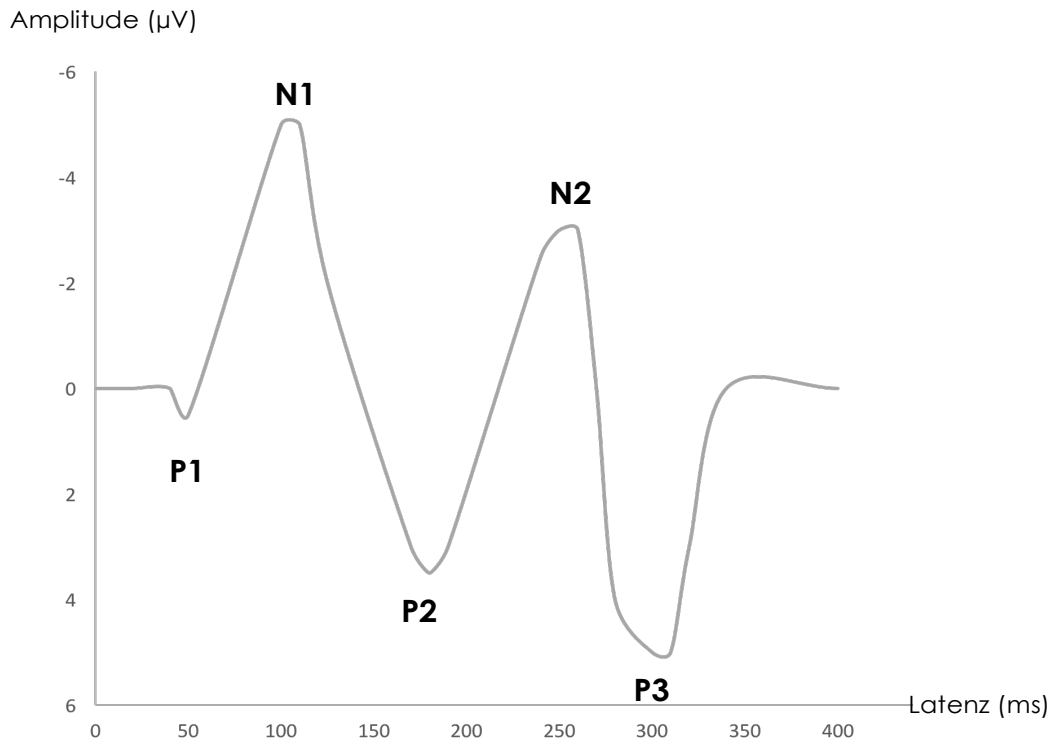
Um eine Einordnung der Testergebnisse vornehmen zu können, ist es notwendig die beobachteten Parameter zu quantifizieren und gegebenenfalls mit Normdaten zu vergleichen. Zur Messung der Aufmerksamkeit und der Inhibitionsfähigkeit können beispielsweise das Reaktionstempo und die Fehlerrate aus den Reaktionstests operationalisiert werden (Schmidt-Atzert, Krumm & Bühner 2008; Barnard et al. 2015; Shen, Tsai & Duann 2011). Da die Aufmerksamkeit die Geschwindigkeit der neuronalen Verarbei-

tung beeinflusst, lässt sich verallgemeinern, dass sich ein erhöhter Grad an Aufmerksamkeit durch verkürzte Reaktionszeiten zeigt (Bear, Connors & Paradiso 2009; Scudder et al. 2014; Elleberg & St-Louis-Deschenes 2010). Die Messung weiterer Parameter ist möglich, wie zum Beispiel die Gesamtzahl der bearbeiteten Zeichen oder unterschiedliche Fehlerarten (Barnard et al. 2015). Beispielsweise kann die Zahl der Auslassungsfehler als ein Maß für Aufmerksamkeit (Günther, Herpertz-Dahlmann & Konrad 2005; Brickenkamp 1994) und die Anzahl der Beurteilungs- oder Verwechslungsfehler als ein Maß für die Fähigkeit zur (Antwort-)Inhibition verwendet werden (Nigg 2005; Baijot et al. 2013).

### **2.5.3 Die Messung von exekutiven Funktionen über ereigniskorrelierte Potentiale**

Bildgebende Verfahren können psychometrische Tests ergänzen und liefern im Zusammenhang der exekutiven Funktionen Aufschluss über unterschiedliche zu Grunde liegende Prozesse. Im Rahmen von fMRT-Studien können beispielsweise die Hirnbereiche lokalisiert werden, die während Aufmerksamkeits- oder Inhibitionsprozessen besonders aktiv sind. Auf dieser Basis konnten der anteriore cinguläre Cortex mit lateralen ventralen und präfrontalen Anteilen sowie die Basalganglien (vgl. Tab.1) als Orte der Regulation der Aufmerksamkeit identifiziert werden, wobei modulierende Neurotransmitter Dopamin und Noradrenalin sind (Posner 2008).

Eine weitere Möglichkeit der Untersuchung neurokognitiver Mechanismen, die der Aufmerksamkeit und Inhibitionsfähigkeit zugrunde liegen, können ereigniskorrelierte Potentiale sein (Hung et al. 2016; Luck, Woodman & Vogel 2000). Die neuronale Ursache dieser Potentiale ist noch unklar (Jodo & Kayama 1992; Creel 2012), jedoch ist bekannt, dass sie aus Summationen exzitatorischer und inhibitorischer kortikaler Aktivität entstehen (Ibanez et al. 2012). Sie zeigen sich im Elektroenzephalogramm (EEG) in einem Zeitraum von 100-400 Millisekunden (ms) nach der Präsentation eines auslösenden Reizes als Veränderungen in der Wellenstruktur des EEGs (Luck, Woodman & Vogel 2000). Stimuli sind hierbei sensorische Ereignisse, die zum Beispiel akustisch oder optisch präsentiert werden können. Die Mittelung vieler dieser neuronalen Reaktionen auf mehrere Reizexpositionen ergibt schließlich eine charakteristische Kurve (vgl. Abb. 2), die als ereigniskorreliertes Potential, Peak, Komponente oder allgemein als Welle bezeichnet wird (Baijot et al. 2013; Lee et al. 2007; Creel 2012). Das ereigniskorrelierte Potential wird graphisch als Veränderung von Amplitude und Latenz dargestellt (vgl. Abb. 2), wobei die Amplitude die Intensität und die Latenz die Geschwindigkeit der Informationsverarbeitung der repräsentieren (Myatchin et al. 2012; Kamijo et al. 2009).



**Abbildung 2.** Schema möglicher ereigniskorrelierter Potentiale.

Zur Systematisierung werden die Maxima der Amplituden nach ihrer Polarität mit ‚N‘ oder ‚P‘ bezeichnet und mit Ziffern in der Reihenfolge ihres Auftretens dargestellt (z. B.: N1, P2) oder mit der Zeitangabe ihres Auftretens nach dem Stimulus in Millisekunden (z. B.: P200, N200) (Ibanez et al. 2012). Man kann zudem frühe und späte Potentiale unterscheiden, wobei frühe Potentiale im Rahmen der ersten 100 Millisekunden (P1, N1, P2) nach der Stimuluspräsentation ihren Peak zeigen und sensorische oder exogene Komponenten genannt werden. Sie hängen von der Art des Stimulus ab, wobei späte Komponenten eine Rolle in der Informationsverarbeitung spielen. Diese werden auch als kognitive oder endogene Potentiale bezeichnet (Sur & Sinha 2009; Kompatsiari, Candrian & Mueller 2016). Grundsätzlich können ereigniskorrelierte Potentiale durch die gleichen Tests ausgelöst werden, die auch im Bereich der kognitiven Leistungsfähigkeit verwendet werden, wie Reaktionstests oder Diskriminationstests, jedoch müssen die Tests computerbasiert sein, damit eine Synchronisation mit den EEG-Rhythmen stattfinden kann (Luck, Woodman & Vogel 2000; Hoyniak 2017).

Es ist also möglich, kognitive Verarbeitungsprozesse, wie die Geschwindigkeit der neuronalen Reaktion, die Verarbeitungstiefe oder die Stimulusbewertung, mithilfe ereigniskorrelierter Potentiale auf neuronaler Ebene darzustellen (Ibanez et al. 2012; Sur &

Sinha 2009; Luck, Woodman & Vogel 2000). Hierbei wird vermutet, dass die verschiedenen differenzierbaren Potentiale auch unterschiedliche Phasen der Informationsverarbeitung darstellen (Ortega et al. 2013; Cote et al. 2008). Im Folgenden findet sich eine kurze Übersicht über die vermuteten Funktionen der einzelnen Komponenten.

Die frühe N1-Welle wird in diesem Rahmen zum Beispiel durch Aufgaben erzeugt, in denen Aufmerksamkeitsprozesse eine Rolle spielen. Es wird angenommen, dass sie insbesondere an der Orientierung im Raum und an Unterscheidungsprozessen beteiligt sind, wobei sich die Unterscheidung auf Farben oder Formen beziehen kann (Luck, Woodman & Vogel 2000; Barry, Johnstone & Clarke 2003; Vogel & Luck 2000).

Die P1-Komponente tritt zwischen 95-110 ms nach dem Stimulus auf und zeigt sich individuell und im Altersverlauf sehr stabil (Creel 2012). Man vermutet, dass das Auftreten dieses Potentials mit der Präsentation unerwarteter Stimuli zusammenhängt und eine Art Orientierungsreaktion darstellt, die den Stimulus mit vorausgegangenen Stimuli abgleicht (Sur & Sinha 2009; Luck, Woodman & Vogel 2000).

Als späteres Potential tritt die N2 (N150) etwa 140 Millisekunden nach der Stimulusexposition auf (Creel 2012). Es wird vermutet, dass diese Komponente mit inhibitorischen Prozessen zusammenhängt und eine verlängerte Latenz der N2 eine Reaktion auf einen nicht unterdrückten Fehler darstellen könnte (Falkenstein, Hoormann & Hohnsbein 1999). Eine höhere Amplitude der N2 verdeutlicht vermutlich die vermehrte Anstrengung, den Inhibitionsprozess aufrecht zu erhalten (Bokura, Yamaguchi & Kobayashi 2001; Bruin & Wijers 2002).

Zwischen 100 und 250 Millisekunden nach dem Auftreten des Stimulus kann sich eine P2 zeigen. Vermutlich stellt sie eine Komponente dar, die mit dem Suchen von Erlebnissen und Spannungsreizen (sensation seeking) zusammenhängt, was ein Persönlichkeitsmerkmal darstellt (Sur & Sinha 2009; Brocke et al. 2000).

Das negative Potential, das etwa um 300 Millisekunden nach dem Stimulus auftritt (N3), hängt mit semantischer Übereinstimmung (korrekte Bedeutung) eines Stimulus und Erwartungen zusammen, wie beispielsweise im Bereich von Wörtern oder Rechenaufgaben, bei denen die korrekte Lösung oder Bedeutung erkannt werden muss (Chen, Campbell & Liu 2013).

Die P3 ist schließlich definiert als eine positive Amplitude, die zwischen 250 und 400 Millisekunden nach dem Ereignis gemessen werden kann und die als dritte positive Amplitude auftritt. Sie gilt insbesondere als Kennzeichen für die Aufmerksamkeit, wobei größere Amplituden mit höherer Aufmerksamkeit assoziiert werden. Die Latenz der P3

wird als Geschwindigkeit der Stimulusklassifikation (Unterscheidung von Ereignissen) bewertet, wobei kürzere Latenzen für eine bessere kognitive Leistungsfähigkeit stehen (Sur & Sinha 2009; Yoon et al. 2008; Polich 2007). Die P3 ist vermutlich auch an der Verarbeitung inhibitorischer Prozesse beteiligt (Bruin, Wijers & van Staveren 2001; Bruin & Wijers 2002).

## **2.6 Exekutive Funktionen bei Kindern mit ADHS**

Im neuropsychologischen Bereich konnte nachgewiesen werden, dass bei Kindern mit ADHS viele kognitive Fähigkeiten im Vergleich zu normalentwickelten Kindern verändert sind. Dies betrifft auch die exekutiven Funktionen (Halperin & Healey 2011; Sergeant 2005; Roberts, Martel & Nigg 2013), vor allem im Bereich der Kernsymptome von ADHS: Unaufmerksamkeit und Impulsivität (Tillman & Granvald 2014; Crippa et al. 2014; Gau et al. 2014; Grassmann et al. 2014; Halperin & Healey 2011; Wigal et al. 2003). Es gibt viele Studien, die die exekutiven Funktionen bei ADHS-Patienten messen, die Erkenntnislage in diesem Bereich ist jedoch sehr heterogen (Duff & Sullá 2015; Nigg 2005; Castellanos et al. 2006) und wird daher im Folgenden konkretisiert.

### **2.6.1 Die kognitive Leistungsfähigkeit bei ADHS: Aufmerksamkeit und Inhibition**

Kognitive Defizite im Bereich der Aufmerksamkeit und der Inhibition gehören zum Erscheinungsbild von ADHS (Martinez et al. 2016; Halperin & Healey 2011), weshalb im diagnostischen Prozess auch Tests zur kognitiven Leistungsfähigkeit hilfreich sein können (Klein et al. 2006). Hierbei gibt es eine Vielzahl von Tests, die sich zur Messung von Aufmerksamkeit und Inhibitionsfähigkeit bei Kindern mit ADHS eignen und die bisher bereits in Studien eingesetzt wurden (Nigg 2005). Durch die heterogene Studienlage sind die Ergebnisse dieser Tests auch in Bezug auf ADHS schlecht verallgemeinerbar und teilweise von anderen (neuropsychologischen) Erkrankungen nicht abgrenzbar (Duff & Sullá 2015). Es zeigten sich jedoch einige übereinstimmende Ergebnisse: Die meisten Studien konnten beispielsweise Defizite in der inhibitorischen Kontrolle, im Arbeitsgedächtnis, in der Regulation der Aufmerksamkeit und im Bereich der Planung oder dem Wechsel von Aufgaben bei ADHS-Patienten feststellen (Halperin & Healey 2011; Sonuga-Barke 2003). Es konnte außerdem in mehreren Studien nachgewiesen werden, dass mit ADHS diagnostizierte Kinder eine größere Variabilität in Bezug auf Reaktionszeiten im Vergleich zu gesunden Kontrollen zeigen (Halperin & Healey 2011; Klein et al. 2006; Karalunas et al. 2014; van Belle et al. 2015; McLoughlin et al. 2014;

Tamm et al. 2012) und dass bei von ADHS betroffenen Kindern die mittleren Reaktionszeiten langsamer sind (Alderson, Rapport & Kofler 2007; Hung et al. 2016; Cook, Braaten & Surman 2017). Allerdings können Kinder mit ADHS im vergleichbaren Rahmen wie Kinder ohne ADHS abschneiden, wenn die Zeitabstände zwischen den Zielstimuli kürzer sind und die Aufgaben in motivierenden Designs präsentiert werden, zum Beispiel unter Einbezug von Belohnungen für richtige Antworten (Nigg 2005). Weiterhin wurde nachgewiesen, dass Kinder mit ADHS einen langsameren Inhibitionsprozess zeigen und im Vergleich zur Kontrollgruppe mehr Auslassungsfehler begehen, also auch schlechtere Werte im Bereich der Aufmerksamkeit aufweisen (Strandburg et al. 1996; Overtoom et al. 2002; Janssen et al. 2015).

### **2.6.2 Ereigniskorrelierte Potentiale bei Kindern mit ADHS**

Auch im Bereich der ereigniskorrelierten Potentiale sind die Erkenntnisse über Kinder mit ADHS vielfältig, da in den zahlreichen durchgeführten Studien unterschiedliche Testverfahren und Paradigmen verwendet wurden (Kompatsiari, Candrian & Mueller 2016; Johnstone, Barry & Clarke 2013). Im Folgenden werden lediglich die Ergebnisse dargestellt, die sich auf visuell evozierte Potentiale beziehen, da diese im Rahmen der hier vorliegenden Arbeit untersucht werden.

Allgemein werden reduzierte Amplituden und verlängerte Latenzen bei Patienten mit ADHS als Kennzeichen für die beeinträchtigte Aufmerksamkeit (Solanto 2002; Raz & Dan 2014; Kratz et al. 2011; Senderecka et al. 2012; Johnstone, Barry & Clarke 2013; Missonnier et al. 2013) und Inhibitionsfähigkeit (Pliszka, Liotti & Woldorff 2000; Liotti et al. 2010) angesehen. Werden einzelne Potentiale betrachtet, zeigen sich sehr heterogene Befunde aufgrund von unterschiedlichen verwendeten Testverfahren. In manchen Studien waren die Latenzen der N1 bei Kindern mit ADHS im Vergleich zu gesunden Kontrollen verzögert, in anderen Studien konnten keine Unterschiede festgestellt werden (Barry, Johnstone & Clarke 2003; Johnstone & Clarke 2009). Einige Studien zeigten reduzierte Amplituden der N1 bei Kindern mit ADHS (Benikos & Johnstone 2009; Kobor et al. 2015; Johnstone & Clarke 2009; Ortega et al. 2013), wobei die Autoren dies als Kennzeichen für die Störung im Bereich der inhibitorischen Kontrolle interpretiert haben (Johnstone, Barry & Clarke 2013; Dimoska et al. 2003). Im Gegensatz dazu gibt es auch Hinweise auf vergrößerte Amplituden in der P1 und N1 bei ADHS, die dann als Aufwendung größerer Ressourcen für die Informationsverarbeitung angesehen werden (Kobor et al. 2015).

Die Amplitude der P2-Komponente zeigte sich in Studien bei Kindern mit ADHS häufig

größer und die Latenz verlängert, was sich auch in längeren Reaktionszeiten im Vergleich zur Kontrollgruppe äußert (Johnstone & Clarke 2009). Generell werden vergrößerte Amplituden nach anspruchsvolleren Aufgabenstellungen beobachtet, was als normale Reaktion auf die Anforderung der Aufgabe, aber auch als größere Anstrengung zur Bewältigung der Aufgabenstellung angesehen werden kann (Ortega et al. 2013; Senderecka et al. 2012). Im Gegensatz dazu wurden aber auch kleinere Amplituden in der P2 von Kindern mit ADHS (Benikos & Johnstone 2009; Johnstone, Barry & Clarke 2013) beobachtet.

Bei der N2 wird eine kurze Latenz (Johnstone & Clarke 2009) und eine erhöhte Amplitude als Kennzeichen für eine gute Inhibitionsfähigkeit angesehen. Da diese exekutive Funktion bei Kindern mit ADHS beeinträchtigt ist, zeigen sich in dieser Gruppe reduzierte Amplituden und längere Latenzen (Johnstone et al. 2009; Senderecka et al. 2012).

Auch die Amplitude der P3 zeigt sich bei Kindern mit ADHS in den meisten Studien reduziert und die Latenz verlängert, wobei dies mit der Art des Tests und des Stimulus variierte (Barry, Johnstone & Clarke 2003; Benikos & Johnstone 2009; Johnstone, Barry & Clarke 2013). Reduzierten Amplituden werden als Defizit in der Stimuluserkennung und Inhibition angesehen und die verlängerten Latenzen stehen für eine längere Verarbeitungszeit bei dieser Patientengruppe (Johnstone & Clarke 2009; Johnstone, Watt & Dimoska 2010; Johnstone, Barry & Clarke 2013; Overtoom et al. 1998).

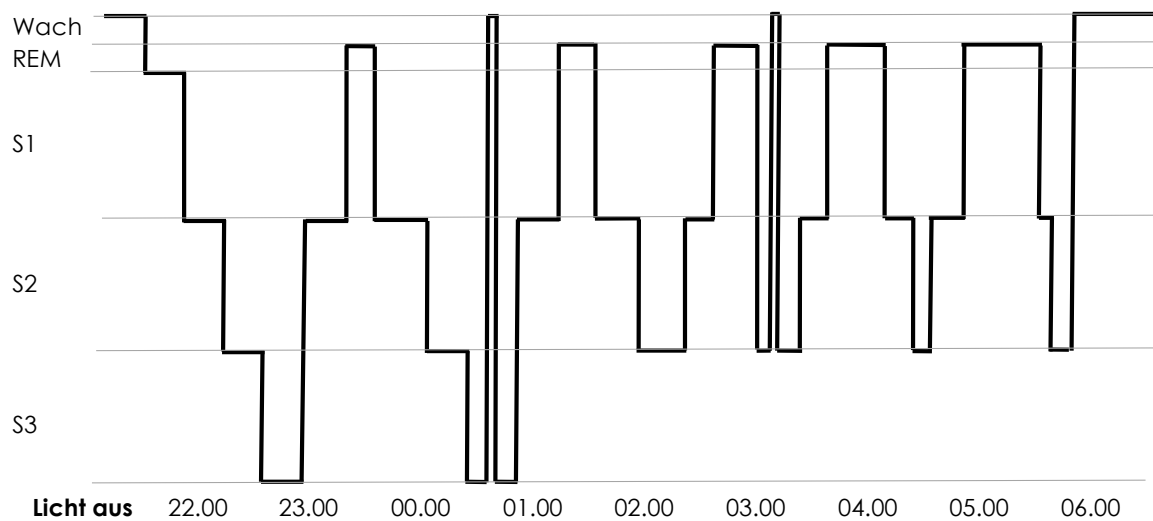
Da Methylphenidat die Symptome von ADHS verbessert (Cortese et al. 2017), ist es interessant die Wirkung von Stimulanzien oder anderen ADHS-Medikamenten auf die Ausbildung von ereigniskorrelierten Potentialen zu untersuchen. Auch in diesem Bereich sind die Ergebnisse wieder schlecht verallgemeinerbar, aufgrund unterschiedlicher verwendeter Testformen. Methylphenidat konnte beispielsweise die Amplituden der P3 in leichten und schwierigen Aufgaben verbessern, aber nicht in der Testaufgabe mit nicht relevanten / neuen Stimuli. Dies wurde mit der fehlenden Fähigkeit zur Aufteilung der Leistungskapazität bei ADHS erklärt (Jonkman et al. 2000). In einer anderen Studie hingegen konnten keine Unterschiede zwischen Gruppen von ADHS-Patienten festgestellt werden, die entweder ein Placebo, Methylphenidat oder Clonidin über sieben Wochen verabreicht bekamen haben (van der Meere, Gunning & Stemerding 1999). Im Vergleich zwischen Kindern, die auf ADHS-Medikation ansprechen (Responder) und Patienten, die nicht auf die Medikation ansprechen (non-Res-

ponder), zeigte sich ein größerer Anstieg in der P3-Amplitude bei der Respondergruppe. Bei den non-Respondern konnte sogar ein Abfall nach einer einmaligen Einnahme von Stimulanzen beobachtet werden (Ogrim, Aasen & Brunner 2016).

## **2.7 Schlaf und Schlafqualität**

Erholsamer Schlaf ist für jeden Menschen eine lebensnotwendige Phase der körperlichen und neuronalen Regeneration und ist zudem wichtig für die Gedächtniskonsolidierung (Krueger & Obal 2003; Tononi 2009; Bernier et al. 2013; Urbain et al. 2013) und die Funktionsfähigkeit des Immunsystems (Imeri & Opp 2009). Außerdem ist ein gesunder Schlaf im Verlauf der Kindheit notwendig für die Entwicklung exekutiver Funktionen (Bernier et al. 2010; McCoy & Strecker 2011; Nelson et al. 2015). Der Schlaf dient zwar der Erholung, das Gehirn ist in diesem Zustand aber nicht inaktiv, daher können verschiedene Schlafphasen differenziert werden, die während einer Nacht auftreten.

Man kann zunächst REM- und non-REM-Schlafphasen unterscheiden (Weber & Dan 2016). Im REM-Schlaf (Abk.: Rapid Eye Movement) können charakteristische Augenbewegungen festgestellt werden. In dieser Phase treten Träume auf, weshalb der REM-Schlaf auch als Traumschlaf bezeichnet wird. Der non-REM-Schlaf ist im EEG durch langsame Wellen („Slow Wave Sleep“, SWS) gekennzeichnet (Bear, Connors & Paradiso 2009; Rechtschaffen & Kales 1968). Der SWS kann durch weitere EEG-Stadien („Schlafphase 1-4“, S1-S4) eingeteilt werden, wobei die ersten beiden Stadien S1 & S2 leichten Schlaf darstellen und die beiden Stadien S3 & S4 Tiefschlafphasen sind. S3 und S4 können auch als Tiefschlafphase zusammengefasst werden (Rechtschaffen & Kales 1968; Carskadon & Dement 2011; Kirov & Brand 2014). Nach dem Einschlafen werden zunächst die Stadien 1-4 durchlaufen und dann tritt die erste REM-Schlafphase ein. Diese Abfolge wird Schlafzyklus genannt und wiederholt sich anschließend im Verlauf der Nacht mehrmals (Penzel et al. 2005) (vgl. Abb. 3).



**Abbildung 3.** Schlafzyklen im Verlauf einer Nacht (Schema eines Hypnogramms).

Der Mensch verbringt etwa 75% der Nacht in den Schlafstadien 1-4 und 25% im Traumschlaf (Bear, Connors & Paradiso 2009; Kirov & Brand 2014). Die Einteilung der unterschiedlichen Schlafstadien wird durch die Beurteilung der Wellenstrukturen im EEG vorgenommen, wobei jede Schlafphase über charakteristische Merkmale gekennzeichnet ist (Bear, Connors & Paradiso 2009; Carskadon & Dement 2011; Krystal & Edinger 2008), die in Tabelle 2 bzw. Abb. 4 genauer dargestellt werden.

**Tabelle 2**

Kennzeichen der einzelnen Schlafphasen.

Phase	Kennzeichen	EEG-Merkmal
<b>Wach</b>	→ Augen geöffnet	Alpha- und Betawellen
<b>REM-Schlaf</b>	→ Schnelle Augenbewegungen, → Atonie der Skelettmuskulatur, → Ansteigen der Herzfrequenz, → Abfall der Körpertemperatur	Betawellen
<b>S1</b>	→ Leichter Schlaf in der Einschlafphase, → rollende Augenbewegungen	Theta-Wellen
<b>S2</b>	→ Tieferer Schlaf, → fast keine rollenden Augenbewegungen mehr	Schlafspindeln und K-Komplexe
<b>S3 &amp; S4</b>	→ Tiefschlaf	Deltawellen

Der Begriff „Schlafqualität“ ist nicht einheitlich definiert (Krystal & Edinger 2008), eine schlechte Schlafqualität kann jedoch allgemein durch das Auftreten von Tagesschläfrigkeit charakterisiert werden (Mayer et al. 2015). Generell kann zwischen subjektiver und objektiver Schlafqualität unterschieden werden, wobei sich die subjektive Schlafqualität auf das individuelle Empfinden von erholsamem Schlaf bezieht und mithilfe von Schlafragebögen erhoben werden kann (Spruyt & Gozal 2011). So erhobene Kennzeichen von Schlafqualität sind beispielsweise die Schlaflatenz (Zeit vom Erlöschen des Lichts bis zu Einschlafen), die Schlafdauer, das Auftreten von Schlafstörungen oder die Einnahme von schlaffördernden Medikamenten (Heitmann et al. 2011), aber auch Schlaffragmentierung, die sich in häufigen Wachzeiten im Verlauf der Nacht äußert (Stepanski et al. 1984). Die objektive Schlafqualität kann durch die Aufnahme verschiedener Schlafphasen über Nacht mithilfe eines EEG-Geräts gemessen werden. Dieses Verfahren wird als Polysomnographie bezeichnet. Schlafqualitätsparameter (vgl. Tab. 3) sind hierbei quantitativ messbar, wie zum Beispiel der Anteil bestimmter Schlafstadien (Krystal & Edinger 2008; Evans 2003; Lecendreux et al. 2000). In Bezug auf die Schlafstadien gelten beispielsweise höhere Anteile von Tiefschlaf als Kennzeichen für eine gute Schlafqualität (Flausino et al. 2012; Dworak et al. 2008; Akerstedt et al. 1994), aber auch die Schlafeffizienz kann als Schlafqualitätsparameter aufgefasst werden. Diese wird definiert als der Anteil von tatsächlichem Schlaf zur Aufenthaltsdauer im Bett (Heitmann et al. 2011).

**Tabelle 3**

Übersicht über die messbaren Parameter einer Polysomnographie.

Abkürzung	Erläuterung
<b>TIB</b> (Time in bed)	Zeit vom Löschen des Lichts bis zum Aufstehen
<b>TSP</b> (Total sleep phase)	Zeit, die in Schlafphasen verbracht wurde
<b>TST</b> (Total sleep time)	Gesamtschlafzeit in min
<b>SL</b> (Sleep latency)	Schlaflatenz, Zeit vom Erlöschen des Lichts bis zum Einschlafen in min
<b>SE</b> (Sleep efficiency)	Schlafeffizienz, Verhältnis von Schlafzeit zur im Bett verbrachten Zeit in %
<b>SWS</b> (Slow Wave Sleep)	Anteil der Schlafphasen 1-4 in min

<b>REM</b> (Rapid Eye Movement)	Anteil des Traumschlafs in min
<b>REM-Latenz</b> (REM-Latency)	Zeitraum vom Schlafbeginn bis zum erstmaligen Auftreten der Schlafphase REM in min
<b>WASO</b> (Wake after sleep onset)	Wachzeit nach dem Schlafbeginn in min
<b>NOA</b> (Number of awakenings)	Anzahl der Wachphasen nach dem Schlafbeginn
<b>S1-S4</b> (Sleep stage 1-4)	Verbrachte Zeit in den Schlafstadien 1-4, in min
<b>AI</b> (Arousal-Index)	Kurze Wachphase im Verlauf der Nacht, die nicht einer Schlafphase zugeordnet werden kann

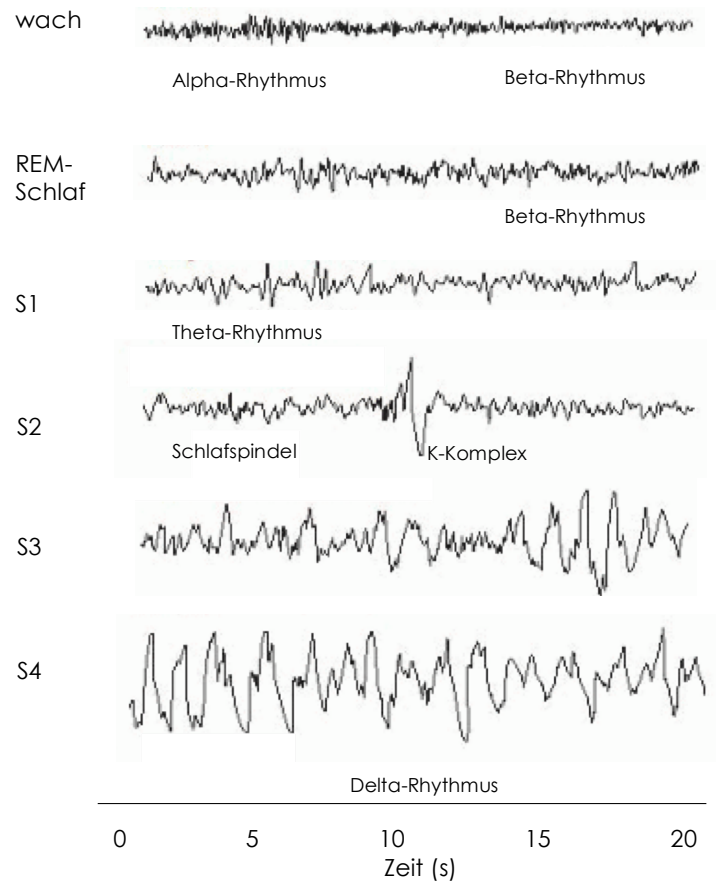
Auslöser für eine schlechte Schlafqualität bzw. für auftretende Tagesmüdigkeit können Schlafstörungen sein. Diese treten entweder als Begleiterkrankung anderer Erkrankungen auf oder als primäre Schlafstörung idiopathisch. Gemäß internationaler Klassifikation (ICSD-3, AASM 2014, ICD-10 2017, DSM-5) können folgende Arten von Schlafstörungen unterschieden werden (Mayer et al. 2015; Graubner 2016):

- **Insomnien** (Ein- und Durchschlafstörungen, z. B.: nicht organische Insomnie: F51.0, idiopathische Hyposomnie oder Insomnie: G.47.0)
- **Schlafbezogene Atmungsstörungen** (gestörte Atmung während des Schlafs, z. B.: Schlafapnoe: G47.3, zentrales Schlafapnoe-Syndrom: G47.30, obstruktives Schlafapnoe-Syndrom: G47.31)
- **Hypersomnien zentral-nervösen Ursprungs** (exzessive Tagesschläfrigkeit, z. B.: Narcolepsie: F51.1, G47.4)
- **Zirkadiane Schlaf-Wach-Rhythmusstörungen** (z. B.: verzögertes Schlafphasensyndrom: F51.2, 47.2)
- **Parasomnien** (Auftreten komplexer motorischer oder verhaltensbezogener Ereignisse, z. B.: Schlafwandeln: F51.3-F51.5)
- **Schlafbezogene Bewegungsstörungen** (einfache, meist stereotype Bewegungen zum Schlafbeginn oder während des Schlafs, z. B.: Restless-Legs-Syndrom: G25.81, Periodische Beinbewegungen im Schlaf: G25.80)
- **Andere Schlafstörungen** (Störungen, die nicht den oben genannten Kategorien entsprechen (z. B.: schlafbezogene Epilepsie: F51.8-F51.9, G47.9)

Für die Diagnose von Schlafstörungen stehen unterschiedliche Instrumente zur Verfügung, wie Polysomnographie, Fragebögen zur Selbstbeurteilung, Tagebuchaufzeichnungen/Schlafprotokolle, Videometrie, Labordiagnostik, Leistungsdiagnostik und bildgebende Verfahren. Die möglichen Verfahren werden einzeln oder in Kombination angewandt und der Einsatz ist abhängig vom jeweiligen Krankheitsfall (Becker et al. 2009; Markovich, Gendron & Corkum 2014).

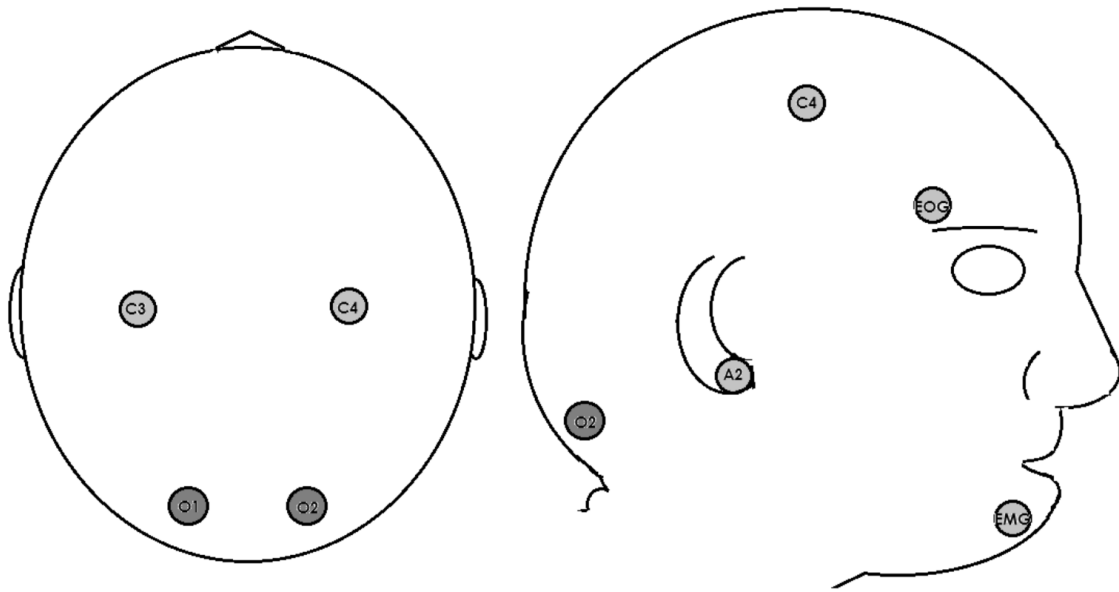
### **2.7.1 Die Polysomnographie zur objektiven Messung der Schlafqualität**

Seit der Erfindung des EEG durch Hans Berger 1929 ist diese Methode das Basisinstrument zur Erforschung zerebraler Phänomene (Tagliati & Gigli 1992; Lutzenberger 1985). Mithilfe des EEGs werden Aktivitäten von großen Neuronenpopulationen der Großhirnrinde gemessen. Sie entstehen durch Aktionspotentiale von Dendriten zahlreicher Pyramidenzellen der Großhirnrinde und werden mithilfe von Elektroden an der Kopfhaut aufgenommen (Bear, Connors & Paradiso 2009). Das EEG hat den Vorteil, dass die Messungen nicht-invasiv über die Kopfhaut erfolgen können und zudem eine hohe zeitliche Auflösung haben. Zudem können Artefakte, wie beispielsweise durch Bewegungen, einfach vermieden oder in der Analyse durch Filter nachträglich entfernt werden. Das EEG ist vielseitig einsetzbar, da die daraus gewonnenen Daten in Bezug auf zahlreiche unterschiedliche Bereiche der Neurowissenschaft genutzt werden können, wie zum Beispiel bei der Erforschung des Schlafes oder in der Aufnahme ereigniskorrelierter Potentiale (Lutzenberger 1985). Die Biosignale, die über das EEG registriert werden, können verstärkt und gefiltert als Kurven sichtbar gemacht werden. Diese Kurven zeigen im Verlauf einer Nacht verschiedene Aktivitätszustände (vgl. Abb. 4) in Form unterschiedlicher Wellenlängen und Graphoelemente (wie zum Beispiel Schlafspindeln oder K-Komplexe, vgl. Abb. 4) und werden zur Beurteilung der Schlafphasen herangezogen (Rechtschaffen & Kales 1968; Tagliati & Gigli 1992).



**Abbildung 4.** EEG-Rhythmen, die verschiedene Schlafstadien kennzeichnen (verändert nach Horne 1988).

Zur Aufzeichnung eines EEGs werden Elektroden auf beiden Hemisphären der Kopfoberfläche verteilt, wodurch sie frontale, zentrale und ggf. okzipitale Hirnbereiche abdecken (vgl. Abb. 3). Zusätzlich werden elektrische Signale auch an Augenmuskeln, der Kaumuskulatur und an den Tibiamuskeln abgeleitet, die Aufschluss über Augenbewegungen (z. B.: während der REM-Phase), Kieferbewegungen und Beinbewegungen geben können (Heitmann et al. 2011; Kirov & Brand 2014). Weitere Angaben zum Ablauf der Polysomnographie finden sich in Kapitel 3.1.2 dieser Arbeit.



**Abbildung 5.** Elektrodenplatzierungen im Rahmen einer Polysomnographie (Elektroden O1/O2 optional).

### 2.7.2 Fragebögen zur subjektiven Messung der Schlafqualität

Obwohl Polysomnographien ein genaues und fehlerresistentes Mittel zur objektiven Messung der Schlafqualität darstellen, sind sie relativ aufwändig und kostenintensiv (Heitmann et al. 2011; Fischer & Brenner 2013). Eine einfache und kostengünstige Alternative bieten Schlaffragebögen, mit deren Hilfe die subjektiv wahrgenommene Schlafqualität, auch bei größeren Probandenkollektiven, gemessen werden kann (Buysse et al. 1991; Spruyt & Gozal 2011; Heitmann et al. 2011). Da Kinder erst ab einem gewissen Alter selbst über ihren Schlaf Auskunft geben können, gibt es sowohl Fragebögen für Kinder (Schwerdtle 2010; Bruni et al. 1996), als auch für deren Eltern, die mithilfe des Fragebogens das Schlafverhalten ihrer Kinder beschreiben sollen (Owens, Spirito & McGuinn 2000; Shahid et al. 2012; Chervin et al. 2000). Die Fragebögen sind meist als Multiple-Choice-Test mit Antwortabstufungen als Ratingskala aufgebaut und beziehen sich in den Items auf Kategorien der Schlafqualität aus der internationalen Klassifikation für Schlafstörungen (ICSD) (Owens, Spirito & McGuinn 2000; Kirov & Brand 2014).

### 2.7.3 Der Einfluss der Schlafqualität auf exekutive Funktionen

Schlafstörungen, Schlafmangel und Schlaffragmentierung können sich negativ auf exekutive Funktionen am folgenden Tag auswirken (Ko et al. 2015; Bonnet & Arand

2003; Roca et al. 2012; Karpinski, Scullin & Montgomery-Downs 2008; Kuula et al. 2015), insbesondere auf die Aufmerksamkeit (Zerouali, Jemel & Godbout 2010; Benitez & Gunstad 2012). Dieser Zusammenhang zeigt sich in verlängerten Reaktionszeiten und höheren Fehlerraten (Roca et al. 2012; Kuula et al. 2015). Die Studien in diesem Bereich beziehen sich jedoch hauptsächlich auf Kinder mit schlafbezogenen Atemstörungen wie Schnarchen oder obstruktiver Schlafapnoe (Barnes, Gozal & Molfese 2012; Bourke et al. 2011b; Bourke et al. 2011a; Jackman et al. 2012; O'Brien et al. 2004). Es wird vermutet, dass den Schlafproblemen dieser Gruppe auch eine präfrontale Dysfunktion zugrunde liegt, die durch den nächtlichen Sauerstoffmangel ausgelöst wird. Gleichzeitig bewirkt der Sauerstoffmangel auch eine Fragmentierung des Schlafs bei Kindern mit schlafbezogenen Atemstörungen (McCoy & Strecker 2011).

Vor allem ereigniskorrelierte Potentiale können als neurophysiologisches Messverfahren die Auswirkungen von Schlaffragmentierung auf exekutive Funktionen gut darstellen (Ko et al. 2015). Die P3 wird hierbei als Kennzeichen für Aufmerksamkeit am häufigsten untersucht. Hierbei zeigt sich eine reduzierte Amplitude sowie eine verlängerte Latenz bei Kindern mit Schlafstörungen (Barnes, Gozal & Molfese 2012). Gleiche Ergebnisse zeigten sich auch bei Personen mit einer schlechten Schlafqualität, die durch Verkehrslärm provoziert wurde, was sich zudem bei diesen Probanden im gleichen Maße auf die Amplitude und Latenz der N2 auswirkte (Schapkin et al. 2006a). Bereits eine Reduktion der Schlafdauer führt bei gesunden Kindern zu einer Verminderung in der P3-Amplitude (Molfese et al. 2013) und gleiche Auswirkungen hat eine Schlaffragmentierung (Ko et al. 2015). In einigen Studien konnte jedoch keine Veränderung in Bezug auf exekutive Funktionen nach Schlafentzug bei gesunden Personen festgestellt werden (Hsieh, Cheng & Tsai 2007). Generell ist die Studienlage in diesem Bereich, aufgrund der Verwendung unterschiedlicher Testverfahren und der Fokussierung verschiedener Aspekte exekutiver Funktionen, sehr heterogen (Jackson et al. 2013).

Es gibt nur wenige Studien, die den Einfluss der Schlafqualität auf exekutive Funktionen bei Kindern mit ADHS untersuchen. Der häufigste Befund in diesem Zusammenhang ist eine beeinträchtigte P3-Komponente im Bereich der ereigniskorrelierten Potentiale und höhere Werte von Unaufmerksamkeit sowie Ablenkbarkeit bei Kindern mit ADHS mit komorbiden Schlafproblemen (Sawyer et al. 2009; Johnstone et al. 2001). In Bezug auf die P3 konnte auch festgestellt werden, dass sich bei Kindern mit ADHS und schlafbezogenen Atemstörungen die Amplitude nach der Behandlung größer zeigte und die Latenz verkürzte (Johnstone et al. 2001). Insbesondere die Schlafdauer hat einen Einfluss auf exekutive Funktionen bei Kindern mit ADHS (Moreau, Rouleau & Morin

2013), aber auch der Anteil von Non-REM-Schlaf als Phase der nächtlichen Erholung (Munz et al. 2015). Generell verbessern sich bei der Behandlung der Schlafstörungen in dieser Patientengruppe auch die gestörten Funktionen von ADHS (Johnstone et al. 2001), aber ein Zusammenhang von Schlafstörungen und Beeinträchtigungen im Bereich der exekutiven Funktionen bei Kindern mit ADHS konnte noch nicht eindeutig nachgewiesen werden (Schneider, Lam & Mahone 2016).

*Die vorliegende Studie soll daher weitere Erkenntnisse zur Aufklärung dieses Zusammenhangs liefern.*

#### **2.7.4 Der Schlaf bei Kindern mit ADHS**

Da die Schlafqualität generell einen großen Einfluss auf die bei ADHS beeinträchtigten Bereiche wie die Konzentrationsfähigkeit und die (schulische) Lernleistung hat, ist eine gute Schlafqualität von besonderer Bedeutung bei Kindern mit ADHS (Brook & Boaz 2005; Sangal et al. 2006; Saletin, Coon & Carskadon 2016; Konofal, Lecendreux & Cortese 2010). Die Prävalenz von Schlafstörungen wird bei Patienten mit ADHS teilweise als sehr hoch eingeschätzt (Owens 2008; Fischman, Kuffler & Bloch 2015; Kirov & Brand 2014; Yoon, Jain & Shapiro 2012), wobei etwa 30-55% betroffen sind (Konofal, Lecendreux & Cortese 2010). Häufig werden hierbei Einschlafschwierigkeiten, nächtliches Aufwachen, unruhiger Schlaf, Alpträume und Probleme mit dem morgendlichen Aufwachen sowie Tagesschläfrigkeit genannt (Gruber et al. 2009; Gruber, Sadeh & Raviv 2000; Lecendreux & Cortese 2007; Sobanski et al. 2008; Kirov & Brand 2014; Velez-Galarraga et al. 2016; Tsai, Hsu & Huang 2016). Die Ergebnisse aus Studien zum Zusammenhang von Schlaf und ADHS sind nicht eindeutig, da verschiedene Variablen Einfluss auf die Resultate haben können, wie die Methode der Messung der Schlafqualität (subjektiv oder objektiv), die Durchführung der Schlafqualitätsmessung (unterschiedliche Aufnahme- und Auswertungsverfahren der Polysomnographie, verschiedene Fragebögen für Eltern und Kinder oder Interviewverfahren) und die Diagnose der ADHS-Erkrankung sowie deren Subtypen (Ganelin-Cohen & Ashkenasi 2013; Cortese et al. 2006; Kirov et al. 2004; Sobanski et al. 2008; Velez-Galarraga et al. 2016; Cohen-Zion & Ancoli-Israel 2004; Diaz-Roman, Hita-Yanez & Buela-Casal 2016).

Generell kann die Schlafqualität von Kindern mit ADHS auch über Elternfragebögen beschrieben werden (Lycett et al. 2015). Es ist jedoch bekannt, dass Eltern von Kindern mit ADHS den Schlaf ihrer Kinder häufiger schlechter bewerten als Eltern von gesunden Kindern (Gruber, Sadeh & Raviv 2000; Ball et al. 1997; Kirov & Brand 2014). Hierbei werden Einschlafschwierigkeiten und bewegungsbezogene Schlafstörungen häufiger in

der Patientengruppe angegeben als in der Kontrollgruppe (Velez-Galarraga et al. 2016; Corkum et al. 1999; Lycett et al. 2015). Diese Ergebnisse konnten jedoch nicht einheitlich bestätigt werden, da in anderen Studien keine Unterschiede zwischen ADHS-Kindern und normalen Kontrollen bei der Elternbefragung festgestellt wurden (Mick et al. 2000). Beim Vergleich von Daten aus Fragebögen und objektiven (aktigraphischen) Messungen konnte herausgestellt werden, dass sich die Angaben von Eltern zu den Schlafproblemen ihrer Kinder teilweise nicht mit den objektiv gemessenen Daten decken (Choi et al. 2010; Wiggs, Montgomery & Stores 2005; Cohen-Zion & Ancoli-Israel 2004; Mick et al. 2000; Goodlin-Jones, Waters & Anders 2009), was die erste These der schlechteren Einschätzungsfähigkeit der Eltern von Kindern mit ADHS unterstützen würde.

In Studien, die nur das objektive Aktigraphie-Verfahren verwendet haben, konnten entweder keine Unterschiede in der Schlafqualität zwischen Patienten mit ADHS und der Kontrollgruppe festgestellt werden (Mick et al. 2000; Goodlin-Jones, Waters & Anders 2009; Bergwerff, Luman & Oosterlaan 2016; De Crescenzo et al. 2016) oder es wurde eine größere Variabilität in der Gesamtschlafzeit und des Schlafbeginns (Cohen-Zion & Ancoli-Israel 2004; Gruber, Sadeh & Raviv 2000) sowie in Bezug auf die Schlafqualität (Dagan et al. 1997) gefunden. Bei einer Studie, die aktigraphische und polysomnographische Messungen verglichen hat, zeigten sich zudem verlängerte Schlaflatenzen (Wiebe et al. 2013).

Auch die Ergebnisse der polysomnographischen Untersuchungen sind heterogen und teilweise widersprüchlich. Metaanalysen konnten keine oder nur geringfügige Veränderungen in der Schlafarchitektur bei Kindern mit ADHS im Vergleich zu gesunden Kontrollen feststellen (Cohen-Zion & Ancoli-Israel 2004; Lecendreux et al. 2000; Cortese et al. 2006; Prihodova et al. 2010). In einzelnen Studien konnten jedoch Veränderungen in einigen Schlafparametern herausgestellt werden. So zeigten sich beispielsweise verkürzte Schlaflatenzen, häufigere nächtliche Wachzeiten und ein Anstieg der Tiefschlafphasen (Ramos Platon et al. 1990) sowie eine schlechtere Schlafeffizienz und ein erhöhter Arousal-Index (Goraya et al. 2009). In Bezug auf den REM-Schlaf wurden sowohl verkürzte REM-Schlaf-Anteile (O'Brien et al. 2003; Crabtree et al. 2003; Gruber et al. 2009), als auch erhöhte Anteile an REM sowie verkürzte REM-Latenzen bei Kindern mit ADHS, im Vergleich zu gesunden Kontrollen, festgestellt (Kirov et al. 2007; Kirov et al. 2012; Kirov et al. 2004; Yoon, Jain & Shapiro 2012; Viring et al. 2016). Auch ein verlängerter Anteil an Schlafphase S1 wurde erhoben, was bedeuten würde, dass Kinder mit ADHS einen leichteren Schlaf haben als gesunde Kinder (Diaz-Roman, Hita-Yanez &

Buela-Casal 2016), wobei es auch Hinweise auf eine Reduktion dieser Schlafphase und der Phase S3 bei ADHS gibt (Viring et al. 2016). Weiterhin konnten erhöhte Werte in Bezug auf periodische Beinbewegungen im Schlaf (Ferri et al. 2013; Crabtree et al. 2003) und in Bezug auf das Vorkommen von Schnarchen ermittelt werden (Goraya et al. 2009). Im Vergleich von ADHS-Kindern mit und ohne Schlafstörungen zeigten Patienten mit Schlafstörungen häufiger schlafbezogene Atemstörungen und periodische Beinbewegungen im Schlaf. Zudem fanden sich verlängerte REM-Latenzen in der Gruppe mit atembezogenen Schlafstörungen, wie auch eine erhöhte Schlaflatenz, häufigere Wachzeiten und ein höherer Arousal-Index (Goraya et al. 2009).

Da für das Erscheinungsbild von ADHS vermutlich Veränderungen der dopaminergen und noradrenergen Transmitterausschüttungen grundlegend sind (Kim et al. 2011) und monoamine Transmittersysteme auch eine zentrale Rolle in der Schlafregulation spielen, ist ein Zusammenhang zwischen Schlafstörungen und der Erkrankung ADHS auf neurophysiologischer Ebene naheliegend (Cortese et al. 2013; Kirov et al. 2004). Man vermutet, dass die Störung im dopaminergen System insbesondere die Assoziation von ADHS mit Schlafstörungen, wie dem Restless Legs Syndrom (RLS), Periodic Limb Movements in Sleep (PLMS) und dem Schlafapnoesyndrom hervorruft (Tsai, Hsu & Huang 2016; Kirov & Brand 2014).

Generell können Schlafstörungen als Begleiterkrankung bei ADHS auftreten und die Störungen verstärken (Cortese et al. 2013; Bar et al. 2016; Konofal, Lecendreux & Cortese 2010), aber Schlafstörungen rufen auch bei gesunden Personen ADHS-ähnliche Symptome hervor. Umgekehrt ist es möglich, dass Schlafstörungen das Auftreten der ADHS-Erkrankung überdecken und die Krankheit nicht diagnostiziert wird (Kirov et al. 2012; Ganelin-Cohen & Ashkenasi 2013; Owens 2005; Cortese 2015; Kirov & Brand 2014). Da der Zusammenhang zwischen Schlaf und ADHS noch nicht hinreichend geklärt ist, wurde dieses Phänomen auch als „Schlaf-Rätsel“ bezeichnet (Owens 2005). In diesem Zusammenhang ist ein besonderer Erklärungsansatz, der die Schlafproblematik in das Zentrum der ADHS-Erkrankung stellt, die Hypoarousal-Theorie von Harper und Weinberg (Weinberg & Harper 1993). Demnach nutzen Kinder mit ADHS exzessive motorische Aktivität, um tagsüber wach zu bleiben und ihre durch Schlafstörungen ausgelöste Tagesmüdigkeit zu überwinden (Golan et al. 2004; Chervin & Archbold 2001; Chervin et al. 2002).

Diese Theorie ist jedoch noch nicht bestätigt und gibt zudem keinen Aufschluss über mögliche Behandlungsoptionen bei dieser Patientengruppe. Aktuell werden Schlafstörungen bei Kindern mit ADHS unterschiedlich behandelt, was auch von der Art der

Schlafstörung abhängt. Ein- und Durchschlafstörungen können beispielsweise zunächst durch Maßnahmen zur Verbesserung der „Schlafhygiene“ positiv beeinflusst werden. Hierzu zählen regelmäßige Zubettgeh- und Aufstehzeiten oder Vermeidung von Licht- oder Lärmeinflüssen im Schlafzimmer (Lehberger 2005; Tsai, Hsu & Huang 2016; Sciberras et al. 2017). Auch Verhaltenstherapie in Form von Entspannungstraining oder kognitiver Therapie kann die Beeinträchtigungen in der Schlafqualität bei ADHS verbessern (Tsai, Hsu & Huang 2016; Owens, Palermo & Rosen 2002). Eine weitere Möglichkeit ist die Gabe des Hormons Melatonin, das sich positiv auf den Schlaf-Wach-Zyklus auswirkt und insbesondere Einschlafschwierigkeiten verbessern kann (van der Heijden, Smits, van Someren & Boudewijn Gunning 2005; Konofal, Lecendreux & Cortese 2010). Schlafbezogene Atemstörungen schließlich können teilweise operativ behandelt werden (zum Beispiel durch die Entfernung der Gaumen- oder Rachenmandeln) (Venekamp et al. 2015), während schlafbezogene Bewegungsstörungen im Allgemeinen medikamentös (z. B.: mit Dopaminagonisten) behandelt werden (England et al. 2011), wobei die Wirksamkeit bei ADHS nicht eindeutig belegt ist (Ferri et al. 2013).

Da die bisherigen Studien keine einheitlichen Erkenntnisse liefern konnten, besteht demnach weiterhin ein wissenschaftlicher Forschungsbedarf im Hinblick auf die Untersuchung der Schlafqualität von Kindern mit ADHS. Die hier vorliegende Arbeit soll hierzu einen Beitrag leisten. Außerdem konnten kaum Studien gefunden werden, die den Zusammenhang ereigniskorrelierter Potentiale und Schlafqualität bei Kindern mit ADHS untersuchen und zudem ausschließlich solche, die die P3 in den Fokus nehmen.

*Auch in diesem Bereich liefert die aktuelle Studie neue Erkenntnisse zur Beleuchtung des Zusammenhangs von kognitiver Leistungsfähigkeit und dem ADHS-Syndrom.*

## **2.8 Körperliche Aktivität**

Regelmäßige körperliche Aktivität ist allgemein wichtig für das Wohlbefinden und die Gesundheit des Menschen und insbesondere von Kindern (Myer et al. 2015; Graf et al. 2014). Sie beeinflusst verschiedene Funktionen des Körpers positiv, wie das Herz-Kreislauf-System, die Knochendichte, den Muskelaufbau sowie die Ausdauerleistungsfähigkeit und schützt zudem vor degenerativen Erkrankungen (Fernandes et al. 2016; Andersen & Froberg 2015; Strong et al. 2005). Körperliche Aktivität beinhaltet generell Bewegungen, die durch die Skelettmuskulatur hervorgebracht werden und den Energieverbrauch ansteigen lassen (Mensink 2003; Tomporowski, Lambourne & Okumura

2011; Rommel et al. 2015; Gabrys et al. 2015), wobei unterschiedliche motorische Hauptbeanspruchungsformen unterschieden werden können, wie Koordination, Ausdauer, Schnelligkeit, Beweglichkeit oder Kraft (Bös 2004; Weineck 2010). ‚Ausdauer‘ ist definiert als die Fähigkeit vielfache Wiederholungen von Bewegungshandlungen oder den Dauerbetrieb von Bewegungen mit optimaler Intensität und weitgehend stabiler Bewegungstechnik durchführen zu können (Berndt et al. 2008). Ein Synonym hierzu ist die „psycho-physische Ermüdungswiderstandsfähigkeit“ (Weineck 2010). Die Belastungsform ‚Kraft‘ umfasst die Möglichkeit des Körpers, durch Muskelkontraktion Bewegungswiderstände überwinden zu können (dynamische Kraft) oder äußeren Kräften entgegen zu wirken (statische Kraft) (Berndt et al. 2008; Weineck 2010). Weiterhin wird unter ‚Beweglichkeit‘ der Bewegungsspielraum bezeichnet, der im Rahmen von Bewegung und Haltung der verschiedenen Körpergelenke und Körperregionen erreichbar ist (Berndt et al. 2008). Schließlich wird die Fähigkeit, Bewegungen und Handlungen mit sehr hoher Geschwindigkeit durchführen zu können unter dem Begriff ‚Schnelligkeit‘ beschrieben (Berndt et al. 2008). Ausdauer, Kraft und Schnelligkeit können als überwiegend konditionelle Eigenschaften bezeichnet werden, da sie auf energetischen Prozessen beruhen. Beweglichkeit und Gewandtheit sind hingegen überwiegend koordinative Eigenschaften, da hierbei zentralnervöse Steuer- und Regelungsprozesse zugrunde liegen (Weineck 2010). Außerdem kann man zwischen der akuten und chronischen Belastung differenzieren, wobei mit akuter Belastung die körperliche Aktivität in einer bestimmten (einmaligen) Situation gemeint ist und chronische Belastung (oder Training) eine wiederkehrende körperliche Aktivität über einen längeren Zeitraum darstellt (Hopkins et al. 2012; McNarry & Jones 2014; Verburch et al. 2014; Tomporowski, Lambourne & Okumura 2011). Die Koordination umfasst allgemein die Harmonisierung des muskuloskelettalen und nervösen Systems zur Bewältigung spezifischer motorischer Anforderungen (Fernandes et al. 2016; Chang et al. 2013; Berndt et al. 2008) oder das Zusammenwirken von Skelettmuskulatur und Zentralnervensystem innerhalb eines gezielten Bewegungsablaufs (Weineck 2010). Diese Belastungsform ist nicht nur im sportlichen Bereich relevant, sondern betrifft fast alle Bereiche des täglichen Lebens (Fernandes et al. 2016). Häufig wird die Koordination als Auge-Hand-Koordination oder Auge-Fuß-Koordination gemessen (Fernandes et al. 2016). Der Hirnbereich, der hauptsächlich für die Steuerung koordinativer Belastungsformen zuständig ist, ist das Cerebellum, welches mit anderen Hirnbereichen, insbesondere dem PFC, verknüpft ist (Chang et al. 2013; Budde et al. 2008).

Da die hier vorgelegte Untersuchung schwerpunktmäßig die Belastungsformen Ausdauer und Koordination umfasst, werden die weiteren Zusammenhänge im Folgenden auf diese Bereiche beschränkt.

Neben der Differenzierung unterschiedlicher Arten von körperlicher Aktivität in die verschiedenen Belastungsformen ist die Unterscheidung der Belastungsdimensionen ‚Dauer‘, ‚Häufigkeit‘ und ‚Belastungsintensität‘ möglich (Borg 2004). Ziel der Erfassung körperlicher Aktivität durch diese Belastungsdimensionen ist einerseits die Einschätzung des Bewegungsverhaltens und andererseits die Bestimmung des Energieverbrauchs als quantitatives Merkmal (Müller, Winter & Rosenbaum 2010), wobei in diesem Zusammenhang unterschiedliche objektive und subjektive Verfahren zur Verfügung stehen (Müller, Winter & Rosenbaum 2010; Rowlands & Eston 2007).

### **2.8.1 Der Einfluss von körperlicher Aktivität auf exekutive Funktionen**

Körperliche Aktivität kann sich positiv auf die allgemeine Konzentrationsfähigkeit (Scudder et al. 2014) und auf die Ausprägung exekutiver Funktionen auswirken (Diamond & Lee 2011; Hopkins et al. 2012; Dishman et al. 2006; Best & Miller 2010; Graf et al. 2003). Auch in diesem Bereich liegen vielfältige Ergebnisse vor, da in Studiendesigns unterschiedliche Belastungsformen mit den verschiedenen Aspekten und Erhebungsmethoden exekutiver Funktionen kombiniert werden können. Zudem haben Alter und Leistungsvoraussetzungen der Untersuchungspersonen (Hopkins et al. 2012), wie auch die Dauer und Intensität der durchgeführten körperlichen Aktivität (van den Berg et al. 2016; Elleberg & St-Louis-Deschenes 2010) einen Einfluss auf die Ergebnisse. Auf neuronaler Ebene erhöht körperliche Aktivität die Blutzufuhr im Gehirn und wirkt sich auf die Ausschüttung von Neurotransmittern, Wachstumsfaktoren und endogenen Peptiden aus (Dworak et al. 2008; Griffin et al. 2011; van den Berg et al. 2016; Seifert & Secher 2011). Beispielsweise beeinflusst körperliche Aktivität den Dopaminspiegel im Gehirn (Meeusen et al. 1997; Hattori, Naoi & Nishino 1994; Chaddock et al. 2010; Kubesch et al. 2009). Es wird außerdem vermutet, dass sich eine akute, moderate Belastung positiv auf exekutive Funktionen auswirkt, wohingegen niedrige und hohe Belastungen einen negativen Einfluss haben (McMorris & Hale 2012; Elleberg & St-Louis-Deschenes 2010; Janssen, Chinapaw, et al. 2014; Chang & Etnier 2009). Außerdem gibt es Hinweise darauf, dass komplexere Aufgabenstellungen eher von körperlicher Aktivität beeinflusst werden können (McMorris & Hale 2012; Chang & Etnier 2009; Jager et al. 2014), obwohl sehr häufig Reaktionstests in Studien verwendet werden, die

keinen komplexen Aufbau haben (Elleberg & St-Louis-Deschenes 2010). Generell zeigen sich verkürzte Reaktionszeiten und weniger Fehler nach körperlicher Aktivität im Vergleich zur Kontrollbedingung ohne Aktivität (Hillman et al. 2009; Berchicci et al. 2015; Moore et al. 2013), auch bei koordinativen Belastungen (Chang et al. 2013).

Da die Studienlage in diesem Bereich sehr umfangreich und in Bezug auf die verwendeten Testparameter sehr heterogen ist, werden im Folgenden nur die Zusammenhänge dargestellt, die sich auf Kinder, Aufmerksamkeit, Inhibition und Reaktionstests beziehen, da diese den Schwerpunkt dieser Arbeit darstellen.

### **2.8.1.1 Der Einfluss von körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit**

Aerobe Ausdauerbelastungen werden im Rahmen von Studien zur körperlichen Aktivität und dem Einfluss auf exekutive Funktionen häufig verwendet, da diese Belastungsform allgemein die gesundheitsbezogene Fitness fördert und als Möglichkeit der Prävention gegen verschiedene Erkrankungen gilt (Chang & Etnier 2009; Best & Miller 2010). Außerdem können Ausdauerbelastungen den Katecholaminspiegel beeinflussen (Chang & Etnier 2009; Kubesch et al. 2009). Dieser Effekt wirkt sich insbesondere auf den PFC aus und verbessert dadurch die kognitive Flexibilität, die Kreativität und das Arbeitsgedächtnis bei Kindern (Diamond & Lee 2011; Chaddock et al. 2010; Budde et al. 2008). In Bezug auf die kognitive Leistungsfähigkeit und körperliche Aktivität ist als Hirnbereich der PFC besonders interessant, da dieser einen langen Zeitraum zur Entwicklung benötigt und dadurch in der Kindheit durch körperliche Aktivität gut beeinflusst werden kann (Fernandes et al. 2016; Halperin & Healey 2011; Best & Miller 2010). Auch die Basalganglien können durch aerobe Ausdauerbelastungen positiv beeinflusst werden, was sich in einer Verbesserung neurokognitiver Funktionen äußert (Chaddock et al. 2010). In Bezug auf die Belastungsintensität konnte gezeigt werden, dass moderate Belastung die besten Effekte auf Aufmerksamkeitsparameter erzielt (Janssen, Chinapaw, et al. 2014; Elleberg & St-Louis-Deschenes 2010; Drollette et al. 2012). Außerdem gibt es Hinweise darauf, dass die positiven Auswirkungen körperlicher Aktivität erst ab einer längeren Dauer der Belastung (10-30 Minuten) auftreten und nicht durch eine kurze Bewegungspause erzeugt werden können (Kubesch et al. 2009; Howie, Schatz & Pate 2015). Auch regelmäßige Ausdauerbelastungen wirken sich positiv auf exekutive Funktionen bei Kindern aus (Alvarez-Bueno et al. 2016; Verburch et al. 2014; Best & Miller 2010), was dazu führt, dass körperlich aktivere Kinder besser in Tests zur kognitiven Leistungsfähigkeit abschneiden als nicht aktive Kinder (Scudder et

al. 2014). Außerdem verbessert regelmäßige und strukturierte körperliche Aktivität den Bereich der inhibitorischen Kontrolle bei Kindern mehr als die normale Bewegungszeit, wie beispielsweise durch den Sportunterricht (Jackson et al. 2016; Budde et al. 2008). Insbesondere Koordinationsbelastungen sollen sich positiv auf die kognitive Leistungsfähigkeit im Bereich von Konzentrations- und Aufmerksamkeitstests auswirken (Budde et al. 2008). Der Grund für einen positiven Einfluss von Koordinationsbelastungen auf exekutive Funktionen könnte die (Prä-) Aktivierung von Hirnbereichen sein, die die Aufmerksamkeit beeinflussen (z. B.: des PFC) oder der anspruchsvollere Charakter der Aufgabenstellungen (Janssen, Chinapaw, et al. 2014; Gallotta et al. 2012; van den Berg et al. 2016; Bailey et al. 2014; Budde et al. 2008). Dies zeigt sich beispielsweise auch bei Kampfsportarten (wie Tae Kwon Do), da die Ausführung mentaler Anstrengung und Fokussierung bedarf (Diamond & Lee 2011). Insbesondere für Kinder eignen sich interessante und abwechslungsreiche Aufgabenstellungen, die koordinative Aspekte beinhalten, da diese häufiger Motivation bei den Probanden erzeugen und so das Engagement an der Teilnahme fördern (Jager et al. 2014).

### **2.8.1.2 Der Einfluss von körperlicher Aktivität auf ereigniskorrelierte Potentiale**

Körperliche Aktivität wirkt sich auch auf die Ausprägung ereigniskorrelierter Potentiale aus (Themanson, Hillman & Curtin 2006; Magnie et al. 2000). Bei körperlich aktiveren Kindern zeigt sich beispielsweise die Amplitude der P3 größer und die Latenz verkürzt, was bedeutet, dass diese Kinder schneller Ressourcen zur Bewältigung der Aufgabe nutzen können (Hillman, Kamijo & Scudder 2011; Drollette et al. 2014; Hillman et al. 2009; Berchicci et al. 2015). Gleiche Ergebnisse fanden sich im Rahmen einer Studie mit regelmäßiger Koordinationsbelastung bei Kindergartenkindern (Chang et al. 2013). In Bezug auf die N2 konnten verminderte Amplituden nach körperlicher Aktivität in Form einer akuten körperlichen Belastungseinheit festgestellt werden (Drollette et al. 2014). Dies zeigte sich ebenfalls im Vergleich von Probanden, die regelmäßig körperlich aktiv sind, zu nicht aktiven Personen, was auf eine effizientere exekutive Kontrolle bei der fitteren Personengruppe hinweist (Stroth et al. 2009). Im Bereich der frühen Potentiale konnte eine größere P1-Amplitude bei Kindern mit einer größeren aeroben Leistungsfähigkeit im Vergleich zur nicht-aktiven Kontrollgruppe festgestellt werden, was bedeutet, dass sich körperliche Aktivität bereits auf frühe Stadien der Informationsverarbeitung positiv auswirkt (Berchicci et al. 2015).

*Insgesamt gibt es sehr wenige Studien zum Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und ereigniskorrelierten Potentialen bei Kindern, wobei sich die meisten vorliegenden Studien auf die P3 beziehen. Die aktuelle Arbeit erweitert die Studienlage und nimmt zudem auch andere Potentiale in den Blick.*

### **2.8.1.3 Der Einfluss von körperlicher Aktivität auf exekutive Funktionen bei Kindern mit ADHS**

Der Einfluss von körperlicher Aktivität auf Kinder mit ADHS wird seit längerem untersucht. Dabei gibt es zahlreiche Hinweise auf einen möglichen positiven Einfluss von körperlicher Aktivität auf diese Patientengruppe (Ziereis & Jansen 2015; Silva et al. 2015; Gapin, Labban & Etnier 2011; Hill et al. 2011; Hartanto et al. 2016; Den Heijer et al. 2016). Es kann verallgemeinert werden, dass Ausdauerbelastungen die Symptome Unaufmerksamkeit, Impulsivität und Hyperaktivität bei Kindern mit ADHS reduzieren (Cerrillo-Urbina et al. 2015; Gapin, Labban & Etnier 2011; Rommel et al. 2015; McKune, Pautz & Lombard 2003; Grassmann et al. 2014). Obwohl dieser positive Einfluss körperlicher Aktivität auch auf exekutive Funktionen bei ADHS häufig postuliert wird, ist auch hier die Studienlage gering und heterogen und der genaue Mechanismus des Effekts ist noch nicht hinreichend geklärt (Hoza et al. 2016; Verret et al. 2012). Generell wird eine Beeinflussung des Katecholaminhaushalts durch die Aktivität als Ursache für den positiven Einfluss angesehen (Lee, Lee & Park 2015; Archer & Kostrzewa 2012; Halperin 2015; Medina et al. 2010).

Auch im Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit bei Kindern mit ADHS liegen Studien vor, die chronische und akute Belastungen (Gapin, Labban & Etnier 2011) sowie unterschiedliche Belastungsformen (Medina et al. 2010) als Intervention einsetzen. In Bezug auf die Belastungsintensität wird auch bei dieser Probandengruppe eine moderate (Chang et al. 2012; Gapin, Labban & Etnier 2011; Hill et al. 2011; Pontifex et al. 2013) bis intensive Belastung als förderlich angesehen (Hoza et al. 2015; Silva et al. 2015; Memarmoghaddam et al. 2016). Chronische Belastung über einen Zeitraum von 12 Wochen führte bei Kindern beispielsweise zu einer Verbesserung im Arbeitsgedächtnis, unabhängig von der Art der durchgeführten körperlichen Aktivität und im Vergleich zur Kontrollgruppe ohne Intervention (Ziereis & Jansen 2015). Eine andere Studie konnte ähnliche Ergebnisse erzielen: Nach einer achtwöchigen Phase aerober Belastung zeigten sich bei Kindern mit ADHS verkürzte Reaktionszeiten und weniger Fehler im Stroop-Test (Memarmoghaddam et al. 2016).

Eine akute 30-minütige Ausdauerbelastung führte im gleichen Test ebenfalls zu kürzeren Antwortgeschwindigkeiten bei Kindern mit ADHS im Vergleich zur Kontrollbedingung ohne körperliche Aktivität, bei der die Kinder einen Film schauten (Piepmeier et al. 2015; Chang et al. 2012). Ebenso zeigten sich verbesserte Werte im Eriksen-Flanker-Test nach einer einmaligen (moderaten) 20-minütigen Ausdauerbelastung in Form von verkürzten Reaktionszeiten und weniger Fehlern (Pontifex et al. 2013). Auch im Rahmen der Messung der körperlichen Aktivität durch Akzelerometer fanden sich im Tests zur kognitiven Leistungsfähigkeit Verbesserungen bei Kindern mit ADHS (Gapin & Etnier 2010), wobei einige Studien den Zusammenhang von körperlicher Aktivität und ADHS in Feldstudien an Schulen bzw. im Unterricht untersucht haben und generell positive Einflüsse auf die kognitive Leistungsfähigkeit feststellen konnten (Hill et al. 2010; Hill et al. 2011). Als Einschränkung ist anzusehen, dass in den genannten Studien Belastungsintensität und -form jeweils nicht objektiv gemessen oder festgelegt wurden, was die Vergleichbarkeit mit anderen Studien aus diesem Bereich einschränkt. In objektiveren Studiendesigns konnte in Bezug auf die Belastungsform festgestellt werden, dass sich insbesondere Ausdauerbelastungen positiv auf die inhibitorische Kontrolle und die Aufmerksamkeit bei Kindern mit ADHS auswirken (Hung et al. 2016; Kang et al. 2011).

Auch im neurophysiologischen Bereich zeigen sich positive Effekte von körperlicher Aktivität bei Personen mit ADHS. So können auch ereigniskorrelierte Potentiale durch körperliche Aktivität positiv beeinflusst werden. Dies konnte beispielsweise in vergrößerten Amplituden der P3 nach akuter körperlicher Aktivität bei Kindern mit ADHS gezeigt werden (Hung et al. 2016; Pontifex et al. 2013). Eine Studie konnte jedoch keine Veränderungen bezüglich ereigniskorrelierter Potentiale (P3/N2) nach einer zehnwöchigen Trainingsphase mit drei Einheiten intensiver körperlicher Aktivität bei Kindern mit ADHS nachweisen (Janssen et al. 2016).

*Insgesamt ist die Studienlage im Bereich des Einflusses von körperlicher Aktivität auf exekutive Funktionen und ereigniskorrelierte Potentiale bei Kindern mit ADHS vergleichsweise gering und die einzelnen Studien sind aufgrund unterschiedlicher Studiendesigns kaum vergleichbar. Es gibt zahlreiche Hinweise auf positive Effekte, die genaue Ursache ist jedoch noch nicht geklärt. Studien in diesem Themenfeld, wie die hier vorliegende, können also weitere Beiträge zur Erforschung dieses Sachverhalts liefern.*

### **2.8.2 Der Einfluss von körperlicher Aktivität auf die Schlafqualität**

Körperliche Aktivität beeinflusst durch die Erhöhung der Körpertemperatur und die Ausschüttung von Transmittern und Hormonen auch verschiedene Parameter des Schlafes (Kim et al. 2011) und ein positiver Einfluss von körperlicher Aktivität auf die Schlafqualität wird oft postuliert (Lehberger 2005; Riemann et al. 2017; Dolezal et al. 2017; Rubio-Arias et al. 2017). Zudem wird körperliche Aktivität als akzeptierte Behandlungsmethode gegen Schlafstörungen angesehen (Flausino et al. 2012; Veqar & Hussain 2012; Youngstedt 2005). Ein allgemeiner Einfluss von körperlicher Aktivität auf die Schlafarchitektur beim Menschen ist jedoch nicht einfach zu beschreiben, da sehr viele Variablen zu berücksichtigen sind, wie der Fitnessstatus der Probanden, Dauer, Art und Intensität der Belastung, der Zeitpunkt der Belastung vor dem Zubettgehen und der Einfluss von Tageslicht während der Aktivität (Youngstedt, O'Connor & Dishman 1997; Driver & Taylor 2000; O'Connor & Youngstedt 1995; Uchida et al. 2012). Einige Studien an gesunden Personen konnten jedoch nachweisen, dass nach einer körperlichen Aktivität der Anteil an SWS und die Gesamtschlafzeit ansteigen und die Schlaflatenz sowie REM – Dauer verkürzt werden (Flausino et al. 2012; Edinger et al. 1993; Driver & Taylor 2000; Youngstedt 2003; O'Connor & Youngstedt 1995; Shapiro 1981). Der Anstieg der SWS – Anteile wird als positiv für die Schlafqualität angesehen, da es sich hierbei um Tiefschlafphasen handelt, die wichtig für die Erholungsfunktion des Schlafes sind. Die Schlaflatenz bezeichnet die Zeit vom Zubettgehen bis zum Einschlafen und eine kurze Schlaflatenz ist demnach ein Zeichen für eine gute Schlafqualität. Zudem soll körperliche Aktivität auch die Tagesschläfrigkeit mindern (Flausino et al. 2012; Brand et al. 2010; Dworak et al. 2008; Gapin, Labban & Etnier 2011; Eiholzer et al. 2008).

Auch bei Kindern besteht die Annahme, dass sich körperliche Aktivität positiv auf die Schlafqualität auswirkt. Leider gibt es kaum Studien aus diesem Feld, es gibt jedoch Erkenntnisse aus Studien mit akuter Belastung (Dworak et al. 2008) sowie chronischer Belastung über längere Zeiträume (Kalak et al. 2012). Meist werden aerobe Ausdauerbelastungen im moderaten bis anstrengenden Bereich als besonders förderlich für die Schlafqualität angesehen (Kalak et al. 2012; Dworak et al. 2008). Jugendliche, die über drei Wochen regelmäßig morgens gelaufen sind, zeigten einen tieferen Schlaf, eine kürzere Schlaflatenz und eine längere REM-Latenz sowie eine subjektiv verbesserte Schlafqualität (Kalak et al. 2012). Nach einer akuten, intensiven 30-minütigen Ausdauerbelastung konnten höhere SWS-Anteile, eine größere Schlafeffizienz sowie eine kür-

zere Schlaflatenz in der folgenden Nacht festgestellt werden (Dworak et al. 2008). Einige Studien beziehen sich auf den therapeutischen Effekt bei Kindern mit Schlafstörungen wie Schnarchen (Davis et al. 2006) oder Einschlafschwierigkeiten. Auch die subjektive Messung von Schlafdauer und Umfang der körperlichen Aktivität konnte einen positiven Einfluss dieses Zusammenhangs zeigen (Foti et al. 2011). Die Erhebung der körperlichen Aktivität und Schlafqualität über einen Activity-Tracker (ähnlich einem Akzelerometer) konnte jedoch keinen positiven Einfluss der Bewegung auf den Schlaf feststellen (Soric et al. 2015).

### **2.8.3 Der Einfluss von körperlicher Aktivität auf die Schlafqualität bei Kindern mit ADHS**

*Im Rahmen der Literaturrecherche für diese Arbeit konnten keine Studien gefunden werden, die den Einfluss körperlicher Aktivität auf die Schlafqualität bei Kindern mit ADHS untersuchen. Ein positiver Einfluss von körperlicher Aktivität konnte für gesunde erwachsene Personen bereits nachgewiesen werden und teilweise auch für Kinder. Körperliche Aktivität bietet sich also als alternative, beziehungsweise nicht medikamentöse Möglichkeit zur positiven Beeinflussung sowohl der Schlafqualität als auch der ADHS-Symptome bei Kindern mit ADHS an, jedoch besteht hier eine Forschungslücke, da es noch keine Erkenntnisse zu diesem Zusammenhang gibt.*

## **2.9 Forschungsziel, Forschungsfragen und wissenschaftliche Relevanz**

Bei Personen mit ADHS wird von den Betroffenen selbst und deren Eltern die Schlafqualität meist als beeinträchtigt wahrgenommen. Ein schlechter Nachtschlaf führt zudem zu Unkonzentriertheit und Hyperaktivität am Tag, den Hauptsymptomen von ADHS. Weiterhin stellen Schlafstörungen einen zusätzlichen Stressfaktor für betroffene Familien dar. Körperliche Aktivität könnte auf Grundlage der physiologischen Einflussmöglichkeiten einerseits eine Alternative zur pharmakologischen Therapie bei der Erkrankung ADHS selbst, sowie andererseits den komorbid auftretenden Schlafstörungen darstellen. Da dieser Zusammenhang bisher noch nicht ausreichend untersucht wurde, sollten die Studien, die dieser Arbeit zugrunde liegen, erste Hinweise zur Klärung dieser Forschungslücke liefern, wobei für die gesamte Arbeit folgende Forschungsfragen grundlegend sind:

1. Hat körperliche Aktivität eine Auswirkung auf die objektiv gemessene Schlafstruktur/Schlafqualität bei ADHS-Patienten?

2. Gibt es einen Einfluss von körperlicher Aktivität auf die subjektiv gemessene Schlafqualität bei Kindern mit ADHS und Kindern ohne Diagnose?
3. Welche Auswirkungen hat die objektiv gemessene Schlafqualität bei ADHS-Patienten auf die kognitive Leistungsfähigkeit am folgenden Morgen?
4. Welche Auswirkungen hat die objektiv gemessene Schlafqualität bei ADHS-Patienten auf ereigniskorrelierte Potentiale am folgenden Morgen?
5. Welchen Einfluss hat körperliche Aktivität am Nachmittag auf die kognitive Leistungsfähigkeit am nächsten Morgen?
6. Welchen Einfluss hat körperliche Aktivität am Nachmittag auf ereigniskorrelierte Potentiale am nächsten Morgen?
7. Gibt es einen Zusammenhang zwischen subjektiv gemessener Schlafqualität und ADHS-Symptomen?

### **3 Methoden und Material**

Die durchgeführten Untersuchungen wurden von der Ethikkommission der Deutschen Sporthochschule Köln genehmigt und alle Verfahren entsprachen den ethischen Grundsätzen der Deklaration von Helsinki für menschliche Probanden. Es gab für alle Beteiligten zu jedem Zeitpunkt die Möglichkeit, ohne Angabe von Gründen aus der Studie auszusteigen. Im Folgenden werden Methoden und Materialien der Arbeit zur Fragebogenstudie und zur Interventionsstudie differenziert voneinander dargestellt.

#### **3.1 Untersuchungsdesign der Fragebogenstudie**

Im Rahmen dieser Studie wurde der Zusammenhang von körperlicher Aktivität, Schlafqualität und ADHS als Querschnittsstudie mit einem Fragebogen als subjektive Methode untersucht. Der Fragebogen bestand aus mehreren Einzelinstrumenten, die sich an Schülerinnen und Schüler sowie deren Eltern richtete und Aspekte des Freizeitverhaltens, der Schlafqualität und der ADHS-Diagnose umfasste. Der Aufbau des Fragebogens wird im Kapitel 3.1.2 genauer erläutert.

Die Datenerhebung der Fragebogenstudie fand von Mai bis Juni 2015 statt, wobei die Schulleiterinnen und Schulleiter von Grundschulen der Stadt Köln und aus dem Kreis Olpe (NRW) direkt angesprochen wurden. Schul- und Klassenleitung erhielten jeweils schriftlich Informationen über den Inhalt und den Ablauf der Untersuchung und die Erziehungsberechtigten der Kinder sowie die Schulleitungen unterzeichneten eine Einverständniserklärung zur Teilnahme an der Studie.

##### **3.1.1 Untersuchungskollektiv der Fragebogenstudie**

Insgesamt haben sich 21 von 162 Schulen zur Teilnahme bereit erklärt (Stadt Köln: sieben von 141, Kreis Olpe: 14 von 21), wobei alle Kinder der dritten und vierten Klassen und deren Eltern zur Teilnahme an der Befragung aufgefordert wurden. Von insgesamt 2132 verteilten Bögen (975 Köln/1157 Olpe) wurden 273 (95 Köln/178 Olpe) ausgefüllt zurückgegeben, was einer Rücklaufquote von 15,6% entspricht (Köln: 9,7%/Olpe: 15,4%). Die Untersuchungsgruppe bestand somit aus 273 Kindern (149 Mädchen, 54,6%) und das mittlere Alter betrug 9,4 Jahre ( $\pm 0,8$ ). Im Durchschnitt waren die Kinder 142,1 cm ( $\pm 7,9$ ) groß und 34,2 kg ( $\pm 7,2$ ) schwer. Die anthropometrischen Unterschiede in Bezug auf das Geschlecht sind in Tabelle 4 dargestellt, wobei sich keine Signifikanzen zeigten.

**Tabelle 4**

Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen in Bezug auf anthropometrische Daten.

Variable	Geschlecht	n	M (SD)	F	df	t	t-Test p
<b>Alter</b> (Jahre)	weiblich	108	9,3 (0,84)	0,048	194	-1,77	0,078
	männlich	88	9,5 (0,82)				
<b>Gewicht</b> (kg)	weiblich	128	33,8 (7,4)	0,030	225	-1,15	0,253
	männlich	99	34,9 (7,1)				
<b>Größe</b> (cm)	weiblich	117	141,7 (7,6)	0,012	213	-0,81	0,420
	männlich	98	142,6 (8,3)				
<b>Body Mass Index</b> (kg/m <sup>2</sup> )	weiblich	113	16,7 (2,5)	2,920	203	-1,05	0,293
	männlich	92	17,2 (3,2)				

M = Mittelwert, SD = Standardabweichung.

Der mittlere BMI betrug 16,9 kg/m<sup>2</sup> ( $\pm$  2,8). Die Verteilung von Unter-, Normal-, Übergewicht und Adipositas in der Untersuchungsgruppe wird in Tabelle 5 gezeigt, wobei sich auch hier keine signifikanten Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen ergaben.

**Tabelle 5**

Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen in Bezug auf das Gewicht.

Variable	Ge- schlecht	n	BMI-Klassifikation n (%)	df	$\chi^2$	$\chi^2$ -Test (einsei- tig) p
<b>Untergewicht</b> <P10	weiblich	10	10 (12,3)			
	männlich	10	10 (14,7)			
<b>Normalgewicht</b> P10-P90	weiblich	64	64 (79)			
	männlich	49	49 (72,1)			
<b>Übergewicht</b> P90-P97	weiblich	5	5 (6,2)			
	männlich	6	6 (8,8)			
<b>Adipositas</b> >P97	weiblich	2	2 (2,5)	1	0,19	0,385
	männlich	3	3 (4,4)			

Nach Angabe der Eltern hatten acht (2,9 %) Kinder zum Zeitpunkt der Untersuchung eine ADHS-Diagnose. Zusätzlich umfasste der Elternfragebogen ein ADHS-Diagnoseinstrument (FBB-HKS). Die ADHS-Diagnosekriterien des FBB-HKS Fragebogens ergaben in der Untersuchungsgruppe acht Kinder (2,9 %; drei Mädchen = 1,1 %) mit ADHS. Sechs (2,4 %) mit ausschließlich unaufmerksamem Subtyp (F98.8). Zwei Kinder (0,8 %) erfüllten die Kriterien für alle Subtypen (unaufmerksamem Subtyp (F98.8),

hyperaktiv-impulsiver Subtyp (F90.1) und kombinierter Subtyp (F90.0)). Mit den Kindern, bei denen die Eltern eine Diagnose angegeben haben und denen, die ADHS-bezogene Medikation erhalten haben, ergab sich eine ADHS-Untersuchungsgruppe von 16 Kindern (5,9 %), davon sechs Mädchen (2,2 %). Es bestand kein signifikanter Unterschied in der Anzahl der ADHS-Diagnosen zwischen Jungen und Mädchen und auch nicht zwischen den beiden Erhebungsorten (vgl. Tab. 6).

**Tabelle 6**

Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen in Bezug auf die ADHS-Diagnose.

Variable	ADHS n (%)	Kontrolle n (%)	df	$\chi^2$	$\chi^2$ -Test (einseitig) p
<b>Mädchen</b>	6 (2,2)	143 (55,6)			
<b>Jungen</b>	10 (3,7)	114 (44,4)	1	2,0	0,124
<b>Stadt</b>	4 (25)	91 (35,4)			
<b>Land</b>	12 (75)	166 (64,6)	1	0,72	0,288

In der gesamten Untersuchungsgruppe gaben zwei (0,7 %) Eltern eine Schlafstörung ihrer Kinder an und drei (1,1 %) vermuteten eine vorliegende Schlafstörung. Hierbei ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen ADHS- und Kontrollgruppe im  $\chi^2$ -Test (vgl. Tab. 7).

**Tabelle 7**

Unterschiede zwischen ADHS- und Kontrollgruppe in Bezug auf die Schlafstörungen.

Variable		ADHS n (%)	Kontrolle n (%)	df	$\chi^2$	$\chi^2$ -Test (zweiseitig) p
<b>Kind hat eine Schlafstörung</b>	Ja	1 (6,3)	1 (0,4)			
	Nein	15 (93,8)	255 (99,2)	1	7,08	0,008*
<b>Vermutung einer Schlafstörung</b>	Ja	1 (6,3)	2 (0,8)			
	Nein	14 (87,9)	253 (98,4)	1	4,46	0,035*
<b>Maßnahmen gegen Schlafstörung</b>	Ja	0 (0)	10 (3,9)			
	Nein	15 (93,8)	240 (93,4)	1	0,62	0,430

\*Signifikanz:  $p < 0,05$ .

Zudem wurden im Elternfragebogen auch Informationen über den Medienkonsum der Kinder erhoben. Zwischen Jungen und Mädchen ergab sich hierbei ein signifikanter Unterschied ( $t(df) = 269$ ,  $p = 0,004$ ) in Bezug auf die Nutzung von Konsolenspielen. Mädchen nutzten dieses Medium weniger oft, nämlich im Schnitt 11 Minuten pro Tag

( $\pm 19$ ), wohingegen die Jungen der Untersuchungsgruppe durchschnittlich 19 Minuten pro Tag ( $\pm 26$ ) mit Konsolenspielen verbrachten (weitere Ergebnisse vgl. Tab. 8).

**Tabelle 8**

Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen in Bezug auf die Dauer des Medienkonsums.

Variable	Geschlecht	n	M (SD)	F	df	t	t-Test p
<b>Dauer Fernsehen</b> min/Tag	weiblich	148	60 (39)	0,003	270	-0,17	0,869
	männlich	124	61 (43)				
<b>Dauer Konsolenspiele</b> min/Tag	weiblich	148	11 (19)	13,12	269	-3,01	0,004*
	männlich	123	19 (26)				
<b>Dauer Computer</b> min/Tag	weiblich	148	16 (28)	1,33	270	-0,92	0,360
	männlich	124	19 (30)				
<b>Dauer weitere Medien</b> min/Tag	weiblich	146	9 (28)	6,102	253,1	1,44	0,151
	männlich	123	4 (18)				

\*Signifikanz:  $p < 0,05$ .

Im Vergleich zwischen Kindern mit und ohne ADHS ergaben sich keine Unterschiede in der Nutzung der Medien Fernseher, Konsolenspiele, Computer und weitere Medien, wie zum Beispiel dem Smartphone (vgl. Tab. 9).

**Tabelle 9**

Unterschiede zwischen ADHS- und Kontrollgruppe in Bezug auf die Dauer des Medienkonsums.

Variable	Gruppe	n	M (SD)	F	df	t	t-Test p
<b>Dauer Fernsehen</b> min/Tag	ADHS	16	57 (39)	0,04	270	-0,33	0,742
	Kontrolle	256	61 (41)				
<b>Dauer Konsolenspiele</b> min/Tag	ADHS	16	9 (17)	2,06	269	-1,001	0,315
	Kontrolle	255	15 (23)				
<b>Dauer Computer</b> min/Tag	ADHS	16	19 (37)	1,22	270	0,17	0,868
	Kontrolle	256	17 (28)				
<b>Dauer weitere Medien</b> min/Tag	ADHS	16	17 (34)	6,75	15,9	1,30	0,226
	Kontrolle	253	6 (23)				

Die Elternantworten ergaben eine durchschnittliche Dauer (pro Woche) von sportlichen Aktivitäten der Kinder im Verein von 138 Minuten ( $\pm 144$ ) bei den Mädchen und 187 Minuten ( $\pm 162$ ) bei den Jungen, wobei dieser Unterschied signifikant ist ( $t(271)$ ),

-2,62,  $p = 0,009$ ). Nicht signifikant zeigte sich der Unterschied hingegen in Bezug auf den Freizeitsport. Hier verbrachten Mädchen durchschnittlich 230 Minuten ( $\pm 388$ ) in der Woche mit sportlichen Aktivitäten außerhalb eines Vereins und Jungen 350 Minuten ( $\pm 741$ ). Der Unterschied aller sportlichen Aktivitäten (Vereins- und Freizeitsport zusammen genommen) ergab ebenfalls einen signifikanten ( $t(188,74) = -2,12, p = 0,036$ ) Unterschied zwischen Jungen (538 min/Woche,  $\pm 789$ ) und Mädchen (368 min/Woche,  $\pm 456$ ). Weitere Angaben hierzu finden sich in Tabelle 10.

**Tabelle 10**

Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen in Bezug auf die Dauer der sportlichen Aktivitäten.

Variable	Geschlecht	n	M (SD)	F	df	t	t-Test p
<b>Gesamtdauer Vereins-sport</b> min/Woche	weiblich	149	138 (144)	0,66	271	-2,62	0,009*
	männlich	124	187 (162)				
<b>Gesamtdauer Freizeit-sport</b> min/Woche	weiblich	149	230 (388)	3,92	177,87	-1,64	0,103
	männlich	124	350 (741)				
<b>Gesamtdauer Sport</b> min/Woche	weiblich	149	368 (456)	4,03	188,74	-2,12	0,036*
	männlich	124	538 (789)				

\*Signifikanz:  $p < 0,05$ .

Im Vergleich von ADHS- und Kontrollgruppe zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in der Dauer sportlicher Aktivitäten im Verein oder in der Freizeit (vgl. Tab. 11).

**Tabelle 11**

Unterschiede zwischen ADHS- und Kontrollgruppe in Bezug auf die Dauer der sportlichen Aktivitäten.

Variable	Gruppe	n	M (SD)	df	F	t	T-Test p
<b>Gesamtdauer Vereins-sport</b> min/Woche	ADHS	16	161,1 (178,7)	271	0,008	0,016	0,987
	Kontrolle	257	160,5 (153,2)				
<b>Gesamtdauer Freizeit-sport</b> min/Woche	ADHS	16	185,0 (231,0)	271	0,496	-0,712	0,477
	Kontrolle	257	291,2 (592,8)				
<b>Gesamtdauer Sport</b> min/Woche	ADHS	16	346,1 (316,1)	271	0,499	-0,646	0,519
	Kontrolle	257	451,7 (648,5)				

Im Folgenden werden die durchgeführten Verfahren und Instrumente skizziert, die verwendeten Vorlagen finden sich im Anhang.

### 3.1.2 Verfahren und Instrumente der Fragebogenstudie

Die anthropometrischen Daten der Kinder wurden mithilfe von Fragen im Elternfragebogen erhoben. Hierbei sollten Angaben zum Geburtstag, Geschlecht, Gewicht und der Größe des Kindes gemacht werden. Auf Basis der Informationen zu Körpergröße und Gewicht wurde mit der Formel  $\text{Körpergewicht in kg} / \text{Körpergröße in Metern zum Quadrat}$  der BMI ( $\text{kg/m}^2$ ) der Kinder berechnet und mit den geschlechtsspezifischen Grenzwerten für Untergewicht (Perzentile  $<10$ ), Normalgewicht (Perzentile  $>10-90$ ), Übergewicht (Perzentile  $>90-97$ ) und Adipositas (Perzentile  $>97$ ) verglichen (Kromeyer-Hauschild et al. 2001).

Weiterhin umfasste der Elternfragebogen ein Instrument zur Diagnose von ADHS, der von allen Eltern, unabhängig von einer vorausgegangenen ADHS-Diagnose, ausgefüllt werden sollte. Hierbei handelte es sich um den Fremdbeurteilungsbogen für Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörungen (FBB-HKS/ADHS) des DISYPS-II (Diagnostik-System für psychische Störungen nach ICD-10 und DSM-IV für Kinder und Jugendliche II) (Görtz-Dorten & Döpfner 2009). Der Fragebogen besteht aus 35 Items, die im Rahmen einer vierstufigen Likert-Skala durch ankreuzen beantwortet werden. Zusätzlich wurden Fragen zu aktuellen (anderen) Diagnosen und zur Medikamenteneinnahme ergänzt.

Zur Erhebung der subjektiven Schlafqualität und der Schlafgewohnheiten der Kinder wurde im Elternfragebogen der CSHQ (Children's Sleep Habits Questionnaire) in einer deutschen Version verwendet (Owens, Spirito & McGuinn 2000; Schlarb, Schwerdtle & Hautzinger 2010). Das Instrument besteht aus 45 Items, die in einer dreistufigen Likert-Skala durch Ankreuzen beantwortet werden. Die Eltern waren hierbei aufgefordert, sich an die typischen Schlafgewohnheiten ihres Kindes in einer der letzten vergangenen Wochen zu erinnern und diese zu bewerten. Zur subjektiven Einschätzung der Schlafqualität durch die Kinder selbst wurde die deutsche Version des „Sleep Self Report“ (SSR) (Owens et al. 2000; Schwerdtle & Hautzinger 2010) als Kinderfragebogen eingesetzt. Mithilfe dieser Fragebögen konnten unterschiedliche Aspekte der Schlafqualität und das Auftreten von Schlafstörungen in der Studiengruppe untersucht werden: Schlafzeit, Schlafdauer, Schlafverhalten, Schlafbeginn, nächtliche Angstzustände, nächtliches Aufwachen, schlafbezogene Atmungsstörungen, Parasomnien, das Aufwachverhalten und Tagesschläfrigkeit (Owens, Spirito & McGuinn 2000). Da die Bögen keine Items zu schlafbezogenen Bewegungsstörungen wie zum Restless Legs Syndrom (RLS) oder periodischen Beinbewegungen im Schlaf (PLMS) enthalten, wurden in beiden Instrumenten zur

Erhebung der Schlafqualität diesbezügliche Fragen ergänzt (Cortese et al. 2005). Im Rahmen der Befragung wurden sämtliche Aktivitäten der Kinder in Alltag und Freizeit sowie deren Frequenz und Dauer erhoben. Parallel erfolgte die Erfassung der Nutzung elektronischer Medien (z. B.: Fernsehen oder Computerspiele). Der Fragebogen basierte auf dem Instrument der CHILT-Studie für Eltern (Graf & Dordel 2011; Graf et al. 2004), bzw. dem PAQ-C-Fragebogen für Kinder (Kowalski, Crocker & Donen 2004; Benitez-Porres et al. 2016; Kowalski, Crocker & Faulkner 1997). Letzterer enthält zehn Items zum Bewegungsverhalten in der Schule und in der Freizeit von Kindern, wobei die Antworten größtenteils im Multiple-Choice-Format und durch die Kinder selbst gegeben werden.

### **3.2 Studiendesign der Interventionsstudie**

In der Interventionsstudie wurde der Einfluss von körperlicher Aktivität auf die Schlafqualität und auf exekutive Funktionen in Form von kognitiver Leistungsfähigkeit und ereigniskorrelierten Potentialen erhoben. Außerdem wurde der Zusammenhang von Schlafqualitätsparametern und exekutiven Funktionen untersucht. Beide Bereiche wurden mit objektiven Methoden als Interventionsstudie erfasst.

Die Untersuchungen der Interventionsstudie wurden von März 2013 bis Juni 2014 durchgeführt wobei die Akquise der Probanden über Anzeigen in Tages- und Familienzeitungen erfolgte. Eingeschlossen wurden Viertklässler mit ärztlich abgesicherter ADHS-Diagnose. Im Vorfeld der Untersuchungen wurden die Probanden und deren Eltern über Inhalt und Ablauf der Untersuchung informiert und die Erziehungsberechtigten bestätigten schriftlich ihr Einverständnis zur Teilnahme an der Studie. Von zunächst 25 interessierten Familien nahmen schließlich 11 Kinder an der Studie teil, einer musste nachträglich aufgrund des „falschen“ Alters ausgeschlossen werden. Die übrigen 13 zogen aus persönlichen Gründen ihre Bereitschaft zu einer Teilnahme zurück.

#### **3.2.1 Untersuchungskollektiv der Interventionsstudie**

Die elf Probanden der Interventionsstudie hatten ein mittleres Alter von 9,5 Jahren ( $\pm 0,5$ ), ein mittleres Gewicht von 31,9 kg ( $\pm 7,7$ ) und waren im Schnitt 139,9 cm ( $\pm 7,1$ ) groß. Daraus ergab sich ein mittlerer Body Mass Index (BMI) von 16,1 kg/m<sup>2</sup> ( $\pm 3,1$ ) und ein übergewichtiges sowie ein untergewichtiges Kind (Kromeyer-Hauschild et al. 2001). Alle Probanden hatten eine ärztliche ADHS-Diagnose und zum Zeitpunkt der Studie wurden neun Kinder individuell mit Stimulanzien gegen ADHS behandelt (vgl. Tab. 12). Von den teilnehmenden Kindern waren zwei Mädchen und neun Jungen.

**Tabelle 12**

Angaben der Eltern zur ADHS-bezogenen Medikation ihrer Kinder.

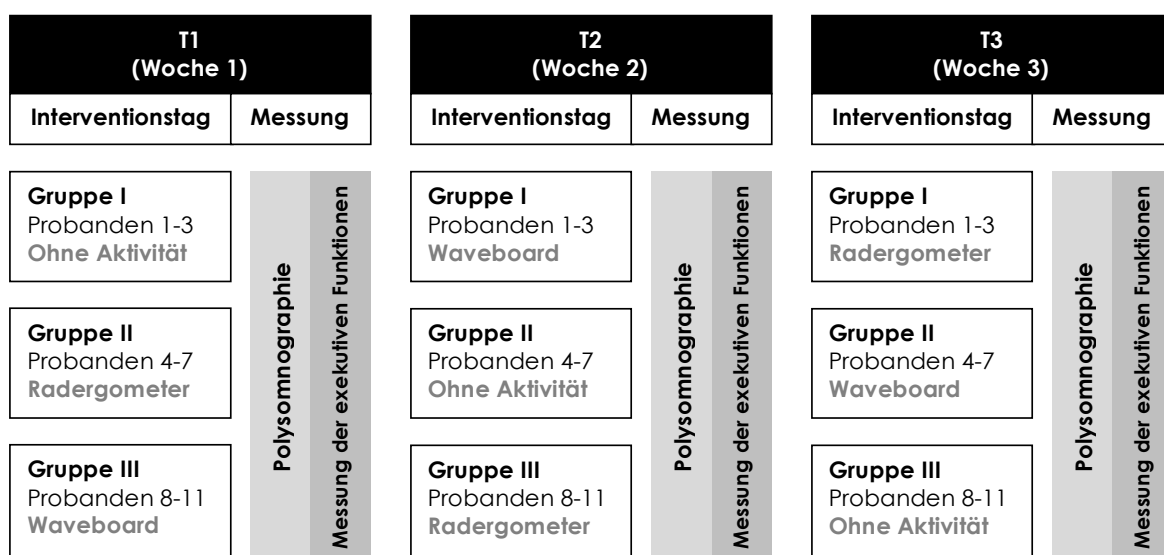
<b>Medikament</b>	<b>Tagesdosis in mg</b>	<b>Tagesdosis pro kg Körpergewicht</b>
<b>Equasym</b>	20	0,44
<b>Methylphenidat</b>	10	0,35
<b>Medikinet</b>	10	0,25
<b>Medikinet, Medikinet retard, Medikinet</b>	10, 30, 15	Keine Angabe
<b>Medikinet retard</b>	20	0,95
<b>Ritalin</b>	20	Keine Angabe
<b>Medikinet retard</b>	25	0,86
<b>Ritalin retard</b>	20	0,57
<b>Medikinet</b>	20	0,72

### 3.2.2 Verfahren und Instrumente der Interventionsstudie

Individuelle Daten, wie Geburtsdatum, Körpergröße, Gewicht, Erkrankungen und Medikamenteneinnahme wurden über einen Elternfragebogen erfasst. Der BMI wurde anhand der Angaben zu Alter, Größe und Gewicht mit der Formel Körpergewicht in kg/Körpergröße in Metern zum Quadrat der BMI ( $\text{kg/m}^2$ ) berechnet und mithilfe der geschlechtsspezifischen Grenzwerte für Untergewicht (Perzentile <10), Normalgewicht (Perzentile >10-90), Übergewicht (Perzentile >90-97) und Adipositas (Perzentile >97) eingeordnet (Kromeyer-Hauschild et al. 2001).

Die komplette Interventionsstudie wurde im häuslichen Umfeld der jeweiligen Probanden durchgeführt, wobei die Teilnehmer der Versuchsgruppe randomisiert auf die Abfolge der verschiedenen Bedingungen (Rad, Waveboard, ohne körperliche Aktivität) verteilt wurden. Die drei Messzeitpunkte fanden jeweils am gleichen Wochentag im Abstand von einer Woche statt. Damit die Ergebnisse nicht verfälscht wurden, sollten die Probanden an den Untersuchungstagen nicht an körperlich anstrengenden Aktivitäten, wie zum Beispiel dem Sportunterricht in der Schule, teilnehmen. Zudem sollte auf koffeinhaltige Getränke sowie unübliche Erholungsphasen, wie zum Beispiel Mittagsschlaf, verzichtet werden. Allgemein sollten die Probanden ihren normalen Alltagsroutinen folgen. Am Interventionstag waren die Probanden zwischen drei und vier Stunden vor dem Zubettgehen für jeweils 30 min körperlich aktiv. Es wurden jeweils die Herzfrequenz (HR) und die Belastungsdauer mithilfe einer Pulsuhr und einem Brustgurt (RS200, Polar Electro, Büttelborn, Deutschland) aufgezeichnet und im Folgenden als bpm (beats per minute / Schläge pro Minute) dargestellt. In der Ausdauerbelastung mit dem Fahrrad sollte eine mittlere Herzfrequenz von etwa 170 bpm eingehalten werden, die Intensität der Koordinationsbelastung auf dem Waveboard wurde zwar mithilfe der Pulsuhr gemessen, jedoch ohne Zielvorgaben. Eine Stunde vor

der gewohnten Zubettgehzeit wurden die Elektroden für die Polysomnographie angebracht, die Aufnahme gestartet und das Licht gelöscht. Nach dem Erwachen entfernten die Probanden eigenständig die Steckkontakte vom Messgerät, sodass sie ihren morgendlichen Routinen (z. B.: Frühstück) nachgehen konnten. Die Elektroden verblieben jedoch am Kopf, da etwa eine halbe Stunde nach der gewöhnlichen Weckzeit die Messung der exekutiven Funktionen sowie die jeweiligen Tests zu kognitiven Leistungsfähigkeit durchgeführt wurden. Die Durchführung dieser Tests dauerte insgesamt etwa eine halbe Stunde. Eine Übersicht über die Abläufe der Studie findet sich in Abbildung 6.



**Abbildung 6.** Übersicht über das Versuchsdesign der Interventionsstudie.

Die Schlafqualität wurde objektiv mithilfe von Polysomnographie ermittelt. Die Elektroden (Grass Goldnapfelektroden, o. O.) wurden gemäß des internationalen 10-20-Systems eine Stunde vor der gewohnten Zubettgehzeit angebracht. Am nächsten Tag wurden sie nach dem Erwachen und der Durchführung der Konzentrationstests wieder entfernt. Die polysomnographischen Daten wurden mit einer Samplingrate von 500 Hz aufgezeichnet und das Signal wurde verstärkt und konvertiert. Hierfür wurde die „Brain Vision Recorder 1.1“-Software der Firma Brain Products verwendet (München, Deutschland). Die Elektroden wurden mit Elektrodenfixierungspaste (EC2, Grass, o. O.) angebracht, um alle Basisparameter einer klinischen Polysomnographie nach Rechtschaffen und Kales (Rechtschaffen & Kales 1968) ableiten zu können: C3, C4, O1, O2, A1, A2, bilaterales EOG, bilaterale Ableitungen submental am Kinn und zudem ein EMG am Tibialis muskel. Die EMG-Ableitungen wurden durchgeführt, um nächtliche

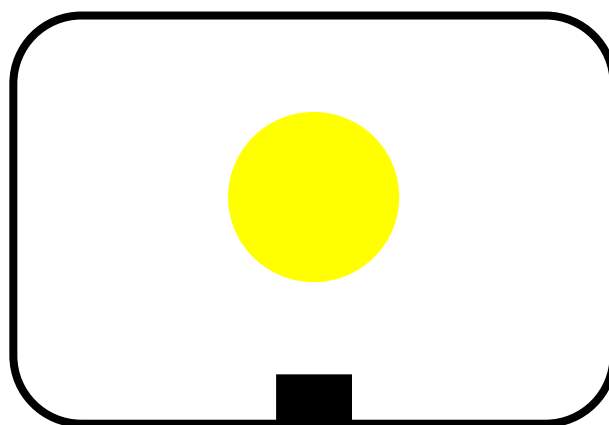
Beinbewegungen und Bewegungsstörungen nachzuweisen. Atemparameter wurden nicht abgeleitet. Die Daten wurden durch einen Experten für Polysomnographien mithilfe der AASM-Standardkriterien und einem Auswertungsprogramm (Somnolyzer Version Somnolyzer 1.8.1, Report Generator Version 2.0.0) ausgewertet (Anderer et al. 2005; Anderer et al. 2007). Folgende Parameter wurden ermittelt: Time in bed (TIB), Total sleep phase (TSP), Total sleep time (TST), Sleep stages 1-3 (S1-S3), Rapid Eye Movement (REM), Sleep efficiency (SE), number of awakenings (NOA), Sleep latency (SL), REM-latency (REML), Arousal index (AI), Slow Wave Sleep (SWS).

Für die Ableitung der ereigniskorrelierten Potentiale wurden die Elektroden der Polysomnographie genutzt, wobei das EEG durch Echtzeitmarker mit den Ergebnissen der computergestützten Tests synchronisiert wurde. Im EEG wurden alle Impedanzen unter 5 k $\Omega$  gehalten. Die Aufzeichnung wurde gefiltert (Hochpass/Tiefpass: 0,5-10 Hz, Steigung 48 db/Oct, Zeitkonstante: 0,03183099s, Notch-Filter: 50 Hz) und dann in die Ableitungen während der drei Testtypen Mathetest (Math), Reaktionstest (RT) und Erkennungstest (REC) aufgeteilt. Weiterhin wurde eine Segmentierung der einzelnen Ereignisse, basierend auf dem Stimulusbeginn (-100 bis 500 ms, Dauer 600 ms), durchgeführt und zudem eine Basislinienanpassung (-100 ms bis 0 ms) (Vogt et al. 2012). Artefakte, die durch Augenbewegungen entstehen können, wurden automatisch erfasst und korrigiert. Alle Daten wurden gemittelt, gebündelt und die Elektroden topographisch interpoliert (O1/2 = occipital und C3/4 = central). Die daraus resultierenden Amplituden ( $\mu$ V) und Latenzen (ms) jeder Bedingung wurden visuell auf das Vorhandensein von N1-, P2-, N2- und P3-Komponenten der evozierten Potentiale untersucht. Gemessen wurden die Amplituden von der Prä-Stimulus-Grundlinie bis zum maximalen Gipfel. Werte über 100  $\mu$ V wurden aus der weiteren Berechnung als Artefakte ausgeschlossen. Die Latenzen umfassten den Zeitraum vom Stimulusbeginn bis zum Zeitpunkt der höchsten Amplitude. Amplituden und Latenzen wurden als Werte für die weitere statistische Untersuchung verwendet (vgl. Abb. 2).

Inhibition und Aufmerksamkeit als Parameter für exekutive Funktionen wurden mit dem d2-Aufmerksamkeitstest in Papierform (Brickenkamp 1994) und einem auf dem Wiener Testsystem basierenden computergestützten Verfahren geprüft (Vogt et al. 2012; Dworak et al. 2008; Schranz & Osterode 2009). Im d2-Test müssen alle Buchstaben „d“ durch Durchstreichen markiert werden, die zusätzlich zwei Striche enthielten. Diese Stri-

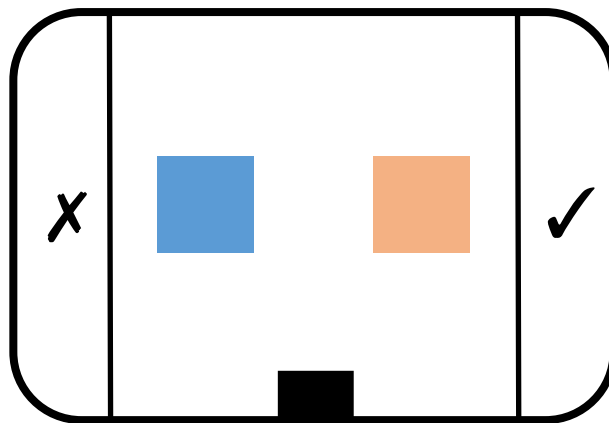
che können beide jeweils oberhalb oder unterhalb des Buchstabens stehen oder jeweils ein Strich oberhalb und einer unterhalb. Als Distraktoren sind die Buchstaben „d“ mit nur einem oder mehr als zwei Strichen enthalten sowie in gleicher Form die Buchstaben „b“ und „q“. Der d2-Test erfasst folgende Parameter: die Gesamtzahl der bearbeiteten Zeichen (GZ), zur Messung der Bearbeitungsgeschwindigkeit und die Gesamtzahl der Fehler (F), um die Genauigkeit und Aufmerksamkeit darzustellen. Im Rahmen der Fehlerzahl werden zudem Auslassungsfehler (F1), die die Konzentrationsfähigkeit beurteilen und Verwechslungsfehler (F2), die die inhibitorische Kontrolle messen, unterschieden. Die Geschwindigkeit der individuellen Informationsverarbeitung wird durch die Gesamtzahl der bearbeiteten Zeichen abzüglich der Gesamtfehlerzahl berechnet ( $GZ - F$ ). Die Anzahl der korrekt bearbeiteten Zeichen ohne die Auslassungsfehler ergibt die Konzentrationsleistung (KL) (Brickenkamp 1994).

Der computergestützte Test zur kognitiven Leistungsfähigkeit bestand aus drei verschiedenen Testteilen: einem Reaktionstest, einem visuellen Erkennungstest und einem Mathematiktest und wurde auf einem Tabletcomputer durchgeführt. Im Rahmen des Reaktionstests wurden Aufmerksamkeit und die Inhibitionsfähigkeit erhoben (Vogt et al. 2012; Müsseler & Rieger 2017). Als Stimulus wurde hierbei ein gelber Kreis (5 cm Durchmesser, unsichtbare Fehlerzone um den gelben Kreis) verwendet, der in unregelmäßigen Zeitabständen (2-5 Sekunden) in der Mitte des Tabletbildschirms erschien. Die Kinder wurden zunächst aufgefordert, als Startposition den Zeigefinger auf einem schwarzen Quadrat (3x3 cm) am unteren Rand des Bildschirms zu positionieren. Sobald der Stimulus erschien, sollte dieser mit dem Zeigefinger so schnell wie möglich angetippt und der Finger zurück auf die Startposition gelegt werden. Der Stimulus wurde insgesamt 60 Mal präsentiert (vgl. Abb. 7) und es gab kein Feedback über die korrekte Lösung oder die Geschwindigkeit, mit der die Aufgabe beantwortet wurde.



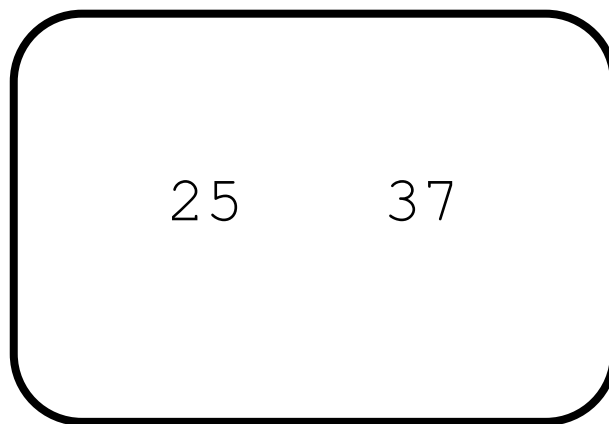
**Abbildung 7.** Darstellung des Paradigmas aus dem einfachen Reaktionstest.

Der Erkennungstest (Diskriminationstest/Auswahltest) hatte einen ähnlichen Aufbau. Es gab ebenfalls eine Startposition in Form eines schwarzen Quadrats am unteren Ende des Bildschirms und der Stimulus wurde ebenfalls in der Mitte des Tablets präsentiert. Bei diesem Test waren die Probanden aufgefordert zu erkennen, ob die beiden gleichzeitig präsentierten Quadrate (Stimuli, 5 cm) die gleiche Farbe aufwiesen oder nicht. Zur Beantwortung musste eines von zwei Feldern an der rechten oder linken Seite des Tablets berührt werden, das durch einen Haken (✓) für „ja“ und durch ein Kreuz (✗) für ein „nein“ gekennzeichnet war. Abschließend musste der Finger wieder auf dem Startquadrat abgelegt werden. Die Prozedur wurde ebenfalls 60 Mal wiederholt und es gab ebenso keinerlei Feedback für den Probanden (vgl. Abb. 8).



**Abbildung 8.** Darstellung des Paradigmas aus dem Farb-Diskriminationstest.

Im Mathematiktest wurde der Stimulus in Form von zwei Ziffern präsentiert, die gleichzeitig auf dem Bildschirm erschienen. Die Probanden mussten die höhere Zahl auf dem Tablet antippen. Ein Durchlauf dauerte 18 Sekunden und wurde insgesamt acht Mal mit randomisiert verteilten Zahlen wiederholt. Dieser Test war bezüglich des Aufbaus auch ein Diskriminationstest (vgl. Abb. 9).



**Abbildung 9.** Darstellung des Paradigmas aus dem Zahlen-Diskriminationstest.

Alle drei computergestützte Tests erfassten folgende Parameter der kognitiven Leistungsfähigkeit: Die Zeit zwischen dem Erscheinen des Stimulus und dem Abheben des Zeigefingers vom Startquadrat (neuronalen Verarbeitungszeit, NT), die Zeit zwischen dem Abheben des Fingers und der Berührung des jeweiligen Stimulus (motorische Zeit, MT), die Anzahl der Versuche, bei dem die Antwortfläche nicht berührt wurde (Aufgabenfehler) und die Häufigkeit des irrtümlich abgehobenen Fingers, ohne vorherige Präsentation eines Stimulus (impulsiver Fehler). Der Mittelwert der neuronalen Verarbeitungszeit und der motorischen Zeit aus allen Tests wurde als Marker für Unaufmerksamkeit verwendet. Mittlere Fehlerraten wurden erhoben, um das Vorhandensein von Inhibition zu messen. Hierbei wurde ebenfalls zwischen impulsivem Fehler (Finger zu früh von der Startposition gelöst) und unaufmerksamkeitsbedingtem Fehler (falsche Antwort) unterschieden.

Die Ausdauerbelastung wurde auf einem mobilen Fahrradergometer, bestehend aus einem Rennrad (Canyon, Koblenz, Deutschland) und einem Rollentrainer (Tacx, Wassenaar, Niederlande), durchgeführt. Die Koordinationsbelastung fand auf einem Waveboard (Maxboard, sv17 Service, Rostock, Deutschland) statt. Die Ausdauerbelastung sollte im moderaten bis intensiven Bereich stattfinden, bei etwa 80% der maximalen Herzfrequenzrate ( $HR_{max}$ ), ungefähr bei 170 Schlägen pro Minute.  $HR_{max}$  wurde mit folgender Formel berechnet:  $HR_{max} = 220 - \text{Lebensalter}$  (Machado & Denadai 2011). Neun Kinder hatten keine vorherigen Erfahrungen mit dem Waveboard als Sportgerät gemacht, sodass sie im Rahmen der Studie die erste Übungsstunde mithilfe der Versuchsleiterin durchgeführt haben. Die Kinder konnten sich hierbei zunächst an einer

Stange aus Holz festhalten, um erste Erfahrungen mit dem Gleiten auf dem Waveboard machen zu können. Die Unterstützung wurde zunehmend verringert, so dass die Kinder am Ende der Einheit kleinere Abstände eigenständig mit der Waveboardtechnik zurücklegen konnten. Ein Proband konnte bereits eigenständig fahren und hat in der Belastungszeit weiterführende Übungen durchgeführt, wie zum Beispiel Kurvenfahren.

### 3.3 Statistische Auswertungen

Zur statistischen Berechnung wurde das Statistikprogramm SPSS verwendet (IBM SPSS 25, Armonk, USA). Das Signifikanzniveau wurde bei allen Tests auf  $p < 0,05$  festgelegt. Mittelwerte ( $M$ ) und Standardabweichungen ( $SD$ ;  $\pm$ ) wurden in allen metrischen/intervalloskalierten Daten berechnet. In der Interventionsstudie wurden Extremwerte ( $M \pm 2 \cdot SD$ ) aus der weiteren Berechnung ausgeschlossen. Alle Daten wurden auf Normalverteilung getestet (Interventionsstudie: Shapiro Wilk / Fragebogenstudie: Kolmogorov-Smirnov). Mittlere Herzfrequenzen der unterschiedlichen Belastungssituationen wurden mithilfe des gepaarten T-Tests verglichen, wobei die Bonferroni-Korrektur angewandt wurde, um die statistischen Signifikanzlevel für multiple Testungen im T-Test anzupassen. Die Schlafstadiendaten wurden mithilfe univariater Varianzanalyse für Messwiederholungen (ANOVA), mit körperlicher Aktivität als unabhängige Variable und den Daten der Schlafqualität als abhängige Variable, verglichen. Zwischengruppenfaktor war körperliche Aktivität (Waveboard, Fahrrad, keine körperliche Aktivität). Wenn die Varianzhomogenität nicht gegeben war, wurde nach Greenhouse-Geisser korrigiert. Als Post-hoc-Test wurden Bonferroni- oder Fisher-LSD-Tests verwendet und die Effektstärke der ANOVA wurde als Eta-Quadrat ( $\eta^2$ ) angegeben. Daten der kognitiven Leistungsfähigkeit wurden mithilfe von ANOVA oder dem Friedman-Test verglichen. Bei signifikanten Ergebnissen in der ANOVA oder dem Friedman-Test wurden zusätzlich Wilcoxon-Tests durchgeführt, um signifikante Unterschiede zwischen den drei Bedingungen untereinander zu berechnen. Die Pearson-Produkt-Moment-Korrelation wurde berechnet zwischen den Parametern der Schlafqualität (AI, REM, SE, SWS) und den Verhaltensparametern sowie Amplitude und Latenz der ereigniskorrelierten Potentiale.

In der Fragebogenstudie wurden Gruppenunterschiede zwischen den Kindern der ADHS-Gruppe und der Kontrollgruppe durch den Mann-Whitney-U Test (da nicht normalverteilt bzw. ordinalskaliert) und  $\chi^2$ -Tests verglichen. Korrelationen zwischen ordinalskalierten Parametern der Schlafqualität (CSHQ-Score & SSR Score) und

körperlicher Aktivität (PAQ-Score) wurden mit der Spearman Rangkorrelation berechnet und die Daten der körperlichen Aktivität (PAQ-C), der Schlafqualität (CSHQ-Score & SSR Score) und Parameter der ADHS-Diagnose (FBB-HKS-Score) mit der Punkt-Biserialen Korrelation. Um ADHS-Daten und nominalen Verhaltensdaten zu korrelieren, wurde die Phi-Korrelation ( $\phi$ ) verwendet. Um Unterschiede in abhängigen ordinalskalierten Variablen (CSHQ-Score und SSR-Score) auf die körperliche Aktivität (Sportdauer in der Woche) als unabhängige Variable zurückzuführen, wurden lineare Regressionen durchgeführt. Binäre logistische Regressionen wurden verwendet, um Zusammenhänge der binären abhängigen Variablen (ADHS Diagnose/keine ADHS Diagnose; Schlafstörung/keine Schlafstörung) und den unabhängigen Variablen Sportdauer und Schlafqualität darzustellen.

## 4 Ergebnisse

Im Folgenden werden auch die Ergebnisse der Fragebogen- und Interventionsstudie getrennt voneinander dargestellt. Zur möglichst genauen Darstellung der Ergebnisse werden gemäß Empfehlung der Deutschen Gesellschaft für Psychologie (*Richtlinien zur Manuskriptgestaltung* 2007) die Testverfahren, die numerischen Höhen der statistischen Werte, die Anzahl der Freiheitsgrade (*df*) und (teilweise) die Effektgrößen angegeben.

### 4.1 Ergebnisse der Fragebogenstudie

#### 4.1.1 Lebensstilfaktoren in der Fragebogenstudie

Die im Rahmen des CHILT-Fragebogens erhobenen Lebensstilfaktoren ergaben kaum Unterschiede im Vergleich von ADHS-Gruppe und Kontrollgruppe. Einige Daten werden in Tabelle 13 dargestellt (weitere Daten nicht gezeigt).

**Tabelle 13**

Ausgewählte Daten zu Lebensstilfaktoren in der Untersuchungsgruppe.

Variable		ADHS n (%)	Kontrolle n (%)	df	$\chi^2$	$\chi^2$ -Test (einseitig) p
<b>Rauchen in der Familie</b>	Ja	8 (50)	80 (31,1)	1	2,38	0,104
	Nein	8 (50)	175 (68,1)			
<b>Beschäftigungsdauer Vater</b>	Nicht berufstätig	1 (6,3)	6 (2,3)	1	1,02	0,228
	Teilzeit	1 (6,3)	12 (4,7)			
	Vollzeit	13 (81,3)	229 (89,1)			
<b>Bildungsabschluss Vater</b>	Hauptschule	9 (56,3)	50 (19,5)	1	4,11	0,028*
	Realschule	2 (12,5)	40 (15,6)			
	(Fach-)Abitur	2 (12,5)	57 (22,2)			
	Studium	3 (18,8)	77 (30)			
	Kein Abschluss	0 (0)	11 (4,3)			
<b>Beschäftigungsdauer Mutter</b>	Nicht berufstätig	4 (25)	47 (18,3)	1	0,99	0,219
	Teilzeit	11 (68,8)	167 (65)			
	Vollzeit	1 (6,3)	37 (14,4)			
<b>Bildungsabschluss Mutter</b>	Hauptschule	6 (37,5)	33 (12,8)	1	1,06	0,180
	Realschule	3 (18,8)	83 (32,3)			
	(Fach-)Abitur	4 (25)	61 (23,7)			
	Studium	3 (18,8)	59 (23)			
	Kein Abschluss	0 (0)	9 (3,5)			

\*Signifikanz:  $p < 0,05$ .

#### 4.1.2 Körperliche Aktivität in der Fragebogenstudie

Im Rahmen des CHILT-Fragebogens gaben 225 Eltern an, dass ihre Kinder Mitglied in einem Sportverein sind. In der ADHS-Gruppe waren dies 75 % und in der Kontrollgruppe 82,9 % der Kinder. Der Unterschied zwischen den Gruppen war im  $\chi^2$ -Test jedoch nicht signifikant ( $p = 0,400$ ).

Die Daten zum Freizeit- und Sportverhalten der Kinder aus dem Selbsteinschätzungsbogen PAQ-C zeigten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen der ADHS- und der Kontrollgruppe im Mann-Whitney-U-Test (Einzeldaten nicht gezeigt. Scorewerte vgl. Tab. 14).

**Tabelle 14**

Vergleich der PAQ-Score Werte in den beiden Gruppen ADHS und Kontrolle.

PAQ (Sub-)Score	Gruppe	M (SD)	Z	Mann-Whitney-U	Signifikanz p
<b>Sportaktivitäten</b>	ADHS	1,80 (0,47)			
	Kontrolle	1,61 (0,47)	-1,829	1232	0,067
<b>Sportunterricht</b>	ADHS	3,93 (1,27)			
	Kontrolle	4,14 (0,97)	-0,412	1551	0,681
<b>Kleine Pause</b>	ADHS	3,43 (0,85)			
	Kontrolle	3,15 (0,92)	-1,246	1360,5	0,213
<b>Mittagspause</b>	ADHS	3,23 (1,17)			
	Kontrolle	3,11 (1,01)	-0,821	1284,5	0,420
<b>Freizeit</b>	ADHS	3,50 (0,80)			
	Kontrolle	3,40 (0,72)	-0,667	1287	0,505
<b>Wochenende</b>	ADHS	3,92 (1,19)			
	Kontrolle	3,69 (1,03)	-0,819	1376	0,413
<b>Selbsteinschätzung</b>	ADHS	3,23 (1,01)			
	Kontrolle	2,97 (0,87)	-1,219	1237	0,223
<b>Woche</b>	ADHS	3,70 (0,95)			
	Kontrolle	3,46 (0,88)	-1,06	1288	0,289
<b>Gesamtscore</b>	ADHS	3,33 (0,62)			
	Kontrolle	3,17 (0,53)	-1,013	1468,5	0,311

### 4.1.3 Schlafqualität in der Fragebogenstudie

Die mittlere Schlafdauer betrug in der Kontrollgruppe 9,6 h ( $\pm 0,5$ ) an Schultagen und 10 h ( $\pm 1,0$ ) am Wochenende. Kinder mit ADHS-Diagnose zeigten am Wochenende eine mittlere Schlafdauer von 9,6 h ( $\pm 0,5$ ) und am Wochenende von 10 h ( $\pm 1,1$ ). Diese und auch die Unterschiede in anderen Schlafparametern wie Schlafzeit oder Mittagsschlaf) waren nicht statistisch signifikant (Daten nicht gezeigt). Eltern von Kindern mit ADHS gaben unter dem Item „Kind leidet unter Schlafstörungen“ mit einer Häufigkeit von 6,3% an, dass das Kind unter Schlafstörungen leidet, Eltern der Kinder aus der Kontrollgruppe nur mit einer Häufigkeit von 0,4 %. Dieser Zusammenhang war statistisch signifikant ( $\chi^2(1), N = 272 = 7,03, p = 0,008, \phi = 0,161$ ).

Die mithilfe des CSHQ Fragebogens erhobenen Parameter der Schlafqualität zeigten im Mann-Whitney-U-Test in einzelnen Items signifikante Unterschiede zwischen ADHS- und der Kontrollgruppe (vgl. Tab. 15).

**Tabelle 15**

Vergleich der CSHQ-Items zwischen den beiden Gruppen ADHS und Kontrolle.

CSHQ-Item	Gruppe	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Signifikanz p
<b>Hat Angst im Dunkeln zu schlafen</b>	ADHS	148,47	1552,5	-1,976	0,048*
	Kontrolle	125,55			
<b>Kind klagt über Schlafprobleme</b>	ADHS	141,66	1581,5	-2,661	0,008*
	Kontrolle	123,32			
<b>Kind wacht von alleine auf</b>	ADHS	148,29	1025	-2,136	0,033*
	Kontrolle	112,29			
<b>Kind wird von anderen geweckt</b>	ADHS	155,38	1410	-1,965	0,049*
	Kontrolle	124			
<b>Kind hat Schwierigkeiten mit dem Aufstehen</b>	ADHS	165,63	1278	-2,434	0,015*
	Kontrolle	124,39			
<b>Kind braucht lange um munter zu werden</b>	ADHS	184,44	1121	-3,441	0,001*
	Kontrolle	128,06			

\*Signifikanz:  $p < 0,05$ .

Auch im Vergleich des CSHQ-Gesamtscores ergab sich ein signifikanter Unterschied ( $p = 0,029$ ) zwischen der ADHS-Gruppe (mittlerer Rang = 129,6) und der Kontrollgruppe (mittlerer Rang = 93,8). Im Vergleich der CSHQ-Subscores zeigte sich zudem, dass

Kinder mit ADHS häufiger an Tagesschläfrigkeit litten (mittlerer Rang = 146,9) als Kinder ohne ADHS-Diagnose (mittlerer Rang = 108,0) und dieser Unterschied war ebenfalls signifikant ( $U = 932, z = -2,256, p = 0,024$ ). In Tabelle 16 finden sich weitere Daten hierzu.

**Tabelle 16**

Vergleich der Score-Ergebnisse aus dem CSHQ-Elternfragebogen mit ADHS-Diagnose als Gruppenvariable.

CSHQ-Score	Gruppe	Mittlerer Rang	Z	Mann-Whitney-U	Signifikanz p
<b>Zubettgehschwierigkeiten</b>	ADHS	131,23			
	Kontrolle	120,9	-0,695	1556,5	0,487
<b>Einschlafverzögerung</b>	ADHS	110,9			
	Kontrolle	135,5	-1,522	1639	0,128
<b>Schlafdauer</b>	ADHS	134,0			
	Kontrolle	119,7	-1	1393	0,317
<b>Schlafbezogene Ängste</b>	ADHS	141,0			
	Kontrolle	119,6	-1,5	1479	0,134
<b>Nächtliches Erwachen</b>	ADHS	139,6			
	Kontrolle	123,0	-1,195	1506,5	0,231
<b>Parasomnien</b>	ADHS	130,8			
	Kontrolle	120,9	-0,575	1660	0,565
<b>Schlafbezogene Atemstörungen</b>	ADHS	128,0			
	Kontrolle	124,3	-0,283	1799,5	0,777
<b>Tagesschläfrigkeit</b>	ADHS	146,9			
	Kontrolle	108,0	-2,256	932	0,024*
<b>CSHQ Gesamtscore</b>	ADHS	129,6			
	Kontrolle	93,8	-2,188	670,5	0,029*

\*Signifikanz:  $p < 0,05$ .

Der Selbsteinschätzungsbogen (SSR) für Kinder zeigte keine signifikanten ( $U = 1095,0, Z = -1,954, p = 0,051$ ) Unterschiede im Vergleich des SSR-Gesamtscore zwischen ADHS (mittlerer Rang = 170,8) und Kontrollgruppe (mittlerer Rang = 128,9). Einzelne signifikante SSR-Items sind in Tabelle 17 angegeben.

**Tabelle 17**

Vergleich der Ergebnisse aus dem SSR-Kinderfragebogen mit ADHS-Diagnose als Gruppenvariable.

SSR-Item	Gruppe	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Signifikanz p
<b>Schläft innerhalb 20 Minuten ein</b>	ADHS	168,5	1137,5	-1,996	0,046*
	Kontrolle	129,57			
<b>Fällt schwer ins Bett zu gehen</b>	ADHS	162,31	1166	-1,991	0,046*
	Kontrolle	127,76			
<b>Wacht schlecht auf</b>	ADHS	171,54	1059	-2,196	0,028*
	Kontrolle	127,8			

\*Signifikanz:  $p < 0,05$ .

#### 4.1.4 Zusammenhang ADHS und Bewegung

Der Zusammenhang zwischen ADHS-Diagnose als abhängiger Variable (Diagnose: ja/nein) und der Sportdauer als unabhängiger Variable wurde durch binäre logistische Regression berechnet. Es konnten weder in Bezug auf die Elternangaben, noch in Bezug auf die Selbstauskünfte der Kinder signifikante Zusammenhänge zwischen körperlicher Aktivität und ADHS-Diagnose festgestellt werden (vgl. Tab. 18).

**Tabelle 18**

Binär logistisches Regressionsmodell; Kriterium: ADHS-Diagnose.

Prädiktoren / Unabhängige Variable	Regressionskoeffizient B	Exp (B) / OR	Wald	df	Modell p	Nagelkerkes korr. R <sup>2</sup>
<b>Gesamtdauer Sport (min/Woche)</b>	0,000	1,0	0,443	1	0,428	0,006
<b>PAQ-C Score</b>	-0,607	0,545	1,182	1	0,263	0,014

#### 4.1.5 Zusammenhang ADHS und Schlafqualität

Zwischen ADHS-Diagnose und Parametern der Schlafqualität konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen den Elternangaben der Schlafqualität (CSHQ-Score) und der ADHS-Diagnose festgestellt werden, mit 6,6% wird jedoch nur ein sehr geringer Anteil der Varianz erklärt. Zwischen den Kinderangaben zur Schlafqualität (SSR-Score und der ADHS-Diagnose konnten keine signifikanten Zusammenhänge dargestellt werden (vgl. Tab. 19).

**Tabelle 19**

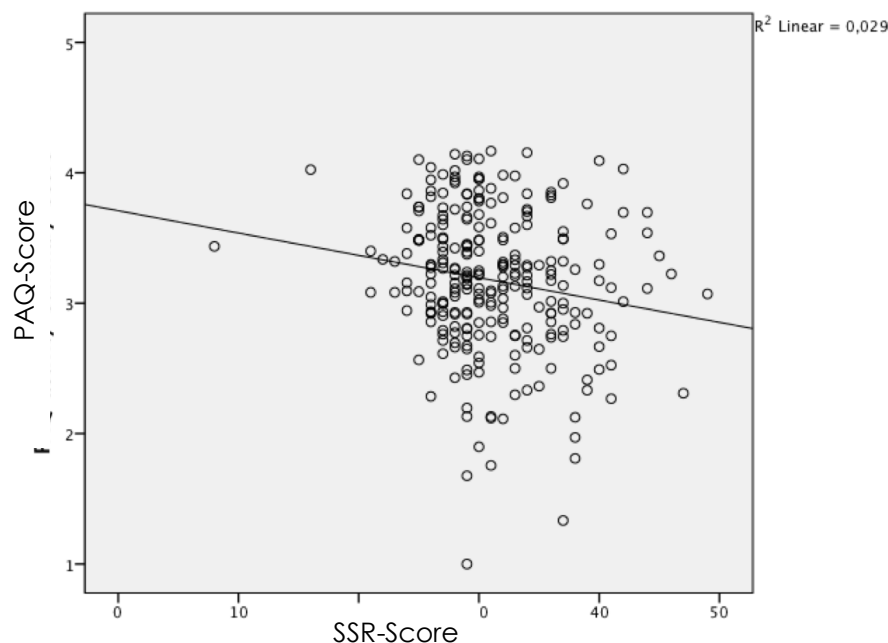
Binär logistisches Regressionsmodell; Kriterium: ADHS-Diagnose.

Prädiktoren / Unabhängige Variable	Regressi- onskoeffi- zient B	Exp (B) / OR	Wald	df	Modell p	Nagelkerkes korr. R <sup>2</sup>
CSHQ-Score	-0,136	0,873	5,301	1	0,029*	0,066
SSR-Score	-0,087	0,917	3,086	1	0,086	0,034

\*Signifikanz:  $p < 0,05$ .

#### 4.1.6 Zusammenhang Schlafqualität und Bewegung

Die Spearman-Rangkorrelation zwischen SSR-Score und PAQ-Score zeigte in der gesamten Untersuchungsgruppe (ADHS und Kontrolle) eine signifikant negative Korrelation ( $r_s$  (260),  $p = 0,004$ ;  $\rho = -0,177$ , vgl. Abb. 10), die jedoch mit dem errechneten Determinationskoeffizienten ( $R^2 = 0,029$ ) nur einen geringen Anteil der Varianz erklären kann. Der Effekt zeigte sich auch in der isoliert betrachteten Kontrollgruppe ( $p = 0,009$ ;  $\rho = -0,167$ ), aber nicht in der ADHS-Gruppe ( $p = 0,081$ ;  $\rho = -0,501$ ). Zwischen PAQ-Score und CSHQ-Score konnte in der Gesamtgruppe kein signifikanter Zusammenhang dargestellt werden ( $p = 0,131$ ,  $\rho = -0,122$ ), lediglich in der Kontrollgruppe ( $p = 0,046$ ;  $\rho = -0,152$ ).

**Abbildung 10.** Negative Korrelation zwischen PAQ-Gesamtscore und SSR-Score.

In der einfachen linearen Regression zeigten sich ebenfalls keine signifikanten Zusammenhänge zwischen Sportdauer und den Elternangaben zur Schlafqualität (vgl. Tab.

20), jedoch bei der Betrachtung der Angaben zu einer Schlafstörung des Kindes durch die Eltern und der Schlafdauer (vgl. Tab. 21). Mit einem Anteil von 46% kann die Varianz des Modells relativ gut erklärt werden.

**Tabelle 20**

Einfaches lineares Regressionsmodell; Kriterium: CSHQ-Score (Schlafqualität).

Prädiktoren / Unabhängige Variable	Regressi- onskoeffi- zient B	F	df	Mo- dell p	R <sup>2</sup>	Korr. R <sup>2</sup>
<b>Gesamtdauer Sport (min/Woche)</b>	47,3	2,923	1	0,089	0,015	0,01

**Tabelle 21**

Binär logistisches Regressionsmodell; Kriterium: Elternangabe Schlafstörung.

Prädiktoren / Unabhängige Variable	Regressi- onskoeffi- zient B	Exp (B) / OR	Wald	df	Modell p	Nagelkerkes korr. R <sup>2</sup>
<b>Gesamtdauer Sport (min)</b>	0,363	1,438	0,002	1	0,001*	0,461

\*Signifikanz:  $p < 0,05$ .

In Bezug auf die Kinderangaben zur Schlafqualität und zum Bewegungsverhalten konnte im Rahmen der binären logistischen Regression kein Zusammenhang erklärt werden (vgl. Tab. 22).

**Tabelle 22**

Binär logistisches Regressionsmodell; Kriterium: Kindereinschätzung Schlafstörung (SSR).

Prädiktoren / Unabhängige Variable	Regressi- onskoeffi- zient B	Exp (B) / OR	Wald	df	Modell p	Nagelkerkes korr. R <sup>2</sup>
<b>PAQ-C-Score</b>	0,297	1,346	0,745	1	0,393	0,005

#### 4.1.7 Zusammenhang von ADHS, Schlafqualität und körperlicher Aktivität

Mithilfe der multiplen, binären logistischen Regression wurde der Zusammenhang zwischen der ADHS-Diagnose als abhängiger (binärer) Variable, Schlafqualität (CSHQ-Score) und körperlicher Aktivität (Sportdauer in min/Woche) untersucht. Weder das Modell als Ganzes ( $\chi^2 = 26,545$ ,  $p = 0,229$ ,  $R^2$  nach Nagelkerke = 0,346), noch die einzelnen Koeffizienten waren signifikant.

Bei der Berechnung der ordinalen Regression zwischen Schlafqualität (CSHQ-Score) als abhängiger Variable, ADHS-Diagnose als unabhängiger Variable und Sportdauer

als Kovariate stellte sich ein signifikanter ( $p = 0,027$ ) Zusammenhang des Modells heraus, der eine hohe Anpassungsgüte ( $\chi^2$ ,  $p = 1,0$ ) aufweist, aber nur eine Varianz von 3,7% erklärt (Pseudo  $R^2$  nach Nagelkerke = 0,037).

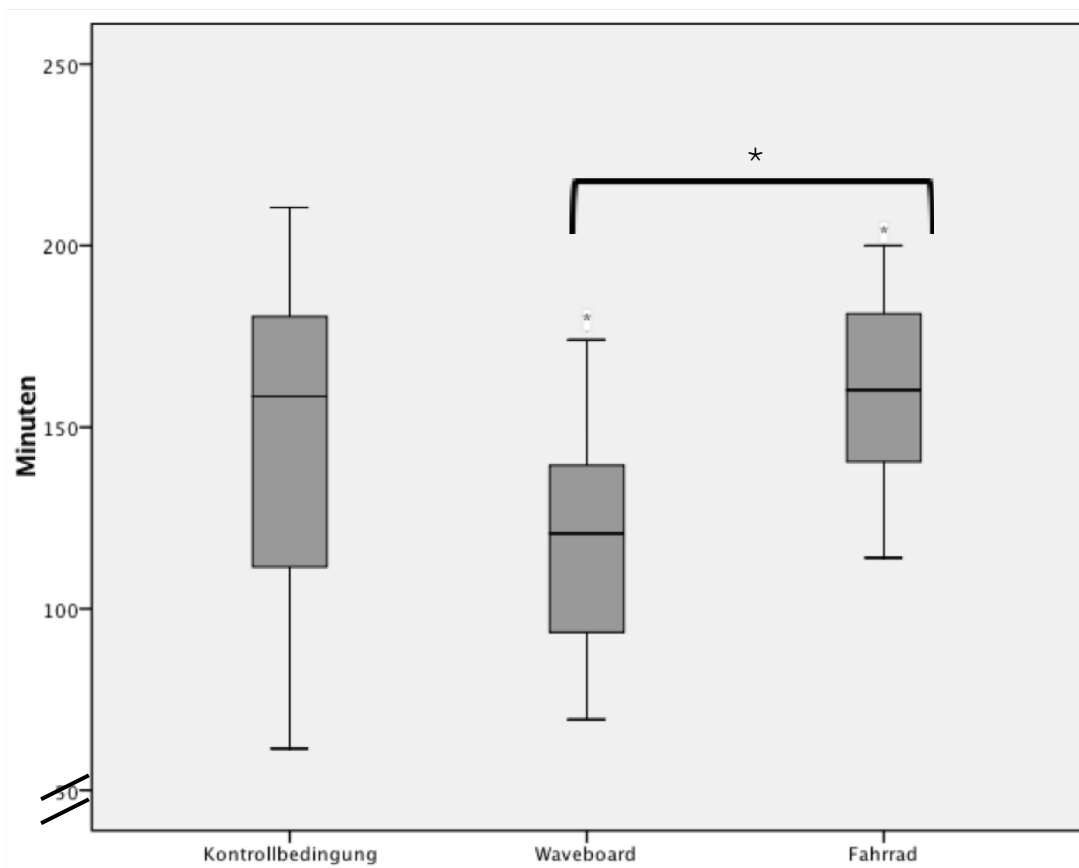
## **4.2 Ergebnisse der Interventionsstudie**

### **4.2.1 Körperliche Aktivität in der Interventionsstudie**

Die mittlere Herzfrequenz bei der Waveboardbelastung war 134,3 bpm ( $\pm 22,4$ ) und die mittlere Herzfrequenzrate beim Radfahren betrug 155,7 bpm ( $\pm 8,2$ ). Dieser Unterschied war signifikant ( $t(10) = -4,14$ ,  $p = 0,002$ ).

### **4.2.2 Schlafqualität in der Interventionsstudie**

Die Schlafqualitätsparameter zeigten sich im Shapiro-Wilk-Test normalverteilt. Die Varianzanalyse (ANOVA) der Zeit im Bett ( $F_{(1;14)} = 2,38$ ,  $p = 0,667$ ), der Gesamtschlafphasendauer ( $F_{(2;14)} = 0,064$ ,  $p = 0,938$ ) und der Gesamtschlafdauer ( $F_{(2;14)} = 0,474$ ,  $p = 0,632$ ) war zwischen den drei Experimentalnächten nicht signifikant verändert. Es gab auch keine Veränderungen der Schlafeffizienz ( $F_{(2;17)} = 0,141$ ,  $p = 0,87$ ) und der Umfang der Schlafstadien variierte nicht zwischen den Bedingungen. Die Ergebnisse der ANOVA ergaben signifikante ( $F_{(2;14)} = 3,883$ ;  $p = 0,046$ ;  $\eta^2 = 0,357$ ) Veränderungen in der REM-Latenz (vgl. Abb. 11). Nach der Bonferronikorrektur zeigte sich die mittlere REM-Latenz nach der Fahrradbelastung ( $M 159,75$  min;  $\pm 28,98$  min) im Vergleich zur Waveboardbelastung ( $M 118,88$  min;  $\pm 33,54$  min) signifikant ( $p = 0,014$ ) erhöht, aber nicht im Vergleich zur Kontrollbedingung ( $M 146,63$  min  $\pm 49,15$  min).



**Abbildung 11.** Varianzanalyse der REM-Latenz nach unterschiedlichen Belastungsbedingungen (\*Signifikanz).

Weitere Ergebnisse aus dem Vergleich der Polysomnographiedaten zwischen den unterschiedlichen Experimentalnächten sind in Tabelle 23 dargestellt.

**Tabelle 23**

Vergleich der Variablen der Polysomnographie in Bezug auf die unterschiedlichen Belastungsformen (ANOVA).

Variable	Kontrolle m (SD)	Waveboard m (SD)	Fahrrad m (SD)	F	df	Signifi- kantz p	Partiel- les eta <sup>2</sup> η <sup>2</sup> /p
<b>TIB</b> (min)	651,3 (39,3)	651,4 (32,8)	657,2 (35,0)	0,238	1,136 9,088	0,667	0,029
<b>TSP</b> (min)	583,1 (68,5)	589,6 (53,6)	591,1 (59,8)	0,064	2, 14	0,938	0,009
<b>TST</b> (min)	569,6 (68,0)	551,7 (87,2)	567,9 (50,0)	0,474	2, 14	0,632	0,063
<b>SE</b> (% TIB)	86,2 (8,3)	84,3 (12,9)	85,4 (5,6)	0,141	2, 14	0,870	0,020
<b>Wake in TSP</b> (min)	4,4 (3,6)	7,0 (9,5)	9,4 (6,8)	0,997	2, 12	0,398	0,142
<b>NOA</b>	4,9 (2,9)	4,3 (3,9)	6,7 (4,6)	0,898	2, 16	0,427	0,101
<b>SL</b> (min)	49,1 (33,1)	43,1 (32,2)	42,2 (26,5)	0,435	2, 16	0,655	0,052
<b>REML</b> (min)	146,6 (49,2)	118,9 (33,5)	159,8 (29,0)	3,883	2, 14	0,046*	0,357
<b>S1</b> (% TST)	2,6 (1,1)	2,9 (1,9)	2,6 (1,1)	0,317	2, 18	0,733	0,034
<b>S2</b> (% TST)	12,4 (5,4)	10,3 (4,7)	9,7 (3,6)	0,095	2, 14	0,362	0,135
<b>S3</b> (% TST)	69,0 (9,6)	68,8 (9,8)	69,0 (5,3)	0,004	2, 16	0,996	<0,001
<b>REM</b> (% TST)	16,8 (3,5)	17,6 (3,0)	18,7 (3,3)	0,658	2, 14	0,533	0,086
<b>non SWS</b> (% TST)	15,1 (8,2)	15,3 (5,8)	12,5 (4,4)	0,914	1,233 9,867	0,384	0,103
<b>non REM</b> (% TST)	38,2 (3,5)	82,4 (3,1)	81,3 (3,4)	0,703	2, 14	0,512	0,091
<b>AI</b> (/h TST)	17,1 (5,9)	17,9 (4,7)	15,9 (6,0)	0,766	2, 18	0,479	0,078

\*Signifikanz:  $p < 0,05$ .

### 4.2.3 Kognitive Leistungsfähigkeit und Bewegung

Die motorische Zeit im Erkennungstest (REC) zeigte signifikante ( $p = 0,019$ ) Unterschiede bei den Werten der verschiedenen Belastungsparameter. In der Bedingung ohne Belastung waren die Zeiten höher (mittlerer Rang 2,64) als bei denen mit Fahrradbelastung (mittlerer Rang 1,91) und Waveboardbelastung (mittlerer Rang 1,54). Der Wilcoxon-Test zeigte signifikante Unterschiede zwischen den Bedingungen ohne Sport und der Fahrradbelastung ( $p = 0,041$ ) sowie zwischen der Bedingung ohne Sport und Waveboard ( $p = 0,033$ ). Auch die Fehlerraten (F) im d2-Test zeigten signifikante ( $p = 0,049$ ) Veränderungen zwischen den Bedingungen ohne Sport (mittlerer Rang 1,82), Waveboard (mittlerer Rang 2,54) und Fahrrad (mittlerer Rang 1,54) jedoch unterschieden sich im Wilcoxon-Test nur die Bedingungen Fahrrad und Waveboard signifikant ( $p = 0,019$ ) voneinander. Andere Vergleiche der Werte kognitiver Leistungsfähigkeit zeigten keine signifikanten Veränderungen in Bezug auf die verschiedenen Belastungsformen. Alle Daten hierzu finden sich in Tabelle 24 bzw. 25.

**Tabelle 24**

Vergleich der Ergebnisse der Tests zur kognitiven Leistungsfähigkeit in Bezug auf die unterschiedlichen Belastungsformen (ANOVA).

Variable	Kontrolle M (SD)	Wave board M (SD)	Fahrrad M (SD)	F	df	Signi- fikanz p	Par- tielles $\eta^2/p$
REC TN	0,79 (0,18)	0,78 (0,16)	0,81 (0,15)	0,465	1,244 12,436	0,549	0,044
RT TM	0,27 (0,07)	0,25 (0,03)	0,25 (0,06)	0,81	2, 20	0,459	0,075
RT TN	0,50 (0,07)	0,49 (0,05)	0,48 (0,06)	0,388	2, 20	0,684	0,037
RT impul- siver Fehler	0,16 (0,11)	0,13 (0,09)	0,13 (0,06)	0,746	2, 20	0,487	0,069
d2 GZ Rohwert	290,7 (52,38)	294,73 (51,62)	305,64 (48,34)	0,492	2, 20	0,619	0,047
d2 GZ %	61,68 (27,54)	65,53 (30,47)	71,68 (20,12)	0,758	2, 20	0,482	0,07
d2 F %	4,33 (3,64)	4,52 (3,87)	3,51 (3,51)	0,712	2, 20	0,503	0,066
d2 GZF Rohwert	278,91 (55,90)	280,27 (47,38)	293,82 (53,05)	0,503	2, 20	0,612	0,048

<b>d2 GZF %</b>	68,73 (26,46)	71,88 (26,66)	76,32 (18,15)	0,402	2, 20	0,674	0,039
<b>d2 KL Rohwert</b>	110,73 (24,24)	109,73 (18,21)	118,36 (23,66)	0,886	2, 20	0,428	0,081

\*Signifikanz:  $p < 0,05$ .

### **Tabelle 25**

Vergleich der nicht parametrischen Ergebnisse der Tests zur kognitiven Leistungsfähigkeit in Bezug auf die unterschiedlichen Belastungsformen (Friedman-Test).

<b>Variable</b>	<b>Kontrolle mittlerer Rang</b>	<b>Wave board mittlerer Rang</b>	<b>Fahrrad mittlerer Rang</b>	$\chi^2$	<b>df</b>	<b>Signi- fikanz p</b>
<b>REC TM</b>	2,64	1,54	1,91	7,818	2	0,019*
<b>REC Fehlerzahl</b>	2,09	1,82	2,09	0,774	2	0,729
<b>REC impulsiver Fehler</b>	1,64	2,00	2,36	2,909	2	0,256
<b>Mathe Fehlerzahl</b>	1,68	1,86	2,45	3,674	2	0,168
<b>Mathe Durchgänge</b>	1,91	1,82	2,27	1,273	2	1
<b>d2 F Rohwert</b>	1,82	2,59	1,59	6,186	2	0,045*
<b>d2 F1</b>	1,77	2,32	1,91	1,857	2	0,410
<b>d2 F2</b>	2,27	1,95	1,77	1,512	2	0,493

\*Signifikanz:  $p < 0,05$ .

#### **4.2.4 Kognitive Leistungsfähigkeit und Schlafqualität**

Pearson-Korrelationen zwischen den Werten der Schlafqualität (SE, AI, REM, SWS) und den Werten der kognitiven Leistungsfähigkeit ergaben in Bezug auf die Schlafeffizienz keinen Zusammenhang. Der Anteil von REM-Schlaf korrelierte jedoch signifikant ( $r = 0,369$ ;  $p = 0,045$ ) mit der Anzahl von Auslassungsfehlern (F1). Die Gesamtzahl der bearbeiteten Zeichen korrelierte negativ dem Umfang von SWS ( $r = -0,376$ ;  $p = 0,037$ ) und der Arousal Index (AI) korrelierte positiv ( $r = 0,385$ ;  $p = 0,003$ ) mit der Gesamtzahl der Zeichen (GZ), der Gesamtfehlerzahl (F) ( $r = 0,503$ ;  $p = 0,004$ ) und der Auslassungsfehlerzahl (F1) ( $r = 0,526$ ;  $p = 0,002$ ) im d2-Test. Auch die Fehlerzahl im Mathematiktest ( $r = 0,495$ ;  $p = 0,005$ ) und die Anzahl der Verwechslungsfehler im Erkennungstest (REC) ( $r = 0,420$ ;  $p = 0,019$ ) korrelierten signifikant mit dem Arousal-Index. Die signifikanten Werte sind in Tabelle 26 angegeben.

**Tabelle 26**

Korrelationen der Parameter zur kognitiven Leistungsfähigkeit mit Parametern der Schlafqualität (Pearson-Korrelation).

Abhängige Variable	Schlafqualität Parameter	Korrelations- koeffizient <i>r</i>	Multipler De- terminations- koeffizient <i>R</i> <sup>2</sup>	Signifi- kanz <i>p</i>
<b>d2 GZ</b>	AI (/h TST)	0,385	0,149	0,032*
<b>d2 GZ</b>	SWS (% TST)	- 0,376	0,142	0,037*
<b>d2 F</b>	AI (/h TST)	0,503	0,253	0,004*
<b>d2 F1</b>	AI (/h TST)	0,526	0,276	0,002*
<b>d2 F1</b>	REM (% TST)	0,369	0,136	0,045*
<b>Mathe Fehlerzahl</b>	AI (/h TST)	0,495	0,245	0,005*
<b>REC impulsiver Fehler</b>	AI (/h TST)	0,420	0,177	0,019*

\*Signifikanz:  $p < 0,05$ .

#### 4.2.5 Ereigniskorrelierte Potentiale und körperliche Aktivität

Der Vergleich von Werten der ereigniskorrelierten Potentiale bei den unterschiedlichen Belastungsparametern zeigte keine signifikanten Effekte auf die Amplituden oder Latenzen in allen untersuchten Potentialen (Daten nicht gezeigt).

#### 4.2.6 Ereigniskorrelierte Potentiale und Schlafqualität

Im Gegensatz dazu zeigten sich Unterschiede im Vergleich der Schlafqualitätsparameter zu den ereigniskorrelierten Potentialen (vgl. Tab. 27). In Bezug auf den REM-Schlaf konnte eine signifikant negative Pearson-Korrelation zur N1-Amplitude im zentralen Bereich im Mathe-Test ( $r = -0,612$ ;  $p = 0,007$ ) und im Reaktionstest ( $r = -0,592$ ;  $p = 0,010$ ) errechnet werden. Zudem korrelierte der Anteil an REM-Schlaf mit der N2-Latenz im Reaktionstest ( $r = 0,500$ ;  $p = 0,041$ ). Der SWS-Schlaf zeigte eine Korrelation zur Amplitude der N2 im zentralen Bereich im Reaktionstest ( $r = 0,520$ ;  $p = 0,039$ ) und zur Latenz der N2 im okzipitalen Bereich im Erkennungstest ( $r = 0,550$ ;  $p = 0,018$ ).

Der Arousal-Index korrelierte signifikant mit der P2 ( $r = 0,521$ ;  $p = 0,027$ ) und zur N2 ( $r = 0,431$ ;  $p = 0,036$ ) Amplitude im okzipitalen Bereich im Mathetest. Zudem zeigte sich eine weitere signifikante Korrelation in der Latenz der N2 im zentralen Bereich im Mathe-Test ( $r = 0,500$ ;  $p = 0,049$ ). In der folgenden Tabelle sind nur die signifikanten Korrelationen dargestellt.

**Tabelle 27**

Signifikante Korrelationen zwischen ereigniskorrelierten Potentialen und Parametern der Schlafqualität (Pearson-Korrelation).

Abhängige Variable	Schlafqualität Parameter	Korrelations- koeffizient <i>r</i>	Multipler De- terminations- koeffizient <i>R</i> <sup>2</sup>	Signifikanz <i>p</i>
<b>μV okzipital Mathe P2</b>	AI (/h TST)	0,521	0,272	0,027*
<b>μV okzipital Mathe N2</b>	AI (/h TST)	0,431	0,186	0,036*
<b>μV okzipital RT P2</b>	REM (% TST)	0,407	0,166	0,043*
<b>μV central Mathe N1</b>	REM (% TST)	- 0,612	0,374	0,007*
<b>μV central RT N1</b>	REM (% TST)	- 0,592	0,351	0,010*
<b>μV central RT N2</b>	SWS (% TST)	0,520	0,270	0,039*
<b>μV central Rec N2</b>	SE (% TIB)	0,514	0,264	0,035*
<b>s okzipital RT N2</b>	REM (% TST)	0,500	0,250	0,041*
<b>s occipital Rec N2</b>	SWS (% TST)	0,550	0,303	0,018*
<b>s central Mathe N2</b>	AI (/h TST)	- 0,500	0,250	0,049*
<b>s central RT P2</b>	SE (% TIB)	- 0,513	0,263	0,021*

\*Signifikanz:  $p < 0,05$ .

## 5 Diskussion

In der vorliegenden Arbeit wurde der Zusammenhang von körperlicher Aktivität, Schlafqualität und exekutiven Funktionen bei Kindern mit ADHS untersucht. Im Folgenden werden zunächst die eingesetzten Methoden und Verfahren diskutiert und anschließend die gewonnenen Ergebnisse auf Basis der aktuellen Literatur ausgewertet.

### 5.1 Diskussion der Methoden

Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine Fragebogenstudie und eine Interventionsstudie durchgeführt, für die die Untersuchungsmethoden schriftliche Befragung, physiologische Messungen (EEG, EKP, HF), psychometrische Tests und experimentelle Intervention ausgesucht wurden. Alle Maßnahmen wurden von einer Versuchsleiterin durchgeführt und ausgewertet.

Die Erhebung körperlicher Aktivität ist insbesondere bei Kindern eine Herausforderung, da es sich hierbei um ein komplexes Verhalten handelt, das in unterschiedlichen Lebensbereichen auftritt und in Form unterschiedlicher Dimensionen (z. B.: Dauer, Intensität und Art der Aktivität) gemessen und beschrieben werden kann (Gabrys et al. 2015; Bös et al. 2002; Jekauc, Reimers & Woll 2014). Körperliche Aktivität kann mithilfe unterschiedlicher subjektiver und objektiver Verfahren quantifiziert werden (Bailey et al. 1995). Hierbei können drei Kategorien von Erhebungsverfahren differenziert werden, wobei die Kategoriestufen von eins nach drei jeweils eine Abnahme in der Validität, aber gleichzeitig ein Anstieg in der Praktikabilität beinhalten (Müller, Winter & Rosenbaum 2010):

- Kategorie 1: Direkte Beobachtung, Doubly labeled water-Methode, Indirekte Kalorimetrie
- Kategorie 2: Herzfrequenz, Schrittzähler, Akzelerometer
- Kategorie 3: Fragebogen, Interviewverfahren, Bewegungstagebuch

Die Kategorien 1 und 2 enthalten objektive Methoden und die Kategorie 3 subjektive Verfahren.

Als exaktestes Verfahren zur objektiven Messung körperlicher Aktivität gilt die Doubly Labeled Water-Methode. Hierbei wird der Energieverbrauch erfasst, indem die Probanden als Marker Sauerstoff- und Wasserstoffisotope mit Wasser verabreicht bekom-

men. Die abgegebene Menge an Wasserstoffisotopen wird anhand der ausgeschiedenen Körperflüssigkeiten und die abgegebene Menge an Sauerstoffisotopen über die Kohlendioxidabgabe gemessen. Anhand der Differenz zwischen ausgeschiedenen und verbleibenden Isotopen kann der Energieverbrauch innerhalb eines bestimmten Zeitraumes sehr genau gemessen werden (Westerterp 2018). Nachteilig an der Doubly Labeled Water-Methode sind der hohe Kosten- und Zeitaufwand sowie die fehlende Möglichkeit der Unterscheidung der einzelnen Settings und der Dimensionen, in der die körperliche Aktivität durchgeführt wurde. Diese Informationen können nur durch ergänzende Methoden erhoben werden (Jekauc, Reimers & Woll 2014).

Im Rahmen der indirekten Kalorimetrie wird der Energieverbrauch über die Sauerstoffaufnahme und die Kohlendioxidabgabe beim Ein- und Ausatmen geschätzt. Hierbei ist die Annahme grundlegend, dass beim Verbrauch von einem Liter Sauerstoff etwa fünf Kilokalorien (kcal) Energie verbraucht werden. Limitierender Faktor im Einsatz dieser Methode ist der beschränkte Einsatzbereich, der sich aus der erforderlichen Apparatur ergibt (Müller, Winter & Rosenbaum 2010).

Eine weitere Methode der Kategorie 1 ist die direkte Beobachtung. Hierbei wird das Aktivitätsverhalten von Probanden innerhalb eines festgelegten Zeitraumes durch geschultes Untersuchungspersonal direkt beobachtet und protokolliert. Die protokollierten Ergebnisse können über verschiedene Beobachtungssysteme ausgewertet werden. Das Verfahren hat sich als reliabel und valide erwiesen und hierbei von Vorteil ist der mögliche Einbezug von Umgebungsfaktoren in die Auswertung. Als nachteilig hat sich der hohe personelle sowie finanzielle Aufwand herausgestellt (Jekauc, Reimers & Woll 2014; Müller, Winter & Rosenbaum 2010; Bailey et al. 1995).

In der Kategorie 2 sind objektive Verfahren zusammengefasst, die auf der Anwendung von Bewegungssensoren basieren. Von Vorteil ist bei der Nutzung dieser Apparate insbesondere die einfache Anwendung und die relativ niedrigen Kosten, weshalb sich diese Methoden insbesondere zur Erfassung des Bewegungsverhaltens von großen Gruppen eignen (Müller, Winter & Rosenbaum 2010).

Da die Herzfrequenzsteigerung eine direkte physiologische Reaktion des Körpers auf körperliche Aktivität darstellt, kann der Energieumsatz und damit auch die Intensität der körperlichen Aktivität mit dieser Methode relativ genau erfasst werden (Fröhlich et al. 2008; Iannotti et al. 2004). Stress, Medikation, Koffeinkonsum, Fitnessstatus der Probanden und andere Faktoren können jedoch die Herzfrequenz beeinflussen und die

Ergebnisse verzerren, weshalb diese Störvariablen in wissenschaftlichen Untersuchungen ausgeschlossen oder einberechnet werden sollten (Müller, Winter & Rosenbaum 2010; Trost 2001). Hinzu kommt, dass der Zusammenhang von Sauerstoffaufnahme und Herzfrequenz nicht immer linear und konstant ist, wie zum Beispiel bei wenig intensiven Aktivitäten (Jekauc, Reimers & Woll 2014; Müller, Winter & Rosenbaum 2010).

Ein weiteres objektives und häufig verwendetes Verfahren ist die Akzelerometrie. Hierbei wird die Beschleunigung des Körpers in verschiedenen Ebenen mithilfe von Sensoren aufgezeichnet. Die so gewonnenen Daten geben Aufschluss über Frequenz, Intensität und Dauer der Aktivität (Trost 2001; Rowlands & Eston 2007).

Nach einem ähnlichen Verfahren funktionieren Schrittzahlmesser, die jedoch keinen Aufschluss über nicht lokomotorische Bewegungen liefern können. Bei dieser Apparatur wird die Anzahl der absolvierten Schritte in einem bestimmten Zeitraum anhand der Schrittlänge der Person und einer zurückgelegten Strecke gemessen. Von Vorteil sind der geringe Aufwand und die geringen Kosten, gleichzeitig können Probanden ihre Aktivität in verständlicher Form mit Schrittzahlempfehlungen abgleichen (Jekauc, Reimers & Woll 2014; Rosenbaum 2012).

Fragebögen sowie Bewegungstagebücher eignen sich als Erhebungsmethode zur subjektiven Erfassung von körperlicher Aktivität und werden häufig in der Forschung eingesetzt (Bös et al. 2002). Da Kinder erst ab einem gewissen Alter selbst Auskunft über ihr Verhalten geben können, gibt es Elternfragebögen zur Fremdbeurteilung und Fragebögen zur Selbstbeurteilung (Müller, Winter & Rosenbaum 2010; Bös 2017). In diesem Zusammenhang existieren zahlreiche Instrumente, wobei nicht alle in deutscher Übersetzung vorliegen und unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt werden. In Deutschland werden vier Instrumente häufig verwendet: der Freiburger Fragebogen zur körperlichen Aktivität (FFKA), der Baecke-Fragebogen, der MoMo-Aktivitätsfragebogen, sowie der der International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) (Fuchs et al. 2015; Frey et al. 1999; Wagner & Singer 2003; Jekauc et al. 2013).

Auch zur Messung der Schlafqualität sind objektive und subjektive Verfahren verfügbar. Zu den objektiven Verfahren zählen Polysomnographie und Aktigraphie und zu den subjektiven Verfahren Schlaffragebögen, Schlaftagebücher, Abend- und Morgenprotokolle sowie Vigilanztests. Alle Verfahren können in Kombination angewandt werden und liefern so Aufschluss über unterschiedliche Bereiche der Schlafqualität (Becker et al. 2009).

Die Aktigraphie ist eine Methode, bei der die Schlafqualität über den Anteil nächtlicher Bewegungen abgeschätzt wird. Sie eignet sich daher gut zur Erfassung der Schlafdauer bzw. von Aktivitäts- und Ruhephasen über einen längeren Zeitraum. Keinen Aufschluss liefert diese Methode über das Vorkommen oder den Umfang einzelner Schlafphasen während der Nacht (Heitmann et al. 2011). In diesem Bereich ist die Polysomnographie die exakteste Methode zur objektiven Messung der Schlafqualität, jedoch organisatorisch sehr aufwändig und mit hohen Kosten verbunden (Heitmann et al. 2011; Sawyer et al. 2009; Markovich, Gendron & Corkum 2014).

Subjektive Methoden sind kostengünstig, relativ einfach in der Anwendung und auch bei großen Gruppen einsetzbar. Als subjektive Methoden stehen beispielsweise unterschiedliche Arten von Schlafragebögen zur Verfügung (Buysse et al. 1991; Cortese et al. 2013; Spruyt & Gozal 2011; Heitmann et al. 2011; Markovich, Gendron & Corkum 2014), aber auch Schlaftagebücher und Schlafprotokolle. Bei allen Instrumenten sollen die Probanden anhand von Leitfragen oder Items Auskunft über ihren Schlaf geben. Angaben sind beispielsweise die Aufsteh- und Zubettgehzeiten sowie die Einschlafdauer und nächtliche Wachzeiten. Die Befragung kann in Form von Interviews oder als Instrument zur Selbstbeantwortung durchgeführt werden. Im Bereich von Schlafragebögen stehen standardisierte und validierte Instrumente zur Verfügung (Becker et al. 2009). Im Gegensatz dazu ist die Anwendung von Schlaftagebüchern und Protokollen bisher noch nicht vereinheitlicht, da es keine klaren Regeln zur Auswertung gibt (Heitmann et al. 2011). Ein Vergleich von Studienergebnissen ist daher schlecht möglich, was den Einsatz dieser Instrumente einschränkt.

Eine weitere Möglichkeit zur subjektiven Messung der Schlafqualität ist die indirekte Erfassung über Vigilanztests. Hierbei wird die Schläfrigkeit bzw. Wachheit am Tage von den Patienten über einen Fragebogen eingeschätzt. Beispiele für Vigilanztests sind die „Epworth Sleepiness Scale“ (Johns 1991) oder die „Stanford Sleepiness Scale“ (Hoddes et al. 1973).

### **5.1.1 Diskussion der Methoden der Fragebogenstudie**

Im Rahmen der Fragebogenstudie wurden ausschließlich subjektive, schriftliche Befragungsmethoden ausgewählt, die im Folgenden diskutiert werden.

### 5.1.1.1 Diskussion des Studiendesigns der Fragebogenstudie

Bei der Fragebogenstudie handelt es sich um eine vorexperimentelle Querschnittsstudie, da keine Interventionen, Randomisierungen oder Messwiederholungen stattgefunden haben. Dementsprechend ist die interne Validität der kausalen Interpretation als eher gering einzuschätzen (Döring & Bortz 2016).

Die Stichprobe bestand aus Schülerinnen und Schülern der dritten und vierten Klasse aus Grundschulen im Kreis Olpe und der Stadt Köln, sowie deren Eltern (Erziehungsberechtigten). Diese beiden Erhebungsorte wurden gewählt, um mögliche Unterschiede zwischen ländlichem und städtischem Raum erheben zu können. Zur Probandenakquise wurden im Kreis Olpe die Schulleitungen aller Grundschulen über Inhalt und Ablauf des Projekts informiert, im Raum Köln nur die zufällig ausgewählten Grundschulen. Die Fragebögen für die Probanden wurden an allen Schulen ausgegeben, die sich zur Teilnahme an der Studie bereit erklärten. In der Stadt Köln waren die Schulleitungen insgesamt weniger offen für die Teilnahme an der Studie, sodass sich eine geringere Anzahl an teilnehmenden Schulen ergab als im Kreis Olpe. Da die Klassenstufen an den Erhebungsschulen in Köln jedoch mehr Schülerinnen und Schüler umfassten, konnten an beiden Untersuchungsorten etwa gleich viele Fragebögen ausgeteilt werden. Die Erhebungsinstrumente wurden dann über die jeweiligen Klassenleitungen an die Schülerinnen und Schüler ausgeteilt, die somit passiv rekrutiert wurden. Die Stichprobe kann insgesamt als eine ‚nicht probabilistische Gelegenheitsstichprobe‘ bezeichnet werden und war demnach nicht repräsentativ (Döring & Bortz 2016).

Die Rücklaufquote war in der Stadt Köln geringer als in Olpe, was sicherlich auch auf die hohe Anzahl von schulbezogenen Forschungsprojekten zurückzuführen ist, die an Kölner Hochschulen durchgeführt werden, wie beispielsweise im Rahmen des Praxissemesters für Lehramtsstudierende. Dieser Sachverhalt wurde auch von einigen Schulleitungen geäußert. Im Kreis Olpe zeigten sich die Schulleitungen generell offener und interessierter gegenüber dem Forschungsvorhaben, was auch die höhere Rücklaufquote zeigt.

Als Probandenkollektiv wurden Kinder der dritten und vierten Klassen ausgewählt, da in diesem Alter eine ADHS-Diagnose bereits sicher gestellt werden kann (ICD-10) und die Auswirkungen der Pubertät noch keine Störvariablen darstellen, wie zum Beispiel der Einfluss von Hormonen auf die Schlafqualität (Dahl & Lewin 2002; Watzlawik 2009; Owens, Spirito & McGuinn 2000). Weiterhin hat in diesen Klassenstufen noch keine Unterteilung in unterschiedliche Schulformen stattgefunden, was die Ergebnisse ebenfalls beeinflussen könnte (Bohn & Richter 2012).

Der Zeitraum der Untersuchung war in Bezug auf beide Untersuchungsgruppen gleich gewählt, um eine Vergleichbarkeit im Hinblick auf jahreszeitliche Einflüsse zu gewährleisten (Haug 2002; Owens, Spirito & McGuinn 2000).

### **5.1.1.2 Diskussion der Instrumente und Verfahren der Fragebogenstudie**

Als Untersuchungsmethode wurde eine schriftliche Befragung in Form von standardisierten Fragebögen ausgewählt (Mummendey & Grau 2014; Döring & Bortz 2016), da den meisten Probanden die Methode aus Alltagssituationen (z. B.: Fragebogen beim Arztbesuch, Abfrage von persönlichen Interessen in der Schule) bereits bekannt sein dürfte (Döring & Bortz 2016). Nachteilig an der Fragebogenmethode ist die Anfälligkeit für Messfehler, die sich aus der subjektiven und retrospektiven Beantwortung sowie durch Einflüsse sozialer Erwünschtheit ergeben (Rippl & Seipel 2008). Die Beeinflussung der Antworten durch soziale Erwünschtheit kann insbesondere im Bereich der Mediennutzung und der Angaben zur körperlichen Aktivität angenommen werden (Mummendey 1981). Ein weiterer Einflussfaktor systematischer Verzerrung können Wunschvorstellungen der Befragten sein. Diese treten beispielsweise in Bezug auf die Einschätzung des Gewichts oder die Dauer des Sporttreibens auf (Bellach 1999; Kroh 2005; Schwarz & Oyserman 2001). Darüber hinaus kann ein sozio-kultureller Einfluss nicht ausgeschlossen werden, da möglicherweise nicht alle Teilnehmenden über ausreichende sprachliche Kompetenzen verfügten, um den Fragebogen wahrheitsgemäß ausfüllen zu können (Döring & Bortz 2016). Dies könnte beispielsweise bei Familien mit Migrationshintergrund oder sehr geringem sozialen Status der Fall sein und würde die Stichprobe weniger repräsentativ machen bzw. einen systematischen Messfehler darstellen (Bühner 2011). Da die Probanden den Fragebogen zu einem frei gewählten Zeitpunkt ausfüllen konnten, bestand nicht die Möglichkeit Verständnisfragen zu stellen. Diese Vorgehensweise war einerseits organisatorisch notwendig, andererseits sollte durch eine anonyme Beantwortung und standardisiertem Instruktionstext eine hohe Durchführungsobjektivität gewährleistet werden (Bühner 2011).

Fragebögen sind generell auch als Instrumente zur Diagnosestellung und als psychometrische Testverfahren geeignet (Bühner 2011; Döring & Bortz 2016). Es wird empfohlen auf etablierte Instrumente der Forschungsliteratur zurück zu greifen, da diese meist bereits validiert sind und sinnvoll interpretiert werden können (Döring & Bortz 2016). Gleichzeitig ergibt sich auch der Vorteil einer besseren Vergleichbarkeit von Ergebnissen zwischen einzelnen Studien, die das gleiche Instrument verwenden (Owens, Spirito

& McGuinn 2000; Döring & Bortz 2016). Aufgrund dessen wurden in der hier vorliegenden Studie bereits erprobte und validierte Instrumente anderer Autoren verwendet.

Fragebögen oder psychometrische Tests sind häufig als Ratingskalen im Likert-Skala Format konstruiert. Hierbei werden die Indikatoren für ein bestimmtes Konstrukt als Items in Form von Fragen formuliert, die anhand einer gestuften Skala durch ankreuzen beantwortet werden. Die Antwortskala umfasst meist zwischen drei und sieben Stufen, die jeweils die unterschiedlichen Intensitäten des Merkmals repräsentieren sollen und verbal charakterisiert sind. Den Merkmalsausprägungen werden also Zahlen zugewiesen, wodurch sich Summen-, und Durchschnittsscores sowie Subskalen berechnen lassen. In der Forschungspraxis werden die Daten von Likert-Skalen meist als intervallskaliert interpretiert und dementsprechend wäre die Bildung von Mittelwerten als Durchschnittsscore und die Anwendung parametrischer Testverfahren (T-Test, Pearson-Korrelation) möglich (Döring & Bortz 2016). Hier liegt jedoch ein kontrovers diskutiertes messtheoretisches Problem zugrunde, denn streng genommen handelt es sich bei dem beschriebenen Format um Messwerte auf Ordinalskalenniveau, da eine Reihenfolge in Form von Rangplätzen mit unterschiedlichen Abständen voneinander vorliegt (Bühner & Ziegler 2009). In der hier vorliegenden Studie wurde daher Ordinalskalenniveau zugrunde gelegt. Zum Vergleich von Gruppen hinsichtlich ihrer zentralen Tendenz wurde der Mann-Whitney-U-Test verwendet, sowie die Spearman Rangkorrelation als Zusammenhangsmaß (Döring & Bortz 2016).

Die Diagnose ADHS wurde in der Fragebogenstudie über den FBB-HKS als Instrument vorgenommen. Das Instrument besteht aus 35 Items, wobei die ersten 20 Items die Symptom-Kriterien nach ICD-10 und DSM-IV abbilden und gemäß Auswertungsanleitung (<http://www.adhsnetz-koeln.de/pdf/Langeoog-ADHS-1-print.pdf> 17.11.17) den Subtypen ‚Aufmerksamkeitsstörung‘, ‚Hyperaktivität‘ und ‚Impulsivität‘ zugeordnet werden können. Weitere sechs Items erfragen Kompetenzen aus den Bereichen Ausdauer, Aufmerksamkeit und Reflexivität und zusätzliche neun Kriterien erfassen weitere Diagnosekriterien wie der Beginn vor dem sechsten Lebensjahr und die durch die Erkrankung beeinträchtigten Bereiche. Letztere sollen nur ausgefüllt werden, wenn eine der Fragen 1-20 zutrifft. Die Beantwortung erfolgt über eine vierstufige Ratingskala, die über eine Zifferncodierung ausgewertet wird (gar nicht = 0, ein wenig = 1, weitgehend = 2, besonders = 3). In der Auswertung wird das Item als erfülltes Kriterium gewertet, wenn mit weitgehend oder besonders geantwortet wurde (Breuer, Wolff Metternich &

Döpfner 2009).

Zwar wurden auch allgemeine Angaben zu vorherigen Diagnosen von den Eltern eingefordert, jedoch ist der Ausschluss anderer Erkrankungen als Ursache der beschriebenen ADHS-Symptome nicht möglich. Verzerrungen der Ergebnisse können aufgrund anderer noch nicht diagnostizierter oder vorsätzlich verschwiegener Erkrankungen nicht ausgeschlossen werden. Das Instrument FBB-HKS wird in Deutschland im Rahmen des Diagnostik-Systems für psychiatrische Störungen im Kindes- und Jugendalter (DI-SYPS-KJ) zur Diagnostik von ADHS als valides Messinstrument eingesetzt (Breuer, Wolff Metternich & Döpfner 2009) und häufig zur klinischen Anamnese verwendet (Blanz et al. 2005). Neben dem FBB-HKS als psychometrisches Instrument wurden die Eltern in einem allgemeinen Teil des Fragebogens konkret zu einer vorliegenden ADHS-Diagnose und zur Medikamenteneinnahme der Kinder befragt. Die ADHS-Gruppe wurde aus den im FBB-HKS positiv getesteten Kindern gebildet und durch die Fälle ergänzt, bei denen die Eltern eine ADHS-Diagnose oder die Einnahme ADHS-spezifischer Medikation angegeben haben. Diese Vorgehensweise wurde gewählt, da sich der FBB-HKS-Fragebogen auf das Auftreten der Symptome in den letzten Wochen bezieht und erfolgreich (medikamentös) behandelte Kinder mit ADHS dadurch fälschlicherweise als nicht betroffen diagnostiziert werden könnten.

Im Bereich ADHS wurde kein Selbstbeurteilungsinstrument in den Kinderfragebogen integriert, da eine eigene Einschätzung erst ab einem Alter von 11 Jahren möglich ist (Breuer, Wolff Metternich & Döpfner 2009).

In der Fragebogenstudie wurde zur Erhebung der körperlichen Aktivität der Kinder ein Fragebogen der CHILT-Studie verwendet, in dem neben körperlicher Aktivität auch weitere Lebensstilfaktoren der Kinder und Eltern abgefragt wurden (Graf et al. 2014; Graf & Dordel 2011; Graf et al. 2004). In diesem Rahmen wurde durch Elternangaben der Umfang körperlicher Aktivität der Kinder differenziert nach Vereinssport und Freizeitsport in Form von Angaben in Minuten pro Woche quantifiziert.

Im Kinderfragebogen wurde zu diesem Zweck das Instrument PAQ-C verwendet (Kowalski, Crocker & Donen 2004; Kowalski, Crocker & Faulkner 1997). Der PAQ-C erfasst die körperliche Aktivität von Kindern in Bezug auf die vergangene Woche. Durch Ankreuzen wird die Bewegungsaktivität in verschiedenen Situationen, wie dem Sportunterricht, der schulischen Pause und der Freizeit von den befragten Kindern selbst bewertet. Die Einschätzung erfolgt hauptsächlich über Antwortmöglichkeiten im Likert-Skalen-Format mit vier oder fünf Stufen. Die Auswertung erfolgt gemäß der zu diesem

Instrument veröffentlichten Auswertungsrichtlinien, in dessen Rahmen Subskalen-Scores und ein Gesamtscore gebildet werden. Der Gesamtscore hat einen Messbereich von eins bis fünf, wobei fünf eine hohe körperliche Aktivität in der letzten Woche angibt (Kowalski, Crocker & Faulkner 1997; Kowalski, Crocker & Donen 2004). Im PAQ-C werden jedoch nur teilweise Quantifizierungen in Form von Häufigkeiten pro Woche vorgenommen und der PAC-C-Score kann daher nur als ordinalskalierte unabhängige Variable eingesetzt werden, obwohl im Rahmen der Auswertungsrichtlinien und in anderen Studien von metrischen Messwerten ausgegangen wird. Von Vorteil ist bei diesem Instrument, dass es auch das Bewegungsverhalten in der Schule außerhalb des Sportunterrichts umfasst, was die Eltern schlecht beurteilen können. Als nachteilig ist der Einfluss von Wunschvorstellungen auf das Beantwortungsverhalten anzusehen, der sich in den Ergebnissen beispielsweise darin zeigte, dass die Ausführung von Wintersportarten innerhalb der letzten Woche angegeben wurde, obwohl die Befragung im Sommer stattfand. Dies zeigt, dass sich auch im Bereich der subjektiven Angaben zur körperlichen Aktivität soziale Erwünschtheit, Erinnerungslücken oder eine falsche Selbsteinschätzung negativ auf die Datenqualität auswirken können (Conzelmann 2005; Gabrys et al. 2015; Gaede-Illig et al. 2014; Jekauc et al. 2013).

Der Einsatz objektiver Messmethoden hätte reliablere Vergleichswerte ergeben, in denen auch die Intensität der Belastung Berücksichtigung gefunden hätte. Diese Vorgehensweise wäre jedoch praktisch bei einer so großen Stichprobe nicht oder nur mit großem finanziellen und organisatorischen Aufwand durchführbar gewesen (Gabrys et al. 2015; Müller, Winter & Rosenbaum 2010; Gaede-Illig et al. 2014).

Als Instrumente zur Erhebung der Schlafqualität wurden Fragebögen für Eltern (CSHQ) (Schlarb, Schwerdtle & Hautzinger 2010) und für Kinder (SSR) (Schwerdtle 2010) eingesetzt. Beide wurden ausgewählt, da jeweils eine validierte Version in deutscher Sprache verfügbar ist und die Instrumente international, wie auch in Deutschland im Rahmen von Studien verwendet wurden. Die Fragebögen sind beide im Likert-Skala Format aufgebaut und können durch Ankreuzen einer von drei Stufen beantwortet werden. Die einzelnen Items werden, wie in der Auswertungsrichtlinie angegeben, anhand von Ziffern codiert (1 = selten, 0-1 Mal die Woche, 2 = manchmal, 2-4 Mal die Woche, 3 = gewöhnlich, 5-7 Mal die Woche), wobei positiv assoziierte Items in umgekehrter Reihenfolge umcodiert werden müssen, sodass ein hoher Itemscore immer für eine schlechtere Schlafqualität steht.

Der CSHQ besteht aus 35 Items und in der deutschen Version des CSHQ wurde zusätzlich zu den drei Stufen nach jedem Item abgefragt (ja, nein, keine Angabe), ob die Aussage ein Problem für die Befragte / den Befragten darstellt (Schlarb, Schwerdtle & Hautzinger 2010). Im Rahmen der aktuellen Studie hat sich dies als problematisch erwiesen, da viele Befragte den Aufbau anscheinend nicht verstanden haben und ausschließlich den Bereich dieser Zusatzfrage beantwortet haben. Dies führte einerseits zu fehlenden Daten, andererseits zu einer schlechten Vergleichbarkeit der Ergebnisse aus diesem Teil. Die Daten aus der Zusatzfrage wurden daher nicht in die Auswertung eingeschlossen. Da dieses Element im Originalinstrument (Owens, Spirito & McGuinn 2000) jedoch nicht enthalten war, ist eine zielführende Auswertung sowie die Vergleichbarkeit dennoch gewährleistet.

Einzelne Items des CSHQ können folgendermaßen zu Subskalen zusammen gefasst werden: Probleme beim Zubettgehen (Items 1, 3, 4, 5, 6, 8), Einschlafverzögerung (Item 2), Schlafdauer (Items 9, 10, 11), schlafbezogene Ängste (Items 5, 7, 8, 21), nächtliches Erwachen (Items 16, 24, 25), Parasomnien (Items 12, 13, 14, 15, 17, 22, 23), schlafbezogene Atemstörungen (Items 17, 19, 20), Tagesschläfrigkeit (Items 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33). Die Werte aller Items, außer den Fragen zu schlafbezogenen Ängsten sowie Zubettgehschwierigkeiten, da diese doppelt in die Subskalenbildung einfließen, bilden zusammen den Summenscore. Die Ergebnisse haben somit eine Range von 33-99, wobei ein geringer Wert mit besserer Schlafqualität assoziiert ist und 41 den cut-off-Wert darstellt (Owens, Spirito & McGuinn 2000).

Der SSR wird als Instrument eingesetzt, um die Kinder selbst in die Diagnostik einzubeziehen. In Bezug auf manche Items, wie zum Beispiel nächtliches Aufwachen oder nächtliche Schmerzen, können die Kinder besser Auskunft geben, da sie sich der elterlichen Beobachtung entziehen. Das Instrument umfasst 26 Items, wobei die Items eins bis drei ein anderes Antwortformat aufweisen und daher nicht in die Auswertung einfließen, sondern Zusatzinformationen darstellen. Die Range des SSR umfasst Werte von 23 bis 69, wobei 25 als cut-off-Wert angegeben ist (Schwerdtle et al. 2010; Owens et al. 2000).

### **5.1.2 Methodenkritik in Bezug auf die Interventionsstudie**

Im Rahmen der Interventionsstudie wurden hauptsächlich physiologische Messungen zur Erhebung objektiv gemessener Daten eingesetzt. Diese, sowie das Versuchsdesign werden im Folgenden diskutiert.

### 5.1.2.1 Diskussion des Studiendesigns der Interventionsstudie

Bei der Interventionsstudie handelte es sich um ein Quasi-Experiment (Döring & Bortz 2016), bei dem eine definierte körperliche Aktivität in Form einer Ausdauerbelastung auf dem Fahrradergometer und einer Koordinationsbelastung auf einem Waveboard als Intervention bei der gesamten Untersuchungsgruppe eingesetzt wurde. Die Abfolge der einzelnen Belastungsmodalitäten und der Kontrollbedingung ohne körperliche Aktivität wurde randomisiert auf die Probanden des Untersuchungskollektivs verteilt, jedoch gab es keine eigene Kontrollgruppe zum Vergleich der Effekte (Cluster-Randomisierung). Es liegt also ein zweifaktorieller Untersuchungsplan vor. Die Untersuchung fand als Feldstudie statt, was die externe Validität erhöht (Döring & Bortz 2016). Zur Akquise der Probanden wurde in regionalen Tages- und Familienzeitungen über das Vorhaben informiert und interessierte Personen konnten sich telefonisch oder per Mail bei der Versuchsleiterin melden. Es wurden alle zur Teilnahme bereiten neun und zehnjährigen Kinder in die Studie eingeschlossen, bei denen eine ärztliche ADHS-Diagnose vorlag. Bei der Stichprobe handelt es sich demnach um eine Clusterstichprobe bzw. Selbstselektionsstichprobe (Döring & Bortz 2016).

Mit elf Kindern war das Untersuchungskollektiv sehr klein, was unterschiedliche Gründe hatte. Zunächst zeigten sich nicht sehr viele Eltern / Erziehungsberechtigten interessiert an der Teilnahme. Über die Gründe der non-Responder zur Nichtteilnahme kann nur gemutmaßt werden. Möglicherweise stellte der hohe zeitliche und organisatorische Aufwand des Untersuchungsdesigns einen zu großen Störfaktor für die Familien dar. Außerdem fanden die Messungen in der häuslichen Umgebung der Probanden statt, was sicherlich auch einen Eingriff in die Privatsphäre der Familien darstellte und möglicherweise Personen der Zielgruppe von der Teilnahme abhielt.

Der hohe zeitliche und organisatorische Aufwand des gewählten Untersuchungsdesigns begrenzte die Anzahl möglicher zu testender Probanden pro Jahr aufgrund unterschiedlicher studienorganisatorischer Aspekte: in den Schulferien fanden keine Untersuchungen statt, pro Proband mussten drei Messtage am gleichen Wochentag an aufeinander folgenden Wochen eingeplant werden und es konnte jeweils nur eine Messung pro Tag stattfinden, da es nur eine Versuchsleiterin gab. Hinzu kommt, dass die Messapparaturen von mehreren Personen aus verschiedenen Studien gleichzeitig verwendet wurden, was zu Terminausfällen bei Überschneidungen führte. Aus diesen Gründen resultierte eine relativ lange Datenerhebungsphase von etwa anderthalb Jahren und damit einhergehenden jahreszeitlich bedingten Störvariablen, die nicht

ausgeschlossen werden konnten. Beispielsweise fand die Waveboardbelastung immer im Freien statt, aber bei einigen Kindern im Sonnenschein und bei anderen in Dunkelheit.

Die beschriebenen Einschränkungen in der Probandenakquise sowie Datenerhebung führten weiterhin dazu, dass das Untersuchungskollektiv in Bezug auf das Geschlecht, die Medikation, die ADHS-Diagnose und die Vorerfahrung im Waveboardfahren sehr heterogen zusammengesetzt war. Die anthropometrischen und lebensstilbezogenen Daten der Probanden wurden durch einen kurzen Elternfragebogen erhoben. Da die Angaben der Eltern generell weniger objektiv und reliabel sind, können Messfehler und Verzerrungen durch soziale Erwünschtheit oder Wunschvorstellungen nicht ausgeschlossen werden (Mummendey 1981; Bellach 1999; Schwarz & Oyserman 2001; Kroh 2005). Da diese Daten jedoch nicht im Zentrum der Untersuchungen standen wird der Einfluss dieser Verzerrungen nicht als relevant eingeschätzt.

#### **5.1.2.2 Diskussion der Instrumente und Verfahren der Interventionsstudie**

Generell wurden die Tests zur Messung exekutiver Funktionen am Morgen nach der körperlichen Intervention durchgeführt, um ein möglichst anwendungsbezogenes Setting zu gewährleisten: Im Alltag von Schulkindern findet körperliche Aktivität, insbesondere die freizeitbezogene, meistens nachmittags statt und kognitive Leistungsfähigkeit wird in der Schule vormittags gefordert. Dieses Studiendesign hatte möglicherweise zur Folge, dass der Einfluss von körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit nicht nachgewiesen werden konnte, da der Zeitraum zwischen Belastung und Messung zu groß war.

Als Tests zur Erfassung der exekutiven Funktionen wurden computer- sowie papierbasierte Verfahren eingesetzt, die bereits in anderen Studien verwendet und validiert wurden (Döring & Bortz 2016; Brickenkamp 1994; Vogt et al. 2012; Müsseler & Rieger 2017). Psychometrische Tests eignen sich zur Feststellung und Objektivierung von Teilleistungsdefiziten und Funktionsstörungen, wie beispielsweise im Bereich der Aufmerksamkeit (Günther, Herpertz-Dahlmann & Konrad 2005; Döring & Bortz 2016).

Es wurden unterschiedliche Aufgabenformate eingesetzt, um durch Abwechslung die Motivation der Probanden über den Messzeitraum von etwa einer halben Stunde aufrecht zu erhalten und gleichzeitig eine ausreichende Datenmenge zu erhalten (Wahl

2013; Bühner 2011). Um eine möglichst große Vergleichbarkeit zu gewährleisten, führten die Probanden die Tests jeweils an ihrem Schreibtisch im Kinderzimmer durch. Neben umfeldbezogenen Störfaktoren wie Spielzeuge im Zimmer, die zur Ablenkung führen, können auch Lerneffekte als Störvariable nicht ausgeschlossen werden. Diesem verzerrenden Einfluss wurde durch das randomisierte Versuchsdesign entgegengewirkt.

Die ereigniskorrelierten Potentiale wurden über die Elektroden der Polysomnographie aufgezeichnet. Die Elektroden der standardmäßigen Polysomnographie wurden zwar durch okzipitale Ableitungen erweitert, jedoch ist generell die Messung über alle 20 Elektroden aus dem 10-20-System üblich (Lehmann 1992), auch wenn eine Ableitung an weniger Stellen ebenso sinnvoll interpretierbare Ergebnisse liefert (Schapkin et al. 2006a). Die Applikation weiterer Elektroden wäre im Rahmen der hier durchgeführten Untersuchung zu zeitintensiv gewesen, da die Kinder am nächsten Morgen meist direkt im Anschluss schulischen Unterricht hatten.

Die Daten aller aufgezeichneten Nächte wurden für den Vergleich von Schlafqualitätsparametern und exekutiven Funktionen zusammengefasst, unabhängig von der Art der zuvor durchgeführten Intervention. Aufgrund dieser Vorgehensweise war es möglich, eine größere Anzahl an Einzelnächten miteinander zu vergleichen, da in diesem Zusammenhang die Ursachen von Unterschieden in der Schlafstruktur keine Rolle spielten.

Im Rahmen der Interventionsstudie wurde die Schlafqualität in der häuslichen Umgebung und objektiv mithilfe von Polysomnographie ermittelt. Durch das Setting der häuslichen Umgebung konnten störende Einflüsse einer ungewohnten Umgebung (wie zum Beispiel eines Schlaflabors) vermieden werden (Wiebe et al. 2013). Gleichzeitig ergab dieses Arrangement jedoch auch eine höhere Fehleranfälligkeit in der Aufzeichnung der Polysomnographie, da eine, die Nacht durchgehende Überwachung nicht möglich war, wie es im Schlaflabor üblich ist. Stromausfälle oder die fehlende Haftung von Elektroden konnten daher erst am Morgen festgestellt werden, weshalb einige Aufzeichnungen wiederholt werden mussten.

Weiterhin wurden keine nächtlichen Atemparameter aufgezeichnet, da sie für die Untersuchung der Fragestellung als nicht relevant erachtet wurden und außerdem die Apparaturen zur Messung nicht zur Verfügung standen. Zur Messung der Schlafqualität

sind Atemparameter jedoch nicht unbedingt vonnöten, sie liefern nur Aufschluss über eine mögliche Ursache von nicht erholsamem Schlaf in Form von schlafbezogenen Atemstörungen (Becker et al. 2009). Die im Rahmen der Polysomnographie aufgezeichneten Daten wurden durch einen Experten für Polysomnographien mithilfe der AASM-Standardkriterien und einem Auswertungsprogramm (Somnolyzer Version Somnolyzer 1.8.1, Report Generator Version 2.0.0) ausgewertet, um die Ergebnisse in der Auswertung nicht subjektiv zu beeinflussen und qualitativ gleichwertige Ergebnisse zu erhalten. Das Verfahren wurde von Anderer und Kollegen bereits genauer dargestellt (Anderer et al. 2005; Anderer et al. 2007) und in ähnlichen Studien verwendet (Dworak et al. 2008).

Ein weiteres objektives Verfahren zur Messung der Schlafqualität ist die Aktigraphie/Akzelerometrie. Mithilfe eines Geräts, welches am Körper (z. B.: am Handgelenk) angebracht wird, können über längere Zeiträume Phasen der Aktivität und der Ruhe gemessen werden. Diese Methode eignet sich gut zur Ermittlung von Insomnien und Schlafrhythmusstörungen und sollte mit Schlafstagebüchern kombiniert werden, um das subjektive Schlafempfinden zu erheben (Heitmann et al. 2011; De Crescenzo et al. 2016; Kirov & Brand 2014). Im Vergleich zur Polysomnographie ist dieses Verfahren jedoch weniger exakt, da beispielsweise kein Aufschluss über einzelne Schlafphasen gegeben werden kann.

Als Methode zur Bestimmung der Intensität der körperlichen Aktivität wurde für die Interventionsstudie die Herzfrequenzmessung ausgewählt, da sie objektive Ergebnisse liefert und zudem kostengünstig und leicht durchführbar ist (Iannotti et al. 2004; Fröhlich et al. 2008). Ein weiterer Vorteil bei der Herzfrequenzmessung war die Möglichkeit der Pulskontrolle während der Ausdauerbelastung. Diese wurde auf einem Rennrad mit Rollentrainer durchgeführt. Dabei wurde die Pulsuhr für die Kinder sichtbar am Lenker des Rades angebracht, sodass sie ihre Pulsvorgabe selbst kontrollieren konnten. Zur ausdauernden Belastung wurde kein herkömmliches Fahrradergometer verwendet, da Rennrad und Rollentrainer leichter zu transportieren sind, was die Organisation der Studie erleichterte. Größenunterschiede der Probanden wurden durch Erhöhungen für die Füße an den Pedalen ausgeglichen. Da ein Proband kleinwüchsig ist und die Belastung auch mithilfe einer Erhöhung nicht auf dem Radergometer durchführbar gewesen wäre, wurde bei diesem Probanden die Belastung draußen auf seinem eigenen Fahrrad durchgeführt.

Die Koordinationsbelastung fand auf einem, für alle Probanden einheitlichen, Waveboard statt. Die Belastung war aufgrund der fehlenden Kontrollierbarkeit über den Puls und die heterogenen Leistungsvoraussetzungen nicht so einheitlich aufgebaut wie die Ausdauerbelastung. Insgesamt haben aber alle Probanden über den vorgegebenen Zeitraum von 30 Minuten auf dem Gerät geübt, während der Puls gemessen wurde.

## **5.2 Überprüfung des Zusammenhangs von körperlicher Aktivität, ADHS-Diagnose und Schlafqualität durch subjektive Verfahren**

Die Ergebnisse der Fragebogenstudie bestätigen vorausgegangene Erkenntnisse zum Zusammenhang von körperlicher Aktivität und Schlafqualität bei Kindern, wie das häufigere Auftreten von Schlafstörungen bei Kindern mit ADHS und einem positiven Einfluss von körperlicher Aktivität auf die subjektive Schlafqualität bei Kindern mit und ohne ADHS-Diagnose.

Die gemessene Anzahl von Kindern mit ADHS-Erkrankung entspricht in etwa der Prävalenz in der Gesamtbevölkerung, die auch bereits in anderen Studien in Deutschland und auch weltweit ermittelt wurde (Döpfner et al. 2008; Polanczyk et al. 2007). In der Untersuchungsgruppe war der Anteil an Mädchen mit ADHS-Diagnose kleiner als der von Jungen (Döpfner et al. 2008; Lindemann et al. 2012). Ein signifikant höherer Anteil an Diagnosen im städtischen Raum im Vergleich zur ländlichen Gegend (Döpfner et al. 2008) konnte in der hier vorliegenden Untersuchung nicht nachgewiesen werden. Dies hängt vermutlich mit den nicht vergleichbaren Stichprobengrößen (94 Köln vs. 178 Kreis Olpe) zusammen.

In der aktuellen Untersuchung konnte eine erhöhte Rate von Schlafstörungen bei Kindern mit ADHS im Vergleich zu Kindern ohne eine entsprechende Diagnose festgestellt werden. Die Eltern der Kinder mit ADHS und die Kinder selbst gaben häufiger an, unter Schlafstörungen zu leiden als die Befragten der Vergleichsgruppe. Unterstützt wurden diese Ergebnisse durch das Auftreten höherer Punktzahlen in den Schlaffragebögen CSHQ und SSR in der Gruppe mit ADHS im Vergleich zur Kontrollgruppe, die für eine schlechtere Schlafqualität stehen (Schwerdtle et al. 2010; Owens, Spirito & McGuinn 2000). Diese Ergebnisse spiegeln die Erkenntnisse aus anderen Studien wider, die ebenfalls häufigere Schlafstörungen bei Kindern mit ADHS festgestellt haben (Hvolby 2015; Konofal, Lecendreux & Cortese 2010). Die Items, die im

CSHQ-Elternfragebogen signifikant unterschiedlich zwischen ADHS und Kontrollen waren, umfassen Fragen, die Probleme mit dem morgendlichen Erwachen und Aufstehen beschreiben („Es ist schwierig morgens aus dem Bett zu kommen“, „Braucht lange, um morgens munter zu werden“). Auch im SSR-Kinderfragebogen gaben Kinder mit ADHS häufiger Probleme mit dem Schlafbeginn und auch Probleme mit dem Aufstehen an. Insgesamt veranschaulichen diese Aussagen den Zustand morgendlicher Müdigkeit und die Präferenz am Abend aktiv zu sein. Die Vorliebe des Menschen körperlich und psychisch aktiver in einer bestimmten Phase des Tages zu sein, wird Morgenpräferenz oder Abendpräferenz genannt, je nach bevorzugter Tageszeit (van der Heijden, de Sonnevill & Swaab 2013). Analog zu anderen Studien konnte demnach gezeigt werden, dass Kinder mit ADHS-Diagnose häufiger Abendtypen sind und bessere Leistungen später am Tag zeigen, sowie späteres Aufstehen bevorzugen (Imeraj et al. 2012). Interessanterweise ist die Präferenz abends aktiv zu sein, negativ assoziiert mit schulischer Leistungsfähigkeit (Tonetti, Fabbri, et al. 2015) auch bei gesunden Personen (Tonetti, Adan, et al. 2015) und unabhängig von der Schlafdauer (Vollmer, Pötsch & Randler 2013). Da Personen mit ADHS häufiger unter Tagesmüdigkeit leiden wird bei diese Gruppe ein genereller Verzug im zirkadianen Rhythmus vermutet (Gruber et al. 2009). Zudem gibt es Hinweise darauf, dass die zirkadiane Uhr direkt Geneorte beeinflusst, die die Dopaminsynthese steuern und dadurch gleichzeitig das Auftreten von ADHS-ähnlichen Symptomen beeinflusst (Huang et al. 2015). Die endogene Uhr des Menschen wird durch das Hormon Melatonin beeinflusst, dessen Produktion wiederum durch Lichteinfluss reguliert wird (van Geijlswijk, Korzilius & Smits 2010). Es konnte gezeigt werden, dass Kinder mit ADHS einen verzögerten Anstieg des endogenen Melatoninlevels am Abend aufweisen (Tsai, Hsu & Huang 2016; Van der Heijden, Smits, Van Someren & Gunning 2005). Die Synchronisierung der zirkadianen Uhr kann durch körperliche Aktivität beeinflusst werden, durch die Veränderung der Körperkerntemperatur und des Melatoninlevels (Atkinson et al. 2007). Daher könnte körperliche Aktivität einen günstigen Einfluss auf Schlafstörungen haben, denen eine Phasenverschiebung zugrunde liegt, also möglicherweise auch in den im Rahmen der Studie angegebenen Problemen mit dem Schlaf. Studien aus diesem Bereich sind inkonsistent und weisen auf getrennte Regulationsmechanismen von körperlicher Aktivität auf den Schlaf-Wach-Rhythmus sowie den zirkadianen Melatoninzyklus hin (Yamanaka et al. 2014; Yamanaka et al. 2015). Daher werden körperliche Aktivität und Melatoningabe meist als getrennte Interventionsmöglichkeiten untersucht (Yamanaka et al. 2014; Riemann et al. 2017),

weshalb weitere Studien zu diesem Zusammenhang wünschenswert wären.

Keine Unterschiede wurden in Bezug auf Parameter der Schlafdauer zwischen der ADHD- und der Kontrollgruppe gefunden. Dieses Ergebnis zeigt sich auch in Studien, die Aktigraphie als Methode der Schlafdauerbestimmung bei Kindern mit ADHS verwendet haben (Melegari et al. 2016; Bergwerff, Luman & Oosterlaan 2016). Im Gegensatz dazu berichteten Eltern in Fragebogenstudien weniger Schlafzeit bei ihren Kindern mit ADHS als Eltern von gesunden Kindern (Velez-Galarraga et al. 2016; Scott et al. 2013), wobei diese Erkenntnisse nicht einheitlich sind (Yoon, Jain & Shapiro 2012). Die Daten der hier vorliegenden Studie beziehen sich ebenfalls auf Elternbefragungen und bestätigen nicht das Phänomen kürzerer Schlafzeiten bei Kindern mit ADHS. Vielleicht hatten die Eltern in der aktuellen Studie eine realistischere Einschätzung in Bezug auf die Schlafdauer ihrer Kinder oder die ADHS-Stichprobe war zu klein, um Unterschiede feststellen zu können.

Auch keine Zusammenhänge zeigten sich zwischen körperlicher Aktivität und der Schlafqualität in der ADHS-Gruppe, wohl aber eine negative Korrelation von körperlicher Aktivität und den Selbstauskünften der Kinder im Schlafragebogen in Bezug auf die komplette Untersuchungsgruppe (Kindern mit und ohne ADHS). Hierbei waren höhere Anteile von körperlicher Aktivität mit geringeren Werten im SSR-Fragebogen assoziiert, also gleichermaßen einer besseren Schlafqualität. Dies entspricht auch den Ergebnissen anderer Studien (Foti et al. 2011; Driver & Taylor 2000; Flausino et al. 2012; Youngstedt 2005), in denen ein positiver Einfluss von körperlicher Aktivität auf die Schlafqualität bereits postuliert wurde.

### **5.2.1 Perspektiven und Begrenzungen der Fragebogenstudie**

Das Ziel der Fragebogenstudie war die Untersuchung des Zusammenhangs von Schlaf und körperlicher Aktivität bei Kindern mit ADHS. Der erwartete Zusammenhang von körperlicher Aktivität und Schlaf bei Kindern mit ADHS konnte im Rahmen der Fragebogenstudie nicht hergestellt werden, was möglicherweise mit dem kleinen Anteil an Probanden mit ADHS-Diagnose zusammenhing. Weitere Studien sollten neben generellen Stichproben auch Vergleichsgruppen befragen, die nur aus Kindern mit ADHS-Diagnose bestehen. Da die Ergebnisse aus Fragebogenerhebungen immer subjektiv beeinflusst sind, könnten objektive Messungen wie Aktigraphie, Polysomnographie und Akzelerometrie verlässlichere Ergebnisse liefern. Hierzu wären aufwändigere Interventionsstudien, die unter einheitlichen Bedingungen durchgeführt werden, notwendig. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Fragebogenstudie als

Zwischenfazit zusammengefasst.

### **Zwischenfazit I**

Der Zusammenhang von Schlafqualitätsparametern, ADHS-Symptomen sowie körperlicher Aktivität wurde im Rahmen der Fragebogenstudie subjektiv und in einer größeren Untersuchungsgruppe erhoben.

**Fragestellung 2:** Gibt es einen Einfluss von körperlicher Aktivität auf die subjektiv gemessene Schlafqualität bei Kindern mit ADHS und Kindern ohne Diagnose?

→ Körperliche Aktivität kann einen positiven Einfluss auf die subjektiv empfundene Schlafqualität bei Kindern haben.

**Fragestellung 7:** Gibt es einen Zusammenhang zwischen subjektiv gemessener Schlafqualität und ADHS-Symptomen?

→ Da in der Gruppe der Kinder mit ADHS häufiger von Schlafstörungen berichtet wurde, besteht ein Zusammenhang von Schlafstörungen und ADHS-Symptomen.

### **5.3 Auswirkungen von körperlicher Aktivität auf die Schlafqualität bei Kindern mit ADHS**

In der hier vorgelegten Interventionsstudie wurde der Einfluss der Belastungsformen Koordination und Ausdauer sowie einer Kontrollbedingung ohne körperliche Aktivität auf die objektive Schlafqualität bei Kindern mit ADHS untersucht. Der Hauptbefund war eine reduzierte REM-Latenz nach der Koordinationsbelastung auf dem Waveboard im Vergleich zur Ausdauerbelastung auf dem Fahrrad. Diese Auswirkung körperlicher Aktivität konnte bisher bei Kindern mit ADHS noch nicht nachgewiesen werden.

Generell werden längere REM-Latenzen als Kennzeichen für eine gute Schlafqualität angesehen (Driver & Taylor 2000). Der Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und REM-Latenz wird kontrovers diskutiert. Die meisten Studien liefern Hinweise darauf, dass akute und chronische körperliche Aktivität längere REM-Latenzen (O'Connor & Youngstedt 1995; Santos et al. 2012; Driver et al. 1988; Driver et al. 1994; Youngstedt 2005; Youngstedt, O'Connor & Dishman 1997; Flausino et al. 2012) beispielsweise bei einer submaximalen Intensität (Driver et al. 1988) hervorruft. Teilweise wurden jedoch auch reduzierte REM-Latenzen als ein Haupteffekt von körperlicher Aktivität auf den Schlaf beschrieben (Esteves et al. 2014; Kubitz et al. 1996). Längere REM-Latenzen zeigten sich beispielsweise auch nach extremen Ausdauerbelastungen, wobei sich jedoch

keine Auswirkung bei kürzeren und weniger extremen Strecken (15 km und 42 km) zeigte (Driver et al. 1994). Verlängerte REM-Latenzen zeigten sich auch bei Radsportathleten am Wettkampftag im Vergleich zu kürzeren Latenzen am Erholungstag (Netzer et al. 2001). In einer Studie, in der eine moderate, chronische Ausdauerbelastung mit älteren Erwachsenen durchgeführt wurde, zeigten sich nach der Intervention kürzere REM-Latenzen und dies wurde als Kennzeichen für gute Schlafqualität angesehen (Santos et al. 2012).

Aber auch in Bezug auf andere Belastungsformen gibt es kaum Untersuchungen hinsichtlich ihres Einflusses auf die Schlafqualität und zudem keine Befunde zur REM-Latenz. Trampolinspringen beispielsweise als motorisch anspruchsvolle Koordinationsbelastung führte beispielsweise zu einem Anstieg an REM-Schlaf in der darauf folgenden Nacht (Buchegger et al. 1991). Kein Einfluss auf den REM-Schlaf zeigte sich bei Tai-Chi oder Pilates (Caldwell et al. 2009). Im Vergleich der Schlafstruktur von Ausdauer- und Kraftsportlern fanden sich die längsten REM-Latenzen bei Kraftsportlern und die kürzesten bei Personen, die sowohl Krafttraining, als auch Ausdauertraining betrieben hatten (Trinder et al. 1985). Im Vergleich von Athleten und Nicht-Athleten zeigten sich längere REM-Latenzen bei den Athleten im nicht trainierten Zustand und bei den Nicht-Athleten im trainierten Zustand nach aerobem Ausdauertraining (Paxton, Trinder & Montgomery 1983). Der größte Einfluss auf die REM-Latenz zeigt sich in Studien generell, wenn die körperliche Belastung unter vier Stunden vor dem Zubettgehen stattgefunden hat (Youngstedt, O'Connor & Dishman 1997), wobei einige Studien keinen Einfluss auf den REM-Schlaf nachweisen konnten (Dworak et al. 2008). Es können also keine einheitlichen Aussagen zum Einfluss von Belastungsintensität oder Belastungsform auf die REM-Latenz getroffen werden, was die Einordnung der hier vorliegenden Ergebnisse erschwert. Hinzu kommt, dass sich die Befunde hauptsächlich auf erwachsene Probanden beziehen und die aktuelle Untersuchung mit Kindern durchgeführt wurde.

Veränderungen im REM-Schlaf zeigen sich auch bei verschiedenen psychologischen und neurologischen Erkrankungen wie Depressionen, Schizophrenie oder Parkinson, bei denen ebenfalls eine Störung im Katecholaminhaushalt zugrunde liegt. Eine verkürzte REM-Latenz und ein Anstieg des REM-Schlafs werden beispielsweise bei Depressionen als biologischer Marker für die Erkrankung angesehen (Palagini et al. 2013; Ilankovic et al. 2014; Arfken et al. 2014; Modell & Lauer 2007) und längere REM-Latenzen sowie ein kleinerer Anteil an REM in der Nacht werden als antidepressiver Effekt bei

körperlicher Aktivität diskutiert (Youngstedt, O'Connor & Dishman 1997). Bei schizophrenen Patienten ist die REM-Latenz reduziert und die REM-Dichte (Anzahl der REM-Phasen während einer Nacht) erhöht (Zanini et al. 2013). Im Gegensatz dazu haben Parkinsonpatienten verlängerte REM-Latenzen im Vergleich zu gesunden Kontrollen, wenn sie mit L-Dopa (einer Vorstufe von Dopamin) behandelt werden (Antczak et al. 2013). Bei Kindern mit ADHS scheint generell die REM-Schlafarchitektur beeinträchtigt zu sein. Ein erhöhter REM-Schlafdruck (charakterisiert durch eine verkürzte REM-Latenz und ein Anstieg der REM-Schlafdauer) wurde bei Patienten mit ADHS beobachtet, nicht aber bei gesunden Personen (Kirov et al. 2007; Kirov et al. 2012), wobei auch längere REM-Latenzen bei Kindern mit ADHS im Vergleich zu gesunden Kindern gefunden wurden (Busby, Firestone & Pivik 1981) oder kein Unterschied nachgewiesen werden konnte (Lecendreux et al. 2000). Eine Studie, die Kinder mit ADHS und komorbid schlafbezogenen Atemstörungen untersucht hat, konnte signifikant höhere REM-Latenzen im Vergleich zu Kindern mit ADHS ohne Atemstörungen nachweisen (Goraya et al. 2009).

Die zeitliche Veränderung der REM-Latenz und der REM-Dauer wird vermutlich durch die Ausschüttung von Adrenalin und Katecholaminen beeinflusst, wobei intensive Belastungen zum Anstieg dieser Substanzen führen und dadurch die REM-Latenz verlängern und den Anteil an REM vermindern (Netzer et al. 2001). Diese Erkenntnisse weisen auf einen wichtigen Einfluss des katecholaminergen Systems in der Regulation des REM-Schlafs hin. Gleichzeitig könnte dieser Zusammenhang einen Erklärungsansatz bieten für den Einfluss der körperlichen Aktivität auf Störungen, die mit einer Dysregulation des katecholaminergen Systems einhergehen. Da Katecholamine (insbesondere Dopamin) und andere Neurotransmitter an der Ätiologie von ADHS und Schlafstörungen beteiligt sind, ist ein Zusammenhang naheliegend (Ganelin-Cohen & Ashkenasi 2013; Yoon, Jain & Shapiro 2012; Cortese et al. 2013; Owens et al. 2013; Gruber et al. 2009; Tsai 2007; Amonn et al. 2013; Archer & Kostzewa 2012; Kim et al. 2011; Gapin, Labban & Etnier 2011; Cui et al. 2008). Es konnte gezeigt werden, dass akutes und chronisches Ausdauertraining die Dopaminkonzentrationen im Gehirn beeinflusst, insbesondere im Striatum, das bei ADHS beeinträchtigt ist (MacRae et al. 1987; Meeusen et al. 1997; Uchida et al. 2012). Im Gegensatz dazu konnte in einer Studie, in der Kinder mit ADHS und gesunde Kinder verglichen wurden, kein Anstieg von Dopamin im Blut nach 30 Minuten anstrengender Fahrradergometerbelastung festgestellt werden (Wigal et al. 2003). Diese Ergebnisse bestätigen die Erkenntnisse der vorliegenden Studie, da die Ausdauerbelastung nur in einem kleinen Anstieg in der

REM-Latenz nach der Fahrradintervention resultiert hat.

Der mediale präfrontale Cortex (mPFC) ist an der Ätiologie von ADHS und auch an der Entstehung von Depressionen beteiligt (Chang, Chen, et al. 2014; Fassbender & Schweitzer 2006), gleichzeitig scheint der PFC aber auch eine Rolle in der Entstehung von REM-Latenzen zu spielen (Chang, Chen, et al. 2014). Kürzere REM-Latenzen und ein Anstieg in der REM-Häufigkeit sind mit einer beeinträchtigten Aktivierung der noradrenergen Neurone des Locus coeruleus verbunden (Arfken et al. 2014; Palagini et al. 2013; Mallick, Singh & Pal 2005). Dieser Hirnbereich scheint auch an der Entstehung von ADHS involviert zu sein (Pliszka, McCracken & Maas 1996) und zudem beteiligt an Aufmerksamkeitsprozessen (Kempadoo et al. 2016). Der Locus coeruleus ist im Schlaf kaum aktiv - jedoch sehr aktiv als Antwort auf spezifische Stimuli, wie beispielsweise in Stresssituationen (Pliszka, McCracken & Maas 1996). Eine Aktivierung dieses Hirnbereichs durch eine stressauslösende körperliche Aktivität könnte also die Verkürzung der REM-Latenz hervorrufen. Die mittleren Herzfrequenzraten als Korrelat der Intensität der Belastung waren signifikant höher während der Ausdauerbelastung auf dem Fahrrad, aber die Fahrradbelastung zeigte im Vergleich mit der Kontrollmessung ohne körperliche Aktivität einen ähnlichen Effekt auf die REM-Latenz. Dieses legt für die hier vorliegende Studie nahe, dass ein anderer Faktor als die Intensität verantwortlich für das Ergebnis sein muss.

Für zehn von elf Kindern war das Waveboardfahren eine neue Erfahrung. Zudem könnte die Technik des Waveboardfahrens mit einer unsicheren Position auf dem Brett und der Gefahr des Stürzens emotional aufregend oder beängstigend für die Kinder gewesen sein. Es ist bekannt, dass Schlaf Angstzustände reduziert (Youngstedt 2005) und die Verarbeitung von Angstzuständen beeinflusst (Marshall et al. 2014; Cui et al. 2008). Insbesondere der REM-Schlaf ist an der Konsolidierung negativer emotionaler Erfahrungen (Gujar et al. 2011) und emotionalen Erinnerungen beteiligt (Spoormaker et al. 2014). Es konnte gezeigt werden, dass Kinder mit Angststörungen in einer Schlaf-laborumgebung generell reduzierte REM-Latenzen im Vergleich zu Kindern der Kontrollgruppe aufweisen (Alfano et al. 2013), wohingegen die REM-Latenz der Kinder mit Angststörung gemessen in der häuslichen Umgebung höher war, als bei den Kindern der Kontrollgruppe (Patriquin et al. 2014). Dies lässt vermuten, dass beängstigende Umgebungen oder Situationen zu einer Reduktion der REM-Latenz führen können, was die vorliegenden Ergebnisse erklären könnte. Die Tatsache, dass der Locus coeruleus als Hirnbereich an allen Aspekten dieses Zusammenhangs beteiligt ist, unterstützt diese

Theorie.

Der Zusammenhang von körperlicher Aktivität und der Ausprägung der REM-Latenz ist also noch nicht hinreichend geklärt, es spricht jedoch vieles für eine positive Beeinflussung der Schlafqualität durch Ausdauerbelastungen, was sich in einer längeren REM-Latenz äußert. Da in der Studie die Waveboardintervention zu kürzeren REM-Latenzen geführt hat, würde dies für einen negativen Einfluss von Koordinationsbelastungen auf die Schlafqualität bei Kindern mit ADHS sprechen. Möglicherweise haben die Kinder die Übung auf dem Waveboard als emotional aufregend oder stressbehaftet wahrgenommen, was zu dem dargestellten Einfluss auf die REM-Latenz geführt haben könnte.

### **5.3.1 Perspektiven und Begrenzungen des ersten Teils der Interventionsstudie**

Bisher hat noch keine Studie den Einfluss einer möglicherweise emotional aufregenden Koordinationsbelastung auf die Schlafqualität bei Kindern mit ADHS untersucht. In Bezug auf den Einfluss von körperlicher Aktivität bei Kindern mit ADHS kann vermutet werden, dass Ausdauerbelastungen am Nachmittag einen positiven Einfluss auf die Schlafqualität haben können, da die REM-Latenzen dadurch verlängert werden. Koordinationsbelastungen mit neuen, unbekanntem Inhalten führen hingegen zu kürzeren REM-Latenzen, was als Kennzeichen für eine schlechtere Schlafqualität angesehen wird. Weiterführende Studien sollten den Zusammenhang von Koordinationsbelastungen und REM-Schlafverhalten untersuchen, um mehr über diesen Einfluss auf die Schlafqualität zu erfahren. Die Tatsache, dass die Koordinationsbelastung einen aufregenden Einfluss auf die Kinder hatte, kann nur vermutet werden und wurde nicht direkt erhoben. Da Angstgefühle einen Einfluss auf den REM-Schlaf haben können, sollte dieser Bereich in weiteren Studien mitbedacht und beispielsweise durch Befragung der Kinder erhoben werden. Effektive nicht-pharmakologische Behandlungsformen für Schlafprobleme bei Kindern mit ADHS hätten viele Vorteile für die betroffenen Personen und deren Familien. Ausdauersport könnte ein möglicher Kandidat hierfür sein. Bisher gibt es jedoch noch keine einheitliche Empfehlung für den Einfluss körperlicher Aktivität auf die Schlafqualität. Die vorliegende Studie liefert einen weiteren Beitrag zu diesem Forschungsbereich und zeigt eine neue Perspektive aus dem Bereich der Koordinationsbelastung und dem REM-Schlaf auf. Weitere Studien sind notwendig, um den Einfluss von körperlicher Aktivität auf die Schlafqualität bei Kindern mit ADHS zu erklären. Die objektive Bewertung der Schlafqualität durch die Polysomnographie

zeigte keine auffälligen Schlafprobleme in der Untersuchungsgruppe. Das Ziel der Studie war es, den Einfluss von Parametern der körperlichen Aktivität auf die Schlafqualität zu untersuchen. Eventuell sind Bodeneffekte für dieses Ergebnis verantwortlich, da es Hinweise darauf gibt, dass sich der positive Einfluss von körperlicher Aktivität auf die Schlafqualität häufiger bei schlafgestörten Personen zeigt, bzw. die Möglichkeit zur Verbesserung bei Personen mit gutem Schlaf nicht mehr gegeben ist (Esteves et al. 2014; Youngstedt, O'Connor & Dishman 1997). Die Probanden der Interventionsstudie haben alle angegeben, nicht unter Schlafstörungen zu leiden und zudem in der Freizeit generell körperlich aktiv zu sein. Daher ist es naheliegend, dass keine weiteren positiven Effekte von körperlicher Aktivität auf die Schlafqualität festgestellt werden konnten. Interventionsstudien haben den Vorteil, dass konkrete Belastungsparameter erprobt und unterschiedliche Belastungsformen miteinander verglichen werden können. Nachteilig ist ein großer Aufwand in der Durchführung, der zumeist aufgrund von ökonomischen und organisatorischen Gründen die Anzahl der Probanden beschränkt, wie auch in der aktuellen Untersuchung. Hinzu kommt, dass sich auf den Aufruf zur Studie nur sehr wenige interessierte Personen gemeldet haben, sodass alle Kinder, die bereit waren teilzunehmen, in die Studie eingeschlossen wurden, unabhängig vom Geschlecht, Fitnessstatus, Schlafqualität, ADHS-Subtyp oder Medikamenteneinnahme. Idealerweise sollten diese Kriterien in der Probandenakquise beachtet und gegebenenfalls Untergruppen gebildet werden, was in der vorliegenden Studie nicht möglich war. Weitere Studien könnten homogenere Probandenkollektive untersuchen, wie zum Beispiel Kinder mit ADHS, die an Schlafstörungen leiden mit von ADHS betroffenen Kindern ohne Schlafstörungen vergleichen und gegebenenfalls eine Kontrollgruppe mit Kindern ohne ADHS einbinden.

## **Zwischenfazit 2**

Im ersten Teil der Interventionsstudie wurde der Einfluss akuter körperlicher Aktivität unterschiedlicher Belastungsformen (Ausdauer- und Koordinationsbelastung sowie einer Kontrolluntersuchung ohne körperliche Aktivität) auf die objektiv gemessene Schlafstruktur bei Kindern mit ADHS untersucht.

**Fragestellung 1:** Hat körperliche Aktivität eine Auswirkung auf die objektiv gemessene Schlafstruktur/Schlafqualität bei ADHS-Patienten?

→ Akute Koordinationsbelastungen auf dem Waveboard verkürzen die REM-Latenz bei Kindern mit ADHS in der auf die Belastung folgenden Nacht.

#### **5.4 Auswirkungen von körperlicher Aktivität auf exekutive Funktionen bei Kindern mit ADHS**

Im Rahmen der Interventionsstudie wurden zwei Einflussfaktoren auf exekutive Funktionen untersucht: die Schlafqualität und körperliche Aktivität.

Im Bereich der körperlichen Aktivität wurden die Auswirkungen verschiedener Belastungstypen auf exekutive Funktionen am nächsten Morgen bei Kindern mit ADHS untersucht. Zentrales Ergebnis war ein positiver Einfluss der Koordinationsbelastung auf die Arbeitsgeschwindigkeit und der Ausdauerbelastung auf die Konzentrationsfähigkeit bei Kindern mit ADHS.

##### **Körperliche Aktivität und kognitive Leistungsfähigkeit**

Die kognitive Leistungsfähigkeit wurde im Rahmen der Studie durch die Durchführung von Erkennungs-, Reaktions- und Mathetests überprüft. Hierbei wurde die motorische Zeit gemessen, um die Aufmerksamkeit als Komponenten exekutiver Funktionen zu bestimmen (Klimkeit et al. 2005; Salum et al. 2014). Die Ergebnisse zeigen, dass Kinder mit ADHS die kürzesten motorischen Bewegungszeiten nach der Waveboard-Koordinationsbelastung hatten und die höchste Zeit nach der Bedingung ohne körperliche Belastung. Andere Studien haben beispielsweise einen Zusammenhang zwischen motorischer Koordination und exekutiven Funktionen postuliert und vermuten, dass an der Regulation die gleichen cerebralen Regionen, wie das Cerebellum und der PFC involviert sind (Rigoli et al. 2012), oder dass die Koordinationsbelastung zu einer Voraktivierung der Hirnbereiche führt, die an der Aufmerksamkeitsgenerierung beteiligt sind (Budde et al. 2008). Eine positive Beeinflussung dieser exekutiven Funktion durch körperliche Aktivität in Form einer Koordinationsbelastung ist also möglich und anscheinend auch, wenn die exekutiven Funktionen am nächsten Morgen gemessen werden. Im d2-Test sind den untersuchten Kindern nach der Ausdauerbelastung auf dem Fahrrad weniger Fehler (F1 und F2) unterlaufen, wohingegen sich die meisten Fehler nach der Waveboard-Koordinationsbelastung zeigten. Die d2-Fehlerrate kann genutzt werden, um die Aufmerksamkeit zu messen (Budde et al. 2008), die Koordinationsbelastung hat also schlechtere Werte im Bereich der Aufmerksamkeit hervorgerufen. Dieser negative Einfluss der Koordinationsbelastung auf die Fehlerrate im d2-Test ist gegensätzlich zu vorausgegangenen Arbeiten, in denen Koordinationsbelastungen die Aufmerksamkeit und Konzentration bei gesunden Jugendlichen verbesserten (Budde et al. 2008). Die aktuellen Daten lassen hingegen vermuten, dass Ausdauerbelastungen

einen positiven Einfluss auf Konzentrationsparameter bei Kindern mit ADHS haben. Dieser Zusammenhang konnte bereits im Rahmen eines Sportprogramms im Wasser nachgewiesen werden (Chang, Hung, et al. 2014) und auch für ein vierwöchiges Fahrradausdauerprogramm, wobei in dieser Studie eine Einzelbelastung keine Effekte hatte (Hopkins et al. 2012). In einer anderen Studie konnte jedoch ein positiver Einfluss einer einzelnen Belastung mit moderater Laufbandbelastung bei Kindern mit ADHS festgestellt werden (Chang et al. 2012). Im Rahmen der hier vorgestellten Arbeit konnte also eine positive Beeinflussung der exekutiven Funktionen durch körperliche Aktivität am vorausgegangenen Nachmittag festgestellt werden.

### **Ereigniskorrelierte Potentiale und körperliche Aktivität**

In der vorliegenden Studie zeigte die Varianzanalyse keine signifikanten Effekte der körperlichen Aktivität auf Amplituden oder Latenzen in den getesteten Potentialen. Dies könnte an der insgesamt kleinen Zahl an beobachteten ereigniskorrelierten Potentialen in der Untersuchungsgruppe liegen oder am langen Zeitraum zwischen der körperlichen Aktivität und der Messung der ereigniskorrelierten Potentiale. In allen Studien, die im Rahmen dieser Arbeit analysiert wurden, erfolgte die Messung der kognitiven Leistungsfähigkeit bei akuten Belastungen direkt im Anschluss an die Aktivität. Vielleicht schwächt sich also der Einfluss einer akuten Belastung auf ereigniskorrelierte Potentiale durch die dazwischenliegende Nacht ab.

#### **5.4.1 Perspektiven und Begrenzungen des zweiten Teils der Interventionsstudie**

Die Belastungsformen und Tests zur Überprüfung der einzelnen Anteile der exekutiven Funktionen werden in den Studien zu diesem Thema nicht konsistent verwendet, daher ist ein Vergleich der hier vorliegenden Daten mit anderen Studien schwierig und Belastungsempfehlungen können nicht gegeben werden. Zudem wurde eine hohe intraindividuelle Variabilität von Reaktionszeiten bei Kindern mit ADHS festgestellt. Dies könnte sich insbesondere auf die in dieser Studie durchgeführten Messwiederholungen auswirken und die Ergebnisse verfälschen.

### **Zwischenfazit III**

Im zweiten Teil der Interventionsstudie wurde der Einfluss körperlicher Aktivität am Nachmittag und der Schlafqualität auf exekutive Funktionen, gemessen am darauf folgenden Morgen, erhoben.

**Fragestellung 5:** Welchen Einfluss hat körperliche Aktivität am Nachmittag auf die kognitive Leistungsfähigkeit am nächsten Morgen?

- Körperliche Aktivität in Form einer akuten Koordinationsbelastung wirkt sich positiv auf die Arbeitsgeschwindigkeit von Kindern mit ADHS in Tests zur kognitiven Leistungsfähigkeit aus.
- Eine akute Ausdauerbelastung wirkt sich positiv auf die Konzentrationsfähigkeit in Tests zur kognitiven Leistungsfähigkeit bei Kindern mit ADHS aus.

**Fragestellung 6:** Welchen Einfluss hat körperliche Aktivität am Nachmittag auf ereigniskorrelierte Potentiale am nächsten Morgen?

- Es konnte kein Einfluss von körperlicher Aktivität auf ereigniskorrelierte Potentiale, am Morgen nach der Belastung festgestellt werden.

### **5.5 Einfluss der Schlafqualität auf exekutive Funktionen bei Kindern mit ADHS**

Der zweite Bereich der Interventionsstudie umfasste den Einfluss der Schlafqualität auf exekutive Funktionen bei Kindern mit ADHS. Im Rahmen dieses Studienaspekts wurde der Zusammenhang zwischen objektiv gemessenen Schlafparametern und den Ergebnissen der Tests zur kognitiven Leistungsfähigkeit sowie den ereigniskorrelierten Potentialen durch Korrelationen erhoben.

#### **Kognitive Leistungsfähigkeit und Schlafqualität**

In den Ergebnissen der hier vorgelegten Studie fanden sich zahlreiche Korrelationen zwischen den Hauptindikatoren für Schlafqualität (SE, AI, REM, SWS) und den Ergebnissen der Tests zur kognitiven Leistungsfähigkeit. Die bisherigen Studien haben den Zusammenhang nicht im Rahmen von polysomnographischen Daten untersucht, sondern mithilfe von Fragebögen oder aktigraphischen Schlafmessungen, weshalb nur ein genereller positiver Einfluss der Schlafqualität (z. B.: Gesamtschlafzeit, Selbstauskünfte über die Schlafqualität und Schlaflatenz) auf kognitive oder schulische Leistungsfähigkeit postuliert werden konnte (Wolfson & Carskadon 2003; Dewald et al. 2010; Benitez & Gunstad 2012). Eine Studie, die polysomnographische Daten mit Daten aus einem IQ-Test korreliert hat, konnte keinen signifikanten Einfluss einzelner Schlafstadien auf diesen Bereich der kognitiven Leistungsfähigkeit nachweisen (Mayes et al. 2008). In der vorliegenden Studie gab es keine signifikanten Korrelationen zwischen den Ergebnissen der Tests zur kognitiven Leistungsfähigkeit und der Schlafeffizienz. Im

Gegensatz dazu wurden niedrigere Werte im „Similarities-Test“ (Aufgaben zum abstrakten Argumentieren, Kategorisieren und Erkennen von Zusammenhängen) bei Kindern mit schlechterer Schlafeffizienz im Rahmen einer Aktigraphie-Studie gefunden (Paavonen et al. 2010). Bei Kindern mit Prader-Willi-Syndrom zeigte sich ein positiver Zusammenhang zwischen Schlafeffizienz (gemessen im Rahmen einer Polysomnographie) und einem besseren Ergebnis in einem Test zur Anordnung und Fertigstellung von Bildern (Festen et al. 2008). Genauere Aussagen zur Schlafqualität lassen sich in der Betrachtung einzelner Schlafphasen treffen. In der hier durchgeführten Studie korrelierte beispielsweise der Anteil an REM-Schlaf positiv mit der Auslassungsfehlerzahl (F1) im d2-Test. Es wird vermutet, dass der REM-Schlaf an der Verarbeitung kognitiver Informationen und an der Gedächtniskonsolidierung beteiligt ist (McCoy & Strecker 2011; Horne 2013) und zudem eine Rolle beim Träumen und der Verallgemeinerung und Verarbeitung beängstigender Erlebnisse spielt (Simor et al. 2012; Siegel 2001). Auslassungsfehler sind kennzeichnend für fehlende Konzentration und Aufmerksamkeit, sodass die hier vorgelegten Daten einen negativen Einfluss von größeren REM-Anteilen auf exekutive Funktionen vermuten lassen. Im Gegensatz dazu waren in einer anderen Studie REM und REM-Latenz positiv korreliert mit verbalem und nonverbalem Wissen und Aufmerksamkeit bei Kindern (Bruni et al. 2012). Störungen der REM-Phasen führten zu einem negativen Einfluss auf die Gedächtniskonsolidierung und die Konsolidierung von Gedächtnisinhalten, die für räumliche Orientierung zuständig sind (Varga et al. 2014). Vielleicht zeigen sich die Auswirkungen eines gestörten REM-Schlafs nur auf komplexeren Ebenen exekutiver Funktionen. Interessanterweise korrelierten Tiefschlafphasen (SWS) in unserer Studie negativ mit der Gesamtzahl der bearbeiteten Zeichen (GZ) im d2-Test. Ein positiver Einfluss von Tiefschlaf auf die Konzentrationsfähigkeit und die Arbeitsgeschwindigkeit wäre zu vermuten gewesen, da diese Schlafphase auch mit der Gedächtniskonsolidierung in Verbindung steht (Gais et al. 2000) und eine Erholungsfunktion hat (Groeger et al. 2014). Zudem konnte gezeigt werden, dass Tiefschlafentzug zu verminderter motorischer Kontrolle und beeinträchtigter Inhibition führt (Groeger et al. 2014), sodass eine Verminderung der Tiefschlafphasen zu einer schlechteren Leistung im d2-Test führen müssten. Diese Ergebnisse könnten einen Hinweis darauf liefern, dass komplexere Aufgabenstellungen eher von der Schlafqualität abhängen als einfache Aufgaben (Buckhalt 2011). Der Arousal-Index (AI) ist keine Schlafphase an sich, aber definiert als ein plötzlicher Wechsel in der EEG-Frequenz, der im normalen Schlaf auftritt, aber erhöhte Raten aufweist bei Schlafstörungen, wie zum Beispiel Schlafapnoe (Wong et al. 2004). Der AI ist positiv korreliert mit dem Alter

(Bonnet & Arand 2007) und scheint eine Schutzfunktion gegen Sauerstoffmangel und andere lebensbedrohliche Reize zu sein (McNamara, Wulbrand & Thach 1998). Ein Anstieg in der Arousal-Frequenz ist verbunden mit einer Fragmentierung des Schlafes, neurologischen Verhaltensänderungen und Auswirkungen auf das autonome Nervensystem (Wong et al. 2004; Jaimcharyatam, Rodriguez & Budur 2014). In der hier vorliegenden Untersuchung zeigte der Arousal-Index den größten Anteil an Zusammenhängen im Vergleich zu anderen untersuchten Aspekten der Schlafqualität. Es zeigten sich positive Korrelationen von AI zum F1-Fehler im d2-Test auf die Gesamtfehlerrate im Ma-the-Test und mehr Verwechslungsfehler im REC-Test. Diese Ergebnisse lassen einen negativen Einfluss der nächtlichen Arousalzeit auf Konzentration, Inhibition und Impulsivität bei Kindern mit ADHS vermuten und unterstützen die Ansicht, dass der Arousal Index als Kennzeichen für Schlaffragmentierung und damit schlechtere Schlafqualität angesehen werden kann (Meltzer & Mindell 2006; Jaimcharyatam, Rodriguez & Budur 2014). Im Gegensatz dazu zeigte die aktuelle Studie einen Zusammenhang zwischen höherem Arousal-Index und einem höheren Anteil an bearbeiteten Zeichen (GZ) im d2-Test. Ähnliches konnte in einer anderen Studie gezeigt werden, wo positive Korrelationen von Arousal-Index und verbalem Wissen sowie sensomotorischen Funktionen bei Kindern nachgewiesen wurden (Bruni et al. 2012).

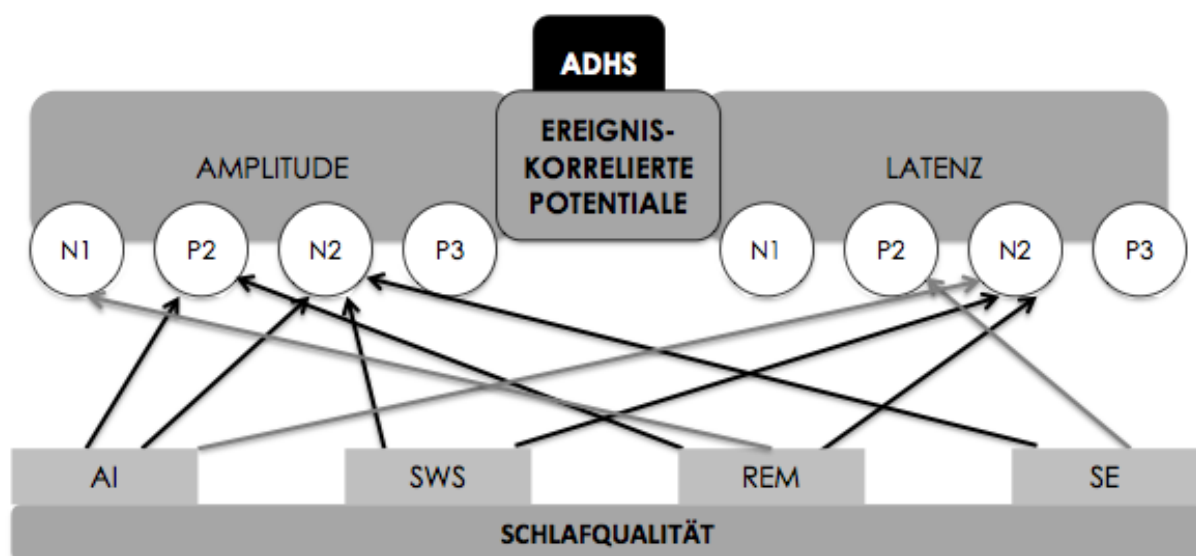
### **Ereigniskorrelierte Potentiale und Schlafqualität**

Schlafstörungen beeinflussen exekutive Funktionen und hierbei auch den Bereich der ereigniskorrelierten Potentiale (Schapkin et al. 2006b). Die naheliegende Konsequenz schlechter Schlafqualität ist ein Abfall in der Aufmerksamkeit, der sich in einer vergrößerten P3-Amplitude äußert (Salmi et al. 2005). Die vorliegenden Daten konnten keine signifikante Korrelation zwischen der P3 und Kennzeichen der Schlafqualität finden (vgl. Abb. 12). Es wurde vermutet, dass die P3 ein Potential darstellt, das umfassender an der Informationsverarbeitung beteiligt ist und auch eine emotionale Bewertung umfasst (Raz, Dan & Zysberg 2014). Daher könnte es sein, dass dieses Potential nicht so anfällig ist für die Veränderung der Schlafqualitätsparameter, wie andere ereigniskorrelierte Potentiale. Trotzdem konnte in Studien eine Korrelation zwischen Schlafqualitätsparametern und der P3 festgestellt werden. Beispielsweise führte eine schlechte Schlafqualität, die durch Fahrzeuglärm ausgelöst und mithilfe von Schlaffragebögen gemessen wurde, zu längeren Latenzen in der P3 sowie reduzierten Amplituden (Schapkin et al. 2006b). Die gleichen Ergebnisse konnte eine andere Studie zeigen, die

eine negative Korrelation zwischen der Schlafeffizienz und visuell evozierten Potentialen der P300-Latenz und eine positive Korrelation zur auditiv evozierten P300-Amplitude finden konnte (Sangal & Sangal 1997). Die hier vorgestellten Ergebnisse konnten einen ähnlichen Zusammenhang zwischen objektiv gemessener Schlafeffizienz und der P2-Latenz herstellen. Dies steht im Gegensatz zu vorherigen Studien, die mithilfe objektiver Schlafqualitätsmessungen eine positive Korrelation zwischen der P2-Latenz und der Schlaflatenz bei Personen mit gutem Schlaf festgestellt haben (Turcotte & Bastien 2009). In den hier vorgestellten Ergebnissen kann ein Zusammenhang von verminderter Schlafeffizienz und längeren P2-Latenzen bei Kindern mit ADHS hergestellt werden (siehe Abbildung 14). Diese beobachteten längeren neuronalen Verarbeitungszeiten nach Nächten mit schlechterer Schlafeffizienz führen zu der Vermutung, dass schlechtere Schlafqualität einen negativen Einfluss auf Inhibierungsprozesse am nächsten Tag hat. In Bezug auf die P2-Amplitude konnte eine signifikante Korrelation zwischen dem Arousal-Index und auch zur Schlafphase REM nachgewiesen werden, sowie eine erhöhte Amplitude in der P2 in Korrelation zum Schlafapnoe-Index (ein anderer Indikator für eine schlechte Schlafqualität) bei Kindern. Es wird vermutet, dass dies eine verstärkte Nutzung von Ressourcen widerspiegelt, die für das Auffinden und die Erkennung des Stimulusbeginns zuständig sind (Key et al. 2009). Zudem wurde vermutet, dass emotionale Dysregulationen verantwortlich sind für den Anstieg der P2-Amplitude nach einiger Zeit des Schlafentzugs (Cote et al. 2008). Da der REM-Schlaf mit Lernprozessen assoziiert ist (Poe, Walsh & Bjorness 2010) und auch mit der Konsolidierung emotional negativer Erfahrungen und Gedanken (Gujar et al. 2011; Spoomaker et al. 2014), könnte der Anstieg der P2-Amplitude durch einen Anstieg der REM-Schlafphase im vorausgegangenen Schlaf hervorgerufen werden, der wiederum durch negative Erfahrungen am Tag beeinflusst wurde. Dies entspricht den hier dargestellten Ergebnissen und zeigt eine negative Verbindung von größerem Arousal-Index und einem höheren Anteil von REM-Schlaf in Bezug auf die Identifizierung des Stimulus, die Inhibition und die frühe Informationsverarbeitung. Die gleiche Korrelation zwischen der P2-Amplitude (auditorisch evoziert) und der Schlafeffizienz bei Patienten, die an Ein- und Durchschlafstörungen leiden, konnte bereits gezeigt werden (Turcotte & Bastien 2009) und gleiches auch für die N1. Auch dieses Ergebnis unterstützt die hier vorliegenden Daten, in denen die N1 negativ korreliert war mit dem Anteil an REM-Schlaf, da bessere Schlafqualität mit niedrigeren Raten von REM-Schlaf assoziiert ist (Youngstedt 2005). Die frühe N1-Welle tritt auf, wenn ein unerwarteter Reiz präsentiert wird (Sur & Sinha 2009) und ist auch mit Aufmerksamkeitsprozessen verknüpft (Cote et al. 2008; Vogel &

Luck 2000). Erhöhte Amplituden von N1 sind korreliert mit dem Schlafapnoe-Index bei Kindern (Key et al. 2009). Dies ist gegensätzlich zu den zuvor dargestellten Ergebnissen, aber unterstützt die Erkenntnis, dass größere N1-Amplituden mit höheren Arousalraten bei Patienten mit Ein- und Durchschlafstörungen assoziiert sind (Bastien et al. 2008). Schlechte Schlafqualität ist verbunden mit längeren N2-Latenzen und reduzierten Amplituden (Schapkin et al. 2006b; Breimhorst et al. 2008). Die hier vorliegende Untersuchung bestätigt diese These, da positive Korrelationen zwischen SWS und der Schlafeffizienz zur N2-Amplitude und -Latenz gefunden wurden. Tiefschlaf spielt eine wichtige Rolle in der Gedächtniskonsolidierung und ist die Basis für die homöostatische Regulation und Erholungsfunktion des Schlafes (Giuditta et al. 1995; Bellesi et al. 2014), daher ist es naheliegend, dass größere Anteile von Tiefschlaf zu einer besseren Informationsverarbeitung im Reaktionstest führen können.

Die N2-Amplituden und der Arousal-Index waren ebenfalls positiv korreliert. Höhere Raten von nächtlichen Arousal sind typisch für eine schlechte Schlafqualität, da sie eine Fragmentierung des Schlafes hervorrufen (Jaimchariyatam, Rodriguez & Budur 2014), sodass die negative Auswirkung von höheren Arousalanteilen und einer verkleinerten N2-Amplitude vermutet werden kann. Die N2-Latenz zeigte sich teilweise bei Personen mit obstruktiver Schlafapnoe verlängert, die höhere Arousal-Index-Werte aufweisen als nicht betroffene Personen (Raggi & Ferri 2012). Diese Annahme konnte durch die aktuellen Ergebnisse nicht bestätigt werden. Hier fanden sich negative Korrelationen vom Arousal-Index zur N2-Latenz im Mathe-Test, aber eine positive Korrelation von REM-Schlaf zur N2-Latenz (Youngstedt 2005; Driver & Taylor 2000).



**Abbildung 12.** Übersicht über die Korrelationen zwischen Parametern der Schlafqualität und ereigniskorrelierten Potentialen bei Kindern mit ADHS (schwarzer Pfeil = positive Korrelation, grauer Pfeil = negative Korrelation).

### 5.5.1 Perspektiven und Begrenzungen des dritten Teils der Interventionsstudie

Die hier dargestellten Ergebnisse sollten unter Berücksichtigung einiger Einschränkungen betrachtet werden. Widersprüche zu den Erkenntnissen der vorliegenden Studie und anderen Untersuchungen, die Schlafqualität und körperliche Aktivität untersucht haben, liegen begründet in verschiedenen Formen der Belastung, Belastungszeiten, Belastungsumfängen und der Belastungsdauer. Weitere Studien sind notwendig, um den Einfluss von körperlicher Aktivität auf exekutive Funktionen zu untersuchen. Zudem gibt es das Problem, dass der Begriff Schlafqualität nicht eindeutig definiert ist, auch nicht in Studien, die ähnliche Zusammenhänge untersuchen. Die meisten Studien haben zudem Fragebögen als Methode verwendet, die auf der subjektiven Empfindung der Schlafqualität der Befragten basieren und daher wenig valide sind und außerdem nicht mit denen in der Polysomnographie erhobenen Daten zu vergleichen. Leider gibt es in Bezug auf objektive Messungen der Schlafqualität keine einheitlich definierten Indikatoren für eine gute Schlafqualität. In Bezug darauf wären weitere Studien wünschenswert, die objektive Kennzeichen für eine gute Schlafqualität definieren, insbesondere auch für Kinder, die an AHDS leiden. Dies würde die Vergleichbarkeit von Studien aus diesem Bereich erleichtern. In Bezug auf die EEG-Ableitung der ereigniskorrelierten Potentiale besteht immer das Problem unterschiedlicher Aufnahmetechniken in verschiedenen Studien, zum Beispiel in Bezug auf den Umfang der EEG-Ableitung. Daher sind die Ergebnisse aus dem Vergleich mit anderen Studien schlecht verallgemeinerbar. Auch hier wären einheitliche Untersuchungsrichtlinien hilfreich. Zur Erzeugung ereigniskorrelierter Potentiale werden meist Go/No-Go- oder Flanker-Paradigmen verwendet, die mehr Möglichkeiten zur Erfassung beispielsweise der Inhibitionskomponente bieten. Vielleicht sind einfache Reaktionstests und Diskriminationstests wie in der hier gezeigten Studie, nicht praktikabel für die Erfassung von ereigniskorrelierten Potentialen, weil das Anforderungsniveau der Aufgabe zu niedrig ist.

#### Zwischenfazit IV

**Fragestellung 3:** Welche Auswirkungen hat die objektiv gemessene Schlafqualität bei ADHS-Patienten auf die kognitive Leistungsfähigkeit am folgenden Morgen?

→ Es konnte ein negativer Einfluss erhöhter REM-Anteile und AI-Werte nachgewiesen werden. In Bezug auf die positiven Effekte von Tiefschlaf und der Schlafeffizienz konnten bisherige Studien nicht bestätigt werden.

**Fragestellung 4:** Welche Auswirkungen hat die objektiv gemessene Schlafqualität bei ADHS-Patienten auf ereigniskorrelierte Potentiale am folgenden Morgen?

→ In Bezug auf die Schlafqualitätsparameter Schlafeffizienz, Arousal-Index und REM-Schlaf konnten die in anderen Gruppen bereits beschriebenen Effekte bestätigt werden. Auch bei Kindern mit ADHS hat eine gute Schlafeffizienz, ein geringer Arousal-Index und ein geringerer Anteil an REM einen positiven Einfluss auf die Ausbildung ereigniskorrelierter Potentiale. In Bezug auf den Tiefschlaf konnte kein positiver Einfluss festgestellt werden.

## **6 Zusammenfassung und Schlussfolgerung**

Der Zusammenhang zwischen Schlaf und ADHS wird seit langem und teilweise kontrovers diskutiert. Die Erkrankung wird hauptsächlich medikamentös mit Stimulanzien behandelt, was die Schlafqualität zusätzlich negativ beeinträchtigen kann. Körperliche Aktivität wird als mögliche alternative Behandlungsmethode erwogen, die sowohl die Erkrankung selbst, wie auch die Schlafqualität günstig beeinflussen kann. Jedoch erschweren unterschiedliche Messmethoden, Zielgruppen und Belastungsformen den Vergleich der Studienergebnisse, weshalb es bisher noch keine einheitlichen Handlungsempfehlungen zu dieser Therapieform gibt. Eine gute Schlafqualität ist für alle Menschen wichtig und insbesondere bei Kindern mit ADHS sollte auf eine gute Schlafqualität geachtet werden, da sie unter einer Aufmerksamkeits- und Konzentrationschwäche leiden, die durch Müdigkeit verstärkt wird. Die vorliegende Arbeit untersucht den Zusammenhang von Schlaf, körperlicher Aktivität und exekutiven Funktionen anhand unterschiedlicher Messmethoden bei Kindern mit der Diagnose ADHS und gesunden Kontrollen.

Die Untersuchung des Zusammenhangs von ADHS-Diagnose, Schlafqualität und körperlicher Aktivität über Fragebögen ergab, dass Eltern von Kindern mit ADHS und die Kinder selbst häufiger angeben, an schlechter Schlafqualität zu leiden. Hierbei könnte eine Störung des zirkadianen Schlaf-Wach-Rhythmus in der Gruppe zugrunde liegen, da sich die angegebenen Probleme mit dem Schlaf hauptsächlich auf das Einschlafen und Aufwachen beziehen. Höhere Anteile an körperlicher Aktivität waren bei Kindern mit und ohne ADHS mit besserer Schlafqualität assoziiert. Ein Zusammenhang konnte also auch im Rahmen von subjektiven Messungen nachgewiesen werden.

Im Rahmen von polysomnographischen Untersuchungen zeigte sich bei allen untersuchten Probanden eine gute Schlafqualität ohne Anzeichen von Schlafstörungen. Die körperliche Aktivität hatte keinen Einfluss auf den Anteil von Schlafphasen in den jeweils folgenden Nächten, das zentrale Ergebnis war eine signifikant reduzierte REM-Latenz nach einer Koordinationsbelastung mit dem Waveboard im Vergleich zur Ausdauerbelastung mit dem Fahrradergometer. Eine verkürzte REM-Latenz wird als Effekt einer körperlichen Belastung diskutiert, wurde bisher bei Kindern jedoch noch nicht nachgewiesen. Generell werden längere REM-Latenzen als Kennzeichen guter Schlafqualität angesehen, weshalb vermutet werden kann, dass sich Ausdauerbelastungen eher positiv und Koordinationsbelastungen eher nachteilig auf die Schlafqualität von

Kindern mit ADHS auswirken. Möglicherweise haben die Probanden die Koordinationsbelastung auf dem Waveboard als aufregend empfunden, da verkürzte REM-Latenzen in der Verarbeitung emotionaler Erlebnisse eine Rolle spielen können.

Außerdem wurde der Einfluss körperlicher Aktivität und der Schlafqualität auf exekutive Funktionen bei Kindern mit ADHS in Form von Tests zur kognitiven Leistungsfähigkeit und ereigniskorrelierten Potentialen gemessen. Hierbei zeigte sich ein positiver Einfluss der Koordinationsbelastung auf die Arbeitsgeschwindigkeit und der Ausdauerbelastung auf die Aufmerksamkeit. In Bezug auf die Schlafqualitätsparameter konnte gezeigt werden, dass sich ein höherer Anteil von REM-Schlaf und eine höhere Anzahl von Arousals negativ auf die Aufmerksamkeit am nächsten Tag auswirken. Die körperliche Aktivität hatte keinen Einfluss auf ereigniskorrelierte Potentiale, vermutlich, weil die Stichprobengröße zu klein war oder der Zeitraum zwischen der Intervention und der Messung zu groß. In Bezug auf Parameter der Schlafqualität zeigten sich hingegen zahlreiche Korrelationen mit den gemessenen ereigniskorrelierten Potentialen. Eine gute Schlafeffizienz, wenig Arousal und wenig Anteil an REM wirkten sich positiv auf die Ausprägung der einzelnen Potentiale aus. Allgemein kann also ein Einfluss von Schlafqualitätsparametern auf exekutive Funktionen in Form von ereigniskorrelierten Potentialen bei Kindern mit ADHS postuliert werden.

## 7 Abstract

The correlation between sleep and ADHD is often discussed and controversial opinions exist. The main therapy is based on stimulant medication that can have a negative influence on sleep quality as well. Physical activity is assumed to be a positive candidate for an alternative treatment. Different types of exercise, measurement and target groups make it difficult to compare study results. To date, no consistent recommendations exist. A good sleep quality is necessary for all people and especially for children with ADHD, because they suffer from a deficit in attention and concentration, that can be worsened by tiredness.

The purpose of the questionnaire study was to determine whether physical activity is associated with better sleep quality among children with ADHD diagnosis and normal controls and if there are differences between those two groups. In total 273 elementary school children and their parents were assessed with Children's Sleep Habits Questionnaire (CSHQ), Sleep self report (SSR), ADHD rating scale (FBB-HKS) and leisure time questionnaires (CHILT, PAQ-C). Higher rates of sleep disturbances and evidence for higher rates of eveningness-types in children with ADHD were found. Furthermore, a small correlation of physical activity and sleep quality parameters, but only in the control group. It can be concluded, that sleep problems were more common in children with ADHD but an effect of exercise on sleep quality in this group could not be confirmed.

The aim of the intervention study was to investigate the influence of different modes of exercise on sleep quality parameters in school-aged children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) diagnosis. Polysomnographic (PSG) measurements were taken according to criteria of the American Academy of Sleep Medicine (AASM) on three nights following exercise session or control day, separated by one week and in random order. The study took part at the participants' home environment and eleven children (nine boys / two girls, age 9.5 (SD 0.5), height 139.9 cm (SD 7.0), weight 31.9 kg (SD 7.7), BMI 16.11 (SD 3.14) with medical ADHD diagnosis participated in the study. An endurance session on a bicycle ergometer, a coordination exercise session on a wave board and the results on a day without physical activity were compared. Exercise intensity was measured by heart rate. The exercise sessions took part 3-4 h prior to bedtime and lasted 30 min. PSG measurement revealed no sleep complaints or sleep stage changes according to the different exercise conditions. REM-latency

was increased after bicycle exercise and significant decreased after wave board exercise.

Data suggests that physical exercise performed in the afternoon has an impact on REM-latency in ADHD children. Endurance exercise lengthens REM-latency so it is assumed to have a more positive influence on sleep patterns than coordination exercise. It can be hypothesized, that coordination exercise on a wave board had an exciting effect on the children, because a shortening in REM-latency can be involved in the processing of emotional or stressful situations.

Furthermore, the effects of different exercise-modes and sleep quality on concentration performance and visual evoked potentials in children suffering from ADHD were explored. In the morning, different types of cognitive performance tests were performed, half an hour after awakening. Simultaneously event-related potentials were measured by EEG. ANOVA and Pearson correlation analysis revealed a significant effect between cognitive performance and both exercise and sleep quality. Furthermore, between event related potentials and sleep quality. Exercise as well as sleep quality are important factors influencing executive functions on the next morning in ADHD children.

## Quellen

- Akerstedt, T., Hume, K., Minors, D. & Waterhouse, J. (1994). The meaning of good sleep: a longitudinal study of polysomnography and subjective sleep quality. *J Sleep Res*, 3(3), 152-158.
- Akutagava-Martins, G. C., Rohde, L. A. & Hutz, M. H. (2016). Genetics of attention-deficit/hyperactivity disorder: an update. *Expert Review of Neurotherapeutics*, 2(16), 145-156.
- Akutagava-Martins, G. C., Salatino-Oliveira, A., Kieling, C. C., Rohde, L. A. & Hutz, M. H. (2013). Genetics of attention-deficit/hyperactivity disorder: current findings and future directions. *Expert Review of Neurotherapeutics*, 4(13), 435-445.
- Alderson, R. M., Rapport, M. D. & Kofler, M. J. (2007). Attention-deficit/hyperactivity disorder and behavioral inhibition: a meta-analytic review of the stop-signal paradigm. *J Abnorm Child Psychol*, 5(35), 745-758.
- Alfano, C. A., Reynolds, K., Scott, N., Dahl, R. E. & Mellman, T. A. (2013). Polysomnographic sleep patterns of non-depressed, non-medicated children with generalized anxiety disorder. *J Affect Disord*, 1-3(147), 379-384.
- Alvarez-Bueno, C., Pesce, C., Cavero-Redondo, I., Sanchez-Lopez, M., Pardo-Guijarro, M. J. & Martinez-Vizcaino, V. (2016). Association of physical activity with cognition, metacognition and academic performance in children and adolescents: a protocol for systematic review and meta-analysis. *BMJ Open*, (6), 1-7.
- Amonn, F., Frolich, J., Breuer, D., Banaschewski, T. & Doepfner, M. (2013). Evaluation of a computer-based neuropsychological training in children with attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD). *NeuroRehabilitation*, 3(32), 555-562.
- Anderer, P., Gruber, G., Parapatics, S. & Dorffner, G. (2007). Automatic sleep classification according to Rechtschaffen and Kales. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 3994-3997.
- Anderer, P., Gruber, G., Parapatics, S., Woertz, M., Miazhyńska, T., Klosch, G., et al. (2005). An E-health solution for automatic sleep classification according to Rechtschaffen and Kales: validation study of the Somnolyzer 24 x 7 utilizing the Siesta database. *Neuropsychobiology*, 3(51), 115-133.
- Andersen, L. B. & Froberg, K. (2015). Advancing the understanding of physical activity and cardiovascular risk factors in children: the European Youth Heart Study (EYHS). *Br J Sports Med*, 2(49), 67-68.
- Anderson, V. A., Anderson, P., Northam, E., Jacobs, R. & Catroppa, C. (2001). Development of executive functions through late childhood and adolescence in an Australian sample. *Dev Neuropsychol*, 1(20), 385-406.
- Ansorge, U. & Leder, H. (2016). *Visuelle Aufmerksamkeit: Konzepte und Paradigmen*. In: Ansorge, U. und Leder, H. (Hrsg.), *Wahrnehmung und Aufmerksamkeit*. Wiesbaden: Springer.

- 
- Antczak, J. M., Rakowicz, M. J., Banach, M., Derejko, M., Sienkiewicz, J., Zalewska, U., et al. (2013). Negative influence of L-dopa on subjectively assessed sleep but not on nocturnal polysomnography in Parkinson's disease. *Pharmacol Rep*, 3(65), 614-623.
- Archer, T. & Kostrzewa, R. M. (2012). Physical exercise alleviates ADHD symptoms: regional deficits and development trajectory. *Neurotox Res*, 2(21), 195-209.
- Arfken, C. L., Joseph, A., Sandhu, G. R., Roehrs, T., Douglass, A. B. & Boutros, N. N. (2014). The status of sleep abnormalities as a diagnostic test for major depressive disorder. *J Affect Disord*, (156), 36-45.
- Arns, M., de Ridder, S., Strehl, U., Breteler, M. & Coenen, A. (2009). Efficacy of neurofeedback treatment in ADHD: the effects on inattention, impulsivity and hyperactivity: a meta-analysis. *Clin EEG Neurosci*, 3(40), 180-189.
- Arnsten, A. F. & Li, B. M. (2005). Neurobiology of executive functions: catecholamine influences on prefrontal cortical functions. *Biol Psychiatry*, 11(57), 1377-1384.
- Atkinson, G., Edwards, B., Reilly, T. & Waterhouse, J. (2007). Exercise as a synchroniser of human circadian rhythms: an update and discussion of the methodological problems. *Eur J Appl Physiol*, 4(99), 331-341.
- Awad, K. M., Drescher, A. A., Malhotra, A. & Quan, S. F. (2013). Effects of exercise and nutritional intake on sleep architecture in adolescents. *Sleep Breath*, (17), 117-124.
- Bachmann, C. J., Philpsen, A. & Hoffmann, F. (2017). ADHS in Deutschland: Trends in Diagnose und medikamentöser Therapie. *Deutsches Ärzteblatt*, 9(114), 141-148.
- Baijot, S., Deconinck, N., Slama, H., Massat, I. & Colin, C. (2013). Behavioral and neurophysiological study of attentional and inhibitory processes in ADHD-combined and control children. *Acta Neurol Belg*, 4(113), 477-485.
- Bailey, E. K., Douglas, T. J., Wolff, D. & Bailey, S. (2014). Coordinated and Aerobic Exercise do not Improve Attention in Graduate Students. *The Open Sports Science Journal*, (7), 203-207.
- Bailey, R. C., Olson, J., Pepper, S. L., Porszasz, J., Barstow, T. J. & Cooper, D. M. (1995). The level and tempo of children's physical activities: an observational study. *Med Sci Sports Exerc*, 7(27), 1033-1041.
- Balazs, J., Miklosi, M., Keresztesy, A., Dallos, G. & Gadoros, J. (2014). Attention-deficit hyperactivity disorder and suicidality in a treatment naive sample of children and adolescents. *J Affect Disord*, (152-154), 282-287.
- Ball, J. D., Tiernan, M., Janusz, J. & Furr, A. (1997). Sleep patterns among children with attention-deficit hyperactivity disorder: a reexamination of parent perceptions. *J Pediatr Psychol*, 3(22), 389-398.
- Banaschewski, T., Becker, K., Döpfner, M., Holtmann, M., Rösler, M. & Romanos, M. (2017). Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Dtsch Arztebl Int*, 9(114), 149-159.

- 
- Banaschewski, T. & Döpfner, M. (2014). Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung: Störungsbild und Klassifikation. *Kinderärztliche Praxis*, 5(85), 286-290.
- Banaschewski, T., Roessner, V., Uebel, H. & Rothenberger, A. (2004). Neurobiologie der Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS). *Kindheit und Entwicklung*, 3(13), 137-147.
- Banich, M. T., Burgess, G. C., Depue, B. E., Ruzic, L., Bidwell, L. C., Hitt-Laustsen, S., et al. (2009). The neural basis of sustained and transient attentional control in young adults with ADHD. *Neuropsychologia*, 14(47), 3095-3104.
- Bar, M., Efron, M., Gothelf, D. & Kushnir, J. (2016). The link between parent and child sleep disturbances in children with attention deficit/hyperactivity disorder. *Sleep Med*, (21), 160-164.
- Barkley, R. A., Fischer, M., Edelbrock, C. & Smallish, L. (1991). The adolescent outcome of hyperactive children diagnosed by research criteria-III. Mother-child interactions, family conflicts and maternal psychopathology. *J Child Psychol Psychiatry*, 2(32), 233-255.
- Barnard, H., Rao, R., Xu, Y., Froehlich, T., Epstein, J., Lanphear, B. P., et al. (2015). Association of the Conners' Kiddie Continuous Performance Test (K-CPT) Performance and Parent-Report Measures of Behavior and Executive Functioning. *J Atten Disord*.
- Barnes, M. E., Gozal, D. & Molfese, D. L. (2012). Attention in children with obstructive sleep apnoea: an event-related potentials study. *Sleep Med*, 4(13), 368-377.
- Barry, R. J., Johnstone, S. J. & Clarke, A. R. (2003). A review of electrophysiology in attention-deficit/hyperactivity disorder: II. Event-related potentials. *Clin Neurophysiol*, 2(114), 184-198.
- Bastien, C. H., St-Jean, G., Morin, C. M., Turcotte, I. & Carrier, J. (2008). Chronic psychophysiological insomnia: hyperarousal and/or inhibition deficits? An ERPs investigation. *Sleep*, 6(31), 887-898.
- Bear, M. F., Connors, B. W. & Paradiso, M. A. (2009). *Neurowissenschaften*. Heidelberg: Spektrum.
- Becker, H. F., Ficker, J., Fietze, I., Geisler, P., Happe, S., Hornyak, M., et al. (2009). S3-Leitlinie. Nicht erholsamer Schlaf/Schlafstörungen. *Somnologie*, (13), 4-160.
- Becker, S. P., Froehlich, T. E. & Epstein, J. N. (2016). Effects of Methylphenidate on Sleep Functioning in Children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *J Dev Behav Pediatr*, 5(37), 395-404.
- Beljan, P., Reuter, A. E., Ganas, K. & Hoover, M. (2012). Medication efficacy: the impact of variability in defining and measuring ADHD and executive functioning. *Appl Neuropsychol Child*, 2(1), 152-158.
- Bellach, B. (1999). Der Bundes-Gesundheitssurvey 1998. *Gesundheitswesen, Sonderheft* 2(61), S55-S56.

- 
- Bellesi, M., Riedner, B. A., Garcia-Molina, G. N., Cirelli, C. & Tononi, G. (2014). Enhancement of sleep slow waves: underlying mechanisms and practical consequences. *Front Syst Neurosci*, (8), 208.
- Benikos, N. & Johnstone, S. J. (2009). Arousal-state modulation in children with AD/HD. *Clin Neurophysiol*, 1(120), 30-40.
- Benitez, A. & Gunstad, J. (2012). Poor sleep quality diminishes cognitive functioning independent of depression and anxiety in healthy young adults. *Clin Neuropsychol*, 2(26), 214-223.
- Benitez-Porres, J., Lopez-Fernandez, I., Raya, J. F., Alvarez Carnero, S., Alvero-Cruz, J. R. & Alvarez Carnero, E. (2016). Reliability and Validity of the PAQ-C Questionnaire to Assess Physical Activity in Children. *J Sch Health*, 9(86), 677-685.
- Berchicci, M., Pontifex, M. B., Drollette, E. S., Pesce, C., Hillman, C. H. & Di Russo, F. (2015). From cognitive motor preparation to visual processing: The benefits of childhood fitness to brain health. *Neuroscience*, (298), 211-219.
- Bergwerff, C. E., Luman, M. & Oosterlaan, J. (2016). No objectively measured sleep disturbances in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *J Sleep Res*, 5(25), 534-540.
- Berndt, B., Berger, J., Fröhner, G., Harre, D., Hauptmann, M. K. W. D., Krug, J., et al. (2008). *Trainingslehre - Trainingswissenschaft. Leistung, Training, Wettkampf*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Bernier, A., Beauchamp, M. H., Bouvette-Turcot, A. A., Carlson, S. M. & Carrier, J. (2013). Sleep and cognition in preschool years: specific links to executive functioning. *Child Dev*, 5(84), 1542-1553.
- Bernier, A., Carlson, S. M., Bordeleau, S. & Carrier, J. (2010). Relations between physiological and cognitive regulatory systems: infant sleep regulation and subsequent executive functioning. *Child Dev*, 6(81), 1739-1752.
- Best, J. R. & Miller, P. H. (2010). A developmental perspective on executive function. *Child Dev*, 6(81), 1641-1660.
- Bidwell, L. C., Gray, J. C., Weafer, J., Palmer, A. A., de Wit, H. & MacKillop, J. (2017). Genetic influences on ADHD symptom dimensions: Examination of a priori candidates, gene-based tests, genome-wide variation, and SNP heritability. *Am J Med Genet B Neuropsychiatr Genet*, 4(174), 458-466.
- Biederman, J., Faraone, S., Milberger, S., Curtis, S., Chen, L., Marris, A., et al. (1996). Predictors of persistence and remission of ADHD into adolescence: results from a four-year prospective follow-up study. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, 3(35), 343-351.
- Blanz, B., Döpfner, M., Fleischmann, J., Herpertz-Dahlmann, B., Huss, M., Martinius, J., et al. (2005). *Stellungnahme zur "Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS)" -Langfassung-*. Berlin: Bundesärztekammer.

- 
- Bloch, M. H. & Mulqueen, J. (2014). Nutritional supplements for the treatment of ADHD. *Child Adolesc Psychiatr Clin N Am*, 4(23), 883-897.
- Bobb, A. J., Addington, A. M., Sidransky, E., Gornick, M. C., Lerch, J. P., Greenstein, D. K., et al. (2005). Support for association between ADHD and two candidate genes: NET1 and DRD1. *Am J Med Genet B Neuropsychiatr Genet*, 1(134B), 67-72.
- Bohn, V. & Richter, M. (2012). Schulform, soziales Kapital und subjektive Gesundheit in der Adoleszenz. *Gesundheitswesen*, 11(74), 691-701.
- Bokura, H., Yamaguchi, S. & Kobayashi, S. (2001). Electrophysiological correlates for response inhibition in a Go/NoGo task. *Clin Neurophysiol*, 12(112), 2224-2232.
- Bonnet, M. H. & Arand, D. L. (2003). Clinical effects of sleep fragmentation versus sleep deprivation. *Sleep Med Rev*, 4(7), 297-310.
- Bonnet, M. H. & Arand, D. L. (2007). EEG arousal norms by age. *J Clin Sleep Med*, 3(3), 271-274.
- Borg, G. (2004). Anstrengungsempfinden und körperliche Aktivität. *Deutsches Ärzteblatt*, 15(10), A1016-A1021.
- Bös, K. (2004). Motorische Kompetenzen von Kindern und Jugendlichen. *Ernährungs-Umschau*, 9(51), 352-357.
- Bös, K. (2017). *Handbuch Motorische Tests*. Göttingen: Hogrefe.
- Bös, K., Heel, J., Romahn, N., Tittlbach, S., Woll, A., Worth, A., et al. (2002). Untersuchungen zur Motorik im Rahmen des Kinder- und Jugendgesundheits surveys. *Gesundheitswesen*, (46), 80-87.
- Bourke, R., Anderson, V., Yang, J. S., Jackman, A. R., Killedar, A., Nixon, G. M., et al. (2011a). Cognitive and academic functions are impaired in children with all severities of sleep-disordered breathing. *Sleep Med*, 5(12), 489-496.
- Bourke, R. S., Anderson, V., Yang, J. S., Jackman, A. R., Killedar, A., Nixon, G. M., et al. (2011b). Neurobehavioral function is impaired in children with all severities of sleep disordered breathing. *Sleep Med*, 3(12), 222-229.
- Bramham, J., Young, S., Bickerdike, A., Spain, D., McCartan, D. & Xenitidis, K. (2009). Evaluation of group cognitive behavioral therapy for adults with ADHD. *J Atten Disord*, 5(12), 434-441.
- Brand, S., Gerber, M., Beck, J., Hatzinger, M., Puhse, U. & Holsboer-Trachsler, E. (2010). Exercising, sleep-EEG patterns, and psychological functioning are related among adolescents. *World J Biol Psychiatry*, 2(11), 129-140.
- Braun, S., Zeidler, J., Linder, R., Engel, S., Verheyen, F. & Greiner, W. (2013). Treatment costs of attention deficit hyperactivity disorder in Germany. *Eur J Health Econ*, 6(14), 939-945.

- 
- Breimhorst, M., Falkenstein, M., Marks, A. & Griefahn, B. (2008). The relationship between poor sleep and inhibitory functions indicated by event-related potentials. *Exp Brain Res*, 4(187), 631-639.
- Breuer, D., Wolff Metternich, T. & Döpfner, M. (2009). Die Erfassung von Merkmalen von Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörungen (ADHS) anhand von Lehrerurteilen. Zur Validität und Reliabilität des FBB-HKS. *Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie*, 5(37), 431-440.
- Brickenkamp, R. (1994). *Test d2 Aufmerksamkeits-Belastungs-Test*. Göttingen: Hogrefe.
- Brocke, B., Beauducel, A., John, R., Debener, S. & Heilemann, H. (2000). Sensation seeking and affective disorders: characteristics in the intensity dependence of acoustic evoked potentials. *Neuropsychobiology*, 1(41), 24-30.
- Brook, U. & Boaz, M. (2005). Attention deficit and hyperactivity disorder (ADHD) and learning disabilities (LD): adolescents perspective. *Patient Educ Couns*, 2(58), 187-191.
- Bruin, K. J. & Wijers, A. A. (2002). Inhibition, response mode, and stimulus probability: a comparative event-related potential study. *Clin Neurophysiol*, 7(113), 1172-1182.
- Bruin, K. J., Wijers, A. A. & van Staveren, A. S. (2001). Response priming in a go/nogo task: do we have to explain the go/nogo N2 effect in terms of response activation instead of inhibition? *Clin Neurophysiol*, 9(112), 1660-1671.
- Bruni, O., Kohler, M., Novelli, L., Kennedy, D., Lushington, K., Martin, J., et al. (2012). The role of NREM sleep instability in child cognitive performance. *Sleep*, 5(35), 649-656.
- Bruni, O., Ottaviano, S., Guidetti, V., Romoli, M., Innocenzi, M., Cortesi, F., et al. (1996). The Sleep Disturbance Scale for Children (SDSC). Construction and validation of an instrument to evaluate sleep disturbances in childhood and adolescence. *J Sleep Res*, 4(5), 251-261.
- Buchegger, J., Fritsch, R., Meier-Koll, A. & Riehle, H. (1991). Does trampolining and anaerobic physical fitness affect sleep? *Percept Mot Skills*, 1(73), 243-252.
- Buckhalt, J. A. (2011). Children's Sleep, Sleepiness, and Performance on Cognitive Tasks. *WMF Press Bull*, 2(2011), 1-12.
- Budde, H., Voelcker-Rehage, C., Pietrabyk-Kendziorra, S., Ribeiro, P. & Tidow, G. (2008). Acute coordinative exercise improves attentional performance in adolescents. *Neurosci Lett*, 2(441), 219-223.
- Bühner, M. (2011). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion*. München: Pearson Studium.
- Bühner, M. & Ziegler, M. (2009). *Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler*. Hallbergmoss: Pearson.

- 
- Busardo, F. P., Kyriakou, C., Cipolloni, L., Zaami, S. & Frati, P. (2016). From Clinical Application to Cognitive Enhancement: The Example of Methylphenidate. *Curr Neuropsychopharmacol*, 1(14), 17-27.
- Busby, K., Firestone, P. & Pivik, R. T. (1981). Sleep patterns in hyperkinetic and normal children. *Sleep*, 4(4), 366-383.
- Butcher, J. N., Mineka, S. & Hooley, J. M. (2009). *Klinische Psychologie*. München: Pearson.
- Buysse, D. J., Reynolds, C. F., Monk, T. H., Hoch, C. C., Yeager, A. L. & Kupfer, D. J. (1991). Quantification of subjective sleep quality in healthy elderly men and women using the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI). *Sleep*, 4(14), 331-338.
- Caldwell, K., Harrison, M., Adams, M. & Triplett, N. T. (2009). Effect of Pilates and taiji quan training on self-efficacy, sleep quality, mood, and physical performance of college students. *J Bodyw Mov Ther*, 2(13), 155-163.
- Carskadon, M. & Dement, W. (2011). *Monitoring and staging human sleep*. In: Kryger, M., Roth, T. und Dement, W. (Hrsg.), *Principles and practice of sleep medicine*. pp. 16-26.
- Cassoff, J., Bhatti, J. A. & Gruber, R. (2014). The effect of sleep restriction on neurobehavioural functioning in normally developing children and adolescents: insights from the Attention, Behaviour and Sleep Laboratory. *Pathol Biol (Paris)*, 5(62), 319-331.
- Castellanos, F. X. (1997). Toward a pathophysiology of attention-deficit/hyperactivity disorder. *Clin Pediatr (Phila)*, 7(36), 381-393.
- Castellanos, F. X., Sonuga-Barke, E. J., Milham, M. P. & Tannock, R. (2006). Characterizing cognition in ADHD: beyond executive dysfunction. *Trends Cogn Sci*, 3(10), 117-123.
- Catala-Lopez, F., Hutton, B., Nunez-Beltran, A., Page, M. J., Ridao, M., Macias Saint-Gerons, D., et al. (2017). The pharmacological and non-pharmacological treatment of attention deficit hyperactivity disorder in children and adolescents: A systematic review with network meta-analyses of randomised trials. *PLoS One*, 7(12), e0180355.
- Caylak, E. (2012). Biochemical and genetic analyses of childhood attention deficit/hyperactivity disorder. *Am J Med Genet B Neuropsychiatr Genet*, 6(159B), 613-627.
- Cerrillo-Urbina, A. J., Garcia-Hermoso, A., Sanchez-Lopez, M., Pardo-Guijarro, M. J., Santos Gomez, J. L. & Martinez-Vizcaino, V. (2015). The effects of physical exercise in children with attention deficit hyperactivity disorder: a systematic review and meta-analysis of randomized control trials. *Child Care Health Dev*, 6(41), 779-788.
- Chacko, A. & Scavenius, C. (2017). Bending the Curve: A Community-Based Behavioral Parent Training Model to Address ADHD-Related Concerns in the Voluntary Sector in Denmark. *J Abnorm Child Psychol*.

- 
- Chaddock, L., Erickson, K. I., Prakash, R. S., VanPatter, M., Voss, M. W., Pontifex, M. B., et al. (2010). Basal ganglia volume is associated with aerobic fitness in preadolescent children. *Dev Neurosci*, 3(32), 249-256.
- Chalon, S. (2006). Omega-3 fatty acids and monoamine neurotransmission. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids*, 4-5(75), 259-269.
- Chan, E., Fogler, J. M. & Hammerness, P. G. (2016). Treatment of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder in Adolescents: A Systematic Review. *JAMA*, 18(315), 1997-2008.
- Chang, C. H., Chen, M. C., Qiu, M. H. & Lu, J. (2014). Ventromedial prefrontal cortex regulates depressive-like behavior and rapid eye movement sleep in the rat. *Neuropharmacology*, (86), 125-132.
- Chang, Y. K., Chu, C. H., Wang, C. C., Wang, Y. C., Song, T. F., Tsai, C. L., et al. (2014). Dose-response Relationship between Exercise Duration and Cognition. *Med Sci Sports Exerc*.
- Chang, Y. K. & Etnier, J. L. (2009). Exploring the dose-response relationship between resistance exercise intensity and cognitive function. *J Sport Exerc Psychol*, 5(31), 640-656.
- Chang, Y. K., Hung, C. L., Huang, C. J., Hatfield, B. D. & Hung, T. M. (2014). Effects of an aquatic exercise program on inhibitory control in children with ADHD: a preliminary study. *Arch Clin Neuropsychol*, 3(29), 217-223.
- Chang, Y. K., Liu, S., Yu, H. H. & Lee, Y. H. (2012). Effect of acute exercise on executive function in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Arch Clin Neuropsychol*, 2(27), 225-237.
- Chang, Y. K., Tsai, Y. J., Chen, T. T. & Hung, T. M. (2013). The impacts of coordinative exercise on executive function in kindergarten children: an ERP study. *Exp Brain Res*, 2(225), 187-196.
- Chen, Y., Campbell, J. I. & Liu, C. (2013). The N3 is sensitive to odd-even congruency information in arithmetic fact retrieval. *Exp Brain Res*, 4(225), 603-611.
- Chen, Y. C., Sudre, G., Sharp, W., Donovan, F., Chandrasekharappa, S. C., Hansen, N., et al. (2017). Neuroanatomic, epigenetic and genetic differences in monozygotic twins discordant for attention deficit hyperactivity disorder. *Mol Psychiatry*.
- Chervin, R. D. & Archbold, K. H. (2001). Hyperactivity and polysomnographic findings in children evaluated for sleep-disordered breathing. *Sleep*, 3(24), 313-320.
- Chervin, R. D., Archbold, K. H., Dillon, J. E., Panahi, P., Pituch, K. J., Dahl, R. E., et al. (2002). Inattention, hyperactivity, and symptoms of sleep-disordered breathing. *Pediatrics*, 3(109), 449-456.
- Chervin, R. D., Hedger, K., Dillon, J. E. & Pituch, K. J. (2000). Pediatric sleep questionnaire (PSQ): validity and reliability of scales for sleep-disordered breathing, snoring, sleepiness, and behavioral problems. *Sleep Med*, 1(1), 21-32.

- 
- Choi, J., Yoon, I. Y., Kim, H. W., Chung, S. & Yoo, H. J. (2010). Differences between objective and subjective sleep measures in children with attention deficit hyperactivity disorder. *J Clin Sleep Med*, 6(6), 589-595.
- Cohen-Zion, M. & Ancoli-Israel, S. (2004). Sleep in children with attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD): a review of naturalistic and stimulant intervention studies. *Sleep Med Rev*, 5(8), 379-402.
- Conzelmann, A. (2005). Sport und Selbstkonzeptentwicklung. Ein Situationsbericht aus entwicklungstheoretischer Perspektive. *Zeitschrift für Sportpsychologie*, 4(14), 108-118.
- Cook, N. E., Braaten, E. B. & Surman, C. B. H. (2017). Clinical and functional correlates of processing speed in pediatric Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: a systematic review and meta-analysis. *Child Neuropsychol*, 1-19.
- Corkum, P., Moldofsky, H., Hogg-Johnson, S., Humphries, T. & Tannock, R. (1999). Sleep problems in children with attention-deficit/hyperactivity disorder: impact of subtype, comorbidity, and stimulant medication. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, 10(38), 1285-1293.
- Cortese, S. (2015). Sleep and ADHD: what we know and what we do not know. *Sleep Med*, 1(16), 5-6.
- Cortese, S., Adamo, N., Mohr-Jensen, C., Hayes, A. J., Bhatti, S., Carucci, S., et al. (2017). Comparative efficacy and tolerability of pharmacological interventions for attention-deficit/hyperactivity disorder in children, adolescents and adults: protocol for a systematic review and network meta-analysis. *BMJ Open*, 1(7), e013967.
- Cortese, S., Brown, T. E., Corkum, P., Gruber, R., O'Brien, L. M., Stein, M., et al. (2013). Assessment and management of sleep problems in youths with attention-deficit/hyperactivity disorder. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, 8(52), 784-796.
- Cortese, S., Ferrin, M., Brandeis, D., Holtmann, M., Aggensteiner, P., Daley, D., et al. (2016). Neurofeedback for Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: Meta-Analysis of Clinical and Neuropsychological Outcomes From Randomized Controlled Trials. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, 6(55), 444-455.
- Cortese, S., Kelly, C., Chabernaud, C., Proal, E., Di Martino, A., Milham, M. P., et al. (2012). Toward systems neuroscience of ADHD: a meta-analysis of 55 fMRI studies. *Am J Psychiatry*, 10(169), 1038-1055.
- Cortese, S., Konofal, E., Lecendreux, M., Arnulf, I., Mouren, M. C., Darra, F., et al. (2005). Restless legs syndrome and attention-deficit/hyperactivity disorder: a review of the literature. *Sleep*, 8(28), 1007-1013.
- Cortese, S., Konofal, E., Yateman, N., Mouren, M. C. & Lecendreux, M. (2006). Sleep and alertness in children with attention-deficit/hyperactivity disorder: a systematic review of the literature. *Sleep*, 4(29), 504-511.

- 
- Cote, K. A., Milner, C. E., Osip, S. L., Baker, M. L. & Cuthbert, B. P. (2008). Physiological arousal and attention during a week of continuous sleep restriction. *Physiol Behav*, 3(95), 353-364.
- Crabtree, V. M., Ivanenko, A., O'Brien, L. M. & Gozal, D. (2003). Periodic limb movement disorder of sleep in children. *J Sleep Res*, 1(12), 73-81.
- Craig, S. G., Weiss, M. D., Hudec, K. L. & Gibbons, C. (2017). The Functional Impact of Sleep Disorders in Children With ADHD. *J Atten Disord*, 1087054716685840.
- Creel, D. J. (2012). *Visually Evoked Potentials*. In: Kolb, H., Fernandez, E. und Nelson, R. (Hrsg.), *Webvision: The Organization of the Retina and Visual System*. Salt Lake City (UT).
- Crippa, A., Marzocchi, G. M., Piroddi, C., Besana, D., Giribone, S., Vio, C., et al. (2014). An Integrated Model of Executive Functioning is Helpful for Understanding ADHD and Associated Disorders. *J Atten Disord*.
- Cui, R., Li, B., Suemaru, K. & Araki, H. (2008). Psychological stress-induced changes in sleep patterns and their generation mechanism. *Yakugaku Zasshi*, 3(128), 405-411.
- Dagan, Y., Zeevi-Luria, S., Sever, Y., Hallis, D., Yovel, I., Sadeh, A., et al. (1997). Sleep quality in children with attention deficit hyperactivity disorder: an actigraphic study. *Psychiatry Clin Neurosci*, 6(51), 383-386.
- Dahl, R. E. & Lewin, D. S. (2002). Pathways to adolescent health sleep regulation and behavior. *J Adolesc Health*, 6 Suppl(31), 175-184.
- Davis, C. L., Tkacz, J., Gregoski, M., Boyle, C. A. & Lovrekovic, G. (2006). Aerobic Exercise and Snoring in Overweight Children: A Randomized Controlled Trial. *Obesity (Silver Spring)*, 11(14), 1985-1991.
- De Crescenzo, F., Licchelli, S., Ciabattini, M., Menghini, D., Armando, M., Alfieri, P., et al. (2016). The use of actigraphy in the monitoring of sleep and activity in ADHD: A meta-analysis. *Sleep Med Rev*, (26), 9-20.
- De La Fuente, A., Xia, S., Branch, C. & Li, X. (2013). A review of attention-deficit/hyperactivity disorder from the perspective of brain networks. *Front Hum Neurosci*, (7), 192.
- Den Heijer, A. E., Groen, Y., Tucha, L., Fuermaier, A. B., Koerts, J., Lange, K. W., et al. (2016). Sweat it out? The effects of physical exercise on cognition and behavior in children and adults with ADHD: a systematic literature review. *J Neural Transm (Vienna)*.
- Dewald, J. F., Meijer, A. M., Oort, F. J., Kerkhof, G. A. & Bogels, S. M. (2010). The influence of sleep quality, sleep duration and sleepiness on school performance in children and adolescents: A meta-analytic review. *Sleep Med Rev*, 3(14), 179-189.
- Diamond, A. & Lee, K. (2011). Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old. *Science*, 6045(333), 959-964.

- 
- Diaz-Roman, A., Hita-Yanez, E. & Buela-Casal, G. (2016). Sleep Characteristics in Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder: Systematic Review and Meta-Analyses. *J Clin Sleep Med*, 5(12), 747-756.
- Dimoska, A., Johnstone, S. J., Barry, R. J. & Clarke, A. R. (2003). Inhibitory motor control in children with attention-deficit/hyperactivity disorder: event-related potentials in the stop-signal paradigm. *Biol Psychiatry*, 12(54), 1345-1354.
- Dishman, R. K., Berthoud, H. R., Booth, F. W., Cotman, C. W., Edgerton, V. R., Fleshner, M. R., et al. (2006). Neurobiology of exercise. *Obesity (Silver Spring)*, 3(14), 345-356.
- Dolezal, B. A., Neufeld, E. V., Boland, D. M., Martin, J. L. & Cooper, C. B. (2017). Interrelationship between Sleep and Exercise: A Systematic Review. *Adv Prev Med*, (2017), 1364387.
- Döpfner, M., Breuer, D., Wille, N., Erhart, M., Ravens-Sieberer, U. & group, B. s. (2008). How often do children meet ICD-10/DSM-IV criteria of attention deficit-/hyperactivity disorder and hyperkinetic disorder? Parent-based prevalence rates in a national sample--results of the BELLA study. *Eur Child Adolesc Psychiatry*, (17 Suppl 1), 59-70.
- Döring, N. & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. Berlin Heidelberg: Springer.
- Dowsett, S. M. & Livesey, D. J. (2000). The development of inhibitory control in preschool children: effects of "executive skills" training. *Dev Psychobiol*, 2(36), 161-174.
- Drechsler, R. (2007). Exekutive Funktionen. Übersicht und Taxonomie. *Zeitschrift für Neuropsychologie*, 3(18), 233-248.
- Drechsler, R. (2011). Ist Neurofeedbacktraining eine wirksame Therapiemethode zur Behandlung von ADHS? Ein Überblick über aktuelle Befunde. *Zeitschrift für Neuropsychologie*, 2(22), 131-146.
- Driver, H. S., Meintjes, A. F., Rogers, G. G. & Shapiro, C. M. (1988). Submaximal exercise effects on sleep patterns in young women before and after an aerobic training programme. *Acta Physiol Scand Suppl*, (574), 8-13.
- Driver, H. S., Rogers, G. G., Mitchell, D., Borrow, S. J., Allen, M., Luus, H. G., et al. (1994). Prolonged endurance exercise and sleep disruption. *Med Sci Sports Exerc*, 7(26), 903-907.
- Driver, H. S. & Taylor, S. R. (2000). Exercise and sleep. *Sleep Med Rev*, 4(4), 387-402.
- Drollette, E. S., Scudder, M. R., Raine, L. B., Moore, R. D., Saliba, B. J., Pontifex, M. B., et al. (2014). Acute exercise facilitates brain function and cognition in children who need it most: an ERP study of individual differences in inhibitory control capacity. *Dev Cogn Neurosci*, (7), 53-64.
- Drollette, E. S., Shishido, T., Pontifex, M. B. & Hillman, C. H. (2012). Maintenance of cognitive control during and after walking in preadolescent children. *Med Sci Sports Exerc*, 10(44), 2017-2024.

- Duff, C. T. & Sulla, E. M. (2015). Measuring Executive Function in the Differential Diagnosis of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: Does It Really Tell Us Anything? *Appl Neuropsychol Child*, 3(4), 188-196.
- Dworak, M., Wiater, A., Alfer, D., Stephan, E., Hollmann, W. & Strüder, H. K. (2008). Increased slow wave sleep and reduced stage 2 sleep in children depending on exercise intensity. *Sleep Med*, 3(9), 266-272.
- Edinger, J. D., Morey, M. C., Sullivan, R. J., Higginbotham, M. B., Marsh, G. R., Dailey, D. S., et al. (1993). Aerobic fitness, acute exercise and sleep in older men. *Sleep*, 4(16), 351-359.
- Eiholzer, U., Meinhardt, U., Rousson, V., Petro, R., Schlumpf, M., Fusch, G., et al. (2008). Association between short sleeping hours and physical activity in boys playing ice hockey. *J Pediatr*, 5(153), 640-645, 645 e641.
- Elleberg, D. & St-Louis-Deschenes, M. (2010). The effect of acute physical exercise on cognitive function during development. *Psychology of Sports and Exercise*, (11), 122-126.
- Elliott, G. R., Blasey, C., Rekshan, W., Rush, A. J., Palmer, D. M., Clarke, S., et al. (2014). Cognitive Testing to Identify Children With ADHD Who Do and Do Not Respond to Methylphenidate. *J Atten Disord*.
- England, S. J., Picchietti, D. L., Couvadelli, B. V., Fisher, B. C., Siddiqui, F., Wagner, M. L., et al. (2011). L-Dopa improves Restless Legs Syndrome and periodic limb movements in sleep but not Attention-Deficit-Hyperactivity Disorder in a double-blind trial in children. *Sleep Med*, 5(12), 471-477.
- Erskine, H. E., Norman, R. E., Ferrari, A. J., Chan, G. C., Copeland, W. E., Whiteford, H. A., et al. (2016). Long-Term Outcomes of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder and Conduct Disorder: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, 10(55), 841-850.
- Esteves, A., Ackel-D'Elia, C., Tufik, S. & De Mello, M. (2014). Sleep patterns and acute physical exercise: the effects of gender, sleep disturbances, type and time of physical exercise. *Journal of Sports, Medicine and Physical Fitness*, (54), 809-815.
- Evans, B. M. (2003). Sleep, consciousness and the spontaneous and evoked electrical activity of the brain. Is there a cortical integrating mechanism? *Neurophysiol Clin*, 1(33), 1-10.
- Evans, S. W., Owens, J. S. & Bunford, N. (2014). Evidence-based psychosocial treatments for children and adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder. *J Clin Child Adolesc Psychol*, 4(43), 527-551.
- Falkenstein, M., Hoormann, J. & Hohnsbein, J. (1999). ERP components in Go/Nogo tasks and their relation to inhibition. *Acta Psychol (Amst)*, 2-3(101), 267-291.
- Faraone, S. V., Glatt, S. J., Bukstein, O. G., Lopez, F. A., Arnold, L. E. & Findling, R. L. (2009). Effects of once-daily oral and transdermal methylphenidate on sleep behavior of children with ADHD. *J Atten Disord*, 4(12), 308-315.

- 
- Faraone, S. V. & Mick, E. (2010). Molecular genetics of attention deficit hyperactivity disorder. *Psychiatr Clin North Am*, 1(33), 159-180.
- Fassbender, C. & Schweitzer, J. B. (2006). Is there evidence for neural compensation in attention deficit hyperactivity disorder? A review of the functional neuroimaging literature. *Clin Psychol Rev*, 4(26), 445-465.
- Fernandes, V. R., Ribeiro, M. L., Melo, T., de Tarso Maciel-Pinheiro, P., Guimaraes, T. T., Araujo, N. B., et al. (2016). Motor Coordination Correlates with Academic Achievement and Cognitive Function in Children. *Front Psychol*, (7), 318.
- Ferri, R., Bruni, O., Novelli, L., Picchiatti, M. A. & Picchiatti, D. L. (2013). Time structure of leg movement activity during sleep in attention-deficit/hyperactivity disorder and effects of levodopa. *Sleep Med*, 4(14), 359-366.
- Festen, D. A., Wevers, M., de Weerd, A. W., van den Bossche, R. A., Duivenvoorden, H. J. & Hokken-Koelega, A. C. (2008). Cognition and behavior in pre-pubertal children with Prader-Willi syndrome and associations with sleep-related breathing disorders. *Am J Med Genet A*, 23(146A), 3018-3025.
- Fischer, J. & Brenner, S. (2013). Standardprozeduren für Erwachsene in akkreditierten Schlafmedizinischen Zentren in Europa. *Somnologie*, (17), 291-303.
- Fischman, S., Kuffler, D. P. & Bloch, C. (2015). Disordered Sleep as a Cause of Attention Deficit/Hyperactivity Disorder: Recognition and Management. *Clin Pediatr (Phila)*, 8(54), 713-722.
- Flausino, N. H., Da Silva Prado, J. M., de Queiroz, S. S., Tufik, S. & de Mello, M. T. (2012). Physical exercise performed before bedtime improves the sleep pattern of healthy young good sleepers. *Psychophysiology*, 2(49), 186-192.
- Fleming, M., Fitton, C. A., Steiner, M. F. C., McLay, J. S., Clark, D., King, A., et al. (2017). Educational and Health Outcomes of Children Treated for Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *JAMA Pediatr*, 7(171), e170691.
- Fone, K. C. & Nutt, D. J. (2005). Stimulants: use and abuse in the treatment of attention deficit hyperactivity disorder. *Curr Opin Pharmacol*, 1(5), 87-93.
- Foti, K. E., Eaton, D. K., Lowry, R. & McKnight-Ely, L. R. (2011). Sufficient sleep, physical activity, and sedentary behaviors. *Am J Prev Med*, 6(41), 596-602.
- Frey, I., Berg, A., Grathwohl, D. & Keul, J. (1999). Freiburger Fragebogen zur körperlichen Aktivität. Entwicklung, Prüfung und Anwendung. *Sozial- und Präventivmedizin*, 2(44), 55-64.
- Friedman, N. P. & Miyake, A. (2016). Unity and diversity of executive functions: Individual differences as a window on cognitive structure. *Cortex*.
- Fröhlich, H., Gernet, E., Susgin, E. & Schmidt, W. (2008). Der Einfluss von Schulsport auf den Energieumsatz von Kindern und Jugendlichen - Eine Pilotstudie. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 5(59), 115-120.

- Fuchs, R., Klaperski, S., Gerber, M. & Seelig, H. (2015). Messungen der Bewegungs- und Sportaktivität mit dem BSA-Fragebogen. Eine methodische Zwischenbilanz. *Zeitschrift für Gesundheitspsychologie*, (23), 60-76.
- Fuster, J. M. (2001). The prefrontal cortex--an update: time is of the essence. *Neuron*, 2(30), 319-333.
- Gabrys, L., Thiel, C., Tallner, A., Wilms, B., Müller, C., Kahlert, D., et al. (2015). Akzelerometrie zur Erfassung körperlicher Aktivität. *Sportwissenschaft*, (45), 1-9.
- Gaede-Illich, C., Zachariae, S., Menzel, C. & Alfermann, D. (2014). Körperliche Aktivität erfassen - ein Vergleich von IPAQ-SF und dem SenseWear Pro Armband. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 6(65), 154-159.
- Gais, S., Plihal, W., Wagner, U. & Born, J. (2000). Early sleep triggers memory for early visual discrimination skills. *Nat Neurosci*, 12(3), 1335-1339.
- Galland, B. C., Tripp, E. G. & Taylor, B. J. (2010). The sleep of children with attention deficit hyperactivity disorder on and off methylphenidate: a matched case-control study. *J Sleep Res*, 2(19), 366-373.
- Gallotta, M. C., Guidetti, L., Franciosi, E., Emerenziani, G. P., Bonavolonta, V. & Baldari, C. (2012). Effects of varying type of exertion on children's attention capacity. *Med Sci Sports Exerc*, 3(44), 550-555.
- Ganelin-Cohen, E. & Ashkenasi, A. (2013). Disordered sleep in pediatric patients with attention deficit hyperactivity disorder: an overview. *Isr Med Assoc J*, 11(15), 705-709.
- Gapin, J. & Etnier, J. L. (2010). The Relationship Between Physical Activity and Executive Function Performance in Children With Attention-Deficit Hyperactivity Disorder. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 6(32), 753-763.
- Gapin, J. I., Labban, J. D. & Etnier, J. L. (2011). The effects of physical activity on attention deficit hyperactivity disorder symptoms: the evidence. *Prev Med*, (52 Suppl 1), S70-74.
- Gau, S. S., Tseng, W. L., Tseng, W. Y., Wu, Y. H. & Lo, Y. C. (2014). Association between microstructural integrity of frontostriatal tracts and school functioning: ADHD symptoms and executive function as mediators. *Psychol Med*, 1-15.
- Gawrilow, C. (2009). *ADHS*. München: UTB.
- Gelade, K., Bink, M., Janssen, T. W., van Mourik, R., Maras, A. & Oosterlaan, J. (2017). An RCT into the effects of neurofeedback on neurocognitive functioning compared to stimulant medication and physical activity in children with ADHD. *Eur Child Adolesc Psychiatry*, 4(26), 457-468.
- Gelade, K., Janssen, T. W., Bink, M., van Mourik, R., Maras, A. & Oosterlaan, J. (2016). Behavioral Effects of Neurofeedback Compared to Stimulants and Physical Activity in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: A Randomized Controlled Trial. *J Clin Psychiatry*, 10(77), e1270-e1277.

- Gevensleben, H., Moll, G. H., Rothenberger, A. & Heinrich, H. (2014). Neurofeedback in attention-deficit/hyperactivity disorder - different models, different ways of application. *Front Hum Neurosci*, (8), 846.
- Gilsbach, S., Günther, T. & Konrad, K. (2011). Was wissen wir über Langzeiteffekte von Methylphenidatbehandlung auf die Hirnentwicklung von Kindern und Jugendlichen mit einer Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS)? *Zeitschrift für Neuropsychologie*, 2(22), 121-129.
- Giuditta, A., Ambrosini, M. V., Montagnese, P., Mandile, P., Cotugno, M., Grassi Zucconi, G., et al. (1995). The sequential hypothesis of the function of sleep. *Behav Brain Res*, 1-2(69), 157-166.
- Golan, N., Shahar, E., Ravid, S. & Pillar, G. (2004). Sleep disorders and daytime sleepiness in children with attention-deficit/hyperactive disorder. *Sleep*, 2(27), 261-266.
- Goodlin-Jones, B. L., Waters, S. & Anders, T. F. (2009). Objective sleep measurement in typically and atypically developing preschool children with ADHD-like profiles. *Child Psychiatry Hum Dev*, 2(40), 257-268.
- Goraya, J. S., Cruz, M., Valencia, I., Kaleyias, J., Khurana, D. S., Hardison, H. H., et al. (2009). Sleep study abnormalities in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Pediatr Neurol*, 1(40), 42-46.
- Görtz-Dorten, A. & Döpfner, M. (2009). Attention deficit/hyperactive disorders in children and adolescents as assessed by parents. *Z Kinder Jugendpsychiatr Psychother*, 3(37), 183-194.
- Graf, C., Beneke, R., Bloch, W., Bucksch, J., Dordel, S., Eiser, S., et al. (2014). Recommendations for promoting physical activity for children and adolescents in Germany. A consensus statement. *Obes Facts*, 3(7), 178-190.
- Graf, C. & Dordel, S. (2011). The CHILT I project (Children's Health Interventional Trial). A multicomponent intervention to prevent physical inactivity and overweight in primary schools. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 3(54), 313-321.
- Graf, C., Ferrari, N., Beneke, R., Bloch, W., Eiser, S., Koch, B., et al. (2017). Recommendations for Physical Activity and Sedentary Behaviour for Children and Adolescents: Methods, Database and Rationale. *Gesundheitswesen*, S 01(79), S11-S19.
- Graf, C., Koch, B., Klippel, S., Büttner, S., Coburger, S., Christ, H., et al. (2003). Zusammenhänge zwischen körperlicher Aktivität und Konzentration im Kindesalter - Eingangsergebnisse des CHILT-Projektes. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 942-246(54).
- Graf, C., Koch, B., Kretschmann-Kandel, E., Falkowski, G., Christ, H., Coburger, S., et al. (2004). Correlation between BMI, leisure habits and motor abilities in childhood (CHILT-project). *Int J Obes Relat Metab Disord*, 1(28), 22-26.

- 
- Graham, J., Banaschewski, T., Buitelaar, J., Coghill, D., Danckaerts, M., Dittmann, R. W., et al. (2011). European guidelines on managing adverse effects of medication for ADHD. *Eur Child Adolesc Psychiatry*, 1(20), 17-37.
- Grassmann, V., Alves, M. V., Santos-Galduroz, R. F. & Galduroz, J. C. (2014). Possible Cognitive Benefits of Acute Physical Exercise in Children With ADHD: A Systematic Review. *J Atten Disord*.
- Graubner, B. (2016). *ICD-10-GM 2017 Systematisches Verzeichnis. Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme. 10. Revision - German Modification*: Deutscher Ärzte-Verlag.
- Griffin, E. W., Mullally, S., Foley, C., Warmington, S. A., O'Mara, S. M. & Kelly, A. M. (2011). Aerobic exercise improves hippocampal function and increases BDNF in the serum of young adult males. *Physiol Behav*, 5(104), 934-941.
- Groeger, J. A., Stanley, N., Deacon, S. & Dijk, D. J. (2014). Dissociating effects of global SWS disruption and healthy aging on waking performance and daytime sleepiness. *Sleep*, 6(37), 1127-1142.
- Gruber, R., Sadeh, A. & Raviv, A. (2000). Instability of sleep patterns in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, 4(39), 495-501.
- Gruber, R., Xi, T., Frenette, S., Robert, M., Vannasinh, P. & Carrier, J. (2009). Sleep disturbances in prepubertal children with attention deficit hyperactivity disorder: a home polysomnography study. *Sleep*, 3(32), 343-350.
- Gujar, N., McDonald, S. A., Nishida, M. & Walker, M. P. (2011). A role for REM sleep in recalibrating the sensitivity of the human brain to specific emotions. *Cereb Cortex*, 1(21), 115-123.
- Günther, T., Herpertz-Dahlmann, B. & Konrad, K. (2005). Reliabilität von Aufmerksamkeits- und verbalen Gedächtnistests bei gesunden Kindern und Jugendlichen - Implikationen für die klinische Praxis. *Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie* 33, 3(33), 169-179.
- Hahnenfeld, A. & Heuschen, U. (2009). Versorgungsstudie zum Marburger Konzentrationstraining (MKT) bei Grundschulkindern mit Symptomen einer Aktivitäts- und Aufmerksamkeitsstörung. *Kindheit und Entwicklung*, 1(18), 30-38.
- Hall, P. A. & Fong, G. T. (2015). Temporal self-regulation theory: a neurobiologically informed model for physical activity behavior. *Front Hum Neurosci*, (9), 117.
- Halperin, J. M. (2015). Joggin' for Your Noggin: The Role of Physical Activity in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, 7(54), 537-538.
- Halperin, J. M. & Healey, D. M. (2011). The influences of environmental enrichment, cognitive enhancement, and physical exercise on brain development: can we alter the developmental trajectory of ADHD? *Neurosci Biobehav Rev*, 3(35), 621-634.

- Hart, H., Radua, J., Nakao, T., Mataix-Cols, D. & Rubia, K. (2013). Meta-analysis of functional magnetic resonance imaging studies of inhibition and attention in attention-deficit/hyperactivity disorder: exploring task-specific, stimulant medication, and age effects. *JAMA Psychiatry*, 2(70), 185-198.
- Hartanto, T. A., Krafft, C. E., Iosif, A. M. & Schweitzer, J. B. (2016). A trial-by-trial analysis reveals more intense physical activity is associated with better cognitive control performance in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Child Neuropsychol*, 5(22), 618-626.
- Hattori, S., Naoi, M. & Nishino, H. (1994). Striatal dopamine turnover during treadmill running in the rat: relation to the speed of running. *Brain Res Bull*, 1(35), 41-49.
- Haug, H. J. (2002). Ist Weihnachten eine Lichtmangelkrankheit? *Deutsche medizinische Wochenschrift*, 51/52(127), 2717-2720.
- Häusler, J. & Sturm, W. (2009). Konstruktvalidierung einer neuen Testbatterie für Wahrnehmungs- und Aufmerksamkeitsfunktionen (WAF). *Zeitschrift für Neuropsychologie*, 4(20), 327-339.
- Hawkey, E. & Nigg, J. T. (2014). Omega-3 fatty acid and ADHD: blood level analysis and meta-analytic extension of supplementation trials. *Clin Psychol Rev*, 6(34), 496-505.
- Heilskov Rytter, M. J., Andersen, L. B., Houmann, T., Bilenberg, N., Hvolby, A., Molgaard, C., et al. (2015). Diet in the treatment of ADHD in children - a systematic review of the literature. *Nord J Psychiatry*, 1(69), 1-18.
- Heinrich, H., Grunitz, J., Stonawski, V., Frey, S., Wahl, S., Albrecht, B., et al. (2017). Attention, cognitive control and motivation in ADHD: Linking event-related brain potentials and DNA methylation patterns in boys at early school age. *Sci Rep*, 1(7), 3823.
- Heitmann, J., Cassel, W., Ploch, T., Canisius, S., Kesper, K. & Apelt, S. (2011). Measuring sleep duration and sleep quality. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 12(54), 1276-1283.
- Hill, L., Williams, J. H., Aucott, L., Milne, J., Thomson, J., Greig, J., et al. (2010). Exercising attention within the classroom. *Dev Med Child Neurol*, 10(52), 929-934.
- Hill, L. J., Williams, J. H., Aucott, L., Thomson, J. & Mon-Williams, M. (2011). How does exercise benefit performance on cognitive tests in primary-school pupils? *Dev Med Child Neurol*, 7(53), 630-635.
- Hillman, C. H., Kamijo, K. & Scudder, M. (2011). A review of chronic and acute physical activity participation on neuroelectric measures of brain health and cognition during childhood. *Prev Med*, (52 Suppl 1), S21-28.
- 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*, 3(159), 1044-1054.
- Hoddes, E., Zarcone, V., Smythe, H., Phillips, R. & Dement, W. C. (1973). Quantification of sleepiness: a new approach. *Psychophysiology*, 4(10), 431-436.

- 
- Holtmann, M., Stadler, C., Leins, U., Strehl, U., Birbaumer, N. & Poustka, F. (2004). Neurofeedback in der Behandlung der Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitätsstörung (ADHS) im Kindes- und Jugendalter. *Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie*, 3(32), 187-200.
- Hopkins, M. E., Davis, F. C., Vantighem, M. R., Whalen, P. J. & Bucci, D. J. (2012). Differential effects of acute and regular physical exercise on cognition and affect. *Neuroscience*, (215), 59-68.
- Horne, J. (2013). Exercise benefits for the aging brain depend on the accompanying cognitive load: insights from sleep electroencephalogram. *Sleep Med*, 11(14), 1208-1213.
- Howie, E. K., Schatz, J. & Pate, R. R. (2015). Acute Effects of Classroom Exercise Breaks on Executive Function and Math Performance: A Dose-Response Study. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, (86), 217-224.
- Hoyniak, C. (2017). Changes in the NoGo N2 Event-Related Potential Component Across Childhood: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Dev Neuropsychol*, 1(42), 1-24.
- Hoza, B., Martin, C. P., Pirog, A. & Shoulberg, E. K. (2016). Using Physical Activity to Manage ADHD Symptoms: The State of the Evidence. *Curr Psychiatry Rep*, 12(18), 113.
- Hoza, B., Smith, A. L., Shoulberg, E. K., Linnea, K. S., Dorsch, T. E., Blazo, J. A., et al. (2015). A randomized trial examining the effects of aerobic physical activity on attention-deficit/hyperactivity disorder symptoms in young children. *J Abnorm Child Psychol*, 4(43), 655-667.
- Hsieh, S., Cheng, I. C. & Tsai, L. L. (2007). Immediate error correction process following sleep deprivation. *J Sleep Res*, 2(16), 137-147.
- Huang, J., Zhong, Z., Wang, M., Chen, X., Tan, Y., Zhang, S., et al. (2015). Circadian modulation of dopamine levels and dopaminergic neuron development contributes to attention deficiency and hyperactive behavior. *J Neurosci*, 6(35), 2572-2587.
- Hung, C. L., Huang, C. J., Tsai, Y. J., Chang, Y. K. & Hung, T. M. (2016). Neuroelectric and Behavioral Effects of Acute Exercise on Task Switching in Children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Front Psychol*, (7), 1589.
- Huss, M. (2008). ADHS bei Kindern: Risikofaktoren, Schutzfaktoren, Versorgung, Lebensqualität. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, (51), 602-605.
- Hvolby, A. (2015). Associations of sleep disturbance with ADHD: implications for treatment. *Atten Defic Hyperact Disord*, 1(7), 1-18.
- Iannotti, R. J., Claytor, R. P., Horn, T. S. & Chen, R. (2004). Heart rate monitoring as a measure of physical activity in children. *Med Sci Sports Exerc*, 11(36), 1964-1971.

- 
- Ibanez, A., Melloni, M., Huepe, D., Helgiu, E., Rivera-Rei, A., Canales-Johnson, A., et al. (2012). What event-related potentials (ERPs) bring to social neuroscience? *Soc Neurosci*, 6(7), 632-649.
- Ilankovic, A., Damjanovic, A., Ilankovic, V., Filipovic, B., Jankovic, S. & Ilankovic, N. (2014). Polysomnographic sleep patterns in depressive, schizophrenic and healthy subjects. *Psychiatr Danub*, 1(26), 20-26.
- Imeraj, L., Sonuga-Barke, E., Antrop, I., Roeyers, H., Wiersema, R., Bal, S., et al. (2012). Altered circadian profiles in attention-deficit/hyperactivity disorder: an integrative review and theoretical framework for future studies. *Neurosci Biobehav Rev*, 8(36), 1897-1919.
- Imeri, L. & Opp, M. R. (2009). How (and why) the immune system makes us sleep. *Nat Rev Neurosci*, 3(10), 199-210.
- Jackman, A. R., Biggs, S. N., Walter, L. M., Embuldeniya, U. S., Davey, M. J., Nixon, G. M., et al. (2012). Sleep-disordered breathing in preschool children is associated with behavioral, but not cognitive, impairments. *Sleep Med*, 6(13), 621-631.
- Jackson, M. L., Gunzelmann, G., Whitney, P., Hinson, J. M., Belenky, G., Rabat, A., et al. (2013). Deconstructing and reconstructing cognitive performance in sleep deprivation. *Sleep Med Rev*, 3(17), 215-225.
- Jackson, W. M., Davis, N., Sands, S. A., Whittington, R. A. & Sun, L. S. (2016). Physical Activity and Cognitive Development: A Meta-Analysis. *J Neurosurg Anesthesiol*, 4(28), 373-380.
- Jager, K., Schmidt, M., Conzelmann, A. & Roebbers, C. M. (2014). Cognitive and physiological effects of an acute physical activity intervention in elementary school children. *Front Psychol*, (5), 1473.
- Jaimcharyatam, N., Rodriguez, C. L. & Budur, K. (2014). Sleep-related cortical arousals in adult subjects with negative polysomnography. *Sleep Breath*.
- Janssen, M., Chinapaw, M. J. M., Rauh, S. P., Toussaint, H. M., van Mechelen, W. & Verhagen, E. A. L. M. (2014). A short physical activity break from cognitive tasks increases selective attention in primary school children aged 10-11. *Mental Health and Physical Activity*, (7), 129-134.
- Janssen, M., Toussaint, H. M., van Mechelen, W. & Verhagen, E. A. (2014). Effects of acute bouts of physical activity on children's attention: a systematic review of the literature. *Springerplus*, (3), 410.
- Janssen, T. W., Bink, M., Gelade, K., van Mourik, R., Maras, A. & Oosterlaan, J. (2016). A Randomized Controlled Trial Investigating the Effects of Neurofeedback, Methylphenidate, and Physical Activity on Event-Related Potentials in Children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *J Child Adolesc Psychopharmacol*, 4(26), 344-353.
- Janssen, T. W., Heslenfeld, D. J., van Mourik, R., Logan, G. D. & Oosterlaan, J. (2015). Neural correlates of response inhibition in children with attention-deficit/hyperactivity disorder: A controlled version of the stop-signal task. *Psychiatry Res*, 2(233), 278-284.

- Jekauc, D., Reimers, A. & Woll, A. (2014). Methoden der Aktivitätsmessung bei Kindern und Jugendlichen. *Bewegungstherapie und Gesundheitssport*, (30), 79-82.
- Jekauc, D., Wagner, M., Kahlert, D. & Woll, A. (2013). Reliabilität und Validität des MoMo-Aktivitätsfragebogens für Jugendliche (MoMo-AFB). *Diagnostica*, 2(59), 100-111.
- Jenni, O. (2016). Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung. Warum nicht ADHS-Spektrum? *Monatsschrift Kinderheilkunde*, (164), 271-277.
- Jodo, E. & Kayama, Y. (1992). Relation of a negative ERP component to response inhibition in a Go/No-go task. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 6(82), 477-482.
- Johns, M. W. (1991). A new method for measuring daytime sleepiness: the Epworth sleepiness scale. *Sleep*, 6(14), 540-545.
- Johnstone, S. J., Barry, R. J. & Clarke, A. R. (2013). Ten years on: a follow-up review of ERP research in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Clin Neurophysiol*, 4(124), 644-657.
- Johnstone, S. J., Barry, R. J., Markovska, V., Dimoska, A. & Clarke, A. R. (2009). Response inhibition and interference control in children with AD/HD: a visual ERP investigation. *Int J Psychophysiol*, 2(72), 145-153.
- Johnstone, S. J. & Clarke, A. R. (2009). Dysfunctional response preparation and inhibition during a visual Go/No-go task in children with two subtypes of attention-deficit hyperactivity disorder. *Psychiatry Res*, 2-3(166), 223-237.
- Johnstone, S. J., Tardif, H. P., Barry, R. J. & Sands, T. (2001). Nasal bilevel positive airway pressure therapy in children with a sleep-related breathing disorder and attention-deficit hyperactivity disorder: effects on electrophysiological measures of brain function. *Sleep Med*, 5(2), 407-416.
- Johnstone, S. J., Watt, A. J. & Dimoska, A. (2010). Varying required effort during interference control in children with AD/HD: task performance and ERPs. *Int J Psychophysiol*, 3(76), 174-185.
- Jonkman, L. M., Kemner, C., Verbaten, M. N., Van Engeland, H., Camfferman, G., Buitelaar, J. K., et al. (2000). Attentional capacity, a probe ERP study: differences between children with attention-deficit hyperactivity disorder and normal control children and effects of methylphenidate. *Psychophysiology*, 3(37), 334-346.
- Kalak, N., Gerber, M., Kirov, R., Mikoteit, T., Yordanova, J., Puhse, U., et al. (2012). Daily morning running for 3 weeks improved sleep and psychological functioning in healthy adolescents compared with controls. *J Adolesc Health*, 6(51), 615-622.
- Kamijo, K., Hayashi, Y., Sakai, T., Yahiro, T., Tanaka, K. & Nishihira, Y. (2009). Acute effects of aerobic exercise on cognitive function in older adults. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*, 3(64), 356-363.

- 
- Kang, J. H., Lin, H. C. & Chung, S. D. (2013). Attention-deficit/hyperactivity disorder increased the risk of injury: a population-based follow-up study. *Acta Paediatr*, 6(102), 640-643.
- Kang, K. D., Choi, J. W., Kang, S. G. & Han, D. H. (2011). Sports therapy for attention, cognitions and sociality. *Int J Sports Med*, 12(32), 953-959.
- Karalunas, S. L., Geurts, H. M., Konrad, K., Bender, S. & Nigg, J. T. (2014). Annual research review: Reaction time variability in ADHD and autism spectrum disorders: measurement and mechanisms of a proposed trans-diagnostic phenotype. *J Child Psychol Psychiatry*, 6(55), 685-710.
- Karpinski, A. C., Scullin, M. H. & Montgomery-Downs, H. E. (2008). Risk for sleep-disordered breathing and executive function in preschoolers. *Sleep Med*, 4(9), 418-424.
- Kempadoo, K. A., Mosharov, E. V., Choi, S. J., Sulzer, D. & Kandel, E. R. (2016). Dopamine release from the locus coeruleus to the dorsal hippocampus promotes spatial learning and memory. *Proc Natl Acad Sci U S A*.
- Kendall, J. (1999). Sibling accounts of attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). *Fam Process*, 1(38), 117-136.
- Key, A. P., Molfese, D. L., O'Brien, L. & Gozal, D. (2009). Sleep-disordered breathing affects auditory processing in 5-7-year-old children: evidence from brain recordings. *Dev Neuropsychol*, 5(34), 615-628.
- Kim, H., Heo, H. I., Kim, D. H., Ko, I. G., Lee, S. S., Kim, S. E., et al. (2011). Treadmill exercise and methylphenidate ameliorate symptoms of attention deficit/hyperactivity disorder through enhancing dopamine synthesis and brain-derived neurotrophic factor expression in spontaneous hypertensive rats. *Neurosci Lett*, 1(504), 35-39.
- Kirov, R., Banaschewski, T., Uebel, H., Kinkelbur, J. & Rothenberger, A. (2007). REM-sleep alterations in children with co-existence of tic disorders and attention-deficit/hyperactivity disorder: impact of hypermotor symptoms. *Eur Child Adolesc Psychiatry*, (16 Suppl 1), 45-50.
- Kirov, R. & Brand, S. (2014). Sleep problems and their effect in ADHD. *Expert Review of Neurotherapeutics*, 3(14), 287-299.
- Kirov, R., Kinkelbur, J., Heipke, S., Kostanecka-Endress, T., Westhoff, M., Cohrs, S., et al. (2004). Is there a specific polysomnographic sleep pattern in children with attention deficit/hyperactivity disorder? *J Sleep Res*, 1(13), 87-93.
- Kirov, R., Uebel, H., Albrecht, B., Banaschewski, T., Yordanova, J. & Rothenberger, A. (2012). Attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) and adaptation night as determinants of sleep patterns in children. *Eur Child Adolesc Psychiatry*, 12(21), 681-690.
- Klein, C., Wendling, K., Huettner, P., Ruder, H. & Peper, M. (2006). Intra-subject variability in attention-deficit hyperactivity disorder. *Biol Psychiatry*, 10(60), 1088-1097.

- 
- Klimkeit, E. I., Mattingley, J. B., Sheppard, D. M., Lee, P. & Bradshaw, J. L. (2005). Motor preparation, motor execution, attention, and executive functions in attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *Child Neuropsychol*, 2(11), 153-173.
- Knight, L. A., Rooney, M. & Chronis-Tuscano, A. (2008). Psychosocial treatments for attention-deficit/hyperactivity disorder. *Curr Psychiatry Rep*, 5(10), 412-418.
- Knopf, H., Holling, H., Huss, M. & Schlack, R. (2012). Prevalence, determinants and spectrum of attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD) medication of children and adolescents in Germany: results of the German Health Interview and Examination Survey (KiGGS). *BMJ Open*, 6(2).
- Ko, C. H., Fang, Y. W., Tsai, L. L. & Hsieh, S. (2015). The effect of experimental sleep fragmentation on error monitoring. *Biol Psychol*, (104), 163-172.
- Kobor, A., Takacs, A., Bryce, D., Szucs, D., Honbolygo, F., Nagy, P., et al. (2015). Children With ADHD Show Impairments in Multiple Stages of Information Processing in a Stroop Task: An ERP Study. *Dev Neuropsychol*, 6(40), 329-347.
- Kompatsiari, K., Candrian, G. & Mueller, A. (2016). Test-retest reliability of ERP components: A short-term replication of a visual Go/NoGo task in ADHD subjects. *Neurosci Lett*, (617), 166-172.
- Konofal, E., Lecendreux, M. & Cortese, S. (2010). Sleep and ADHD. *Sleep Med*, 7(11), 652-658.
- Kortekaas-Rijlaarsdam, A. F., Luman, M., Sonuga-Barke, E., Bet, P. & Oosterlaan, J. (2017). Methylphenidate-Related Improvements in Math Performance Cannot Be Explained by Better Cognitive Functioning or Higher Academic Motivation: Evidence From a Randomized Controlled Trial. *J Atten Disord*, 1-12.
- Kowalski, K. C., Crocker, P. R. E. & Donen, R. M. (2004). The Physical Activity Questionnaire for Older Children (PAQ-C) and Adolescents (PAQ-A) Manual.
- Kowalski, K. C., Crocker, P. R. E. & Faulkner, R. A. (1997). Validation of the Physical Activity Questionnaire for Older Children. *Pediatric Exercise Science*, (9), 174-186.
- Kratz, O., Studer, P., Malcherek, S., Erbe, K., Moll, G. H. & Heinrich, H. (2011). Attentional processes in children with ADHD: an event-related potential study using the attention network test. *Int J Psychophysiol*, 2(81), 82-90.
- Kroh, M. (2005). Intervieweffekte bei der Erhebung des Körpergewichts in Bevölkerungsumfragen. *Gesundheitswesen*, (67), 646-655.
- Kromeyer-Hauschild, K., Wabitsch, M., Kunze, D., Geller, D., Geiss, H. C., Hesse, V., et al. (2001). Percentiles of body mass index in children and adolescents evaluated from different regional German studies. *Monatsschrift Kinderheilkunde*, 8(149), 807-818.
- Krueger, J. M. & Obal, F., Jr. (2003). Sleep function. *Front Biosci*, (8), d511-519.
- Krystal, A. D. & Edinger, J. D. (2008). Measuring sleep quality. *Sleep Med*, (9 Suppl 1), S10-17.

- 
- Kubesch, S., Walk, L., Spitzer, M., Kammer, T., Lainburg, A., Heim, R., et al. (2009). A 30-Minute Physical Education Program Improves Students' Executive Attention. *Mind, Brain, and Education*, 4(3), 235-242.
- 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 Med*, 4(21), 277-291.
- Kuula, L., Pesonen, A. K., Martikainen, S., Kajantie, E., Lahti, J., Strandberg, T., et al. (2015). Poor sleep and neurocognitive function in early adolescence. *Sleep Med*, 10(16), 1207-1212.
- Lecendreux, M. & Cortese, S. (2007). Sleep problems associated with ADHD: a review of current therapeutic options and recommendations for the future. *Expert Review of Neurotherapeutics*, 12(7), 1799-1806.
- Lecendreux, M., Konofal, E., Bouvard, M., Falissard, B. & Mouren-Simeoni, M. C. (2000). Sleep and alertness in children with ADHD. *J Child Psychol Psychiatry*, 6(41), 803-812.
- Lee, B., Park, K. S., Kang, D. H., Kang, K. W., Kim, Y. Y. & Kwon, J. S. (2007). Generators of the gamma-band activities in response to rare and novel stimuli during the auditory oddball paradigm. *Neurosci Lett*, 3(413), 210-215.
- Lee, S. K., Lee, C. M. & Park, J. H. (2015). Effects of combined exercise on physical fitness and neurotransmitters in children with ADHD: a pilot randomized controlled study. *J Phys Ther Sci*, 9(27), 2915-2919.
- Lehberger, R. (2005). *Der Einfluss von körperlicher Aktivität auf Schlafstörungen*, Diplomarbeit, Deutsche Sporthochschule Köln.
- Lehmann, D. (1992). Auswertung des evozierten Potential- oder ereigniskorrelierten Potential-Mappings. *Klinische Neurophysiologie*, 1(23), 1-11.
- Lehnert, K. (2014). Der Einfluss von Sport auf kognitive Funktionen bei Kindern mit ADHS. *Zeitschrift für Sportpsychologie*, 3(21), 104-118.
- Lindemann, C., Langner, I., Kraut, A. A., Banaschewski, T., Schach-Hansjosten, T., Petermann, U., et al. (2012). Age-specific prevalence, incidence of new diagnoses, and drug treatment of attention-deficit/hyperactivity disorder in Germany. *J Child Adolesc Psychopharmacol*, 4(22), 307-314.
- Liotti, M., Pliszka, S. R., Higgins, K., Perez, R. & Semrud-Clikeman, M. (2010). Evidence for specificity of ERP abnormalities during response inhibition in ADHD children: a comparison with reading disorder children without ADHD. *Brain Cogn*, 2(72), 228-237.
- Loureiro-Vieira, S., Costa, V. M., de Lourdes Bastos, M., Carvalho, F. & Capela, J. P. (2017). Methylphenidate effects in the young brain: friend or foe? *Int J Dev Neurosci*, (60), 34-47.
- Louth, E. L., Bignell, W., Taylor, C. L. & Bailey, C. D. (2016). Developmental Ethanol Exposure Leads to Long-Term Deficits in Attention and Its Underlying Prefrontal Circuitry. *eNeuro*, 5(3).

- Luck, S. J., Woodman, G. F. & Vogel, E. K. (2000). Event-related potential studies of attention. *Trends Cogn Sci*, 11(4), 432-440.
- Lutzenberger, W. E., T. Rockstroh, B. Birbaumer, N. (1985). *Das EEG Psychophysiologie und Methodik von Spontan-EEG und ereigniskorrelierten Potentialen*. Heidelberg: Springer Verlag.
- Lycett, K., Mensah, F. K., Hiscock, H. & Sciberras, E. (2015). Comparing subjective measures of behavioral sleep problems in children with ADHD: a cross-sectional study. *Sleep Med*, 11(16), 1377-1380.
- Machado, F. A. & Denadai, B. S. (2011). Validity of maximum heart rate prediction equations for children and adolescents. *Arq Bras Cardiol*, 2(97), 136-140.
- MacRae, P. G., Spirduso, W. W., Walters, T. J., Farrar, R. P. & Wilcox, R. E. (1987). Endurance training effects on striatal D2 dopamine receptor binding and striatal dopamine metabolites in presenescent older rats. *Psychopharmacology (Berl)*, 2(92), 236-240.
- Magnie, M. N., Bermon, S., Martin, F., Madany-Lounis, M., Suisse, G., Muhammad, W., et al. (2000). P300, N400, aerobic fitness, and maximal aerobic exercise. *Psychophysiology*, 3(37), 369-377.
- Mallick, B. N., Singh, S. & Pal, D. (2005). Role of alpha and beta adrenoceptors in locus coeruleus stimulation-induced reduction in rapid eye movement sleep in freely moving rats. *Behav Brain Res*, 1(158), 9-21.
- Maric, M., Bexkens, A. & Bogels, S. M. (2018). Is Clinical Anxiety a Risk or a Protective Factor for Executive Functioning in Youth with ADHD? A Meta-regression Analysis. *Clin Child Fam Psychol Rev*.
- Markovich, A. N., Gendron, M. A. & Corkum, P. V. (2014). Validating the Children's Sleep Habits Questionnaire Against Polysomnography and Actigraphy in School-Aged Children. *Front Psychiatry*, (5), 188.
- Marshall, A. J., Acheson, D. T., Risbrough, V. B., Straus, L. D. & Drummond, S. P. (2014). Fear conditioning, safety learning, and sleep in humans. *J Neurosci*, 35(34), 11754-11760.
- Martinez, L., Prada, E., Satler, C., Tavares, M. C. & Tomaz, C. (2016). Executive Dysfunctions: The Role in Attention Deficit Hyperactivity and Post-traumatic Stress Neuropsychiatric Disorders. *Front Psychol*, (7), 1230.
- Martinson-Schittkowski, W., Bender, C. & Tolzin, J. (2009). ADHS - Bekanntheit allein heilt nicht. *Gesundheitswesen*, 2(71), 102-114.
- Mayer, G., Rodenbeck, A., Geisler, P. & Schulz, H. (2015). Internationale Klassifikation der Schlafstörungen: Übersicht über die Änderungen in der ICSD-3. *Somnologie*, (19), 116-125.
- Mayes, S. D., Calhoun, S. L., Bixler, E. O. & Vgontzas, A. N. (2008). Nonsignificance of sleep relative to IQ and neuropsychological scores in predicting academic achievement. *J Dev Behav Pediatr*, 3(29), 206-212.

- 
- McCoy, J. G. & Strecker, R. E. (2011). The cognitive cost of sleep lost. *Neurobiol Learn Mem*, 4(96), 564-582.
- McKune, A. J., Pautz, J. & Lombard, J. (2003). Behavioural response to exercise in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Sports Med*, 17-21.
- McLoughlin, G., Palmer, J. A., Rijdsdijk, F. & Makeig, S. (2014). Genetic overlap between evoked frontocentral theta-band phase variability, reaction time variability, and attention-deficit/hyperactivity disorder symptoms in a twin study. *Biol Psychiatry*, 3(75), 238-247.
- McMorris, T. & Hale, B. J. (2012). Differential effects of differing intensities of acute exercise on speed and accuracy of cognition: a meta-analytical investigation. *Brain Cogn*, 3(80), 338-351.
- McNamara, F., Wulbrand, H. & Thach, B. T. (1998). Characteristics of the infant arousal response. *J Appl Physiol* (1985), 6(85), 2314-2321.
- McNarry, M. & Jones, A. (2014). The influence of training status on the aerobic and anaerobic responses to exercise in children: a review. *Eur J Sport Sci*, (14 Suppl 1), S57-68.
- Medina, J. A., Netto, T. L., Muszkat, M., Medina, A. C., Botter, D., Orbetelli, R., et al. (2010). Exercise impact on sustained attention of ADHD children, methylphenidate effects. *Atten Defic Hyperact Disord*, 1(2), 49-58.
- Meeusen, R., Smolders, I., Sarre, S., de Meirleir, K., Keizer, H., Serneels, M., et al. (1997). Endurance training effects on neurotransmitter release in rat striatum: an in vivo microdialysis study. *Acta Physiol Scand*, 4(159), 335-341.
- Melegari, M. G., Vittori, E., Mallia, L., Devoto, A., Lucidi, F., Ferri, R., et al. (2016). Actigraphic Sleep Pattern of Preschoolers With ADHD. *J Atten Disord*.
- Meltzer, L. J. & Mindell, J. A. (2006). Sleep and sleep disorders in children and adolescents. *Psychiatr Clin North Am*, 4(29), 1059-1076.
- Memarmoghaddam, M., Torbati, H., Sohrabi, M., Mashhadi, A. & Kashi, A. (2016). Effects of a selected exercise program on executive function of children with attention deficit hyperactivity disorder. *Journal of Medicine and Life*, 4(9), 373-379.
- Mensink, G. (2003). *Bundes-Gesundheitssurvey: Körperliche Aktivität. Aktive Freizeitgestaltung in Deutschland*. Berlin.
- Mereu, M., Contarini, G., Buonaguro, E. F., Latte, G., Manago, F., Iasevoli, F., et al. (2017). Dopamine transporter (DAT) genetic hypofunction in mice produces alterations consistent with ADHD but not schizophrenia or bipolar disorder. *Neuropharmacology*, (121), 179-194.
- Merrill, R. M., Lyon, J. L., Baker, R. K. & Gren, L. H. (2009). Attention deficit hyperactivity disorder and increased risk of injury. *Adv Med Sci*, 1(54), 20-26.
- Mick, E., Biederman, J., Jetton, J. & Faraone, S. V. (2000). Sleep disturbances associated with attention deficit hyperactivity disorder: the impact of

- psychiatric comorbidity and pharmacotherapy. *J Child Adolesc Psychopharmacol*, 3(10), 223-231.
- Missonnier, P., Hasler, R., Perroud, N., Herrmann, F. R., Millet, P., Richiardi, J., et al. (2013). EEG anomalies in adult ADHD subjects performing a working memory task. *Neuroscience*, (241), 135-146.
- Miyake, A., Emerson, M. J. & Friedman, N. P. (2000). Assessment of executive functions in clinical settings: problems and recommendations. *Semin Speech Lang*, 2(21), 169-183.
- 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. *Cogn Psychol*, 1(41), 49-100.
- Modell, S. & Lauer, C. J. (2007). Rapid eye movement (REM) sleep: an endophenotype for depression. *Curr Psychiatry Rep*, 6(9), 480-485.
- Mohr-Jensen, C. & Steinhausen, H. C. (2016). A meta-analysis and systematic review of the risks associated with childhood attention-deficit hyperactivity disorder on long-term outcome of arrests, convictions, and incarcerations. *Clin Psychol Rev*, (48), 32-42.
- Molfese, D. L., Ivanenko, A., Key, A. F., Roman, A., Molfese, V. J., O'Brien, L. M., et al. (2013). A one-hour sleep restriction impacts brain processing in young children across tasks: evidence from event-related potentials. *Dev Neuropsychol*, 5(38), 317-336.
- Moore, R. D., Wu, C. T., Pontifex, M. B., O'Leary, K. C., Scudder, M. R., Raine, L. B., et al. (2013). Aerobic fitness and intra-individual variability of neurocognition in preadolescent children. *Brain Cogn*, 1(82), 43-57.
- Moreau, V., Rouleau, N. & Morin, C. M. (2013). Sleep, attention, and executive functioning in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Arch Clin Neuropsychol*, 7(28), 692-699.
- Mrug, S., Hoza, B., Gerdes, A. C., Hinshaw, S., Arnold, L. E., Hechtman, L., et al. (2009). Discriminating between children with ADHD and classmates using peer variables. *J Atten Disord*, 4(12), 372-380.
- Müller, C., Winter, C. & Rosenbaum, D. (2010). Aktuelle objektive Messverfahren zur Erfassung körperlicher Aktivität im Vergleich zu subjektiven Erhebungsmethoden. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 11-18(61).
- Müller, H. & Krummenacher, J. (2012). *Funktionen und Modelle der selektiven Aufmerksamkeit*. In: Karnath, H. und Thier, P. (Hrsg.), *Kognitive Neurowissenschaften*. Berlin, Heidelberg: Springer-Lehrbuch.
- Müller, S. V., George, S., Hildebrandt, H., Münte, T. F., Reuther, P., Schoof-Tams, K., et al. (2010). Leitlinie zur Diagnostik und Therapie von exekutiven Dysfunktionen. *Zeitschrift für Neuropsychologie*, 3(21), 167-176.

- 
- Mummendey, H. D. (1981). Methoden und Probleme der Kontrolle sozialer Erwünschtheit (Social Desirability). *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie*, 3(2), 199-218.
- Mummendey, H. D. & Grau, I. (2014). *Die Fragebogenmethode. Grundlagen und Anwendung in Persönlichkeits-, Einstellungs- und Selbstkonzeptforschung*. Göttingen, Bern, Wien, Paris, Oxford, Prag, Toronto, Boston, Amsterdam, Kopenhagen, Stockholm, Florenz, Helsinki: Hogrefe.
- Munz, M. T., Prehn-Kristensen, A., Thielking, F., Molle, M., Goder, R. & Baving, L. (2015). Slow oscillating transcranial direct current stimulation during non-rapid eye movement sleep improves behavioral inhibition in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Front Cell Neurosci*, (9), 307.
- Müsseler, J. & Rieger, M. (2017). *Allgemeine Psychologie*. Berlin Heidelberg: Springer.
- Myatchin, I., Lemiere, J., Danckaerts, M. & Lagae, L. (2012). Within-subject variability during spatial working memory in children with ADHD: an event-related potentials study. *Eur Child Adolesc Psychiatry*, 4(21), 199-210.
- Myer, G. D., Faigenbaum, A. D., Edwards, N. M., Clark, J. F., Best, T. M. & Sallis, R. E. (2015). Sixty minutes of what? A developing brain perspective for activating children with an integrative exercise approach. *Br J Sports Med*, 23(49), 1510-1516.
- Nelson, T. D., Nelson, J. M., Kidwell, K. M., James, T. D. & Espy, K. A. (2015). Preschool Sleep Problems and Differential Associations With Specific Aspects of Executive Control in Early Elementary School. *Dev Neuropsychol*, 3(40), 167-180.
- Netzer, N. C., Kristo, D., Steinle, H., Lehmann, M. & Strohl, K. P. (2001). REM sleep and catecholamine excretion: a study in elite athletes. *Eur J Appl Physiol*, 6(84), 521-526.
- Nigg, J. T. (2005). Neuropsychologic theory and findings in attention-deficit/hyperactivity disorder: the state of the field and salient challenges for the coming decade. *Biol Psychiatry*, 11(57), 1424-1435.
- Nigg, J. T. & Holton, K. (2014). Restriction and elimination diets in ADHD treatment. *Child Adolesc Psychiatr Clin N Am*, 4(23), 937-953.
- O'Brien, L. M., Ivanenko, A., Crabtree, V. M., Holbrook, C. R., Bruner, J. L., Klaus, C. J., et al. (2003). The effect of stimulants on sleep characteristics in children with attention deficit/hyperactivity disorder. *Sleep Med*, 4(4), 309-316.
- O'Brien, L. M., Mervis, C. B., Holbrook, C. R., Bruner, J. L., Smith, N. H., McNally, N., et al. (2004). Neurobehavioral correlates of sleep-disordered breathing in children. *J Sleep Res*, 2(13), 165-172.
- O'Connor, P. J. & Youngstedt, S. D. (1995). Influence of exercise on human sleep. *Exerc Sport Sci Rev*, (23), 105-134.
- Ogrim, G., Aasen, I. E. & Brunner, J. F. (2016). Single-dose effects on the P3no-go ERP component predict clinical response to stimulants in pediatric ADHD. *Clin Neurophysiol*, 10(127), 3277-3287.

- 
- Ortega, R., Lopez, V., Carrasco, X., Anllo-Vento, L. & Aboitiz, F. (2013). Exogenous orienting of visual-spatial attention in ADHD children. *Brain Res*, (1493), 68-79.
- Overtoom, C. C., Kenemans, J. L., Verbaten, M. N., Kemner, C., van der Molen, M. W., van Engeland, H., et al. (2002). Inhibition in children with attention-deficit/hyperactivity disorder: a psychophysiological study of the stop task. *Biol Psychiatry*, 8(51), 668-676.
- Overtoom, C. C., Verbaten, M. N., Kemner, C., Kenemans, J. L., van Engeland, H., Buitelaar, J. K., et al. (1998). Associations between event-related potentials and measures of attention and inhibition in the Continuous Performance Task in children with ADHD and normal controls. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, 9(37), 977-985.
- Owens, J., Gruber, R., Brown, T., Corkum, P., Cortese, S., O'Brien, L., et al. (2013). Future research directions in sleep and ADHD: report of a consensus working group. *J Atten Disord*, 7(17), 550-564.
- Owens, J. A. (2005). The ADHD and sleep conundrum: a review. *J Dev Behav Pediatr*, 4(26), 312-322.
- Owens, J. A. (2008). Sleep disorders and attention-deficit/hyperactivity disorder. *Curr Psychiatry Rep*, 5(10), 439-444.
- Owens, J. A., Palermo, T. M. & Rosen, C. L. (2002). Overview of Current Management of Sleep Disturbances in Children: II-Behavioral Interventions. *Current Therapeutic Research, Supplement B*(63), B38-B52.
- Owens, J. A., Spirito, A. & McGuinn, M. (2000). The Children's Sleep Habits Questionnaire (CSHQ): psychometric properties of a survey instrument for school-aged children. *Sleep*, 8(23), 1043-1051.
- Owens, J. A., Spirito, A., McGuinn, M. & Nobile, C. (2000). Sleep habits and sleep disturbance in elementary school-aged children. *J Dev Behav Pediatr*, 1(21), 27-36.
- Ozturk, O., Alacam, H., Basay, B. K., Basay, O., Buber, A., Ay, O. I., et al. (2016). The Effect of Single Dose Methylphenidate on Neurometabolites according to COMT Gene Val158Met Polymorphism in the Patient with Attention Deficit Hyperactivity Disorder: A Study Using Magnetic Resonance Spectroscopy. *Clin Psychopharmacol Neurosci*, 2(14), 184-193.
- Paavonen, E. J., Raikkonen, K., Pesonen, A. K., Lahti, J., Komsu, N., Heinonen, K., et al. (2010). Sleep quality and cognitive performance in 8-year-old children. *Sleep Med*, 4(11), 386-392.
- Palagini, L., Baglioni, C., Ciapparelli, A., Gemignani, A. & Riemann, D. (2013). REM sleep dysregulation in depression: state of the art. *Sleep Med Rev*, 5(17), 377-390.
- Patriquin, M. A., Mellman, T. A., Glaze, D. G. & Alfano, C. A. (2014). Polysomnographic sleep characteristics of generally-anxious and healthy children assessed in the home environment. *J Affect Disord*, (161), 79-83.

- 
- Paxton, S. J., Trinder, J. & Montgomery, I. (1983). Does aerobic fitness affect sleep? *Psychophysiology*, 3(20), 320-324.
- Payne, J., Kelsberg, G. & Safranek, S. (2011). Clinical Inquiry: What is the long-term educational outlook for youngsters with ADHD? *J Fam Pract*, 6(60), 364-367.
- Peasgood, T., Bhardwaj, A., Biggs, K., Brazier, J. E., Coghill, D., Cooper, C. L., et al. (2016). The impact of ADHD on the health and well-being of ADHD children and their siblings. *Eur Child Adolesc Psychiatry*, 11(25), 1217-1231.
- Pelsser, L. M., Frankena, K., Toorman, J. & Rodrigues Pereira, R. (2017). Diet and ADHD, Reviewing the Evidence: A Systematic Review of Meta-Analyses of Double-Blind Placebo-Controlled Trials Evaluating the Efficacy of Diet Interventions on the Behavior of Children with ADHD. *PLoS One*, 1(12), e0169277.
- Penzel, T., Peter, H., Peter, J. H., Becker, F., Fietze, I., Fischer, J., et al. (2005). Schlafstörungen. *Gesundheitsberichterstattung des Bundes*, (27), 1-47.
- Petermann, F. & Toussaint, A. (2009). Neuropsychologische Diagnostik bei Kindern mit ADHS. *Kindheit und Entwicklung*, 2(18), 83-94.
- Piepmeyer, A. T., Shih, C. H., Whedon, M., Williams, L. M., Davis, M. E., Henning, D. A., et al. (2015). The effect of acute exercise on cognitive performance in children with and without ADHD. *Journal of Sport and Health Science*, (4), 97-104.
- Pliszka, S. R., Liotti, M. & Woldorff, M. G. (2000). Inhibitory control in children with attention-deficit/hyperactivity disorder: event-related potentials identify the processing component and timing of an impaired right-frontal response-inhibition mechanism. *Biol Psychiatry*, 3(48), 238-246.
- Pliszka, S. R., McCracken, J. T. & Maas, J. W. (1996). Catecholamines in attention-deficit hyperactivity disorder: current perspectives. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, 3(35), 264-272.
- Poe, G. R., Walsh, C. M. & Bjorness, T. E. (2010). Cognitive neuroscience of sleep. *Prog Brain Res*, (185), 1-19.
- Polanczyk, G., de Lima, M. S., Horta, B. L., Biederman, J. & Rohde, L. A. (2007). The worldwide prevalence of ADHD: a systematic review and metaregression analysis. *Am J Psychiatry*, 6(164), 942-948.
- Polich, J. (2007). Updating P300: an integrative theory of P3a and P3b. *Clin Neurophysiol*, 10(118), 2128-2148.
- Pontifex, M. B., Saliba, B. J., Raine, L. B., Picchietti, D. L. & Hillman, C. H. (2013). Exercise improves behavioral, neurocognitive, and scholastic performance in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *J Pediatr*, 3(162), 543-551.
- Posner, M. I. (2008). Measuring alertness. *Ann N Y Acad Sci*, (1129), 193-199.
- Prihodova, I., Paclt, I., Kemlink, D., Skibova, J., Ptacek, R. & Nevsimalova, S. (2010). Sleep disorders and daytime sleepiness in children with attention-deficit/hyperactivity disorder: a two-night polysomnographic study with a multiple sleep latency test. *Sleep Med*, 9(11), 922-928.

- Raggi, A. & Ferri, R. (2012). Cognitive evoked potentials in obstructive sleep apnea syndrome: a review of the literature. *Rev Neurosci*, 3(23), 311-323.
- Rajeh, A., Amanullah, S., Shivakumar, K. & Cole, J. (2017). Interventions in ADHD: A comparative review of stimulant medications and behavioral therapies. *Asian J Psychiatr*, (25), 131-135.
- Ramos Platon, M. J., Vela Bueno, A., Espinar Sierra, J. & Kales, S. (1990). Hypnopolygraphic alterations in Attention Deficit Disorder (ADD) children. *Int J Neurosci*, 2-4(53), 87-101.
- Raz, S. & Dan, O. (2014). Altered event-related potentials in adults with ADHD during emotional faces processing. *Clin Neurophysiol*.
- Raz, S., Dan, O. & Zysberg, L. (2014). Neural correlates of emotional intelligence in a visual emotional oddball task: an ERP study. *Brain Cogn*, (91), 79-86.
- Rechtschaffen, A. & Kales, A. (1968). *A manual of standardized terminology, techniques and scoring system for sleep stages of human subjects*. Bethesda: Brain Information Service University of California.
- Reed, M. O., Jakubovski, E., Johnson, J. A. & Bloch, M. H. (2017). Predictors of Long-Term School-Based Behavioral Outcomes in the Multimodal Treatment Study of Children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *J Child Adolesc Psychopharmacol*, 4(27), 296-309.
- Richtlinien zur Manuskriptgestaltung*. (2007). Kopenhagen: Hogrefe.
- Riemann, D., Baglioni, C., Bassetti, C., Bjorvatn, B., Dolenc Groselj, L., Ellis, J. G., et al. (2017). European guideline for the diagnosis and treatment of insomnia. *J Sleep Res*.
- Rigoli, D., Piek, J. P., Kane, R. & Oosterlaan, J. (2012). An examination of the relationship between motor coordination and executive functions in adolescents. *Dev Med Child Neurol*, 11(54), 1025-1031.
- Rippl, S. & Seipel, C. (2008). *Methoden kulturvergleichender Sozialforschung. Eine Einführung*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Roberts, B. A., Martel, M. M. & Nigg, J. T. (2013). Are There Executive Dysfunction Subtypes Within ADHD? *J Atten Disord*.
- Roca, J., Fuentes, L. J., Marotta, A., Lopez-Ramon, M. F., Castro, C., Lupianez, J., et al. (2012). The effects of sleep deprivation on the attentional functions and vigilance. *Acta Psychol (Amst)*, 2(140), 164-176.
- Rommel, A. S., Lichtenstein, P., Rydell, M., Kuja-Halkola, R., Asherson, P., Kuntsi, J., et al. (2015). Is Physical Activity Causally Associated With Symptoms of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder? *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, 7(54), 565-570.
- Rosenbaum, D. (2012). Aktuelle Messverfahren zur objektiven Erfassung körperlicher Aktivitäten unter besonderer Berücksichtigung der Schrittzahlmessung. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, (55), 88-95.

- Roskam, I., Stievenart, M., Tessier, R., Muntean, A., Escobar, M. J., Santelices, M. P., et al. (2014). Another way of thinking about ADHD: the predictive role of early attachment deprivation in adolescents' level of symptoms. *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol*, 1(49), 133-144.
- Rowlands, A. V. & Eston, R. G. (2007). The Measurement and Interpretation of Children's Physical Activity. *J Sports Sci Med*, 3(6), 270-276.
- Rozas, C., Carvallo, C., Contreras, D., Carreno, M., Ugarte, G., Delgado, R., et al. (2015). Methylphenidate amplifies long-term potentiation in rat hippocampus CA1 area involving the insertion of AMPA receptors by activation of beta-adrenergic and D1/D5 receptors. *Neuropharmacology*, (99), 15-27.
- Rubio-Arias, J. A., Marin-Cascales, E., Ramos-Campo, D. J., Hernandez, A. V. & Perez-Lopez, F. R. (2017). Effect of exercise on sleep quality and insomnia in middle-aged women: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Maturitas*, (100), 49-56.
- Saletin, J. M., Coon, W. G. & Carskadon, M. A. (2016). Stage 2 Sleep EEG Sigma Activity and Motor Learning in Childhood ADHD: A Pilot Study. *J Clin Child Adolesc Psychol*, 1-10.
- Salmi, J., Huotilainen, M., Pakarinen, S., Siren, T., Alho, K. & Aronen, E. T. (2005). Does sleep quality affect involuntary attention switching system? *Neurosci Lett*, 3(390), 150-155.
- Salum, G. A., Sonuga-Barke, E., Sergeant, J., Vandekerckhove, J., Gadelha, A., Moriyama, T. S., et al. (2014). Mechanisms underpinning inattention and hyperactivity: neurocognitive support for ADHD dimensionality. *Psychol Med*, 15(44), 3189-3201.
- Sangal, R. B., Owens, J., Allen, A. J., Sutton, V., Schuh, K. & Kelsey, D. (2006). Effects of atomoxetine and methylphenidate on sleep in children with ADHD. *Sleep*, 12(29), 1573-1585.
- Sangal, R. B. & Sangal, J. M. (1997). Measurement of P300 and sleep characteristics in patients with hypersomnia: do P300 latencies, P300 amplitudes, and multiple sleep latency and maintenance of wakefulness tests measure different factors? *Clin Electroencephalogr*, 3(28), 179-184.
- Santos, R. V., Viana, V. A., Boscolo, R. A., Marques, V. G., Santana, M. G., Lira, F. S., et al. (2012). Moderate exercise training modulates cytokine profile and sleep in elderly people. *Cytokine*, 3(60), 731-735.
- Sawyer, A. C., Clark, C. R., Keage, H. A., Moores, K. A., Clarke, S., Kohn, M. R., et al. (2009). Cognitive and electroencephalographic disturbances in children with attention-deficit/hyperactivity disorder and sleep problems: new insights. *Psychiatry Res*, 2-3(170), 183-191.
- Schapkin, S. A., Falkenstein, M., Marks, A. & Griefahn, B. (2006a). After effects of noise-induced sleep disturbances on inhibitory functions. *Life Sci*, 10(78), 1135-1142.

- Schapkin, S. A., Falkenstein, M., Marks, A. & Griefahn, B. (2006b). Executive brain functions after exposure to nocturnal traffic noise: effects of task difficulty and sleep quality. *Eur J Appl Physiol*, 6(96), 693-702.
- Schlack, R., Hölling, H., Kurth, B. M. & Huss, M. (2007). Die Prävalenz der Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS) bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, (50), 827-835.
- Schlarb, A., Schwerdtle, B. & Hautzinger, M. (2010). Validation and psychometric properties of the German version of the Children's Sleep Version Questionnaire (CSHQ-DE). *Somnologie*, 4(14), 260-266.
- Schmidt, S., Schussler, G. & Petermann, F. (2012). ADHD across the lifespan - an update on research and practice. *Z Psychosom Med Psychother*, 3(58), 236-256.
- Schmidt-Atzert, L., Bühner, M. & Enders, P. (2006). Messen Konzentrationstests die Konzentration? Eine Analyse der Komponenten von Konzentrationsleistungen. *Diagnostica*, 1(52), 33-44.
- Schmidt-Atzert, L., Krumm, S. & Bühner, M. (2008). Aufmerksamkeitsdiagnostik. Ableitung eines Strukturmodells und systematische Einordnung von Tests. *Zeitschrift für Neuropsychologie*, 2(19), 59-82.
- Schneider, H. E., Lam, J. C. & Mahone, E. M. (2016). Sleep disturbance and neuropsychological function in young children with ADHD. *Child Neuropsychol*, 4(22), 493-506.
- Schneider, S. & Diehl, K. (2014). Mehr als Nebenwirkungen: ein theoretisches Modell zu den physischen, psychischen und sozialen Wirkungen des Sports. *Sport Orthopädie Traumatologie*, (30), 64-70.
- Schranz, S. & Osterorde, W. (2009). Übungeffekte bei computergestützten psychologischen Leistungstests. *Wiener klinische Wochenschrift*, (121), 405-412.
- Schulte-Körne, G. (2008). Diagnostik des ADHS. *Monatsschrift Kinderheilkunde*, 1-7.
- Schwarz, N. & Oyserman, D. (2001). Asking Questions About Behavior: Cognition, Communication, and Questionnaire Construction. *AMERICAN JOURNAL OF EVALUATION*, 2(22), 127-160.
- Schwerdtle, B. & Hautzinger, M. (2010). Validation and psychometric properties of the German version of the Children's Sleep habits Questionnaire (CSHQ-DE). *Somnologie*, 4(14).
- Schwerdtle, B., Roeser, K., Kübler, A. & Schlarb, A. A. (2010). Validierung und psychometrische Eigenschaften der deutschen Version des Sleep Self Report (SSR-DE). *Somnologie - Schlafforschung und Schlafmedizin*, 4(14), 267-274.
- Schwerdtle, B. R., K. Kübler, A. Schlarb, AA. (2010). Validierung und psychometrische Eigenschaften der deutschen Version des Sleep Self Report (SSR-DE). *Somnologie*, 4(14).

- 
- Sciberras, E., DePetro, A., Mensah, F. & Hiscock, H. (2015). Association between sleep and working memory in children with ADHD: a cross-sectional study. *Sleep Med*, 10(16), 1192-1197.
- Sciberras, E., Lycett, K., Efron, D., Mensah, F., Gerner, B. & Hiscock, H. (2014). Anxiety in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Pediatrics*, 5(133), 801-808.
- Sciberras, E., Mulraney, M., Heussler, H., Rinehart, N., Schuster, T., Gold, L., et al. (2017). Does a brief, behavioural intervention, delivered by paediatricians or psychologists improve sleep problems for children with ADHD? Protocol for a cluster-randomised, translational trial. *BMJ Open*, 4(7), e014158.
- Scott, N., Blair, P. S., Emond, A. M., Fleming, P. J., Humphreys, J. S., Henderson, J., et al. (2013). Sleep patterns in children with ADHD: a population-based cohort study from birth to 11 years. *J Sleep Res*, 2(22), 121-128.
- Scudder, M. R., Lambourne, K., Drollette, E. S., Herrmann, S. D., Washburn, R. A., Donnelly, J. E., et al. (2014). Aerobic capacity and cognitive control in elementary school-age children. *Med Sci Sports Exerc*, 5(46), 1025-1035.
- Seifert, T. & Secher, N. H. (2011). Sympathetic influence on cerebral blood flow and metabolism during exercise in humans. *Prog Neurobiol*, 3(95), 406-426.
- Senderecka, M., Grabowska, A., Szewczyk, J., Gerc, K. & Chmylak, R. (2012). Response inhibition of children with ADHD in the stop-signal task: an event-related potential study. *Int J Psychophysiol*, 1(85), 93-105.
- Sengupta, S. M., Smith, A. K., Grizenko, N. & Joobar, R. (2017). Locus-specific DNA methylation changes and phenotypic variability in children with attention-deficit hyperactivity disorder. *Psychiatry Res*, (256), 298-304.
- Sergeant, J. A. (2005). Modeling attention-deficit/hyperactivity disorder: a critical appraisal of the cognitive-energetic model. *Biol Psychiatry*, 11(57), 1248-1255.
- Shahid, A., Wilkinson, K., Marcu, S. & Shapiro, C. (2012). *Children's Sleep Habits Questionnaire (CSHQ)*. New York: Springer.
- Shapiro, C. M. (1981). Sleep and the athlete. *Br J Sports Med*, 1(15), 51-55.
- Sharma, A. & Couture, J. (2014). A review of the pathophysiology, etiology, and treatment of attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD). *Ann Pharmacother*, 2(48), 209-225.
- Shen, I. H., Tsai, S. Y. & Duann, J. R. (2011). Inhibition control and error processing in children with attention deficit/hyperactivity disorder: an event-related potentials study. *Int J Psychophysiol*, 1(81), 1-11.
- Siegel, J. M. (2001). The REM sleep-memory consolidation hypothesis. *Science*, 5544(294), 1058-1063.
- Sikirica, V., Fridman, M., Bruno, A., Hodgkins, P. & Erder, M. H. (2013). Concomitant pharmacotherapy of psychotropic medications in EU children and adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Drugs R D*, 4(13), 271-280.

- 
- Silva, A. P., Prado, S. O., Scardovelli, T. A., Boschi, S. R., Campos, L. C. & Frere, A. F. (2015). Measurement of the effect of physical exercise on the concentration of individuals with ADHD. *PLoS One*, 3(10), e0122119.
- Simor, P., Pajkossy, P., Horvath, K. & Bodizs, R. (2012). Impaired executive functions in subjects with frequent nightmares as reflected by performance in different neuropsychological tasks. *Brain Cogn*, 3(78), 274-283.
- Simpson, H. A., Jung, L. & Murphy, T. K. (2011). Update on attention-deficit/hyperactivity disorder and tic disorders: a review of the current literature. *Curr Psychiatry Rep*, 5(13), 351-356.
- Sitaram, R., Ros, T., Stoeckel, L., Haller, S., Scharnowski, F., Lewis-Peacock, J., et al. (2017). Closed-loop brain training: the science of neurofeedback. *Nat Rev Neurosci*, 2(18), 86-100.
- Sobanski, E., Schredl, M., Kettler, N. & Alm, B. (2008). Sleep in adults with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) before and during treatment with methylphenidate: a controlled polysomnographic study. *Sleep*, 3(31), 375-381.
- Solanto, M. V. (2002). Dopamine dysfunction in AD/HD: integrating clinical and basic neuroscience research. *Behav Brain Res*, 1-2(130), 65-71.
- Sonuga-Barke, E. J. (2003). The dual pathway model of AD/HD: an elaboration of neuro-developmental characteristics. *Neurosci Biobehav Rev*, 7(27), 593-604.
- Soric, M., Starc, G., Borer, K. T., Jurak, G., Kovac, M., Strel, J., et al. (2015). Associations of objectively assessed sleep and physical activity in 11-year old children. *Ann Hum Biol*, 1(42), 31-37.
- Spoormaker, V. I., Gvozdanic, G. A., Samann, P. G. & Czeisler, M. (2014). Ventromedial prefrontal cortex activity and rapid eye movement sleep are associated with subsequent fear expression in human subjects. *Exp Brain Res*, 5(232), 1547-1554.
- Sprich, S. E., Safren, S. A., Finkelstein, D., Remmert, J. E. & Hammerness, P. (2016). A randomized controlled trial of cognitive behavioral therapy for ADHD in medication-treated adolescents. *J Child Psychol Psychiatry*, 11(57), 1218-1226.
- Spruyt, K. & Gozal, D. (2011). Pediatric sleep questionnaires as diagnostic or epidemiological tools: a review of currently available instruments. *Sleep Med Rev*, 1(15), 19-32.
- Steinhausen, H. C. & Helenius, D. (2013). The association between medication for attention-deficit/hyperactivity disorder and cancer. *J Child Adolesc Psychopharmacol*, 3(23), 208-213.
- Steinhausen, H. C., Novik, T. S., Baldursson, G., Curatolo, P., Lorenzo, M. J., Rodrigues Pereira, R., et al. (2006). Co-existing psychiatric problems in ADHD in the ADORE cohort. *Eur Child Adolesc Psychiatry*, (15 Suppl 1), 125-29.
- Stepanski, E., Lamphere, J., Badia, P., Zorick, F. & Roth, T. (1984). Sleep fragmentation and daytime sleepiness. *Sleep*, 1(7), 18-26.

- Stergiakouli, E., Martin, J., Hamshere, M. L., Heron, J., St Pourcain, B., Timpson, N. J., et al. (2017). Association between polygenic risk scores for attention-deficit hyperactivity disorder and educational and cognitive outcomes in the general population. *Int J Epidemiol*, 2(46), 421-428.
- Stevenson, J., Buitelaar, J., Cortese, S., Ferrin, M., Konofal, E., Lecendreux, M., et al. (2014). Research review: the role of diet in the treatment of attention-deficit/hyperactivity disorder--an appraisal of the evidence on efficacy and recommendations on the design of future studies. *J Child Psychol Psychiatry*, 5(55), 416-427.
- Strandburg, R. J., Marsh, J. T., Brown, W. S., Asarnow, R. F., Higa, J., Harper, R., et al. (1996). Continuous-processing--related event-related potentials in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Biol Psychiatry*, 10(40), 964-980.
- Strong, W. B., Malina, R. M., Blimkie, C. J., Daniels, S. R., Dishman, R. K., Gutin, B., et al. (2005). Evidence based physical activity for school-age youth. *J Pediatr*, 6(146), 732-737.
- Stroth, S., Kubesch, S., Dieterle, K., Ruchow, M., Heim, R. & Kiefer, M. (2009). Physical fitness, but not acute exercise modulates event-related potential indices for executive control in healthy adolescents. *Brain Res*, (1269), 114-124.
- Suades-Gonzalez, E., Forns, J., Garcia-Esteban, R., Lopez-Vicente, M., Esnaola, M., Alvarez-Pedrerol, M., et al. (2017). A Longitudinal Study on Attention Development in Primary School Children with and without Teacher-Reported Symptoms of ADHD. *Front Psychol*, (8), 655.
- Sur, S. & Sinha, V. K. (2009). Event-related potential: An overview. *Ind Psychiatry J*, 1(18), 70-73.
- Swanson, J. M., Flodman, P., Kennedy, J., Spence, M. A., Moyzis, R., Schuck, S., et al. (2000). Dopamine genes and ADHD. *Neurosci Biobehav Rev*, 1(24), 21-25.
- Taanila, A., Ebeling, H., Tiihala, M., Kaakinen, M., Moilanen, I., Hurtig, T., et al. (2014). Association between childhood specific learning difficulties and school performance in adolescents with and without ADHD symptoms: a 16-year follow-up. *J Atten Disord*, 1(18), 61-72.
- Tagliati, M. & Gigli, G. L. (1992). Electroencephalography. *Curr Opin Neurol Neurosurg*, 5(5), 704-710.
- Tamm, L., Narad, M. E., Antonini, T. N., O'Brien, K. M., Hawk, L. W., Jr. & Epstein, J. N. (2012). Reaction time variability in ADHD: a review. *Neurotherapeutics*, 3(9), 500-508.
- Tarver, J., Daley, D. & Sayal, K. (2014). Attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD): an updated review of the essential facts. *Child Care Health Dev*, 6(40), 762-774.
- Themanson, J. R., Hillman, C. H. & Curtin, J. J. (2006). Age and physical activity influences on action monitoring during task switching. *Neurobiol Aging*, 9(27), 1335-1345.

- 
- Tillman, C. & Granvald, V. (2014). The Role of Parental Education in the Relation Between ADHD Symptoms and Executive Functions in Children. *J Atten Disord*.
- Tompsonowski, P. D., Lambourne, K. & Okumura, M. S. (2011). Physical activity interventions and children's mental function: an introduction and overview. *Prev Med*, (52 Suppl 1), S3-9.
- Tonetti, L., Adan, A., Di Milia, L., Randler, C. & Natale, V. (2015). Measures of circadian preference in childhood and adolescence: A review. *Eur Psychiatry*, 5(30), 576-582.
- Tonetti, L., Fabbri, M., Filardi, M., Martoni, M. & Natale, V. (2015). Effects of sleep timing, sleep quality and sleep duration on school achievement in adolescents. *Sleep Med*, 8(16), 936-940.
- Tononi, G. (2009). Slow wave homeostasis and synaptic plasticity. *J Clin Sleep Med*, 2 Suppl(5), S16-19.
- Trinder, J., Paxton, S. J., Montgomery, I. & Fraser, G. (1985). Endurance as opposed to power training: their effect on sleep. *Psychophysiology*, 6(22), 668-673.
- Tripp, G. & Wickens, J. R. (2009). Neurobiology of ADHD. *Neuropharmacology*, 7-8(57), 579-589.
- Trost, S. G. (2001). Objective measurement of physical activity in youth: current issues, future directions. *Exerc Sport Sci Rev*, 1(29), 32-36.
- Tsai, M. H., Hsu, J. F. & Huang, Y. S. (2016). Sleep Problems in Children with Attention Deficit/Hyperactivity Disorder: Current Status of Knowledge and Appropriate Management. *Curr Psychiatry Rep*, 8(18), 76.
- Tsai, S. J. (2007). Attention-deficit hyperactivity disorder may be associated with decreased central brain-derived neurotrophic factor activity: clinical and therapeutic implications. *Med Hypotheses*, 4(68), 896-899.
- Turcotte, I. & Bastien, C. H. (2009). Is quality of sleep related to the N1 and P2 ERPs in chronic psychophysiological insomnia sufferers? *Int J Psychophysiol*, 3(72), 314-322.
- Uchida, S., Shioda, K., Morita, Y., Kubota, C., Ganeko, M. & Takeda, N. (2012). Exercise effects on sleep physiology. *Front Neurol*, (3), 48.
- Ulfig, N. (2008). *Kurzlehrbuch Neuroanatomie*. Stuttgart: Thieme.
- Ullsperger, J. M., Nigg, J. T. & Nikolas, M. A. (2016). Does Child Temperament Play a Role in the Association Between Parenting Practices and Child Attention Deficit/Hyperactivity Disorder? *J Abnorm Child Psychol*, 1(44), 167-178.
- Urbain, C., Galer, S., Van Bogaert, P. & Peigneux, P. (2013). Pathophysiology of sleep-dependent memory consolidation processes in children. *Int J Psychophysiol*, 2(89), 273-283.
- Usami, M. (2016). Functional consequences of attention-deficit hyperactivity disorder on children and their families. *Psychiatry Clin Neurosci*, 8(70), 303-317.

- 
- van Belle, J., van Raalten, T., Bos, D. J., Zandbelt, B. B., Oranje, B. & Durston, S. (2015). Capturing the dynamics of response variability in the brain in ADHD. *Neuroimage Clin*, (7), 132-141.
- van den Berg, V., Saliassi, E., de Groot, R. H., Jolles, J., Chinapaw, M. J. & Singh, A. S. (2016). Physical Activity in the School Setting: Cognitive Performance Is Not Affected by Three Different Types of Acute Exercise. *Front Psychol*, (7), 723.
- van der Heijden, K. B., de Sonnevile, L. M. & Swaab, H. (2013). Association of eveningness with problem behavior in children: a mediating role of impaired sleep. *Chronobiol Int*, 7(30), 919-929.
- van der Heijden, K. B., Smits, M. G., van Someren, E. J. & Boudewijn Gunning, W. (2005). Prediction of melatonin efficacy by pretreatment dim light melatonin onset in children with idiopathic chronic sleep onset insomnia. *J Sleep Res*, 2(14), 187-194.
- Van der Heijden, K. B., Smits, M. G., Van Someren, E. J. & Gunning, W. B. (2005). Idiopathic chronic sleep onset insomnia in attention-deficit/hyperactivity disorder: a circadian rhythm sleep disorder. *Chronobiol Int*, 3(22), 559-570.
- van der Meer, D., Hartman, C. A., van Rooij, D., Franke, B., Heslenfeld, D. J., Oosterlaan, J., et al. (2017). Effects of dopaminergic genes, prenatal adversities, and their interaction on attention-deficit/hyperactivity disorder and neural correlates of response inhibition. *J Psychiatry Neurosci*, 2(42), 113-121.
- van der Meere, J., Gunning, B. & Stemerding, N. (1999). The effect of methylphenidate and clonidine on response inhibition and state regulation in children with ADHD. *J Child Psychol Psychiatry*, 2(40), 291-298.
- van Geijlswijk, I. M., Korzilius, H. P. & Smits, M. G. (2010). The use of exogenous melatonin in delayed sleep phase disorder: a meta-analysis. *Sleep*, 12(33), 1605-1614.
- Varga, A. W., Kishi, A., Mantua, J., Lim, J., Koushyk, V., Leibert, D. P., et al. (2014). Apnea-induced rapid eye movement sleep disruption impairs human spatial navigational memory. *J Neurosci*, 44(34), 14571-14577.
- Velez-Galarraga, R., Guillen-Grima, F., Crespo-Eguilaz, N. & Sanchez-Carpintero, R. (2016). Prevalence of sleep disorders and their relationship with core symptoms of inattention and hyperactivity in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Eur J Paediatr Neurol*, 6(20), 925-937.
- Venekamp, R. P., Hearne, B. J., Chandrasekharan, D., Blackshaw, H., Lim, J. & Schilder, A. G. (2015). Tonsillectomy or adenotonsillectomy versus non-surgical management for obstructive sleep-disordered breathing in children. *Cochrane Database Syst Rev*, 10, CD011165.
- Veqar, Z. & Hussain, M. (2012). Sleep Quality Improvement and Exercise: A Review. . *International Journal of Scientific and Research Publications.*, 8(2), 1-8.
- Verburgh, L., Konigs, M., Scherder, E. J. & Oosterlaan, J. (2014). Physical exercise and executive functions in preadolescent children, adolescents and young adults: a meta-analysis. *Br J Sports Med*, 12(48), 973-979.

- 
- Verret, C., Guay, M. C., Berthiaume, C., Gardiner, P. & Beliveau, L. (2012). A physical activity program improves behavior and cognitive functions in children with ADHD: an exploratory study. *J Atten Disord*, 1(16), 71-80.
- Villodas, M. T., McBurnett, K., Kaiser, N., Rooney, M. & Pfiffner, L. J. (2014). Additive effects of parent adherence on social and behavioral outcomes of a collaborative school-home behavioral intervention for ADHD. *Child Psychiatry Hum Dev*, 3(45), 348-360.
- Virring, A., Lambek, R., Thomsen, P. H., Moller, L. R. & Jennum, P. J. (2016). Disturbed sleep in attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD) is not a question of psychiatric comorbidity or ADHD presentation. *J Sleep Res*, 3(25), 333-340.
- Visser, S. N., Danielson, M. L., Bitsko, R. H., Holbrook, J. R., Kogan, M. D., Ghandour, R. M., et al. (2014). Trends in the parent-report of health care provider-diagnosed and medicated attention-deficit/hyperactivity disorder: United States, 2003-2011. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, 1(53), 34-46 e32.
- Vogel, E. K. & Luck, S. J. (2000). The visual N1 component as an index of a discrimination process. *Psychophysiology*, 2(37), 190-203.
- Vogt, T., Schneider, S., Abeln, V., Anneken, V. & Struder, H. K. (2012). Exercise, mood and cognitive performance in intellectual disability - a neurophysiological approach. *Behav Brain Res*, 2(226), 473-480.
- Volkow, N. D., Wang, G. J., Kollins, S. H., Wigal, T. L., Newcorn, J. H., Telang, F., et al. (2009). Evaluating dopamine reward pathway in ADHD: clinical implications. *JAMA*, 10(302), 1084-1091.
- Vollmer, C., Pötsch, F. & Randler, C. (2013). Morningness is associated with better gradings and higher attention in class. *Learning and Individual Differences*, (27), 167-173.
- Wagner, P. & Singer, R. (2003). Ein Fragebogen zur Erfassung der habituellen körperlichen Aktivität verschiedener Bevölkerungsgruppen. *Sportwissenschaft*, 4(33), 383-397.
- Wahl, D. (2013). *Lernumgebungen erfolgreich gestalten. Vom trägen Wissen zum kompetenten Handeln*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Watts, S. J. (2016). ADHD Symptomatology and Criminal Behavior During Adolescence: Exploring the Mediating Role of School Factors. *Int J Offender Ther Comp Criminol*, 1(62), 3-23.
- Watzlawik, M. (2009). Die Erfassung des Pubertätsstatus anhand der Pubertal Development Scale. *Diagnostica*, 1(55), 55-56.
- Weber, F. & Dan, Y. (2016). Circuit-based interrogation of sleep control. *Nature*, 7623(538), 51-59.
- Wehmeier, P. M., Schacht, A. & Rothenberger, A. (2009). Change in the direct cost of treatment for children and adolescents with hyperkinetic disorder in Germany over a period of four years. *Child Adolesc Psychiatry Ment Health*, 1(3), 3.

- 
- Weinberg, W. A. & Harper, C. R. (1993). Vigilance and its disorders. *Neurol Clin*, 1(11), 59-78.
- Weineck, J. (2010). *Sportbiologie*. Balingen: spitta.
- Weissenberger, S., Ptacek, R., Klicperova-Baker, M., Erman, A., Schonova, K., Raboch, J., et al. (2017). ADHD, Lifestyles and Comorbidities: A Call for an Holistic Perspective - from Medical to Societal Intervening Factors. *Front Psychol*, (8), 454.
- Westerterp, K. R. (2018). Exercise, energy expenditure and energy balance, as measured with doubly labelled water. *Proc Nutr Soc*, 1(77), 4-10.
- Wiebe, S., Carrier, J., Frenette, S. & Gruber, R. (2013). Sleep and sleepiness in children with attention deficit / hyperactivity disorder and controls. *J Sleep Res*, 1(22), 41-49.
- Wigal, S. B., Nemet, D., Swanson, J. M., Regino, R., Trampush, J., Ziegler, M. G., et al. (2003). Catecholamine response to exercise in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Pediatr Res*, 5(53), 756-761.
- Wiggs, L., Montgomery, P. & Stores, G. (2005). Actigraphic and parent reports of sleep patterns and sleep disorders in children with subtypes of attention-deficit hyperactivity disorder. *Sleep*, 11(28), 1437-1445.
- Wolfson, A. R. & Carskadon, M. A. (2003). Understanding adolescents' sleep patterns and school performance: a critical appraisal. *Sleep Medicine Reviews*, 6(7), 491-506.
- Wong, T. K., Galster, P., Lau, T. S., Lutz, J. M. & Marcus, C. L. (2004). Reliability of scoring arousals in normal children and children with obstructive sleep apnea syndrome. *Sleep*, 6(27), 1139-1145.
- Yamanaka, Y., Hashimoto, S., Masubuchi, S., Natsubori, A., Nishide, S. Y., Honma, S., et al. (2014). Differential regulation of circadian melatonin rhythm and sleep-wake cycle by bright lights and nonphotic time cues in humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 5(307), R546-557.
- Yamanaka, Y., Hashimoto, S., Takasu, N. N., Tanahashi, Y., Nishide, S. Y., Honma, S., et al. (2015). Morning and evening physical exercise differentially regulate the autonomic nervous system during nocturnal sleep in humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 9(309), R1112-1121.
- Yoon, H. H., Iacono, W. G., Malone, S. M., Bernat, E. M. & McGue, M. (2008). The effects of childhood disruptive disorder comorbidity on P3 event-related brain potentials in preadolescents with ADHD. *Biol Psychol*, 3(79), 329-336.
- Yoon, S. Y., Jain, U. & Shapiro, C. (2012). Sleep in attention-deficit/hyperactivity disorder in children and adults: past, present, and future. *Sleep Med Rev*, 4(16), 371-388.
- Yoshimasu, K., Barbaresi, W. J., Colligan, R. C., Voigt, R. G., Killian, J. M., Weaver, A. L., et al. (2017). Psychiatric Comorbidities Modify the Association Between

---

Childhood ADHD and Risk for Suicidality: A Population-Based Longitudinal Study. *J Atten Disord*, 1087054717718264.

Youngstedt, S. D. (2003). Ceiling and floor effects in sleep research. *Sleep Med Rev*, 4(7), 351-365.

Youngstedt, S. D. (2005). Effects of exercise on sleep. *Clin Sports Med*, 2(24), 355-365.

Youngstedt, S. D., O'Connor, P. J. & Dishman, R. K. (1997). The effects of acute exercise on sleep: a quantitative synthesis. *Sleep*, 3(20), 203-214.

Zanini, M., Castro, J., Coelho, F. M., Bittencourt, L., Bressan, R. A., Tufik, S., et al. (2013). Do sleep abnormalities and misaligned sleep/circadian rhythm patterns represent early clinical characteristics for developing psychosis in high risk populations? *Neurosci Biobehav Rev*, 10 Pt 2(37), 2631-2637.

Zerouali, Y., Jemel, B. & Godbout, R. (2010). The effects of early and late night partial sleep deprivation on automatic and selective attention: An ERP study. *Brain Res*, (1308), 87-99.

Ziereis, S. & Jansen, P. (2015). Effects of physical activity on executive function and motor performance in children with ADHD. *Res Dev Disabil*, (38), 181-191.

## Anhang

**FRAGEBOGEN FÜR ELTERN**

(verändert nach: CHILT-Fragebogen Graf 2003)



Code (bitte eintragen - Beispiel.: RO01JÜ19)

Die ersten beiden Buchstaben des ersten Vornamens des befragten Kindes z.B.: → HE (Heidi) → EV (Eva-Maria)	Tag des Geburtstages des Kindes z.B.: → 01 (01.05.2005) → 15 (15.03.2004)	Die ersten beiden Buchstaben des ersten Vornamens des Vaters z.B.: → FR (Franz-Josef) → KL (Klaus)	Hausnummer des Wohnortes des Kindes z.B.: → 36 (Schulstr. 36) → 23 (Hauptstr. 23-25)
---	--	---	---

- Bitte beantworten Sie die folgenden Fragen durch Ausfüllen oder durch Ankreuzen des zutreffenden Kästchens!
- Falls nicht anders angegeben beziehen sich die Fragen auf den **aktuellen Zeitpunkt** oder auf die **vergangene Woche**.

**Geburtsdatum des Kindes:****Geschlecht des Kindes:**  weiblich  männlich**Aktuelles Gewicht des Kindes** (Angabe in Kilogramm, z.B.: 28 kg):**Aktuelle Körpergröße des Kindes**

(Angabe in Meter, Zentimeter, z.B.: 1 m 32cm):

**Mein Kind ist Mitglied in einem Verein / einer Gruppe** Kein Verein  Sportverein  Musikverein Anderer Verein und zwar (bitte eintragen):**Wenn Ihr Kind in einem Sportverein ist, welcher Sport wird dort betrieben?**

(Bitte jeweils Sportart und Minuten sowie Häufigkeit in der Woche eintragen)

Sportart	Minuten	Häufigkeit
<input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> _____ X pro Woche
<input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> _____ X pro Woche
<input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> _____ X pro Woche
<input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> _____ X pro Woche

**Welchen Sport betreibt Ihr Kind außerhalb eines Vereins in der Freizeit?**

(z.B.: mit Freunden, Mehrfachnennungen möglich)

Sportart	Minuten	Häufigkeit
<input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> _____ X pro Woche
<input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> _____ X pro Woche
<input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> _____ X pro Woche
<input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> _____ X pro Woche
<input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> _____ X pro Woche

**Wie viel Sport treibt Ihr Kind pro Woche etwa insgesamt?**

**Schulsport:** \_\_\_\_ Stunden \_\_\_\_ Minuten, **Vereinsport:** \_\_\_\_ Stunden \_\_\_\_ Minuten,  
**Weiterer Sport/ Freizeitsport:** \_\_\_\_ Stunden \_\_\_\_ Minuten

**Wie viel Zeit verbringt Ihr Kind pro Tag mit elektronischen Medien?**

(Bitte in Minuten angeben)

- Fernsehen: \_\_\_\_ Stunden \_\_\_\_ Minuten
- Spielekonsole: \_\_\_\_ Stunden \_\_\_\_ Minuten
- Computer (Soziale Netzwerke, Spiele, Surfen): \_\_\_\_ Stunden \_\_\_\_ Minuten
- Weiteres und zwar \_\_\_\_\_: \_\_\_\_ Stunden \_\_\_\_ Minuten

**Wie kommt Ihr Kind zur Schule?** (bitte ankreuzen)

- Wird mit dem Auto gebracht     (Schul-)Bus     Zu Fuß     Fahrrad
- Kickboard / Skateboard o.Ä.     Anderes und zwar:

**In unserer Familie wird geraucht.**

- Nein     Ja //     Vater     Mutter //     ältere Geschwister     andere Personen
- täglich ca.: \_\_\_\_\_ Zigaretten    oder     wöchentlich ca.: \_\_\_\_\_ Zigaretten

**Aktueller Beruf des Vaters** (bitte eintragen):

- Nicht berufstätig     Halbtags/Teilzeit     Vollzeit

**Höchster Bildungsabschluss des Vaters:**

- Kein Abschluss     Haupt/Volksschule     Realschule     Abitur / Fachabitur
- Studium     Anderer und zwar: \_\_\_\_\_
- Anzahl der absolvierten Schuljahre insgesamt: \_\_\_\_\_

**Sportliche Aktivität des Vaters** (Mehrfachnennungen möglich):

- betreibt regelmäßig folgenden Sport (bitte Sportart/en eintragen):

(1) \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_ h \_\_\_\_ min, (2) \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_ h \_\_\_\_ min  
 (2) \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_ h \_\_\_\_ min, (3) \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_ h \_\_\_\_ min

- Macht unregelmäßig Sport und zwar: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Mal pro Monat
- Macht nie Sport

**Aktueller Beruf der Mutter** (bitte eintragen):

- Nicht berufstätig    Halbtags/Teilzeit    Vollzeit

**Höchster Bildungsabschluss der Mutter:**

- Kein Abschluss    Haupt/Volksschule    Realschule    Abitur / Fachabitur  
 Studium    Anderer und zwar: \_\_\_\_\_  
 Anzahl der absolvierten Schuljahre insgesamt: \_\_\_\_\_

**Sportliche Aktivität der Mutter** (Mehrfachnennungen möglich):

- betreibt regelmäßig folgenden Sport (bitte Sportart/en eintragen):

(1) \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_ h \_\_\_\_ min, (2) \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_ h \_\_\_\_ min

(2) \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_ h \_\_\_\_ min, (3) \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_ h \_\_\_\_ min

- Macht unregelmäßig Sport und zwar: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Mal pro Monat

- Macht nie Sport

**Sprache, die zu Hause überwiegend gesprochen wird:****Ein Elternteil mit Migrationshintergrund**

- Nein    Ja    In Deutschland seit:

**Beide Elternteile mit Migrationshintergrund**

- Nein    Ja    In Deutschland seit:

**Gibt es derzeit besondere Belastungen in der Familie?**

- Nein    Ja, und zwar folgende:

**Bei meinem Kind wurden Schlafstörungen ärztlich diagnostiziert**

Nein  Ja, und zwar folgende:

**Ich vermute, dass mein Kind unter Schlafstörungen leidet, habe dies aber noch nicht ärztlich abklären lassen**

Nein  Ja

**Folgende Maßnahmen wurden bereits ergriffen zur Verbesserung der Schlafqualität des Kindes:**

Keine  Ja, und zwar folgende:

**Bei meinem Kind wurde AD(H)S ärztlich (z.B.: Kinderarzt, Kinderpsychologe) diagnostiziert.**

Nein  Ja, und in folgendem Jahr:

**Ich vermute, dass mein Kind unter AD(H)S leidet, habe dies aber noch nicht ärztlich abklären lassen.**

Nein  Ja

**Folgende Maßnahmen wurden bereits ergriffen zur Verbesserung ADHS-Erkrankung / der Konzentrationsfähigkeit**

Keine  Ja, und zwar folgende:

**Mein Kind hat andere Erkrankungen / Allergien / Operationen in der Vergangenheit:**

Nein  Ja, und zwar folgende:

**Mein Kind nimmt regelmäßig Medikamente ein:**

Nein  Ja, und zwar folgende (Bitte Medikamentennamen eintragen):

(1) \_\_\_\_\_ / Seit \_\_\_\_ Monaten, Wie viel? / Wie oft? \_\_\_\_\_

(2) \_\_\_\_\_ / Seit \_\_\_\_ Monaten, Wie viel? / Wie oft? \_\_\_\_\_

(3) \_\_\_\_\_ / Seit \_\_\_\_ Monaten, Wie viel? / Wie oft? \_\_\_\_\_

(4) \_\_\_\_\_ / Seit \_\_\_\_ Monaten, Wie viel? / Wie oft? \_\_\_\_\_

## FRAGEBOGEN ZUR TAGESBEFINDLICHKEIT UND KONZENTRATIONSFÄHIGKEIT

(FBB-HKS, Görtz-Dorten & Döpfner 2009)

Der folgende Fragebogenteil betrifft die Tagesgewohnheiten Ihres Kindes und mögliche Schwierigkeiten mit Müdigkeit am Tag. Denken Sie auch hier an typisches Verhalten Ihres Kindes.

Kreuzen Sie bitte für jede Beschreibung die Zahl an, die angibt, wie zutreffend die Beschreibung für das Kind ist.

		Beson- ders	Weit- ge- hend	Ein wenig	Gar nicht
Das Kind ...		3	2	1	0
1	... beachtet bei den Schularbeiten, bei anderen Tätigkeiten häufig Einzelheiten nicht oder macht häufig Flüchtigkeitsfehler.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	... hat bei Aufgaben oder Spielen oft Schwierigkeiten, die Aufmerksamkeit längere Zeit aufrecht zu erhalten (dabei zu bleiben).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	... scheint häufig nicht zuzuhören, wenn andere sie/ihn ansprechen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	... kann häufig Aufträge von anderen nicht vollständig durchführen und kann Schularbeiten, andere Arbeiten oder Pflichten häufig nicht zu Ende bringen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	... hat häufig Schwierigkeiten, Aufgaben und Aktivitäten zu organisieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	... vermeidet häufig Aufgaben, die länger andauernde geistige Anstrengung erfordern, hat eine Abneigung gegen sie oder beschäftigt sich häufig nur widerwillig mit ihnen, wie z.B.: Mitarbeit im Unterricht oder Hausaufgaben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	... verliert häufig Gegenstände, die er/sie für Aufgaben oder Aktivitäten benötigt (z.B.: Spielsachen, Hausaufgabenhefte, Stifte, Bücher oder Werkzeug).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	... lässt sich oft durch seine / ihre Umgebung (äußere Reize) ablenken.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	... ist bei Alltagstätigkeiten häufig vergesslich (z.B.: vergisst Schulsachen, Kleidungsstücke).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	... zappelt häufig mit Händen oder Füßen oder rutscht auf dem Stuhl herum.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	... steht häufig in der Klasse oder in anderen Situationen auf, in denen Sitzenbleiben erwartet wird.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	... hat Schwierigkeiten, ruhig zu spielen oder sich mit Freizeitaktivitäten ruhig zu beschäftigen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	... läuft häufig herum oder klettert exzessiv in Situationen, in denen dies unpassend ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	Beson- ders	Weit- ge- hend	Ein wenig	Gar nicht
14 ... beschreibt ein häufig auftretendes starkes Gefühl der inneren Unruhe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15 ... zeigt durchgängig eine extreme innere Unruhe, die durch die Umgebung oder durch Aufforderungen nicht dauerhaft beeinflussbar ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16 ... ist häufig "auf Achse" oder handelt oft, als wäre er/sie angetrieben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17 ... platzt häufig mit Antworten heraus, bevor die Frage zu Ende gestellt ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18 ... kann nur schwer abwarten, bis er/sie bei Spielen oder in Gruppensituationen an der Reihe ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19 ... unterbricht und stört andere häufig, platzt z.B. in Gespräche oder in Spiele anderer hinein.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20 ... redet häufig übermäßig viel, ohne angemessen auf soziale Beschränkungen zu reagieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21 ... achtet bei den Hausaufgaben auf Details, ist sehr genau und exakt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22 ... kann sich gut in etwas festbeißen bis es erledigt ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23 ... hat Spaß an Beschäftigungen, bei denen er/sie sich konzentrieren muss.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24 ... bringt ihre / seine Aufgaben zügig zuende.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25 ... kann sich ruhig, lange und intensiv mit einer Sache beschäftigen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26 ... überlegt, bevor er/sie handelt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Beantworten Sie bitte zusätzlich folgende Fragen, wenn zumindest eines der beschriebenen Verhaltensprobleme (Fragen 1-20 des Fragebogens zur Tagesbefindlichkeit und Konzentrationsfähigkeit) für das Kind zutrifft:

Die beschriebenen Verhaltensprobleme...	3	2	1	0
27 ... sind insgesamt sehr belastend.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28 ... beeinträchtigen die schulische Leistungsfähigkeit erheblich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29 ... beeinträchtigen die Beziehungen zu Erwachsenen (Eltern, Erzieher, Lehrern) erheblich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30 ... beeinträchtigen die Beziehungen zu anderen Kindern bzw. Jugendlichen erheblich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
31 ... treten in der Familie auf.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
32 ... treten in der Schule auf.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
33 ... treten außerhalb von Familie und Schule auf (z.B.: Sportgruppe, wenn das Kind zu Besuch ist)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
34 ... haben im Alter von etwa 7 Jahren begonnen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
35 ... bestehen seit mindestens 6 Monaten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## FRAGEBOGEN ZU DEN SCHLAFGEWOHNHEITEN DES KINDES

(CSHQ, Owens et al. 2000)

Der folgende Fragebogenteil betrifft die Schlafgewohnheiten Ihres Kindes und mögliche Schwierigkeiten mit dem Schlaf. Bei der Beantwortung der Fragen denken Sie an die vergangene Woche Ihres Kindes. Falls die letzte Woche aus irgend einem Grund keine typische Woche für das Schlafverhalten darstellt (z.B.: weil das Kind krank war, weil es außergewöhnlich gut/schlecht geschlafen hat), wählen Sie stattdessen bitte eine vergangene, typische Woche aus dem Leben Ihres Kindes.

- Kreuzen Sie **GEWÖHNLICH** an, wenn die Aussage **fünf Mal oder öfter (5-7)** pro Woche zutrifft.
- Kreuzen Sie **MANCHMAL** an, wenn die Aussage **zwei bis vier Mal (2-4)** pro Woche zutrifft.
- Kreuzen Sie **SELTEN** an, wenn eine Aussage nie oder einmal **(0-1)** pro Woche zutrifft.
- Geben Sie immer zusätzlich an, ob die Schlafgewohnheiten ein Problem darstellen, indem Sie **Ja**, **Nein** oder **Keine Angabe (K/A)** ankreuzen.

Das Kind ...	Ge- wöhn- lich (5-7)	Manch- mal (2-4)	Selten (0-1)	Stellt dies ein Problem für Sie dar?		
				Ja	Nein	K/A
1 ... geht jeden Abend zur gleichen Zeit ins Bett	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 ... schläft nach dem Zubettgehen innerhalb von 20 Minuten ein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 ... schläft alleine im eigenen Bett ein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 ... schläft im Bett der Eltern / der Geschwister ein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5 ... schläft mit schaukelnden / rhythmischen Bewegungen ein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6 ... klagt beim Einschlafen über "zappelige" oder "kribbelige" Beine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7 ... benötigt ein bestimmtes Objekt um einzuschlafen (z.B.: Stofftier, spezielle Decke)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8 ... braucht Mutter / Vater im Zimmer um einzuschlafen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9 ... ist zur Schlafenszeit bettfertig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10 ... sträubt sich zur Schlafenszeit ins Bett zu gehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11 ... kämpft beim Zubettgehen (z.B.: weint, weigert sich im Bett zu bleiben)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12 ... hat Angst im Dunkeln zu schlafen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13 ... hat Angst alleine zu schlafen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14 Um wieviel Uhr geht Ihr Kind zu Bett?						
15 Wieviel Stunden schläft Ihr Kind (h, min) - an Schultagen? - in den Ferien / am Wochenende?	Nachtschlaf:			Tagschlaf/Mittagschlaf:		



	<b>Ge- wöhn- lich</b>	<b>Manch- mal</b>	<b>Selten</b>	<b>Stellt dies ein Problem für Sie dar?</b>		
43 ... braucht lange, um morgens munter zu werden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
44 ... wacht sehr früh am Morgen auf	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
45 ... hat morgens einen guten Appetit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
46 Notieren Sie die Uhrzeit, zu der das Kind morgens gewöhnlich aufwacht (an Schultagen):						
47 ... macht während des Tages ein / mehrere Schläfchen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
48 ... schläft plötzlich inmitten einer Tätigkeit ein (z.B.: beim Spielen, Hausaufgaben machen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
49 ... erscheint tagsüber müde	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

50	Wirkte Ihr Kind während der letzten Woche bei einer der folgenden Aktivitäten sehr schläfrig oder ist es eingeschlafen? (Markieren Sie alles Zutreffende):					
		<b>Nicht schläfrig</b>		<b>Sehr schläfrig</b>		<b>Schläft ein</b>
51	Alleine Spielen	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
52	Fernsehen	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
53	Autofahren	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
54	Mahlzeiten essen	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

*Vielen Dank für die Teilnahme!*

## FRAGEBOGEN FÜR KINDER

(PAQ-C, Kowalski et al. 2004; SSR-DE, Schwerdtle et al. 2010)



### Liebe Kinder,

ich möchte gerne mit eurer Klasse eine wissenschaftliche Studie durchführen. Dies macht man, um eine Forschungsfrage zu beantworten. Ich möchte herausfinden, wie gut ihr schlafen könnt, wie viel Sport ihr macht und wie gut Ihr euch am Tag / in der Schule konzentrieren könnt.

Wenn du teilnehmen möchtest, musst du nur den folgenden Fragebogen in Ruhe ankreuzen / ausfüllen. Falls du Fragen hast, stelle sie deinen Eltern oder deinem Lehrer / deiner Lehrerin. Die Teilnahme ist freiwillig und deine Eltern müssen auf einer Einverständniserklärung unterschreiben, dass du teilnehmen darfst. Es gibt keine falschen oder richtigen Antworten. Der Fragebogen ist anonym, das bedeutet, dass niemand erfährt, welcher Bogen deiner ist.

Denke über die letzte Woche nach. Wie hast du geschlafen und hast du dich tagsüber erholt gefühlt? Falls die letzte Woche aus irgend einem Grund keine Woche wie jede andere war (z.B.: weil du krank warst, weil du außergewöhnlich gut oder schlecht geschlafen hast, weil du bei einem Freund / einer Freundin übernachtet hast), dann denke bitte an eine andere Woche, die typisch für deinen Schlaf ist.

**In welcher Klasse / Klassenstufe bist du?** \_\_\_\_\_

**Wie viele Sportstunden hast du in der Schule pro Woche?** \_\_\_\_\_

**Was machst du hauptsächlich in deiner Freizeit?** (Mehrfachnennungen möglich)

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Draußen spielen _____ Minuten | <input type="checkbox"/> Basteln oder malen _____ Minuten |
| <input type="checkbox"/> Drinnen spielen _____ Minuten | <input type="checkbox"/> Hörspiele hören _____ Minuten    |
| <input type="checkbox"/> Fernsehen _____ Minuten       | <input type="checkbox"/> Anderes (bitte eintragen):       |
| <input type="checkbox"/> Computerspiele _____ Minuten  | <input type="checkbox"/> _____ / _____ Minuten            |
| <input type="checkbox"/> Lesen _____ Minuten           | <input type="checkbox"/> _____ / _____ Minuten            |
| <input type="checkbox"/> Musik hören _____ Minuten     | <input type="checkbox"/> _____ / _____ Minuten            |

**Wer in deiner Familie bestimmt, wann du ins Bett gehst?**

- Mama    Papa    Du    Jemand anderes und zwar: \_\_\_\_\_

**Glaubst du, dass du Schwierigkeiten mit dem Schlafen hast?**

- Ja    Nein

**Gehst du gerne schlafen?**

- Ja    Nein

Im folgenden Fragebogenteil bedeutet:

- GEWÖHNLICH = 5-7 mal pro Woche
- MANCHMAL = 4-2 mal pro Woche
- SELTEN = 2-0 mal pro Woche

<b>ZUBETTGEHZEIT</b>		<b>Gewöhnlich</b>	<b>Manchmal</b>	<b>Selten</b>
1	Gehst du jeden Abend zur gleichen Zeit ins Bett?			
2	Schläfst du jeden Abend im selben Bett ein?			
3	Schläfst du alleine ein?			
4	Schläfst du im Bett deiner Eltern oder deiner Geschwister ein?			
5	Schläfst du innerhalb von etwa 20 Minuten ein?			
6	Streitest du dich mit deinen Eltern über das Zubettgehen?			
7	Fällt es dir schwer ins Bett zu gehen?			
8	Bist du zu deiner gewohnten Zeit fertig fürs Bett?			
9	Hast du einen bestimmten Gegenstand (z.B.: Stofftier, Decke oder ähnliches), den du mit ins Bett nimmst?			
10	Fürchtest du dich im Dunkeln?			
11	Fürchtest du dich davor alleine zu schlafen?			
12	Bleibst du lange auf, wenn deine Eltern glauben, dass du schläfst?			
<b>SCHLAFVERHALTEN</b>				
13	Bewegst du manchmal deine Beine zum Einschlafen, weil sie kribbeln oder sich komisch anfühlen?			
14	Glaubst du, dass du zu wenig schläfst?			
15	Glaubst du, dass du zu viel schläfst?			
16	Wachst du nachts auf, wenn deine Eltern glauben, dass du schläfst?			
17	Hast du Schwierigkeiten wieder einzuschlafen, wenn du in der Nacht aufgewacht bist?			
18	Hast du Alpträume?			
19	Wirst du in der Nacht durch Schmerzen geweckt? Wenn ja, wo sind diese Schmerzen?			
20	Gehst du manchmal in der Nacht zu einem anderen ins Bett? Wenn ja zu wem?			
<b>VERHALTEN AM MORGEN UND AM TAG</b>				
21	Fällt es dir schwer morgens aufzuwachen?			
22	Fühlst du dich während des Tages schläfrig?			
23	Machst du während des Tages ein Nickerchen?			
24	Fühlst du dich ausgeruht, nachdem du eine Nacht geschlafen hast?			

Hast du eine dieser Tätigkeiten in der letzten Woche in der Freizeit (nicht im Schulsport) durchgeführt?

		Nein	1-2	3-4	5-6	7 oder mehr
25	Seilspringen					
26	Rudern / Kanufahren					
27	Inline-Skating					
28	Fangen					
29	Walken					
30	Fahrradfahren					
31	Joggen oder Laufen					
32	Aerobic					
33	Schwimmen					
34	Baseball / Softball					
35	Tanzen					
36	Fußball					
37	Badminton / Federball					
38	Skateboard					
39	Feldhockey					
40	Volleyball					
41	Hallenhockey					
42	Basketball					
43	Eislaufen					
44	Skilanglauf					
45	Eishockey					
46	Andere und zwar:					

Die folgenden Fragen bitte am linken Rand ankreuzen, wenn sie zutreffen.  
Bitte pro Frage nur ein Kreuz setzen.

<b>Wie häufig hast du dich im Sportunterricht der letzten 7 Tage körperlich angestrengt? (Bitte eines auswählen)</b>	
<input type="checkbox"/>	Ich habe nicht am Sportunterricht teilgenommen
<input type="checkbox"/>	Ich habe mich fast nie angestrengt
<input type="checkbox"/>	Ich habe mich manchmal angestrengt
<input type="checkbox"/>	Ich habe mich sehr häufig angestrengt
<input type="checkbox"/>	Ich strengte mich immer sehr an
<b>Was hast Du in den letzten 7 Tagen die meiste Zeit in der kleinen Pause gemacht?</b>	
<input type="checkbox"/>	Ich habe gegessen (mit anderen geredet, gelesen, Hausaufgaben gemacht)
<input type="checkbox"/>	Ich habe gestanden oder bin herum gegangen
<input type="checkbox"/>	Ich bin gerannt oder habe ein bisschen gespielt
<input type="checkbox"/>	Ich habe mich die meiste Zeit sehr viel bewegt

<b>Was hast Du in den letzten 7 Tagen die meiste Zeit in der großen (Mittags-)Pause gemacht?</b>	
<input type="checkbox"/>	Ich habe gegessen (mit anderen geredet, gelesen, Hausaufgaben gemacht)
<input type="checkbox"/>	Ich habe gestanden oder bin herum gegangen
<input type="checkbox"/>	Ich bin gerannt oder habe ein bisschen gespielt
<input type="checkbox"/>	Ich habe mich die meiste Zeit sehr viel bewegt
<b>Wie häufig hast du dich in den letzten 7 Tagen in der Freizeit nach der Schule bewegt (z.B.: Sport im Sportverein, draußen spielen, mit Freunden toben)</b>	
<input type="checkbox"/>	Nie
<input type="checkbox"/>	1-2 Mal in der letzten Woche
<input type="checkbox"/>	3-4 Mal in der letzten Woche
<input type="checkbox"/>	5 Mal in der letzten Woche oder öfter
<b>Wie häufig hast du dich am letzten Wochenende bewegt (z.B.: Wettkampf / Turnier, draußen spielen, mit Freunden toben)</b>	
<input type="checkbox"/>	Nie
<input type="checkbox"/>	Ein Mal
<input type="checkbox"/>	2-3 Mal
<input type="checkbox"/>	4-5 Mal
<input type="checkbox"/>	6 oder mehr Mal
<b>Welcher der folgenden Sätze beschreibt dich am besten in den letzten 7 Tagen? Lies dir zunächst alle Aussagen durch, bevor du dich für eine entscheidest</b>	
<input type="checkbox"/>	In der letzten Woche habe ich hauptsächlich Dinge gemacht, die wenig anstrengend sind (z.B.: Computerspiele, Fernsehen, Lesen)
<input type="checkbox"/>	Manchmal (1-2 Mal in der letzten Woche) habe ich Aktivitäten durchgeführt, die körperlich anstrengend sind (z.B.: Sportverein, draußen spielen oder toben)
<input type="checkbox"/>	Ich mache häufig (3-4 Mal in der letzten Woche) Aktivitäten in meiner Freizeit, die körperlich anstrengend sind
<input type="checkbox"/>	Ich bin sehr häufig körperlich aktiv in meiner Freizeit (7 oder mehr Mal in der letzten Woche)

<b>Kreuze an, wie oft du in der letzten Woche körperlich aktiv warst</b> (z.B.: Sportverein, draußen spielen oder toben) - bitte ankreuzen!					
	<b>Nie</b>	<b>Etwas</b>	<b>Teilweise</b>	<b>Häufig</b>	<b>Sehr häufig</b>
<b>Montag</b>					
<b>Dienstag</b>					
<b>Mittwoch</b>					
<b>Donnerstag</b>					
<b>Freitag</b>					
<b>Samstag</b>					
<b>Sonntag</b>					
<b>Warst Du in der letzten Woche krank oder ist etwas vorgefallen, weshalb du deine normalen Aktivitäten nicht durchführen konntest?</b>					
<input type="checkbox"/> Ja, weil: _____					
<input type="checkbox"/> Nein					

*Vielen Dank für die Teilnahme!*

**10 Lebenslauf**

<b>Familienname</b>	Lehberger
<b>Vorname</b>	Regine
<b>Geburtsort</b>	Lennestadt
<b>Geburtsdatum</b>	01.05.1980
<b>Familienstand</b>	ledig
<b>Staatsangehörigkeit</b>	deutsch

**BERUFLICHE LAUFBAHN**

<b>Seit 08/2017</b>	<b>Abgeordnete Lehrerin</b> an der Universität Siegen. Fakultät II: Erziehungswissenschaft & Psychologie.
<b>08/2016-08/2017</b>	<b>Pädagogische Mitarbeiterin</b> in der Medienberatung NRW, LVR-Zentrum für Medien und Bildung in Düsseldorf
<b>08/2015-07/2016</b>	<b>Studienrätin</b> am Bettina-von-Arnim-Gymnasium in Dormagen
<b>08/2011-07/2015</b>	<b>Praktikumsmanagerin</b> am Sportlehrer-/innen-Ausbildungs-Zentrum der Deutschen Sporthochschule Köln
<b>08/2008 - 8/2011</b>	<b>Studienrätin</b> am Erasmus – Gymnasium Grevenbroich
<b>02/2008 – 08/2008</b>	<b>Elternzeitvertretung</b> am Schiller – Gymnasium Köln
<b>SS 2008 - SS 2011</b>	<b>Lehrbeauftragte</b> am Praktikumszentrum der Universität zu Köln – Humanwissenschaftliche Fakultät.
<b>02/2006 – 01/2008</b>	<b>Referendarin</b> am Studienseminar Köln II (Gy/Ge) Fächer: Biologie und Sport
<b>WS 2006/07 - SS 2008</b>	<b>Dozentin</b> der fachdidaktischen Lehrveranstaltung „Aktuelle Unterrichtspraxis im Fach Biologie“ an der Universität zu Köln
<b>01/2005 – 01/2006</b>	<b>Studentische und wissenschaftliche Hilfskraft</b> im Institut für Anatomie und Physiologie an der Deutschen Sporthochschule Köln

**BILDUNGSWEG**

<b>WS 2011/12 – SS 2015</b>	<b>Promotionsstudium</b> an der Deutschen Sporthochschule Köln am Institut für Bewegungs- und Neurowissenschaft
<b>Seit WS 2009</b>	<b>Aufbaustudium</b> „Master Neurowissenschaften“ an der Universität zu Köln
<b>10/1999 – 07/2005</b>	<b>Studium der Sportwissenschaften</b> an der Deutschen Sporthochschule Köln, Schwerpunkt II: Freizeit/Kreativität
<b>10/2000 – 07/2004</b>	<b>Studium der Biologie</b> , Sekundarstufe II & I an der Universität zu Köln Abschluss: 1. Staatsexamen
<b>08/1990 – 07/1999</b>	<b>Abitur</b> am Rivius – Gymnasium Attendorn

## AUSLANDSAUFENTHALT

- 09/2003 – 05/2004**
- Erasmus – Stipendium an der Université Victor Segalen, Bordeaux II (Fachbereich Sport)
  - Sprachkurs an der Université Michel de Montaigne, Bordeaux

## VERÖFFENTLICHUNGEN

- 2013** Portfolioarbeit im Sportunterricht. Laufen - Springen - Werfen / Teil III: Werfen - Vielfältige Möglichkeiten. *Betrifft Sport 4 / 2013, 35. Jahrgang, Meyer & Meyer Verlag Aachen.*
- 2013** Laufen - Springen - Werfen / Teil II: Springen - Höher und weiter. *Betrifft Sport 3 / 2013, 35. Jahrgang, Meyer & Meyer Verlag Aachen.*
- 2013** Portfolioarbeit im Sportunterricht / Laufen - Springen - Werfen / Teil I: Laufen - schnell und ausdauernd. *Betrifft Sport 2 / 2013, 35. Jahrgang, Meyer & Meyer Verlag Aachen.*
- 2007** Portfolio als Methode zur Förderung ausgewählter Kompetenzen aus dem Kompetenzbereich Kommunikation der Bildungsstandards im Fach Biologie in der Jahrgangsstufe 8.  
*Zweite Staatsarbeit am Studienseminar Köln.*
- 2005** Der Einfluss von körperlicher Aktivität auf Schlafstörungen.  
*Diplomarbeit an der Deutschen Sporthochschule Köln.*