

Aus der Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie und -psychotherapie,

Zentrum für Integrative Psychiatrie (ZIP) gGmbH

(Direktorin Frau Prof. Dr. Dr. Lioba Baving)

im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein (UKSH), Campus Kiel

an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

**Studie zur Auswirkung  
von intensiver sportlicher Aktivität auf die  
Mikroschlafarchitektur von Kindern mit und ohne  
ADHS**

**Inauguraldissertation**

**zur**

**Erlangung der Doktorwürde der Medizin**

**der Medizinischen Fakultät**

**der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel**

**vorgelegt von**

**Moritz Julius Heinrich Langer**

**aus Bremen**

**Kiel 2021**

Aus der Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie und -psychotherapie,

Zentrum für Integrative Psychiatrie (ZIP) gGmbH

(Direktorin Frau Prof. Dr. Dr. Lioba Baving)

im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein (UKSH), Campus Kiel

an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

**Studie zur Auswirkung  
von intensiver sportlicher Aktivität auf die  
Mikroschlafarchitektur von Kindern mit und ohne  
ADHS**

**Inauguraldissertation**

**zur**

**Erlangung der Doktorwürde der Medizin**

**der Medizinischen Fakultät**

**der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel**

**vorgelegt von**

**Moritz Julius Heinrich Langer**

**aus Bremen**

**Kiel 2021**

1. Berichterstatter/in: Priv.-Doz. Dr. rer. nat. Dipl. Alexander Prehn-Kristensen, Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie
2. Berichterstatter/in: Prof. Dr. Burkard Weisser, Institut für Sport und Sportwissenschaften

Tag der mündlichen Prüfung: 17.06.2022

Zum Druck genehmigt: Kiel, den 18.01.2022

gez.: Prof. Dr. Jorge Ponseti

(Vorsitzender der Prüfungskommission)

# Inhalt

<b>I. Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>III</b>
<b>II. Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>V</b>
<b>III. Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>V</b>
<b>1. Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Theoretischer Teil.....</b>	<b>3</b>
2.1 Schlaf .....	3
2.1.1 Architektur und Phasendifferenzierung .....	3
2.1.2 Altersspezifische Veränderungen .....	6
2.1.3 Schlafregulation .....	7
2.1.4 Auswirkungen intensiver sportlicher Aktivität.....	8
2.2 Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitäts-Störung (ADHS).....	11
2.2.1 Definition und Epidemiologie .....	11
2.2.2 Ätiologie .....	12
2.2.3 Therapie .....	12
<b>3. Ableitung der Fragestellung.....</b>	<b>15</b>
<b>4. Methoden .....</b>	<b>16</b>
4.1 Stichprobe .....	16
4.1.1 Ein- und Ausschlusskriterien.....	16
4.1.2 Finale Stichprobe .....	17
4.2 Material .....	19
4.2.1 Instrumente zur Überprüfung der Ein- und Ausschlusskriterien .....	19
4.2.2 Aufbau und Apparatur.....	23
4.3 Prozedur.....	26
4.4 Kontrolle von Störvariablen.....	29
4.5 Auswertung .....	30
4.5.1 Schlafstadien.....	30
4.5.2 Frequenzanalyse .....	30
4.6 Design .....	30
4.6.1 Unabhängige Variablen .....	31
4.6.2 Abhängige Variablen.....	32
4.7 Ableitung statistischer Hypothesen.....	32
4.7.1 Einschlaflatenz .....	32
4.7.2 Dauer des ersten Zyklus .....	32
4.7.3 Delta Power im ersten Zyklus .....	33

<b>5. Ergebnisse.....</b>	<b>34</b>
5.1 Einschlaflatenz .....	34
5.2 Dauer des ersten Schlafzyklus (Z1).....	35
5.3 Delta Power.....	38
5.4 Zusammenfassung .....	41
<b>6. Interpretation und Diskussion .....</b>	<b>42</b>
<b>7. Zusammenfassung.....</b>	<b>50</b>
<b>8. Literatur- und Quellenverzeichnis .....</b>	<b>51</b>
<b>9. Anhang.....</b>	<b>60</b>
<b>11. Erklärung zur Erstellung der Einzelarbeit .....</b>	<b>86</b>
<b>12. Danksagung .....</b>	<b>87</b>
<b>13. Veröffentlichungen.....</b>	<b>88</b>

## I. Abkürzungsverzeichnis

AASM	American Academy for Sleep Medicine
aV	abhängige Variable
ADHS	Aufmerksamkeitsdefizit / Hyperaktivitätsstörung
ANOVA	Analysis of Variance
CAP	Cyclic Alternating Pattern
CAU-Kiel	Christian-Albrechts Universität zu Kiel
CBCL	Child Behaviour Checklist
CSHQ-DE	Children`s Sleep Habits Questionnaire
DCS	Diagnosticum für Cerebralschädigung
DSM-IV TR	Diagnostisches und statistisches Manual psychischer Störungen – IV-Test Revision
EEG	Elektroenzephalogramm
EMG	Elektromyogramm
EKG	Elektrokardiogramm
EOG	Elektrookulogramm
et al.	und andere
FFT	Fast Fourier Transformation
ICD-10	International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems – Version 10
IQ	Intelligenzquotient
K-SADS-PL	Kiddie-The Schedule for Affective Disorders and Schizophrenia-Present and Lifetime Version
PDS	Pubertal Development Scale
M	Mittelwert
PSG	Polysomnography

R&K	Rechtschaffen und Kales
REM	Rapid Eye Movement
S	Schlafstadium
SD	Standardabweichung
sec.	Sekunde
SEM	Standardfehler des arithmetischen Mittelwertes
SFB	Sonderforschungsbereich
sog.	sogenannte
SPECT	Single Photon Emission Computed Tomography
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
SSR-DE	Sleep Self Report (Deutsche Version)
SWA	Slow Wave Activity
SWS	Slow Wave Sleep
S1 - S4	Schlafstadien 1-4
ZIP	Zentrum für Integrative Psychiatrie

## II. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Finale Stichprobe .....	18
Tabelle 2: Ein- und Ausschlusskriterien Erläuterungen: <i>CFT 20-R = Grundintelligenztest Skala 2 - Revision; PDS = Pubertal Development Scale; K-SADS-PL = Kiddie-Sads-Present and Lifetime Version; CBCL/4-18 = Child Behavior Checklist; CSHQ-DE 5-10 = Children's Sleep Habits Questionnaire; SSR-DE = Sleep Self Report; DCS = Diagnosticum für Cerebralschädigung</i> .....	29
Tabelle 3: Studiendesign .....	31
Tabelle 4: Einschlaflatenz und Dauer Z1 in Minuten (arithmetisches Mittel/Standardabweichung/p-Wert) .....	35
Tabelle 5: Schlafphasen in Z1 (in Minuten) .....	37
Tabelle 6: Delta-Power in $\mu\text{V}^2$ im Z1 S3S4 1,2-3,9 Hz .....	40
Tabelle 7: SubDeltaPower in $\mu\text{V}^2$ im Z1 S3S4 0,6-1,1 Hz .....	41

## III. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Idealisiertes Schlafprofil (Hypnogramm) mit der ersten Schlafphase (early sleep) und ausgeprägtem Tiefschlaf (SWS) sowie der zweiten Schlafphase (late sleep) mit verstärkter REM-Phase (Diekelmann and Born, 2010) .....	5
Abbildung 2: EEG-Elektroden (Anatomische Lage der EEG-Elektroden, mod. nach Jasper 1958) .....	24
Abbildung 3: Zeitplan der Studie .....	27
Abbildung 4: Schlafphasen S2-S4 im ersten Zyklus .....	38

## 1. Einleitung

Diese Arbeit ist Teil eines experimentellen Projektes „Plasticity and Sleep Projekt A13“ in der Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie und -psychotherapie an der CAU-Kiel. In diesem Teilprojekt werden „Interferenzen deklarativer und prozeduraler Gedächtnisinhalte der schlafgebundenen Gedächtniskonsolidierung bei Kindern mit einer Aufmerksamkeitsdefizit-/ Hyperaktivitätsstörung (ADHS)“ untersucht. Im Rahmen des Projekts wurde unter anderem der Frage nachgegangen, ob sich intensive körperliche Anstrengung am Tage auf die schlafassoziierte Gedächtniskonsolidierung bei Kindern mit und ohne ADHS auswirkt. Die Beantwortung dieser Fragestellung wurde im Rahmen der Abschlussarbeiten von Frau Dipl.-Psych. Berg und Frau Dipl.-Psych. Marquardt sowie einer medizinischen Doktorarbeit von Herrn Liebsch untersucht. Ein spezieller Teilaspekt, dieser Arbeit untersucht die Fragestellung, inwieweit sich eine intensive sportliche Belastung in den Schlaf-EEG (Elektroenzephalogramm)-Ableitungen der Probanden wider-spiegelt. Dies ist der Gegenstand dieser Arbeit.

Mehr als drei Prozent aller Kinder und Jugendlichen leiden an ADHS. Eine Längsschnittstudie der Barmer Krankenkasse aus dem Jahre 2013 dokumentierte in einem Zeitraum von sechs Jahren die hyperkinetischen Störungen, welche in der ICD-10 als F90-Diagnosen benannt sind. Die Auswertungen von mehr als 8 Millionen Versicherten im Bereich der ambulanten Versorgung über einen Zeitraum von insgesamt sechs Jahren ergaben, dass in den Jahren von 2006 bis 2011 die F90-Diagnoseraten geradezu dramatisch um fast 50% angestiegen sind (Grobe et al., 2013). Analoge Statistiken wurden im Deutschen Ärzteblatt veröffentlicht (Bachmann et al., 2017). Die gesicherte Diagnose ADHS im wichtigen Alter von etwa 10 Jahren wurde bundesweit in Deutschland im Jahr 2011 bei knapp 12% der Jungen und bei 4,4% der Mädchen dokumentiert. Die höchste Inzidenz lässt sich im 9. Lebensjahr feststellen (Grobe et al., 2013). Aus dem Jahr 2010 belegt eine Studie, dass etwa 25-50% der Betroffenen Schlafprobleme haben (Weiss, M. & Salpekar, J: 2010). Die diagnostischen Kriterien für eine primäre Schlafstörung unter Verwendung der ICD-10 Kriterien werden selten erfüllt, somit sind die Schlafprobleme meistens als Zusatzsymptome zu werten und nicht als komorbide Diagnose. Dennoch sollten die Schlafprobleme ernst genommen werden, da ein Schlafdefizit die Kernsymptomatik eines ADHS verstärken kann (Virring et al., 2014). Ein multimodaler Therapieansatz im Rahmen der Entwicklungsanforderungen sollte im Mittelpunkt der Behandlung stehen.

Sportlicher Aktivität wird generell eine wichtige, positive und zum Teil sogar kurative Funktion zugeschrieben. Dies gilt auch für die Dauer und Qualität des Schlafes. Schlaf ist ein elementarer Bestandteil unseres Lebens und beinhaltet wichtige Funktionen, die unser Verhalten allgemein zu beeinflussen vermögen. Verschiedene Faktoren wie das emotionale Gleichgewicht, neuroaktive Substanzen aber auch sportliche Aktivitäten haben Auswirkungen auf die Qualität des Schlafes. In Studien wurde dargestellt, dass intensive körperliche Aktivitäten z.B. Belastungen mittels Fahrradergometrie die Schlafarchitektur verändern kann. Bei einer ausdauernden Belastung nahm der Anteil der sogenannten Tiefschlafphasen S3 und S4 zu, wohin gegen der Anteil der Phasen S1 und S2 sowie dem REM (Rapid Eye Movement) -Schlaf abnahm bei unveränderter Gesamtschlafdauer (Dworak et al., 2008).

In dieser empirischen Studie soll genauer untersucht werden, welche Auswirkungen eine intensive sportliche Aktivität auf die Mikroschlafarchitektur bei Kindern und Jugendlichen mit und ohne ADHS hat. Insbesondere werden Veränderungen im Bereich der Einschlaflatenz, der Dauer des ersten Schlafzyklus und die Delta- wie Subdelta-Power vermutet.

## 2. Theoretischer Teil

### 2.1 Schlaf

Der Schlaf ist für alle Lebewesen allgemein ein Zustand von enormer Wichtigkeit. Nahezu ein Drittel der Lebenszeit verbringt der Mensch im Schlaf. Im Schlaf verändern sich nicht nur die Gehirnaktivitäten, sondern ebenfalls der Blutdruck, die Herzfrequenz, die Atmung, die Verdauung, die Körpertemperatur und die Muskelspannung, die sich alle an die jeweiligen Schlafphasen anpassen. Der Schlaf besitzt eine wichtige Funktion zur Erholung des Gesamtkörperzustands. Der Energieverbrauch wird im Schlaf um 10% gedrosselt und fördert die Funktionen für die Regeneration sowie die Aufrechterhaltung eines intakten Immunsystems (siehe einführend z.B. Stuck et al., 2009; Steinberg et al., 2010; Peter et al., 2007).

#### 2.1.1 Architektur und Phasendifferenzierung

Der Schlaf wird allgemein in Schlafzyklen eingeteilt, die in der gesamten Nacht interindividuell von vier bis zu sieben Mal wiederholt werden können (Stuck et al., 2009: 3ff.). Die Schlafzyklen lassen sich in einen Non-REM-Sleep und REM-Sleep differenzieren. Der Non-REM-Sleep selbst beinhaltet wiederum mehrere Schlafstadien.

In der Klinik hat sich als Standard zur Schlafstadieneinteilung der sog. AASM-Score (American Academy for Sleep Medicine) etabliert (Stuck et al., 2009: 37ff.). Er basiert im Wesentlichen auf einer Klassifizierung von Rechtschaffen und Kales (R&K, 1968). In der Forschung hingegen wird der Schlaf primär noch nach Methode von R&K ausgewertet. Dies ist auch in dieser Arbeit der Fall. Die Auswertung nach R&K ermöglicht vor allem die genauere Differenzierung in den Tiefschlafphasen, die in dieser Arbeit von besonderer Bedeutung sind.

Die Einteilungen von R&K und der AASM unterscheiden sich in mehreren Punkten. Ein erster Unterschied hinsichtlich der Terminologie besteht darin, dass die erst genannten Autoren die Abkürzung S verwenden, die AASM hingegen den Buchstaben N. Der Tiefschlaf nach Rechtschaffen und Kales wird in S3 und S4 aufgeteilt wird, wohingegen die AASM nur von N3 spricht (Stuck et al., 2009; Moser et al., 2009).

REM-Schlaf- und Non-REM-Schlaf-Stadien sind Einteilungen auf der Makroebene, lassen aber Rückschlüsse auf die Mikroebene zu. Die Mikroschlafarchitektur beschreibt

spezielle Muster im EEG- Frequenzband. Zur Mikroschlafarchitektur zählt man die Delta-Power, aber auch alle anderen Frequenzbänder, die im Schlaf auftreten (Subdelta, Theta, Alpha, Sigma, Beta).

Das Schlafstadium S1 ist durch niedramplitudige Alphawellen (8 - 12,5 Hz) und ebenfalls niedramplitudige Betawellen (13 - 30 Hz) gekennzeichnet. Das Auftreten von Thetawellen (4 - 7,5 Hz) ist zu beobachten. Es ist der Übergang vom Wachstadium ins Schlafstadium und wird daher auch Einschlafphase genannt.

Danach folgt das Schlafstadium S2, welches sich im Vergleich zu S1 durch verminderte Augen- und Extremitätenbewegungen auszeichnet. Thetawellen kommen ebenfalls vor. Darüber hinaus finden sich hier die für dieses Schlafstadium typischen Schlafspindeln (kurze zeitliche EEG-Wellenformen mit einer Dauer von 0,5 - 1 sec.), welche mit einer Frequenz von 12 – 14 Hz im EEG auftreten. Sogenannte K-Komplexe, die unregelmäßig mit einer großen wellenförmigen Amplitude verbunden sind, stellen ein weiteres Charakteristikum dieses Stadiums S2 dar (Carskan & Dement, 2000). Der Anteil der beiden Schlafstadien S1 und S2 bei einem Erwachsenen mittleren Alters beträgt durchschnittlich an die 55 – 60 %.

Die nun anschließenden Schlafstadien S3 und S4 beinhalten die Tiefschlafphasen, die auch als Deltaschlaf oder Slow-Wave-Sleep (SWS) in der Literatur beschrieben werden. Hochamplitude Deltawellen (0,5 - 3,5 Hz) sind richtungsweisende Merkmale im EEG. Ein gesamter Schlafzyklus besteht typischerweise aus den folgenden Schlafstadien S2, S3, S4, S3, S2 (Non-REM-Sleep) und dem REM-Schlaf. Die Reihenfolge der einzelnen aufeinanderfolgenden Stadien kann aber individuell variieren. Die Dauer eines Zyklus beträgt beim Erwachsenen ungefähr neunzig Minuten, wobei der größte Anteil in der S2-Phase liegt. In der ersten Nachhälfte zeigt sich ein hoher Tiefschlafanteil, in der zweiten Nachhälfte bildet der REM-Sleep den größeren Anteil am Gesamtschlaf (Bear et al., 2009). Die REM-Schlaf-Perioden werden von Zyklus zu Zyklus länger. Dieser REM-Schlaf hat durch das Vorkommen von konjugierten raschen Augenbewegungen seinen Namen, Alpha- und Thetawellen sind zu beobachten sowie eine Skelettmuskelatonie.

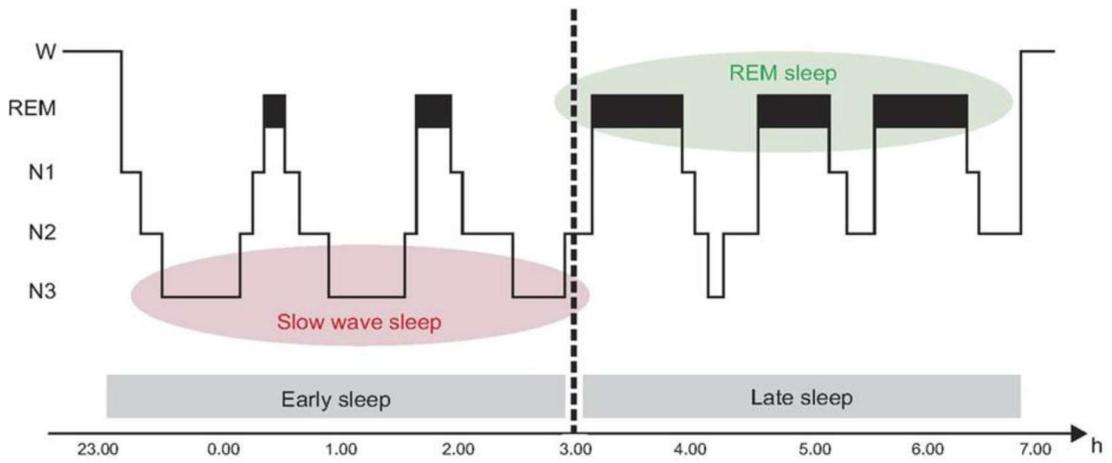


Abbildung 1: Idealisiertes Schlafprofil (Hypnogramm) mit der ersten Schlafphase (early sleep) und ausgeprägtem Tiefschlaf (SWS) sowie der zweiten Schlafphase (late sleep) mit verstärkter REM-Phase (Diekelmann and Born, 2010).

Der Slow Wave Sleep, der zur Makroschlafarchitektur gezählt wird, beinhaltet den Tiefschlaf mit seinen zwei Phasen S3 und S4. Er ist charakterisiert durch das Vorkommen von mindestens 20 % Deltawellen mit einer Frequenz von 1,0 - 4 Hz, einer Amplitude von 75  $\mu$ V und einer Dauer von mind. 0,5 Sekunden. Wenn dies alles zutrifft, spricht man von der S3 Schlafphase. In der S4 Schlafphase müssen definitionsgemäß 50 % Delta-wellen vorkommen (Borbély, 1984).

Unter dem Begriff Delta-Power wird das Ausmaß in Bezug auf Zeit und Ausprägung der Delta-Wellen in den Schlafphasen zusammengefasst (siehe Rodenbeck, 2017). Mit Hilfe des mathematischen Modells der „Fast-Fourier-Transformation“ (FFT) wird die Aktivität im Delta-EEG-Frequenzband quantitativ abgebildet. Die Einheit der Delta-Power ist  $\mu$ V<sup>2</sup>. In den Frequenzbereichen gibt es Schwingungen, die nochmals unterteilt werden. Man kann sogenannte Fast Oscillations (20 - 100 Hz) von Slow Oscillations (0,1 - 20 Hz) unterscheiden, wobei es auch noch Infra-Slow (0,002 - 0,1 Hz) und Ultra Fast (100 - 600 Hz) gibt. Der Slow Bereich lässt sich weiter differenzieren in Slow Oscillation, Delta, Spindel und Theta. Die Delta-Welle schwingt mit 1,0 - < 4,0 Hz. In dem Frequenzbereich von 0,2 - 1,0 Hz liegt der Bereich der Slow Oscillations.

Über Formen, Funktionen, Differenzierungs- und Klassifikationsmöglichkeiten und damit über die Bedeutung des Tiefschlafes wird in der Literatur ausführlich diskutiert. 1982

zeigte Borbèly, dass der Tiefschlafdruck in einer Nacht ansteigt, je länger der Wachzustand vorher gewesen ist.

Tononi und Cirelli beschrieben 2006 einen Prozess während der Tiefschlafphase, der nachfolgend in der Literatur unter dem Begriff „Synaptic Downscaling“ charakterisiert wurde. Sie gingen von synaptischen Verbindungen aus, die tagsüber im Rahmen eines neuen Lernprozesses erworben wurden und nachts wieder an Stärke verlieren. Je mehr Interaktionen zwischen den einzelnen Synapsen tagsüber stattfanden, desto stärker war der Tiefschlafdruck in der folgenden Nacht. Huber beschrieb 2004 diesen Effekt, in dem die Tiefschlafaktivität über bestimmten für den Lernprozess wichtigen Hirnregionen im Vergleich zu anderen Hirnarealen zunahm.

### **2.1.2 Altersspezifische Veränderungen**

Die Schlafarchitektur zeigt typische Veränderungen im Laufe des Lebens (Iglowstein et al., 2003). Neugeborene haben einen sehr großen Schlafbedarf, dieser kann sechzehn bis zu zwanzig Stunden pro Tag ausmachen. Dieser hohe Anteil nimmt im Laufe der Entwicklung ab. Sechsjährige schlafen im Durchschnitt neun bis elf Stunden. Im Laufe der Adoleszenz gleicht sich die Dauer des Schlafes dem des Erwachsenen an. Erwachsene haben einen täglichen Schlafbedarf von nur sieben bis acht Stunden, wobei Langschläfer und Kurzschläfer hiervon abzugrenzen sind. Auch verbringen Kinder eine längere Zeit (ca. 20 %) in der Tiefschlafphase als Erwachsene (ca. 3 %). Insgesamt umfasst der Schlaf bei Kindern einen längeren Zeitraum, Kinder erwachen seltener und schlafen effizienter (Ohayon et al., 2004).

Betrachtet man die Mikroschlafarchitektur von Kindern und Erwachsenen, so lassen sich auch hier charakteristische Unterschiede nachweisen. In einer Studie, die den SWS untersuchte, zeigte sich, dass die SWA den höchsten Anteil in der Kindheit hat und im Laufe der Entwicklung über die Pubertät bis zum Erwachsenenalter stetig abnimmt (Kurth et al., 2010; Feinberg et al., 2011). Des Weiteren zeigten sich Differenzen in den Alpha-, Beta- und Thetawellen, die ebenfalls bei Kindern häufiger auftraten (Gaudreau et al., 2001). Auch bei der Betrachtung der Schlafspindeln wurden Unterschiede hinsichtlich der Merkmale Auftrittshäufigkeit, Dichte und Länge beschrieben (Scholle et al., 2007), wobei die Entwicklung der Spindeln einer Dynamik unterliegt.

### 2.1.3 Schlafregulation

Der Schlaf ist ein komplexer Vorgang, der durch interne und externe Faktoren beeinflusst wird. In der Literatur werden verschiedene Mechanismen beschrieben, die zusammen an der Schlafregulation beteiligt sind. Es gibt den „homöostatischen Prozess“, dieser beinhaltet die Wachzeiten und Schlafdauern eines Individuums und den daraus resultierenden Schlafdruck. Der Prozess der „zirkadianen Rhythmik“ ist von besonderer Bedeutung, hierzu zählt man den Körpertemperaturverlauf, den Cortison-Spiegel sowie Elektrolytausscheidung. Der „ultradiane Prozess“ (z.B. Atmung und Herzfrequenz) und der „infradiane Prozess“ (z.B. Menstruationszyklus) beeinflussen ebenfalls die Organisation des Schlafrhythmus (Schmidt et al., 2000).

Borbély entwickelte 1984 sein Schlafregulationsmodell in Form der 2-Prozess-Hypothese. Er benannte zwei Abläufe, die entscheidend an der Schlafregulation beteiligt sind. Zum einen handelt es sich um den homöostatischen Prozess, der für die Zunahme des regenerativen Schlafdrucks im Wachen und für die Reduktion im Schlaf verantwortlich ist. Zum anderen wird davon der zirkadiane Prozess unterschieden, der unabhängig vom vorherigen Wachzustand ist und Einfluss auf Wechseln der Phasen mit hoher und niedriger Schlafneigung hat.

Auf neurophysiologischer Ebene kommt es zur Sekretion von Neurotransmittern und Hormonen, die alle miteinander zum Teil parallel auf den Organismus wirken. Die dopaminergen, serotonergen, adrenergen, glutamatergen, GABAergen und cholinergen Neurone besitzen ein einzigartiges Zusammenspiel und sind essenziell für den ultradianen Rhythmus.

Der zirkadiane Rhythmus wird vom „Nukleolus suprachiasmaticus“ (SCN) koordiniert, dieser sorgt für eine geregelte Steuerung der ablaufenden Prozesse und bekommt Afferenzen von der Retina des Auges. Die bei dieser Steuerung ausgeschütteten Neurotransmitter vasoaktives intestinales Peptid (VIP), Neuropeptid Y und das Vasopressin sind u. a. von Bedeutung bei der Koordination des Schlafrhythmus. Der endogene Rhythmus des SCN beträgt an die 25 Stunden, wird aber durch externe Faktoren und Stimuli auf 24 Stunden synchronisiert.

Das Hormon Melatonin wird in der Nacht bzw. bei Dunkelheit u. a. in der Epiphyse cerebri gebildet. Der Nukleus suprachiasmaticus steuert über Vasopressin die Sekretion

mit einem Peak gegen 4.00 Uhr morgens. Dieses Hormon verkürzt die Einschlaflatenz sowie die Latenz des Stadiums S2 (Clarenbach, 1998).

Ein weiterer wichtiger Botenstoff ist das Serotonin, welches zentrale und periphere Wirkungen hat. Als Neurotransmitter vor allem in den Raphe-Kernen, welche mit dem Nukleus suprachiasmaticus verbunden sind, ist es im Wachzustand aktiv. Die Serumkonzentration korrelierte in einer Studie mit der Ausprägung der Schlafphase S3 (Stuck et al., 2009).

Ein weiterer Stoff ist das Nukleosid Adenosin, welches im Hypothalamus durch den Neurotransmitter GABA hemmend auf das Wachzentrum wirkt und somit den Schlafdruck aufbaut. In einer Tierstudie an Ratten konnte gezeigt werden, dass intensive physische Belastung zu einer Erhöhung der Konzentration von Adenosin führt (Dworak et al., 2007).

Die Freisetzung des Wachstumshormons (Growth Hormon) hat seinen Peak zu Schlafbeginn. Der Hypothalamus steuert die Sekretion über das GHRH (Growth Hormon Releasing Hormon) in der Adenohypophyse. In der zweiten Nachhälfte sinkt die Konzentration ab. Das Hormon Leptin wird während des Schlafens von Fettzellen produziert und wirkt als Appetitzügler, während die Konzentration seines Gegenspielers dem Ghrelin abnimmt. Auch das Kortisol unterliegt der zirkadianen Rhythmik mit einem Abfall in der Nacht und einem Anstieg in den Morgenstunden (Maurer et al., 2009).

#### **2.1.4 Auswirkungen intensiver sportlicher Aktivität**

In Kontext von Krankheit und Gesundheit findet sich ein primär positiv funktionales Verständnis des Sports. Sportlicher Aktivität werden positive, lebensverlängernde und protektive Effekte zugesprochen (Paluska & Schwenk, 2000; Stoll & Ziemainz, 2012). Dies gilt im Feld der Primär- als auch in der Sekundärprävention gleichermaßen (Paluska & Schwenk, 2000). Gleichfalls wird eine Verbesserung kognitiver Funktionen beschrieben (Hillmann et al., 2008).

Körperliches Training kann bei der Behandlung etwa von Depressionen hilfreich sein, wie u.a. in einer großen australischen Längsschnittstudie mit mehr als 22.000 Teilnehmer belegt wurde. Personen, die sich nicht sportlich betätigten, hatten ein über 40 Prozent erhöhtes Risiko, an einer Depression zu erkranken im Vergleich zu jenen, die pro

Woche mindestens ein bis zwei Stunden körperlich aktiv waren (Harvey et al., 2017; Deady et al., 2017). Hier wird auch die Frage diskutiert, inwieweit eine psychische Erkrankung nicht Wirkung, sondern Ursache fehlender oder nur sehr geringer sportlicher Aktivität ist.

Insbesondere bei Kindern und Jugendlichen ist Bewegung ein entscheidender Faktor zur gesunden Entwicklung. Die psychosoziale Integration im jeweiligen Altersverband wird durch sportliche Aktivität gestärkt und fördert die individuelle Leistungsfähigkeit (Fricke, 2013).

Subjektiv berichten aktive Sportler von einer Art „innerer Zufriedenheit“, sie fühlen sich nach sportlicher Aktivität meist glücklicher als in Phasen der Ruhe. Hinsichtlich der Veränderungen auf neuronaler bzw. humoraler Ebene spielt die Ausschüttung von Katecholaminen und Endorphinen eine nicht unwesentliche Rolle. Die Stoffwechselprodukte der Katecholamine wie z.B. Dopamin aber auch Beta-Endorphine zirkulieren verstärkt in der Blutbahn und führen zu einer subjektiven Verbesserung der Stimmungslage. Ebenfalls ermöglichen sie starke physische Belastungen auszuhalten, der aufkommende Schmerz kann besser toleriert werden (Weineck, 2000). Sportliche Aktivität führt zu einer Regulationsveränderung im Hippocampus über eine Neurogenese, somit kommt es zu einer Zunahme synaptischer Plastizität (Dishmann et al., 2006; Boecker et al., 2012; Walk, 2011). Körperliche Aktivität fördert die Plastizität des Gehirns und hat somit direkten Einfluss auf die Lernvorgänge, da die zugrunde liegenden Hirnareale besonders aktiviert werden (Kempermann, 2012).

Menschen empfinden den Schlaf subjektiv erholsamer und tiefer, wenn sie sich zuvor intensiv sportlich betätigt haben. 1980 konnte Adam auf diese positive Korrelation von Tiefschlaf und subjektiven Wohlbefinden hinweisen. Der Tiefschlafanteil spielt eine entscheidende Rolle, denn die Ausschüttung von Wachstumshormonen fördert die Regeneration der beanspruchten Muskulatur. Der protektive Charakter des Schlafes fördert das Immunsystem und stärkt die Abwehrkräfte gegen Infektionen oder sonstige schädliche Einflüsse (Roth u. Dijk, 2010; Schuld et al., 2009). Man spricht zutreffender Weise auch von einer „Regenerationsfunktion des Schlafes“.

Die Auswirkungen von sportlicher Aktivität auf den Schlafrhythmus selbst werden in der Literatur zum Teil kontrovers diskutiert. Paxton, Trinder und Montgomery berichteten 1983 von einer unveränderten Schlafmenge nach intensiver sportlicher Leistung. Stuck et al bestätigten 2009 diesen Befund. Demgegenüber fasste Schandry 2006 mehrere

Studien zusammen, die zeigten, dass körperliche Anstrengung die Dauer der Tiefschlafphasen erhöht. In diesen wurde das Schlafverhalten nach einem Marathonlauf untersucht und es stellte sich heraus, dass die Marathonläufer im Durchschnitt eineinhalb Stunden länger schliefen und dass vor allem der Tiefschlafanteil an der Gesamtschlafmenge zunahm.

Die überwiegende Anzahl der durchgeführten Studien belegte eine Veränderung der Schlafarchitektur nach intensiver sportlicher Aktivität (Schandry, 2006). Hinsichtlich dieser Wirkung auf das Schlafverhalten der Probanden bleibt zu berücksichtigen, dass erhebliche Unterschiede in Abhängigkeit von der Art und Weise der sportlichen Belastung gefunden wurden. Ebenfalls ist zu berücksichtigen, zu welcher Uhrzeit die intensive sportliche Aktivität stattfand und welches Leistungsniveau die Probanden aufwiesen. Außerdem spielen das Geschlecht und das Alter eine nicht unwichtige Rolle sowie der Body Mass Index (BMI) als Variablen, die das Schlafverhalten verändern (Stuck et al., 2009).

Shapiro, Bortz und Mitchell stellten schon 1981 die Hypothese auf, dass intensive sportliche Leistung bei Soldaten einen Tiefschlaf fördernden Effekt habe. Ebenfalls untersuchten 1984 Shapiro et al. den Einfluss von extremer körperlicher Belastung in Form eines Weltrekordversuchs im Dauerlaufen auf das Schlafverhalten. Es manifestierte sich ein deutlich erhöhter Tiefschlafanteil in den ersten drei Nächten verbunden mit einer verkürzten Einschlaflatenz. Diese Veränderungen der Schlafarchitektur wurden auf die extremen körperlichen Belastungen zurückgeführt (Shapiro et al., 1984).

Kubitz, et al. (1996) registrierten in vergleichbaren Situationen ebenfalls eine verkürzte Einschlaflatenz sowie eine Abnahme der REM-Zeit bei gleichzeitiger Zunahme des Gesamtschlafes und des SWS-Anteils. Weitere Studien aus dem Jahre 2000 von Driver und Taylor beschrieben gleichermaßen veränderte Schlafmuster nach intensiver sportlicher Aktivität (Driver u. Taylor, 2000).

2010 untersuchten Steinberg et al. dieses Phänomen erneut unter Zuhilfenahme standardisierter Sporteinheiten. Die Probanden mussten zwei Stunden auf einem Fahrradergometer bei 80 Watt mit 60 Umdrehungen pro Minute körperlich aktiv sein. Die Autoren berichteten von einer Veränderung vor allem des ersten Schlafzyklus, so nahm unter diesen Versuchsbedingungen der SWS signifikant zu (Steinberg et al., 2010).

Dworak et al. analysierten erstmals 2008 entsprechende Zusammenhänge und Auswirkungen bei Kindern. Sportliche Aktivität und der darauffolgende Schlaf waren

Gegenstand ihrer Untersuchung. Sie untersuchten die Schlafarchitektur von 11 gesunden Kindern, die drei bis vier Stunden vor dem Einschlafen eine Belastungseinheit von dreißig Minuten zu absolvieren hatten. Die Probanden mussten in der Belastungsphase eine Herzfrequenz von 85 % - 90 % der maximalen Herzfrequenz (220 minus Lebensalter) erreichen. Die Forscher fanden ebenfalls heraus, dass der Tiefschlafanteil im Durchschnitt 3 % höher war nach intensiver körperlicher Belastung als nach der Ruhebedingung. In Bezug auf das Schlafstadium S2 wurde ein geringerer Anteil am Gesamtschlaf in der sportlichen intensiven Belastung gefunden. Auch kam es zu einer Verkürzung der Einschlaflatenz sowie der Latenzen der Schlafstadien S1, S2 und S3. Eine Veränderung in Bezug auf den REM-Schlaf wurde nicht festgestellt. In der nachfolgenden Diskussion gingen die Forscher von sportlich hervorgerufenen Effekten aus, die die homöostatische Schlafregulation beeinflussten.

## **2.2 Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitäts-Störung (ADHS)**

### **2.2.1 Definition und Epidemiologie**

Die Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung ist eine der häufigsten kinder- und jugendpsychiatrischen Krankheitsbilder. Nach dem Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM IV) bilden Unaufmerksamkeit, motorische Unruhe und Impulsivität die Kardinalsymptome der ADHS. Vor dem sechsten Lebensjahr ist nach den S3 Leitlinien eine ADHS nur zu diagnostizieren, wenn bei starker Ausprägung ein Missverhältnis zwischen Entwicklungsalter und Intelligenz besteht. Die Symptomatik muss mindestens über sechs Monate bestehen. Sie geht in der Regel mit Schulproblemen und Alltagsschwierigkeiten einher und hat somit erhebliche gesundheitsökonomische Relevanz (Pelham et al., 2007).

Etwa 50 % - 80 % der erkrankten Kinder zeigen weitere Anzeichen für psychische Störungen im Sinne einer Komorbidität. Bereits Biedermann et al. wiesen 1991 auf diesen Aspekt hin. Nach einer kanadisch-amerikanischen Übersichtsarbeit aus dem Jahr 2010 litten geschätzt 25 - 50 % der Betroffenen an Schlafproblemen (Weiss & Salpekar, 2010). Für den deutschen Sprachraum publizierten Banaschewski et al. (2017) Daten speziell zur Diagnostik sowie zur Therapie.

## 2.2.2 Ätiologie

Hinsichtlich der Ätiologie der ADHS wird in den aktuellen S3 Leitlinien von einer heterogenen Entstehung ausgegangen. Genetische Prädispositionen scheinen den größten Einfluss auf die Ausbildung einer ADHS zu besitzen. Umweltfaktoren, die prä- und postnatal auftreten, können die Auftretenswahrscheinlichkeit erhöhen. Dies gilt für Risikofaktoren wie ungünstige psychosoziale Bedingungen, Nikotin- oder Alkoholkonsum während der Schwangerschaft, niedriges Geburtsgewicht und Frühgeburtlichkeit (Steinhauen, 2010; Banaschewski et al., 2017). Desweitern werden Umwelttoxine (Organophosphate, polychlorierte Biphenyle, Blei) als Risikofaktoren diskutiert.

Neuroanatomische und neurophysiologische Besonderheiten wurden mittels bildgebender Verfahren nachgewiesen. Es zeigte sich, dass erkrankte Personen anatomische Unterschiede aufwiesen im Vergleich zu gesunden Probanden. So ließen sich in der Studie von Brennan & Carsten im Jahr 2008 funktionelle und strukturelle Defizite im Präfrontalen Cortex bei einer ADHS erkrankten Person finden. In diesem Zusammenhang wird von einer „präfrontalen Dysfunktion“ bei den Betroffenen gesprochen (Castellanos & Tannock, 2002; Durston et al., 2007; Brennan & Arnsten, 2008). In einer MRT-Studie, die 2009 Shaw et al. durchführten, wurden ebenfalls anatomische Auffälligkeiten entdeckt. Kinder mit einer ADHS wiesen ein Defizit im Frontalbereichs des Hirns auf. Die ADHS-Kinder hatten eine verminderte kortikale Dicke in dieser frontalen Hirnregion. Shaw et al benutzten den Begriff der „Hypofrontalität“, um dieses Defizit zu beschreiben. Zusätzlich war bei den erkrankten Kindern eine Verlangsamung der Hirnreifung im Vergleich zu gesunden Kindern derselben Altersgruppe zu registrieren (Shaw et al., 2009).

## 2.2.3 Therapie

Nach differentialdiagnostischem Ausschluss und Bestätigung der Diagnose sollte die Psychoedukation mit dem Patienten/in sowie den Bezugspersonen erfolgen. Die Planung und Durchführung einer ambulanten kognitiven Verhaltenstherapie bilden die Grundlage in der Behandlung. Zur Optimierung des Behandlungserfolgs ist in jedem Einzelfall eine medikamentöse Unterstützung in Form von einer Methylphenidat-Behandlung zu überprüfen. Sollte der Wirkstoff Methylphenidat nicht die gewünschte Wirkung erzielen, ist eine Umstellung auf Atomoxetin und Amphetamin-Derivate oder auch im dritten Versuch Guanfacin für Kinder zugelassen. Zeitgleich sind pädagogische Unterstützungsangebote in Rücksprache mit der Schule und dem Jugendamt zu wählen. Bei

starken Funktionseinbußen in einem oder mehreren Teilbereichen des täglichen Lebens ist eine teil- bzw. vollstationäre Versorgung der Kinder/Jugendlichen indiziert.

## 2.3 ADHS und Schlaf

Wissenschaftliche Studien, die sich mit der Problematik von Schlafstörungen bei an ADHS erkrankten Patienten befassen, kommen zu nicht einheitlichen Ergebnissen. Sie orientieren sich zumeist an bestimmten objektiven, mittels PSG gemessenen Parameter wie der „Einschlaflatenz“. Wird zusätzlich die Einschlaflatenz subjektiv z.B. mit Hilfe von Fragebögen erfasst, können diese Ergebnisse die objektiv untersuchten Parameter ergänzen (Cortese et al., 2009). Die ersten Studien zeigten, dass die Schlaflatenz bei Kindern mit ADHS im Vergleich zu gesunden Kindern in der Altersgruppe verkürzt war (Haig et al., 1974; Busby u. Zivik, 1985). Eine längere Schlaflatenz wurde von Platon et al. 1990 und von Sheldon et al. 1992 gefunden. Andere Untersuchungen hingegen deckten keine Unterschiede im Schlafverhalten der an ADHS erkrankten Kinder und Gesunden auf (Kaplan et al., 1987; Schlüter et al., 1999).

Greenhill et al. untersuchten 1983 ebenfalls das Schlafverhalten von ADHS Kindern. Sie fanden heraus, dass es weder Unterschiede in der Einschlaflatenz noch in der Gesamtschlafzeit gab, allerdings klagten die ADHS Kinder über Einschlafprobleme, nächtliches Erwachen und eine vermehrte Müdigkeit nach dem Aufstehen. Im Jahr 2006 widmeten sich Cortese et al. dem Thema und fanden in einer Meta-Analyse heraus, dass die an ADHS erkrankten Kinder einen höheren Apnoe/Hypopnoe-Index hatten und der Anteil an nächtlichen Bewegungen prozentual höher war als bei Kindern ohne ADHS.

Andere Studien belegten, dass Kinder mit ADHS Schwierigkeiten haben, morgens zeitig aufzustehen und auch häufiger unter Tagesschläfrigkeit leiden (Gruber et al., 2004; Silvestri et al., 2008; Konfokal et al., 2010). In einer weiteren Studie wurden speziell diese Schlafprobleme, die zu einem Schlafdefizit führen, mit einem Anstieg der Verhaltensprobleme in Verbindung gebracht (Virring et al., 2014).

Studien über die Mikroschlafarchitektur kamen ebenfalls zu nicht einheitlichen, konsistenten Ergebnissen. Rechtschaffen & Kahn (1978) zeigten eine erniedrigte Spindelaktivität im Schlafstadium S2 bei Kindern mit ADHS, wohingegen Kiesow & Surwillo (1987) eine erhöhte Spindeldichte in S2 fanden. Prihodova et al (2012) ermittelten keine

Unterschiede in der Mikroschlafarchitektur von Kindern mit und ohne ADHS. Ringli et al (2013) zeigten, dass die Kinder mit ADHS im Tiefschlaf über den zentralen EEG-Ableitungen eine erhöhte SWA als die Kontrollgruppe und über den frontalen eine geringere SWA aufwiesen. Die Studie von Miano et al. 2019 wies eine höhere Delta-Power über den zentro-parietalen Regionen bei Kindern mit ADHS nach. Eine Studie aus dem Jahr 2005 von Philipsen et al. befasste sich mit dem Schlaf von Erwachsenen, die an ADHS erkrankt waren. Es zeigten sich vermehrt nächtliche Bewegungen, aber keine Unterschiede in der Mikroschlafarchitektur. Die Delta- und Subdelta-Power sind messbare Größen, die unter realen Bedingungen sowohl bei gesunden als auch bei Kindern mit einer ADHS auftreten.

Eine differenzierte Gegenüberstellung von Studienergebnissen sowohl auf Basis subjektiver wie auch objektiver Untersuchungsmethoden findet sich in der Dissertation von Satorius (2006). Deren Studienresultate widersprechen sich zum Teil nicht unerheblich. Als mögliche Gründe für diese Differenzen speziell bei polysomnographischen Untersuchungen werden die meist nur geringe Stichprobengröße, das große Altersspektrum der beobachteten Patienten und die zum Teil nicht dokumentierten Angaben zur Medikation genannt.

### 3. Ableitung der Fragestellung

Zahlreiche Schlafuntersuchungen bei Kindern mit ADHS kommen zu nicht einheitlichen Ergebnissen insbesondere in Bezug auf die Einschlaflatenz. Weiterhin belegen Studien, dass Sport das Schlafverhalten verändert. Auswirkungen auf objektive wie subjektive Parameter wurden beschrieben. Zusätzlich wurden Effekte nach intensiver sportlicher Aktivität auf die Makro- wie auch Mikroarchitektur des Schlafes festgestellt. Darüber hinaus wurden neuroanatomische Unterschiede zwischen Kindern mit und ohne ADHS gefunden sowie Unterschiede in der SWA. Weiterhin gibt es Veränderungen des Schlafes bzw. der Schlafarchitektur im Laufe der Entwicklung.

Betrachtet man im Speziellen die Studie von Dworak et al. 2008 mit der Annahme, dass sich der Tiefschlafanteil nach intensiver sportlicher Aktivität in der darauffolgenden Nacht erhöht, legen diese Daten nahe, dass durch intensive körperliche Belastung ein höherer regenerativer Schlafdruck entsteht, welcher Auswirkungen auf die Schlafarchitektur mit einer Zunahme der Tiefschlafphasen hat. Die Studie von Ringli et al. (2013) belegte, dass bei Kindern mit einer ADHS die SWA in den frontalen Ableitungen geringer war als bei den Kontrollen, demgegenüber war die SWA über den zentralen Ableitungen erhöht. Die Studie von Shaw et al. 2009 wies eine verminderte kortikale Dicke in der Frontalhirnregion bei Kindern mit einem ADHS nach. Die Studien von Kurth et al. 2010 und Feinberg et al. 2011 belegten, dass der Tiefschlafanteil mit dem Alter abnimmt.

In dieser Arbeit soll der Einfluss einer intensiven körperlichen Belastung bei Kindern mit und ohne ADHS auf die Schlafarchitektur genauer analysiert werden. Aufgrund der beschriebenen Auswirkungen gehen wir davon aus, dass die intensive körperliche Aktivität zu einer Verringerung der Einschlaflatenz führt und auch der Tiefschlafanteil sich in den Nächten nach der körperlichen Belastung erhöht. Wir gehen im speziellen davon aus, dass Sport bei den Kindern mit ADHS eine Erhöhung der Tiefschlafanteile vor allem über den zentralen EEG-Ableitungen bewirkt.

## 4. Methoden

### 4.1 Stichprobe

Die initiale Stichprobe der Patientengruppe bestand anfangs aus 27 möglichen Patienten. Die Teilnehmer wurden vorrangig über Aushänge in den örtlichen Schulen, Sportvereinen und Annoncen in der Lokalpresse rekrutiert. Fünf der Versuchsteilnehmer waren bereits Testperson in einer anderen Studie des ZIP und konnten erneut untersucht werden. Dieses Vorgehen war möglich, da sich die beiden Studien inhaltlich nicht überschnitten und somit keine Lernübertragungseffekte zu erwarten waren.

Anhand einer standardisierten Studienaufklärung wurden der Ablauf des Forschungsprojekts und die Freiwilligkeit der Teilnahme verdeutlicht. Es bestand grundsätzlich die Möglichkeit, aufgrund von privaten, nicht näher anzugebenden Gründen die Studie jederzeit abzubrechen. Die Teilnehmer erhielten eine Aufwandsentschädigung in Form eines 80 Euro City-Park-Gutscheins. Den Erziehungsberechtigten wurde einen Kilometerzuschuss von 0,20 Euro pro Kilometer gewährt. Die Versuchsteilnehmer und deren Erziehungsberechtigten gaben vor Beginn der Studie eine schriftliche Erklärung ab, dass sie einer wissenschaftlichen Auswertung und Veröffentlichung der anonymisierten Ergebnisse zustimmen. Die Durchführung des Forschungsprojekts wurde durch die Ethik-Kommission der Medizinischen Fakultät der CAU-Kiel genehmigt.

#### 4.1.1 Ein- und Ausschlusskriterien

Bei drei der untersuchten Kinder ergaben sich Hinweise auf eine cerebrale Funktionsstörung im Diagnosticum für Cerebralstörung (DCS: Weidlich et al., 2001), sie schieden daher aus. Ein Kind fiel aufgrund seiner überdurchschnittlichen Leistung im Intelligenztest auf und konnte ebenfalls nicht in die Studie aufgenommen werden. Ein potenzieller Versuchsteilnehmer erfüllte nur subklinische Kriterien der ADHS und wurde ebenfalls ausgeschlossen. Weitere zehn Kinder brachen die Studie aus verschiedenen persönlichen Gründen ab. Sie erfüllten vorerst alle Einschlusskriterien, gaben dann aber fehlende Motivation (4), Zeitmangel (4), Heimweh oder Angst (2) im Schlaflabor als Grund ihres Abbruchs an. Insgesamt schieden somit 15 Kinder aus, die initial als mögliche Testpersonen in Frage gekommen wären.

In einem ersten Schritt umfasste die Kontrollgruppe 22 mögliche Versuchsteilnehmer, von denen 12 alle Einschlusskriterien erfüllten. Drei Kinder zeigten in dem klinischen Interview subklinische Symptome einer psychischen Störung, ein weiterer potenzieller Proband hatte Auffälligkeiten im DCS. Im Grundintelligenztest fielen drei Teilnehmer durch eine sehr hohe Intelligenz auf, die oberhalb des für diese Studie definierten Bereichs lagen. Sie konnten somit ebenfalls nicht einbezogen werden, weil dann die Stichprobe nicht mehr vergleichbar gewesen wäre. Weitere 3 Teilnehmer beendeten aus Motivationsgründen die Studie vorzeitig. Somit wurden insgesamt 10 Probanden im Vorfeld der Studie nicht eingeschlossen.

#### **4.1.2 Finale Stichprobe**

Die endgültige Gesamtstichprobe umfasste insgesamt 24 männliche Kinder im Alter von 8;5 – 11;11 Jahren. Bei der Hälfte dieser Teilnehmer wurde ein ADHS nach DSM-IV diagnostiziert.

Das mittlere Alter in der verbliebenen Patientengruppe betrug 10,5 Jahre (SD= 0,7; Range= 9,3 - 11,9), der Intelligenzquotient lag bei MW= 104,1 (SD= 6,8 Range= 88 - 114) und der mittlere Wert im DCS lag bei 53,8 (SD= 22,7; Range= 20 - 86,7). Alle Teilnehmer wiesen gemäß der PDS einen präpubertierenden Status auf (Tanner I). Der Fragebogen umfasste insgesamt vier Items, die sich auf die Entwicklungsmerkmale der beginnenden Pubertät bezogen. Die Daten der finalen Stichprobe sind in Tabelle 1 dargestellt. Alle Kinder erfüllten die sportmedizinischen Voraussetzungen, sie waren ergometrisch belastbar und ausreichend leistungsfähig.

Die Kontrollgruppe bestand aus Kindern, die keinerlei psychologische bzw. psychiatrische Auffälligkeiten aufwiesen. Das mittlere Alter der Kinder dieser Kontrollgruppe betrug 10,2 Jahre (SD= 0,8; Range= 9,1 - 11,9). Der Intelligenzquotient lag im Mittel bei 111,4 (SD= 10,6; Range= 91 - 122) und der mittlere Wert im DCS lag bei M= 50 (SD= 24; Range= 20 - 80). Alle Kinder befanden sich nach dem PDS in einem präpubertierenden Status (Tanner I). Sie wiesen in der weiteren Anamnese keine Besonderheiten auf bezüglich Medikamenteneinnahme, Schlafstörungen (häufiges nächtliches Erwachen, schlafbezogene Atembewegungsstörungen) und psychiatrischen Auffälligkeiten. Dies galt ebenso für die sportmedizinische Untersuchung, nach der alle Teilnehmer als ergometrisch belastbar und ausreichend leistungsfähig eingestuft wurden.

Tabelle 1: Finale Stichprobe

	ADHS M (SD)	Kontrollen M (SD)	ADHS vs. Kon- trollen p-Wert
Alter (Jahre)	10,5 (0,7)	10,2 (0,8)	0,235
IQ	104,1 (6,8)	111,4 (10,6)	0,064
DCS	53,8 (22,7)	50 (24)	0,767
CBCL (gesamt)	64,0 (8,2)	48,4 (6,4)	<0,001
-Sozialer Rückzug	60,3 (7,1)	52,8 (4,3)	0,005
-Körperl. Beschwerden	56,4 (8,3)	56,5 (8,8)	0,981
-Ängstlich-Depressiv	59,6 (8,4)	56,3 (6,2)	0,292
-Soziale Probleme	59,3 (10,1)	51,75 (3,5)	0,023
-Schizoid-Zwanghaft	54,0 (8,9)	53,0 (7,0)	0,763
-Aufmerksamkeitsprob- leme	67,4 (7,7)	51,0 (3,2)	<0,001
	61,5 (9,1)	51,1 (2,1)	0,001
-Dissoziales Verhalten	62,3 (10,1)	50,8 (7,8)	0,001
-Aggressives Verhalten			
SSR	23,4 (3,0)	21,6 (2,4)	0,110
CSHQ	42,3 (2,6)	39,4 (3,3)	0,025

## 4.2 Material

Um zu methodisch gesicherten Aussagen kommen zu können, wurden im Vorfeld die wichtigsten Störfaktoren bzw. Störvariablen mittels geeigneter Kontrollstrategien untersucht und nach Möglichkeit eliminiert.

### 4.2.1 Instrumente zur Überprüfung der Ein- und Ausschlusskriterien

Ein wichtiger Faktor in Bezug auf die Entwicklung und Ausformung cerebraler Prozesse stellt das Geburtsgewicht dar. Ein Geburtsgewicht unter 1500 Gramm führte unwiderruflich zu dem Ausschluss aus der Studie, da hirnstrukturelle Veränderungen bei diesem Gewicht vermehrt auftreten und sich auf die polysomnographischen Erhebungen auswirken können. Die einhergehenden Defizite im Rahmen des niedrigen Geburtsgewichts wirken sich nachweislich negativ auf die Entwicklung aus (Boult, Schieve & Boyle, 2011). Ein weiterer Aspekt, der größtenteils mit einem niedrigen Geburtsgewicht einhergeht, betrifft die Frühgeburtlichkeit. Diese beeinflusst ebenfalls die kognitiv-emotionale Entwicklung, was in der Kindheit zu ADHS ähnlichen Symptomen und somit zu einem falsch positiven diagnostiziertem ADHS führen kann.

Auch die Variablen Geschlecht und der Pubertätsstatus wurden berücksichtigt. So wurden nur männliche präpubertierende Kinder in die Studie eingeschlossen, um mögliche hormonelle Einflüsse auf das Schlafverhalten und die schlafarchitektonischen Veränderungen zu vermeiden. Akute bzw. chronische Erkrankungen sowie eine dauerhafte Medikamenteneinnahme wurden durch ein telefonisches Screening in Form einer Befragung der Eltern ermittelt. Die körperliche Fitness wurde anhand einer speziellen sportmedizinischen Untersuchung überprüft, wie nachfolgend beschrieben wird.

Um den sogenannten First-Night-Effect (Agnew et al., 1966) auszuschließen, kamen alle Versuchsteilnehmer zu einer Eingewöhnungsnacht, in der sie sich in aller Ruhe an die Umgebung, speziell an das Schlafen mit einem EEG vertraut machen konnten. Es ist offensichtlich und auch wissenschaftlich belegt, dass neue und ungewohnte Rahmenbedingungen den natürlichen Schlaf in nicht geringem Maße beeinflussen (Kahn et al., 1996). Des Weiteren wurde darauf geachtet, dass alle Teilnehmer an einem Untersuchungstag keinen Sport außerhalb der Testung machten, um sicherzustellen, dass mögliche Effekte in den Schlafphasen ausschließlich auf die Studieninterventionen zurückzuführen waren.

#### **4.2.1.1 CFT-20R**

Um eine für das Intelligenzniveau homogene Gruppe gewinnen zu können, kam die Kurzform des Grundintelligenztest Skala 2-Revision (CFT-20R) nach Weiß (2006) zur Anwendung. Dieser erste Testteil des CFT-20R umfasste 4 Untertests (Reihenfortsetzen, Klassifikation, Matrizen, Topologien), die ohne Testzeitverlängerung beantwortet werden mussten. Eine überdurchschnittlich hohe sowie unterdurchschnittlich niedrige Intelligenz stellten Ausschlusskriterien dar. Die Cutoff-IQ-Werte wurden mit < 85 und > 130 definiert. Der Intelligenzquotient ist für beide Gruppe oben in Tabelle 1 dargestellt.

#### **4.2.1.2. DCS**

Die Anwendung des DCS (Weidlich et al., 2001) diente der Überprüfung der grundlegenden Gedächtnisleistung. Teilnehmer wurden ausgeschlossen, falls der Prozentrang geringer als 16 war. Die erhobenen Daten sind oben in Tabelle 1 aufgelistet.

#### **4.2.1.3 Sportmedizinische Untersuchung**

Durch die sportmedizinische Untersuchung sollte sichergestellt werden, dass die teilnehmenden Kinder alle gesund waren und ein vergleichbares Leistungsniveau aufwiesen. Sie umfasste die drei Bereiche Anamnese, klinische Untersuchung und weiterführende Diagnostik.

Die Anamnese setzte sich aus der Eigen- und Familienanamnese sowie zusätzlich der Sportanamnese zusammen. In der Eigenanamnese wurden die Meilensteine der früh-kindlichen Entwicklung (motorische Entwicklung, Sprachentwicklung, Sauberkeitserziehung) erfragt, eventuelle Kinderkrankheiten sowie die Schullaufbahn inklusiv sozialer Anamnese. Fragen nach Ernährungsgewohnheiten, dem Impfstatus und der Medikamentenanamnese einschließlich eines möglichen Drogenkonsums wurden gestellt. Die Familienanamnese diente dazu, familiär gehäuft vorkommende Erkrankungen wie z.B. die hypertrophe Kardiomyopathie aber auch unklare Todesfälle in der Familie abzuklären. Die Sportanamnese diente zur Erfassung sportlicher Aktivitäten im Alltag, welcher Sport, wie oft und wie vielbetrieben wurde.

Die klinische Untersuchung gliederte sich in drei Teilbereiche:

Erstens diente eine orientierende orthopädische Untersuchung im Stehen, Gehen und Liegen mit passiver und aktiver Testung der Extremitäten zum Ausschluss möglicher Erkrankungen etwa von Fehlstellungen, anatomische Varianten und Seitendifferenzen.

Zweitens folgte eine neurologische Testung u. a. mit der Kontrolle der Augenmotilität und der Pupillendifferenz. Eine Prüfung der Sensibilität, der Koordination sowie des Gleichgewichts waren weiterhin Teil dieser neurologischen Testung sowie das Auslösen des Bizeps/Trizeps-Sehnen-Reflexes, des Patella-Sehnen-Reflexes und des Achilles-Sehen-Reflexes.

Drittens wurde ein internistischer Untersuchungsbefund erhoben. Die Auskultation und Palpation des Abdomens erfolgten zu Beginn, die Palpation, Perkussion und Auskultation der Lunge wurde anschließend durchgeführt. Das Herz-Kreislauf-System wurde durch Palpation der Pulse in der Leistengegend und den peripheren Pulsen (Arteria radialis und tibialis posterior) überprüft. Eine Blutdruckmessung an beiden Oberarmen folgte. Letztendlich wurde das Herz auskultiert und es wurde eine 12 Kanal Ruhe-EKG geschrieben, um eventuelle Vorschädigungen am Herzen auszuschließen. Im Anschluss kam die Fahrradergometrie zum Einsatz. Diese Belastung erfolgte nach der Leitlinie für die Vorsorgeuntersuchung im Sport der Deutschen Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention aus dem Jahr 2007. Mit Hilfe eines über der Brust befestigten Gurtes wurde die Herzfrequenz ermittelt. Zusätzlich wurde der elektrische Erregungsablauf des Herzens aufgezeichnet, indem spezielle EKG-Saugelektroden an der Brust und den Extremitäten befestigt wurden. Es wurde sichergestellt, dass die Elektroden auch auf nasser Körperoberfläche hafteten. Danach startete die Belastungseinheit.

Hierbei wurden die Kinder mit 50 Watt für drei Minuten belastet, wobei nach jeweils drei weiteren Minuten die Watt-Zahl um 25 Watt so lange gesteigert wurde, bis 85 – 90 % der maximalen Herzrate (HR max. = 220 minus Lebensalter) erreicht wurde (Löllgen et al., 2002). Die erbrachte Leistung wurde in Watt/Kilogramm notiert. Der Untersuchungsraum war so groß, dass die Kinder von allen Seiten, wenn sie auf dem Fahrrad saßen, unmittelbar erreicht werden konnten. Für den Fall einer Komplikation verfügte der Raum über eine Liege zur Lagerung der Testperson sowie einen Notfallkoffer einschließlich Defibrillator.

Die ermittelten Daten wurden pseudonymisiert auf einem externen Rechner gespeichert, der im weiteren Verlauf für die Durchführung der sportlichen Belastung genutzt wurde, so dass alle somatischen Daten verschlüsselt an einem Ort gespeichert wurden. Aufgrund eines Einbruchs in die Klinik, bei dem der Rechner entwendet wurden und einer fehlenden Sicherung auf einer externen Festplatte, sind die erhobenen Daten leider unwiderruflich verloren und können nicht in die Auswertung mit einbezogen werden.

#### **4.2.1.4 Komorbiditäten/ Differentialdiagnosen**

Psychiatrische Auffälligkeiten wurden mit Hilfe eines klinischen Interviews mit dem K-SADS-PL (Delmo et al., 2001) und dem CBCL/4-18 (Döpfner, Schmeck & Berner 1994) diagnostiziert, wobei Kinder mit einem T-Wert  $> 70$  ausgeschlossen wurden. Hier zeigte sich, dass die Kinder mit ADHS auf den Symptomskalen fast immer höher scoren bis auf die Skala „körperliche Beschwerden“ [ADHS:  $M=56,4$ ,  $SD=8,3$ ; Kontrollen:  $M=56,5$ ,  $SD=8,8$ ;  $p=0,981$ ]. Die größte Auffälligkeit zeigte sich auf der Skala „Aufmerksamkeitsprobleme“ [ADHS:  $M=67,4$ ,  $SD=7,7$ ; Kontrollen:  $M=51,0$ ,  $SD=3,2$ ,  $p= <0,001$ ]. Die einzelnen Symptomskalen des CBCL mit den zugehörigen Werten finden sich oben in Tabelle 1. Insgesamt war die Belastung bei den Kindern mit ADHS hoch signifikant [CBCL gesamt: ADHS  $M= 64,0$ ,  $SD= 8,2$ ; Kontrollen:  $M= 48,4$ ,  $SD= 6,4$ ;  $p< 0,001$ ]. Dieser deutliche Unterschied ist u.a. zurückzuführen auf die hohe Signifikanz der externalisierenden Skalen [Externalisierend: ADHS:  $M= 61,4$ ,  $SD= 10,1$ ; Kontrollen:  $M= 43,0$ ,  $SD= 7,7$ ;  $p < 0,001$ ], im Vergleich zu internalisierenden Skalen [Internalisierend: ADHS:  $M= 60,2$ ,  $SD= 8,4$ ; Kontrollen:  $M= 54,1$ ,  $SD= 7,8$ ;  $p= 0,079$ ].

Zur weiteren Stichprobenbeschreibung wurden die Schlafprobleme durch Anwendung des CSHQ-DE 5-10 (Schlarb et al., 2010) und des SSR-DE (Schwerdtle et al., 2010) identifiziert. Beim Fremdbeurteilungsinstrument CSHQ-DE 5-10 beschrieben die Eltern der Kinder mit ADHS [ $M=42,3$   $SD=2,6$ ] eine starke Belastung des Schlafes im Vergleich [ $p= 0,025$ ] zu den Eltern der Kontrollen [ $M=39,4$   $SD=3,3$ ]. Beim Selbstbeurteilungsinstrument SSR-DE zur Beschreibung der Stichprobe zeigte sich, dass die subjektive Belastung der Kinder mit ADHS [ $M=23,4$ ,  $SD=3,0$ ] vergleichbar ausgeprägt war [ $p= 0,110$ ] wie bei den Kontrollen [ $M=21,6$   $SD=2,4$ ]. Die ermittelten Daten inklusive des  $p$ -Werts sind oben in Tabelle 1 aufgeführt.

## **4.2.2 Aufbau und Apparatur**

### **4.2.2.1 Ergometer mit EKG**

In dieser Forschungsarbeit stellte eine definierte sportliche Aktivität eine der zwei Bedingung dar („Sport“). Um von einer reliablen Versuchsbedingung ausgehen zu können, hatte eine Standardisierung zu erfolgen. Das Kinderfahrradergometer „ergoselect 150“ von der Firma Ergoline (Bitz) erwies sich in Bezug auf die Untersuchungsfragestellung als optimal. Es war für Körpergrößen individuell von 120-210 cm einstellbar und für ein Gewicht bis zu 60 kg zugelassen. Die Größeneinstellung konnte am Sattel des Ergometers wie aber auch am Lenker variiert werden. Es entsprach insgesamt der DIN-Norm VDE 0750-238. Am Lenker des Ergometers befand sich eine LCD-Anzeige, auf der die Variablen Herzfrequenz, Blutdruck, Drehzahl sowie die Watt-Zahl angezeigt wurden ([www.ergoline.com/de\\_DE/produkte/sitzergometer/kinderergometer/daten](http://www.ergoline.com/de_DE/produkte/sitzergometer/kinderergometer/daten)).

### **4.2.2.2 Hörspiel**

Das „Hörspiel“ stellte die andere Bedingung. Die Probanden konnten eine Kurzgeschichte aus drei verschiedenen Hörspielserien der bekannten Kinderdetektive Tim, Karl, Klößchen und Gaby (TKKG) auswählen. In diesen TKKG-Geschichten ging es um vier pubertierende Jugendliche, die aufregende Abenteuer als Detektive bestreiten mussten. Die Versuchsteilnehmer hatten dieser spannend formulierten Erzählung über eine Gesamtlänge von 40 Minuten über einen Kopfhörer in einem Sessel liegend zu folgen. Der Versuchsleiter war dazu angehalten, darauf zu achten, dass die Kinder nicht einschliefen, sondern aufmerksam das Hörspiel verfolgten.

### **4.2.2.3 Polysomnographie**

Die Polysomnographie sowohl in der Eingewöhnungsnacht als auch in den beiden Testungen fand stationär im Schlaflabor des ZIP in Kiel statt. Die Versuchsleiter wurden durch einen Schlaflabormediziner und eine medizinisch-technische Assistentin mit der Verkabelung der Kinder und der individuellen Programmierung der Computer geschult. Zur Anwendung kam das funkgesteuerte Aufzeichnungssystem „Somnoscreen plus“ mit der zugehörigen Analysesoftware DOMINO ([www.somnomedics.de](http://www.somnomedics.de)).

Die Kinder wurden nach dem Prinzip des von der Deutschen Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin erarbeiteten Standards für Schlafforschung verkabelt. Zum Einsatz kam ein international empfohlenes Ten-Twenty-System (10-20 System) nach Jasper (1958). Im ersten Schritt wurden die einzelnen Elektrodenpunkte, wie in der Abbildung zu sehen ist, ausgemessen und markiert. Im zweiten Schritt wurden die Punkte auf der Kopfhaut sowie die zusätzlich benötigten Hautpartien mit leichtem Druck mittels auf einer Komresse aufgetragenem Gel gereinigt. Danach folgte unter zur Hilfenahme einer speziellen Elektrodenklebepaste die Befestigung, so dass eine möglichst störungsfreie Ableitung erfolgen war. Die anatomische Lage der einzelnen Elektroden am Kopf ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

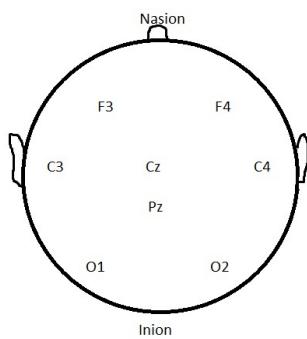


Abbildung 2: EEG-Elektroden (Anatomische Lage der EEG-Elektroden, mod. nach Jasper 1958).

Zusätzlich zu den EEG-Elektroden erhielten die Versuchsteilnehmer noch EOG-Elektroden, die sich höherversetzt links und rechts lateral vom Auge befanden. Die weiterhin benutzten EMG-Elektroden wurden am Kinn auf den Musculus mentalis und unterhalb des Kinns auf den Musculus submentalis geklebt. Weitere Elektroden wurden links und rechts lateral vom Schienbein auf den Musculus tibialis anterior befestigt, um nächtliche Bein-bewegungen detektieren zu konnten. Ein EKG gab Aufschluss über die nächtlichen Herzaktionen der Kinder. Alle Schlafräume wurden videoüberwacht und es war ein spezielles Lautsprechersystem installiert, welches die Kommunikation mit dem Probanden und der Zentrale des Schlaflabors ermöglichte.

In der Eingewöhnungsnacht trugen die Probanden zusätzlich eine Nasenbrille, über die der Atemfluss gemessen wurde. Über spezielle Drucksensoren in dem nasalen Schlauchsystem in Kombination mit einem Brustgurt hätten eventuelle nächtliche Druckschwankungen aufgezeichnet werden können, die unter besonderen Bedingungen zum Ausschluss aus dem Forschungsprojekt hätten führen können, wenn die Diagnose einer schlafbezogenen Atmungsstörung sich bestätigt hätte. Es hätte sich z.B. herausstellen können, dass ein Kind an einem Schlafapnoe-Syndrom litt, das vorher noch nicht diagnostiziert worden war. Nachdem alle Elektroden ordnungsgemäß angebracht waren, wurde mit den Kindern die Bio-Kalibration, beziehungsweise Eichung des Schlafsystems durchgeführt.

Am nächsten Morgen wurden die Kinder um 07:00 Uhr geweckt, im Anschluss folgte die Abnahme der Elektroden bzw. der Verkabelung und die Kinder konnten der morgendlichen Hygiene nachgehen. Danach wurde das Nächtetagebuch ausgefüllt und es wurde gefrühstückt. Gegen ca. 08:30 Uhr wurden die Kinder von einem Elternteil abgeholt, nachdem sie die letzte Gedächtnistestung durchlaufen hatten.

#### 4.3 Prozedur

Der Ablauf der Studie gliederte sich in fünf Hauptabschnitte. Diese beinhalteten ein telefonisches Interview, ein Screening, die Eingewöhnungsnacht und die beiden Untersuchungstage mit der jeweiligen Bedingung Sport oder Hörspiel.

Die beiden Testtage gliederten sich wie folgt:

- |           |   |
|-----------|---|
| 16:00 Uhr | Eintreffen der Probanden im ZIP                         |
| 16:05 Uhr | Gedächtnistests*  |
| 17:00 Uhr | Beginn der Bedingung „Sport/Hörspiel“                   |
| 18:00 Uhr | Abendessen  |
| 18:45 Uhr | Selbstständiges Zähne putzen und Schlafanzug anziehen   |
| 19:00 Uhr | Verkabelung (EEG, EMG, EKG, EOG)                        |
| 20:30 Uhr | Gedächtnistests*  |
| 20:45 Uhr | Beginn der Nachtruhe                                    |
| 07:00 Uhr | Wecken mit anschließendem Ausfüllen des Nächtetagebuchs |
| 07:15 Uhr | Waschen und Frühstück                                   |
| 07:45 Uhr | Gedächtnistests*  |
| 08:30 Uhr | Abholung der Kinder                                     |

\*Gedächtnistests: In dieser Zeit wurden mit den Kindern deklarative und prozedurale Aufgabenblöcke absolviert, die für die vorliegende Studie nicht relevant sind und keinen Einfluss auf Auswertungen hatten.

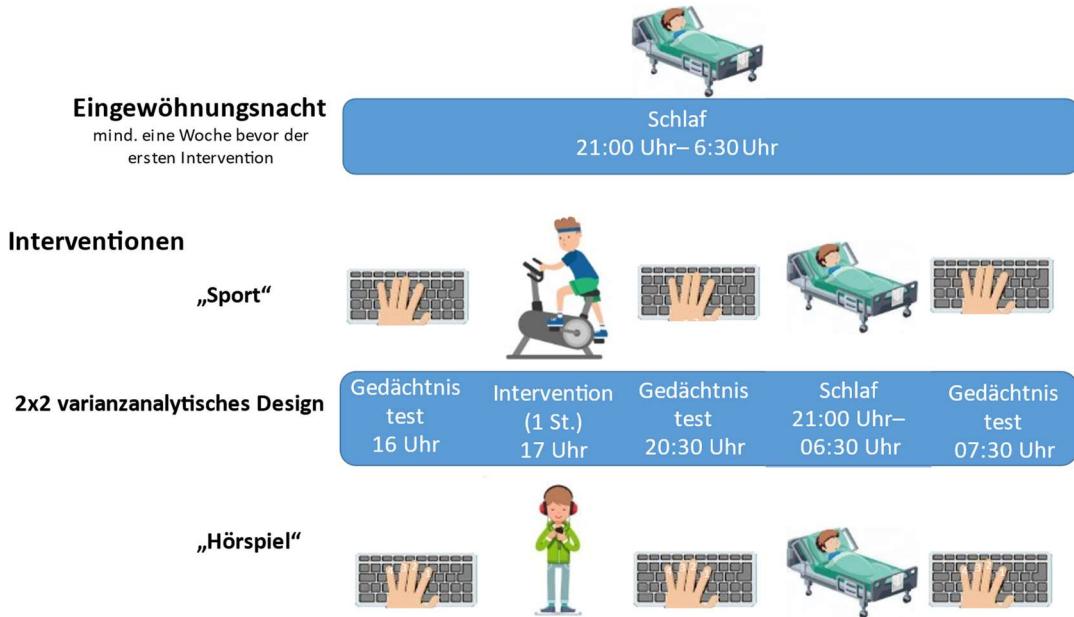


Abbildung 3: Zeitplan der Studie

#### 4.3.1 Screening

Zur ersten Informationsgewinnung wurde einleitend ein telefonisches Vorgespräch anhand einer Checkliste (siehe Anhang) geführt, welches ca. 10 Minuten dauerte. Die Telefoncheckliste beinhaltete standardisierte Fragen zur sozialpsychiatrischen Anamnese. In einem anschließenden Diagnostiktermin wurden die Versuchsteilnehmer in Begleitung ihrer Erziehungsberechtigten mittels der beschriebenen Verfahren untersucht. Dieser Termin erstreckte sich über zwei Stunden.

#### 4.3.2 Sportliche Belastung

Während der sportlichen Belastung fuhren die Kinder auf einem Fahrradergometer. Die Bedingung „Sport“ beinhaltete, dass die Teilnehmer über einen Zeitraum von insgesamt vierzig Minuten belastet wurden. Die maximale Herzfrequenz errechnete sich aus der erwähnten Formel (220 minus Lebensalter). Die durchschnittliche Herzfrequenz durfte während der Belastungsphase nicht unter 180 Schläge pro Minute fallen.

Die vierzig Minuten wurden in vier Abschnitte oder Phasen von je zehn Minuten unterteilt. In jeder dieser zehnminütigen Phase sollten die Kinder bis an ihre Leistungsgrenze

gehen. Hierzu wurde den Teilnehmern auf einem Monitor ein Bild von einem Rennradfahrer gezeigt. Sank die Herzfrequenz unter 180 Schläge pro Minute, wurde diese automatisch Figur rot unterlegt. Zwischen den zehn Minuteneinheiten konnten sich die Kinder entspannen, wobei die Entspannungsphase nicht mehr als 15 Minuten betragen sollte. Während der Belastungszeit stand es den Kindern frei, etwa laute Musik (z.B. Bravo Hits) zu hören, um sich von der Anstrengung besser ablenken bzw. motivieren zu lassen.

#### **4.3.3 Hörspiel**

Die Untersuchung der Bedingung „Hörspiel“ fand in einem separaten Raum statt, der bereits bedingt durch die Einrichtung und die Lage eine insgesamt ruhige Atmosphäre vermittelten sollte. In diesem Raum standen u. a. ein Sessel mit Armlehnen und ein CD-Spieler mit Kopfhörern. Die Kinder waren angehalten, dem TKKG Hörspiel, welches sie aus den drei verschiedenen Folgen ausgewählt hatten, in einem entspannten Zustand 40 Minuten lang zu folgen. Hier war die Aufmerksamkeit des Versuchsleiters darauf gerichtet, dass sich die Testpersonen ausschließlich mit dem Hörspiel befassten und sich nicht ablenken ließen.

#### **4.3.4 Schlaflaboruntersuchung**

In der Eingewöhnungsnacht kamen die Kinder um 19 Uhr in das Schlaflabor des ZIPs. Sie wurden wie oben beschrieben verkabelt und waren um 20:30 Uhr bereit, ins Bett zu gehen. Am nächsten Morgen wurden die Kinder um 6:30 Uhr geweckt, frühstückten und wurden gegen 7 Uhr von einer Person ihres Vertrauens abgeholt. Alle Teilnehmer mussten beide Experimentalbedingungen (Sport/Hörspiel) absolvieren. Dabei entschied der Zufall, mit welcher Bedingung gestartet wurde.

#### 4.4 Kontrolle von Störvariablen

Tabelle 2: Ein- und Ausschlusskriterien *Erläuterungen: CFT 20-R = Grundintelligenztest Skala 2 - Revision; PDS = Pubertal Development Scale; K-SADS-PL = Kiddie-Sads-Present and Lifetime Version; CBCL/4-18 = Child Behavior Checklist; CSHQ-DE 5-10 = Children's Sleep Habits Questionnaire; SSR-DE = Sleep Self Report; DCS = Diagnosticum für Cerebralschädigung*

Stör- und Ausschlussvariablen	Kontrollmaßnahmen/Erfassungsinstrumente
Entwicklungsstörungen	Ausschluss bei < 1500 Gramm Geburtsgewicht
Unterdurchschnittliche Intelligenz vs. Hochbegabung	CFT 20-R; Ausschluss, wenn IQ: < 85 und > 130
Geschlechts spezifische Unterschiede	Keine nur Jungen
Entwicklungsstadium	Präpubertät (modifizierter PDS)
Akute u. o. chronische Erkrankungen, dauerhafte Medikamenteneinnahme mit Auswirkungen auf den Schlaf sowie körperliche Fitness	Telefonisches Screening; Fragebogen (Eltern-Auskunft); Sportmedizinische Untersuchung
Psychiatrische Auffälligkeiten	Ausschluss bei Auffälligkeiten im K-SADS-PL und CBCL/4-18 T-Wert > 70
Schlafprobleme	CSHQ-DE 5-10 und SSR-DE
Gedächtnisstörungen	DCS; Ausschluss, wenn Prozentrang < 16
Interferenzeffekte durch intensiven Sport	Baseline-Erhebung
First Night Effect	Eingewöhnungsnacht

## 4.5 Auswertung

Die EEG-Rohdaten wurden mit Hilfe der Analysesoftware SomnoScreen digitalisiert.

Die Auswertung der einzelnen EEG's erfolgte nach den Standardkriterien nach Rechtschaffen & Kalles durch die medizinisch-technische Assistentin Frau S.Kell.

### 4.5.1 Schlafstadien

Die Einteilung des EEGs erfolgte in Perioden von jeweils 30 Sekunden für die ganze Nacht. Die Gesamtschlafzeit wurde durch die Zeitspanne zwischen dem Zeitpunkt „Licht aus“ und „Licht an“ definiert. Als Einschlaflatenz wurde das Zeitintervall vom Lichtaus-schalten bis zur ersten Phase des Schlafstadiums 2 im ersten Zyklus in Minuten be-stimmt. Die absolute Dauer der einzelnen Schlafstadien und der REM-Schlaf wurden ebenfalls in Minuten dokumentiert, gleiches gilt für den Tiefschlaf.

### 4.5.2 Frequenzanalyse

Nach Einteilung der Schlafstadien wurden die Schlafdaten in den Brain Vision Analyzer importiert und eine genauere Aufteilung des non-REM-Schlafes wurde vorge-nommen. So wurden die einzelnen Schlafphasen S2, S3 und S4 des ersten Zyklus in 10 sec. Episoden unterteilt, um die Slow-Wave-Power zu bestimmen. Hierfür wurde eine EMG-Artefakt Korrektur durchgeführt. In einem weiteren Schritt wurden die Schlafdaten mittels einer Spektralanalyse ausgewertet. Die bereits eingeteilten 10 sec. Intervalle des non-REM-Schlafes wurden extrahiert und mit Hilfe der Fast-Fourier-Transformation (FFT) umgewandelt. Diese Form der Auswertung ermöglicht die visuelle Darstellung einzelner Frequenzbereiche. Die spektralen Leistungen der Delta- sowie Subdelta-Frequenzbänder wurden gemittelt. So beschreibt das Delta-Frequenzband den Anteil der langsamten Deltawellen am EEG-Gesamtignal.

## 4.6 Design

Die Studie basierte auf einem 2x2 faktoriellem Versuchsplan. Der erste Faktor bzw. die erste zweistufige Bedingung beinhaltete die Intervention (Sport vs. Hörspiel), während die zweite zweistufige Bedingung durch die Gruppenzugehörigkeit definiert worden war (ADHS vs. Kontrollen).

Hier in dieser Arbeit stehen speziell ausgewählte Variablen der Schlafarchitektur wie Einschlaflatenz, Dauer des 1. Schlafzyklus sowie der Slow-Wave-Sleep (SWS) und die damit verbundene Delta-Power im Mittelpunkt der Analyse. Diese empirisch aufgezeichneten Messgrößen bilden die Gruppe der abhängigen Variablen (aV).

Zugrunde gelegt wurde ein 2x2 varianzanalytisches Design mit Messwertwiederholungsfaktor.

Tabelle 3: Studiendesign

	ADHS			Kontrollen			ADHS vs. Kontrollen	
	Sport	Hörspiel	Sport vs. Hörspiel	Sport	Hörspiel	Sport vs. Hörspiel	Sport	Hörspiel
aV	M (SD)	M (SD)	p	M (SD)	M (SD)	p	p	p
aV	M (SD)	M (SD)	p	M (SD)	M (SD)	p	p	p

Diese Daten wurden mit Hilfe des Microsoft Programms Excel und des SPSS von IBM sowohl hinsichtlich deskriptiver als auch inferenzstatistischer Kennwerte ausgewertet ([www.ibm.com/software/de/analytics/spss](http://www.ibm.com/software/de/analytics/spss)). In Abhängigkeit von der Fragestellung kam das varianzanalytische statistische Modell ANOVA bzw. der t-Test für abhängige Stichproben zur Anwendung.

#### 4.6.1 Unabhängige Variablen

Die erste unabhängige Intervention bestand daraus, dass die Probanden eine ergometrische Aufgabe erfüllen müssten. Bei dieser sportlichen Anforderung wurden die Kinder viermal über die Dauer von 15 Minuten auf dem Fahrradergometer mit einer in den Aktivitätsphasen definierten Pulsfrequenz von 180 belastet. Zweitens hatten sich die zu untersuchenden Personen ein Hörspiel im Sinne einer motorischen Ruhephase anzuhören. Jeder Proband wurde initial randomisiert den beiden Interventionen zugeordnet.

Diese mussten unter kontrollierten Bedingungen und nach vorheriger Testung zwecks Sicherung interner Reliabilität durchlaufen werden.

#### **4.6.2 Abhängige Variablen**

Empirisch aufgezeichnete Messgrößen bildeten die Gruppe der abhängigen Variablen. Diese abhängigen Variablen beinhalten ausgewählte Parameter der Makroschlafarchitektur bzw. der Mikroschlafarchitektur wie die Einschlaflatenz, die Dauer des 1. Schlafzyklus sowie der Slow-Wave-Sleep (SWS) und die damit verbundene Delta-Power.

### **4.7 Ableitung statistischer Hypothesen**

Zur Ableitung der Hypothesen wurde das varianzanalytische Design mit dem 2-stufigen Innersubjektfaktoren INTERVENTION (Sport vs. Hörspiel) und den SCHLAFPARAMETERN (Einschlaflatenz, Dauer des 1. Schlafzyklus, SWS) sowie dem Zwischengruppensfaktor GRUPPE (Pat. vs. Kontrollen) gewählt.

#### **4.7.1 Einschlaflatenz**

Es wurde erwartet, dass eine intensive körperliche Aktivität bei Kindern mit einer ADHS zu einer Normalisierung der Einschlaflatenz führt. Speziell wurde vermutet, dass Kinder mit ADHS infolge einer intensiven sportlichen Aktivität einen erhöhten regenerativen Schlafdruck erfahren, der zu einer Verkürzung der Einschlaflatenz auf das Niveau führt, welches bei gesunden Kindern ohne besonderer körperlicher Aktivität zu beobachten ist.

H<sub>1.0</sub>: Es kommt zu keiner Normalisierung der Einschlaflatenz bei Kindern mit ADHS.

H<sub>1.1</sub>: Es kommt zu einer Normalisierung der Einschlaflatenz bei Kindern mit ADHS.

#### **4.7.2 Dauer des ersten Zyklus**

Es wurde erwartet, dass eine intensive körperliche Aktivität bei Kindern mit und ohne ADHS zu einer Verlängerung der Dauer des ersten Schlafzyklus führt.

H 2.0: Es kommt zu keiner Verlängerung des ersten Schlafzyklus in beiden Gruppen.

H 2.1: Es kommt zu einer Verlängerung des ersten Schlafzyklus in beiden Gruppen.

#### **4.7.3 Delta Power im ersten Zyklus**

1. Es wurde erwartet, dass bei Kindern mit ADHS in der Ruhebedingung im ersten Schlafzyklus über den zentralen Ableitungen eine erhöhte Delta-Power und eine verringerte Delta-Power über den frontalen Ableitungen vorliegt, im Vergleich zu den Gesunden.

H 3.0: Kinder mit ADHS zeigen in der Ruhebedingung keine erhöhte Delta-Power über den zentralen Ableitungen sowie keine verringerte über den frontalen Ableitungen im Vergleich zu den Gesunden.

H 3.1: Kinder mit ADHS zeigen in der Ruhebedingung eine erhöhte Delta-Power über den zentralen Ableitungen sowie eine verringerte über den frontalen Ableitungen im Vergleich zu den Gesunden.

2. Es wurde davon ausgegangen, dass sich bei Kindern mit ADHS die Delta-Power nach intensiver sportlicher Aktivität über den frontalen Ableitungen erhöht und der Delta Power bei Gesunden entspricht.

H 4.0: Nach der intensiven sportlichen Belastung kommt es zu keiner Erhöhung der Delta-Power bei den Kindern mit ADHS über den frontalen Ableitungen.

H 4.1: Nach der intensiven sportlichen Belastung kommt es zu einer Erhöhung der Delta-Power bei den Kindern mit ADHS über den frontalen Ableitungen.

## 5. Ergebnisse

### 5.1 Einschlaflatenz

Insgesamt wurden die Daten von 12 Kindern mit ADHS und 12 gesunden Kindern ausgewertet. Ein Teilnehmer aus der Kontrollgruppe wurde nicht in die Analyse miteinbezogen, da dessen Wert für die Einschlaflatenz in der Hörspielbedingung derart verlängert war, dass dies im Sinne eines „Ausreißers“ interpretiert, werden konnte.

Folgende Werte ergaben sich mit Einbeziehung des Ausreißers (Mittelwerte Sport 38,02 min., SD 24,56 min.; Hörspiel 32,22 min., SD 33,92 min.; Ausreißer: Sport 52,03 min, Hörspiel 134,55 min). In der weiteren statistischen Analyse wurde der Ausreißer nicht weiter aufgenommen, da dessen Messergebnis den Mittelwert in der Hörspielbedingung um mehr als neun Minuten verlängerte.

Wie die varianzanalytische Auswertung der Einschlaflatenz ergab, war der Haupteffekt für den Faktor SPORT [ $F(1,21) = 1,1$ ;  $p = 0,290$ ] nicht signifikant. Somit musste die Hypothese verworfen werden, dass die sportliche Intervention zu einer Verkürzung der Einschlaflatenz führen würde.

Hingegen zeigte der Interaktionseffekt „SPORT\*GRUPPE“ einen Trend zur Signifikanz [ $F(1,21) = 3,22$ ,  $p = 0,087$ ].

Wie unten aus Tabelle 4 hervorgeht, wiesen erwartungsgemäß Kinder mit ADHS im Vergleich zu gesunden Kindern in der Ruhebedingung auf deskriptiver Ebene eine längere Einschlaflatenz auf [ADHS:  $M = 25,4$ ,  $SD = 12,6$ ; Kontrollen:  $M = 22,9$ ,  $SD = 14,8$ ]. Die Überprüfung mittels des t-Tests für unabhängige Stichproben ergab jedoch, dass sich die beiden Gruppen nicht signifikant unterschieden [ $t(21) = 0,42$ ,  $p = 0,679$ ].

Entgegen der Annahme schien sich bei gesunden Kindern die Einschlaflatenz nach der sportlichen Aktivität andeutungsweise sogar zu verlängern [Sport:  $M = 36,7$ ,  $SD = 25,3$ ; Hörspiel:  $M = 22,9$ ,  $SD = 14,8$ ;  $t(10) = 1,5$ ;  $p = 0,145$ ]. Die Einschlaflatenz der Kinder mit ADHS in der Sport und Hörspielbedingung unterscheiden sich hingegen nicht [ $t(11) = 0,75$ ,  $p = 0,467$ ].

Ebenfalls entgegen der Hypothese, wie in der Tabelle 4 dargestellt ist, deutet sich nach Sport bei Kontrollen im Vergleich zu Kindern mit ADHS eine längere Einschlaflatenz an [ADHS:  $M=22,0$ ,  $SD=10,3$ ; Kontrollen:  $M=36,7$ ,  $SD=25,3$ ,  $t(21)= 1,77$ ,  $p= 0,091$ ].

Der Haupteffekt für den Faktor GRUPPE wurde nicht signifikant [ $F(1,21)= 1,3$ ;  $p= 0,271$ ].

Tabelle 4: Einschlaflatenz und Dauer Z1 in Minuten (arithmetisches Mittel/Standardabweichung/p-Wert)

	ADHS (n=12)			Kontrollen (n=11)			ADHS vs. Kontrollen	
	Sport M (SD)	Hörspiel M (SD)	Sport vs. Hörspiel p	Sport M (SD)	Hörspiel M (SD)	Sport vs. Hörspiel p	Sport p	Hörspiel p
Einschlaflatenz	22,0 (10,3)	25,4 (12,6)	0,466	36,7 (25,3)	22,9 (25,3)	0,145	0,091	0,679
Dauer Z1	151,6 (44,0)	118,3 (40,8)	0,021	149,6 (43,1)	102,5 (33,4)	0,004	0,924	0,442

## 5.2 Dauer des ersten Schlafzyklus (Z1)

Es wurde erwartet, dass Sport sowohl bei Patienten als auch Gesunden zu einer Verlängerung der Dauer des ersten Schlafzyklus führt. Die statistische Auswertung ergab, dass es nach der Sportbedingung zu einer signifikanten Verlängerung der Dauer des ersten Zyklus bei der Summierung der Gruppen kam [Haupteffekt SPORT:  $F(1,22)= 18,6$ ;  $p< 0,001$ ].

Es zeigten sich jedoch keine Effekte hinsichtlich der Gruppen (Zwischengruppenfaktor „GRUPPE“ [ $F(1,22)= 0,254$ ;  $p= 0,619$ ], Interaktion „SPORT\*GRUPPE“ [ $F(1,22)= 0,55$ ;  $p= 0,468$ ]).

Wie der Tabelle 4 oben zu entnehmen ist, schlafen die Kontroll-Kinder in der Hörspielbedingung im Durchschnitt 102,5 Minuten im ersten Zyklus, nach der sportlichen Belastung stieg die Dauer des ersten Zyklus auf 149,6 Minuten. Der zeitliche Anstieg in der Gruppe war sehr signifikant ( $p= 0,004$ ).

Analog zu den Gesunden verhielten sich die Kinder mit einem ADHS. Sie verbrachten in der Ruhebedingung im Durchschnitt 118,3 Minuten im ersten Schlafzyklus. Nach der Sportbedingung war der erste Zyklus um mehr als 30 Minuten verlängert und betrug im Mittel 151,6 Minuten. Der zeitliche Unterschied war auch hier signifikant ( $p= 0,021$ ).

In einem nächsten Schritt wurden die Gruppen aufgelöst und die Kinder mit ADHS und Kontrollen zusammengefügt, so dass  $n= 24$  Probanden war. In der Sportbedingung zeigte sich ein  $M= 150,6$  Minuten mit einer  $SD= 43,6$  Minuten, im Vergleich zur Hörspielbedingung mit einem  $M= 110,4$  Minuten mit einer  $SD= 38,1$  Minuten. Die Berechnung des  $p$ -Wertes war hoch signifikant ( $p= 0,0001$ ).

In einer Zusatzanalyse wurde überprüft, ob die sportliche Intervention einen Einfluss auf die Dauer der einzelnen Schlafstadien hatte. Hierzu wurde die Dauer der Stadien S2 - S4 in Minuten in einem gemeinsamen varianzanalytischen Design mit den Innersubjekt-Faktoren „SPORT“ und „STADIEN“ (S2-4\*) sowie dem Zwischengruppen-Faktoren GRUPPE analysiert (siehe Tabelle 5).

Betrachtet man den Innersubjekt-Faktor STADIUM in der ANOVA, ließen sich bezüglich der Schlafstadien keine gruppenspezifischen Veränderungen erkennen [Haupteffekt „GRUPPE“  $F(2,44)= 0,028$ ;  $p= 0,972$ ]. Es zeigte sich aber eine Interaktion „SPORT\*STADIUM“ [ $F(2,44)= 13,4$ ;  $p< 0,001$ ]. Um die Interaktion aufzulösen, wurde für jedes Schlafstadium S2, S3 und S4 eine separate ANOVA gerechnet.

Die Auswertung der ANOVA bezogen auf die drei verschiedenen Schlafphasen ergab folgende Werte in der Sportbedingung für S2 [ $F(1,22)= 229$ ;  $p< 0,001$ ], für S3 [ $F(1,22)= 2,1$ ;  $p= 0,162$ ] und für S4 [ $F(1,22)= 0,05$ ;  $p= 0,827$ ].

Tabelle 5: Schlafphasen in Z1 (in Minuten)

Schlaf- stadium	ADHS (n=11)			Kontrollen (n=12)			ADHS vs. Kontrollen	
	Sport M (SD)	Hörspiel M (SD)	Sport vs. Hör- spiel p	Sport M (SD)	Hörspiel M (SD)	Sport vs. Hör- spiel p	Sport p	Hör- spiel p
S2	56,6 (23,3)	32,4 (16,9)	0,007	54,5 (26,0)	32,3 (24,8)	0,005	0,856	0,004
S3	19,2 (03,9)	16,5 (12,3)	0,415	16,5 (06,2)	13,2 (06,4)	0,224	0,258	0,530
S4	51,0 (19,5)	54,9 (18,5)	0,555	54,4 (17,4)	48,9 (13,2)	0,198	0,693	0,250

In einem nächsten Schritt wurden wiederum die Gruppen zusammengefasst. Hier verdeutlichte sich der Effekt der Sportintervention auf die Schlafphase S2 im ersten Schlafzyklus, wie in Abbildung 4 dargestellt ist. Die Kinder verbachteten im Mittel 55,55 Minuten [SD= 23,6 Min.] in dieser Schlafphase in der Sportbedingung, in der Hörspielbedingung schliefen die Kinder im Mittel 32,33 Minuten [SD= 20,3 Min.] in S2. Die zeitliche Zunahme war hoch signifikant ( $p=0,00006$ ). Im Schlafstadium S3 [Sport: M= 17,85, SD= 5,1; Hörspiel: M= 14,04, SD= 9,5] und S4 [Sport: 52,73, SD= 17,75; Hörspiel: M= 51,90, SD= 15,7] zeigten sich hingegen keine Signifikanzen [S3:  $p=0,260$  und S4:  $p=0,793$ ]. Wie aus der Tabelle 5 und Abbildung 4 entnommen werden kann, ist diese Verlängerung des ersten Zyklus primär auf eine zeitliche Zunahme der Schlafphase S2 zurückzuführen.

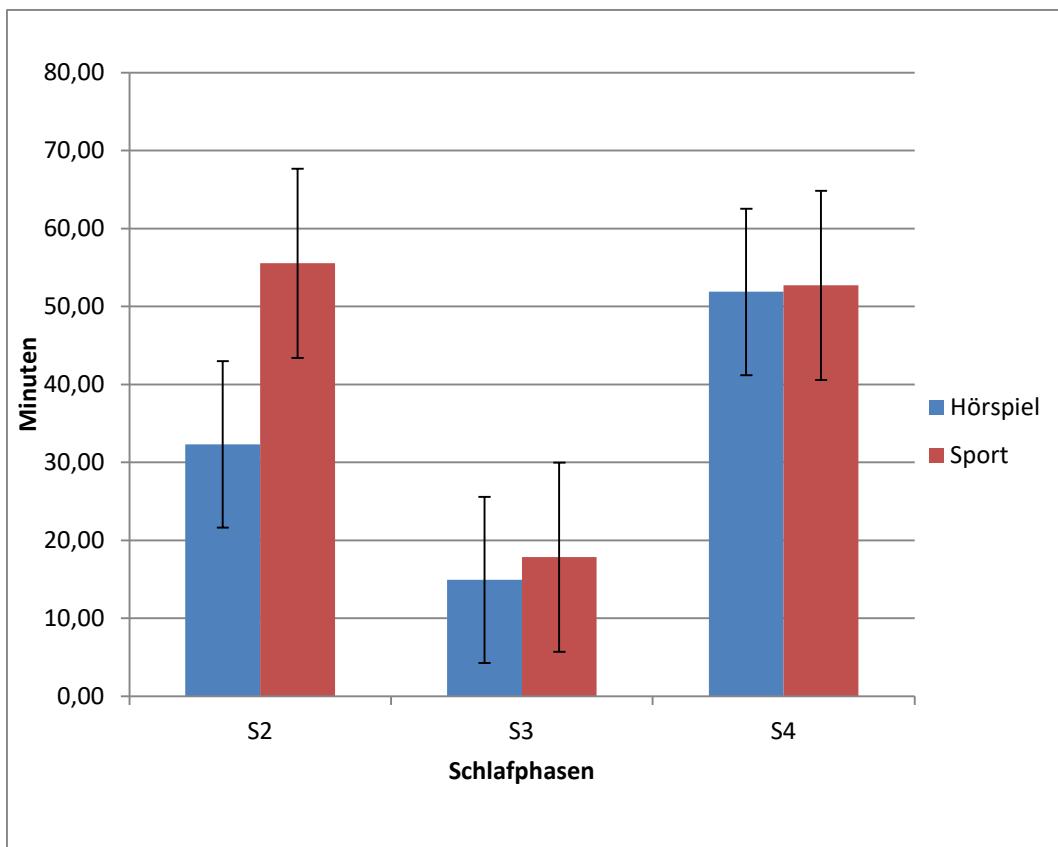


Abbildung 4: Schlafphasen S2-S4 im ersten Zyklus

### 5.3 Delta Power

Es wurde erwartet, dass bei ADHS-Kindern in der Ruhebedingung eine erhöhte Delta-Power im ersten Schlafzyklus über den zentralen Ableitungen gemessen wird. Ein Teilnehmer der ADHS-Gruppe konnte nicht in die Auswertung einbezogen werden, da aufgrund eines technischen Fehlers im betreffenden Zeitraum keine Aufzeichnung erfolgte.

Beide Gruppen wiesen nach varianzanalytischer Auswertung in der Hörspielbedingung eine höhere Power auf als nach der intensiven sportlichen Aktivität [Sport:  $M= 87,2$ ;  $SD= 35,6$ ; Hörspiel:  $M= 96,4$ ,  $SD= 41,7$ ; Haupteffekt „SPORT“:  $F(1,22)= 9,88$ ,  $p= 0,005$ ].

Hinsichtlich der Topographie ließ sich zwar ein signifikanter Haupteffekt aufzeigen [ $F(4,84)= 41,02$ ,  $p< 0,001$ ], jedoch wurde diesem Befund keine inhaltliche Bedeutung zugemessen, da bedingt durch die unterschiedliche Positionierung der Ableitungselektroden derartige Differenzen auftreten müssten (Vergleich frontaler Elektrodenmessung mit Messungen in zentraler Anordnung).

Der Haupteffekt „GRUPPE“ wurde nicht signifikant [ $F(1,21)= 0,57, p= 0,461$ ]. Dies galt gleichfalls für die Analyse der Interaktionen „POSITION\*GRUPPE“ [ $F(1,21)= 0,49, p= 0,493$ ]. Die Interaktionen **SPORT\*GRUPPE** wurde ebenfalls nicht signifikant [ $F(1,21)= 0,24; p= 0,632$ ].

Grundsätzlich kann also festgehalten werden, dass sich Patienten und Kontrollen in ihrer Delta-Power weder in der Sport- noch in der Hörspielbedingung bezüglich der fünf Positionen unterschieden.

Schließlich zeigten sich für die Werte der Interaktionen „SPORT\*POSITION\*GRUPPE“ [ $F(4,21)= 1,51, p= 0,206$ ] keine signifikanten Ergebnisse. Zur weiteren explorativen Überprüfung der Hypothese wurden demzufolge Einzelvergleiche mittels t-Tests berechnet. Wie unten der Tabelle 6 zu entnehmen ist, unterscheiden sich die Werte in der Kontroll-Gruppe im Vergleich beider Bedingungen bezogen auf die frontale Ableitung F4 signifikant ( $p= 0,048$ ). Signifikante Werte wurden für die Kontroll-Gruppe in den zentralen (C3/Cz) Ableitungselektroden gefunden ( $p= 0,014/p= 0,013$ ).

Tabelle 6 gibt Aufschluss über die Power im SWS im ersten Schlafzyklus (S3/S4 1,2-3,9 Hz). Sie beinhaltet die Delta-Power bei den Kontrollkindern und der Patientengruppe jeweils nach der Bedingung Sport und Hörspiel. Unter der Bezeichnung F3 und F4 wurden die beiden frontalen Ableitungselektroden aufgelistet, unter der Kennzeichnung C3, C4 und Cz finden sich die Daten für die Punkte der zentralen Ableitungselektroden.

Tabelle 6: Delta-Power in  $\mu\text{V}^2$  im Z1 S3S4 1,2-3,9 Hz

Position	ADHS (n=11)			Kontrollen (n=12)			ADHS vs. Kontrollen	
	Sport M (SD)	Hörspiel M (SD)	Sport vs. Hörspiel p	Sport M (SD)	Hörspiel M (SD)	Sport vs. Hörspiel p	Sport p	Hörspiel p
F3	60,0 (13,9)	73,0 (24,1)	0,099	72,4 (32,2)	85,3 (38,9)	0,064	0,191	0,214
F4	64,3 (24,8)	79,3 (27,7)	0,084	81,2 (30,0)	93,8 (44,9)	0,048	0,241	0,285
C3	80,0 (23,0)	89,1 (43,8)	0,261	83,0 (33,3)	96,4 (32,4)	0,014	0,669	0,540
Cz	126,5 (31,9)	123,7 (50,1)	0,701	124,0 (42,4)	139,4 (44,9)	0,013	0,928	0,400
C4	86,0 (26,4)	96,6 (41,3)	0,269	94,0 (28,5)	100,9 (28,5)	0,179	0,359	0,560

Um mögliche Effekte der Sportbedingung auf den Tiefschlaf im ersten Zyklus zu identifizieren, wurden in einem nächsten Auswertungsschritt die Daten der Subdelta-Power (0,6-1,1 Hz) im ersten Schlafzyklus analysiert. Wiederum kam das varianzanalytische Modell (ANOVA) zur Anwendung. Die Tabellen sind dieser Vorgehensweise entsprechend geordnet bzw. gelistet. Die Reduktion der zur Analyse verfügbaren Teilnehmer erklärt sich aus dem oben bereits skizzierten technischen Problem.

Der Haupteffekt „SPORT“ war über allen Ableitungspunkten nicht signifikant [ $F(1,20)=0,05$   $p=0,823$ ]. Auch der Haupteffekt „GRUPPE“ war nicht signifikant [ $F(1,20)=1,08$ ,  $p=0,312$ ]. Der Topographie Haupteffekt „POSITION“ [ $F(4,84)=48,00$ ,  $p<0,001$ ] war wie erwartet signifikant und ließ keine inhaltliche Bewertung zu.

Tabelle 7: SubDeltaPower in  $\mu\text{V}^2$  im Z1 S3S4 0,6-1,1 Hz

Position	ADHS (n=11)			Kontrollen (n=11)			ADHS vs. Kontrollen	
	Sport M (SD)	Hörspiel M (SD)	Sport vs. Hörspiel p	Sport M (SD)	Hörspiel M (SD)	Sport vs. Hörspiel p	Sport p	Hörspiel p
F3	238,0 (75,5)	258,5 (81,3)	0,522	241,9 (143,0)	211,3 (66,5)	0,228	0,410	0,423
F4	263,6 (81,4)	282,8 (82,0)	0,597	269,0 (99,7)	246,5 (96,5)	0,25	0,584	0,742
C3	280,9 (53,4)	273,6 (81,4)	0,641	241,3 (88,8)	241,6 (53,0)	0,821	0,589	0,540
Cz	437,0 (65,6)	406,3 (130,3)	0,3	378,7 (99,2)	383,1 (69,0)	0,98	0,298	0,862
C4	303,9 (59,2)	322,6 (115,2)	0,587	289,7 (76,4)	282,4 (76,1)	0,442	0,972	0,773

Wie auch im Falle der Delta-Power war bei der Subdelta-Power der Haupteffekt „SPORT\*POSITION\*GRUPPE“ [ $F(4,80)= 1,82$ ;  $p= 0,134$ ] nicht signifikant. Gleichermäßen wurde auch hier die Interaktion mittels explorativer t-Tests weiter analysiert. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die berechneten p-Werte zwischen 0,228 und 0,987 lagen und nicht signifikant waren.

#### 5.4 Zusammenfassung

Entgegen der aufgestellten Hypothese zeigte sich, dass in Bezug auf die Variable Einschlaflatenz keine Unterschiede empirisch nachgewiesen wurden. Die intensive sportliche Aktivität führte in beiden Gruppen zu keiner Verkürzung der Einschlaflatenz. ADHS-Kinder zeigten eine verlängerte Einschlaflatenz in der Ruhebedingung, die aber nicht signifikant war. Unter der Bedingung „SPORT“ blieb die Einschlaflatenz der ADHS-Gruppe nahezu zeitlich unverändert, wohingegen sich die Einschlaflatenz bei Gesunden unter der Bedingung „SPORT“ verlängerte.

Die Hypothese, dass Sport sowohl bei Vorliegen eines ADHS als auch bei gesunden Kindern die Dauer des ersten Zyklus verlängert, wurde bestätigt. Es traf zu, dass nach der intensiven sportlichen Belastung eine Verlängerung der Dauer des ersten Zyklus in

beiden Gruppen gemessen wurde. Die detaillierte Datenanalyse belegte jedoch, dass dieser Effekt primär auf die Schlafphase S2 zurückzuführen war.

Die statistischen Auswertungen zur Überprüfung der Hypothese widersprachen der Annahme über die Veränderungen der Delta-Power im ersten Zyklus. In der Gruppe der ADHS-Kinder und der Kontrollen wurde unter der Bedingung „HÖRSPIEL“ keine Abnahme der Delta-Power in den frontalen Ableitungen gefunden. Demgegenüber nahm entgegen der Ausgangshypothese die Delta-Power in der Kontroll-Gruppe unter der Bedingung „Sport“ über den zentralen Ableitungselektroden nach der explorativen Auswertung mittels T-Test signifikant ab.

Die Datenauswertung der letzten Hypothese belegte, dass die Effekte des Sports sich nicht nur im Delta-Bereich, sondern auch im SubDelta-Bereich widerspiegeln, ohne dass auch in der explorativen Datenauswertung signifikante Differenzen gefunden wurden.

## **6. Interpretation und Diskussion**

In der vorliegenden Arbeit wurden die Auswirkungen intensiver sportlicher Aktivität auf die Einschlaflatenz, die Dauer des ersten Zyklus und die Schlafphasenanteile im ersten Zyklus bei Kindern mit einem diagnostizierten ADHS und Kindern ohne psychiatrische Auffälligkeiten näher untersucht. Dabei wurde verglichen, welche Auswirkung eine intensive körperliche Belastung am Nachmittag im Vergleich zu einer körperlichen Ruhebedingung (Hörspiel) auf die Schlafparameter hatte. Es wurde angenommen, dass sich die Einschlaflatenz verkürzt und es zu einer Zunahme von Tiefschlafanteilen im ersten Zyklus kommt.

In vielen wissenschaftlichen Publikationen wurde sportlicher Aktivität grundsätzlich eine positive Funktion in Bezug auf die Beeinflussung von Gesundheit und damit zahlreicher körperlicher Funktionen zugeordnet (Hollmann et al., 1994). Speziell bei Kindern wurde ein erhöhter SWS-Anteil durch intensiven Sport von Dworak et al. (2008) beschrieben. Empirisch wurde in diesen Studien belegt, dass eine gezielte körperliche Aktivität entscheidend fördernde Auswirkungen auf wichtige regenerative Prozesse des Schlafs besitzen kann.

In der ersten Hypothese dieser Arbeit wurde untersucht, ob und inwieweit zwischen den Gruppen Unterschiede in Bezug auf das Schlafverhalten auftreten. Aus bisherigen Studien war bekannt, dass es zu unterschiedlichen Ergebnissen in Bezug auf die Einschlaflatenz gekommen ist (Haig et al., 1974; Busby u. Zivik, 1985; Platon et al., 1990; Sheldon et al., 1992; Kaplan et al., 1987; Schlüter et al., 1999).

Es wurde die Hypothese formuliert, dass Kinder mit ADHS in der Ruhebedingung im Vergleich zu gesunden Kindern eine höhere Einschlaflatenz aufweisen. Diese Hypothese musste jedoch verworfen werden: Kinder mit ADHS hatten nach den hier erhobenen Daten keine signifikant erhöhte Einschlaflatenz.

Es wurde weiterhin überprüft, ob es in beiden Gruppen zu einer Verringerung der Einschlaflatenz nach intensiver sportlicher Aktivität kommt. Jedoch musste diese Hypothese auch verworfen werden. Es zeigte sich sogar, dass die Einschlaflatenz nach intensiver sportlicher Aktivität in der ADHS-Gruppe nahezu unverändert blieb, wohingegen sich die Einschlaflatenz in der Kontrollgruppe nach der körperlichen Anstrengung sogar verlängerte. Dieser Widerspruch wirft die Frage auf, warum die Untersuchungsbedingung Sport eher einen negativen Effekt auf die Einschlaflatenz bei den gesunden Kindern besaß.

Zunächst ist es möglich, dass der zeitliche Abstand der intensiven sportlichen Aktivität vor der Nachtruhe zu kurz und/oder die sportliche Einheit zu intensiv war (Driver u. Taylor, 2000). In dieser Studie war der zeitliche Abstand der Sporeinheit zur Nachtruhe retrospektiv relativ kurz (2 Stunden und 45 Minuten), so dass die Kinder schlechter einschlafen konnten. Vor allem die Kinder ohne ADHS hatten die Belastungseinheit noch nicht verarbeitet, da sich deren Einschlaflatenz in der Sportbedingung sogar verlängerte. In der Studie, die Dworak et al. durchführten, waren die Kinder angehalten, drei bis vier Stunden vor der Nachtruhe die Sporeinheit zu absolvieren.

So ist zu diskutieren, in welchem Verhältnis die Variablen „Intensität der Sporeinheit“ und „Bettgehzeit“ zueinanderstehen. Es war naheliegend zu vermuten, dass die Intensität der sportlichen Aktivität zu hoch war im Verhältnis zur Zeitspanne, die benötigt wurde, um einzuschlafen. Die eingangs theoretisch vermuteten positiven Effekte blieben somit aus.

Verschiedene Faktoren könnten für die Ergebnisse dieser Arbeit, die zum Teil von vorliegenden Studienbefunden abweichen, verantwortlich sein. Es könnte von Bedeutung

gewesen sein, dass die Intensität der sportlichen Aktivität für das Leistungsniveau der Kinder grundsätzlich als zu hoch gewählt worden war. Schließlich bleibt zu fragen, ob nicht auch der zeitliche Abstand der Sporeinheit zur Nachtruhe nicht optimal gewählt war.

Im Grundsatz lassen die Daten dieser Studie den Schluss zu, dass Kinder mit ADHS durch die Bedingung „Sport“ einen höheren regenerativen Schlafdruck erfuhren, dies spiegelte sich in der geringen zeitlichen Zunahme der Einschlaflatenz wider.

Es wurde erwartet, dass es in beiden Gruppen zu einer Verlängerung der Dauer des ersten Zyklus nach der intensiven sportlichen Aktivität kommt. In der statistischen Auswertung der Daten bestätigte sich dieser Zusammenhang. Es konnte gezeigt werden, dass die Dauer des ersten Zyklus in beiden Gruppen signifikant stieg. Diese Daten belegten allerdings zunächst nur, dass die intensive sportliche Aktivität einen positiven Effekt auf die Gesamtdauer des ersten Zyklus ausübt.

Der erste Schlafzyklus besteht aus verschiedenen Schlafphasen, so dass dieses Resultat genauer analysiert wurde. In einer vergleichbaren Studie aus dem Jahr 2008 fand Dworak et al., dass speziell die Tiefschlafanteile nach der Sportbedingung zunahmen. Von dort lag es nahe, diesen Teilespekt zu untersuchen, d.h. zu fragen, welche Schlafphasenanteile für die Zunahme der Dauer des ersten Zyklus verantwortlich waren. Im Unterschied zu Dworak et al., der die Tiefschlafphasen S3/S4 als ausschlaggebend identifizierte, zeigte sich in dieser Studie, dass die zeitliche Zunahme des ersten Zyklus primär auf eine Verlängerung der Schlafphase S2 zurückzuführen war.

Möglicherweise lässt sich dieser Unterschied zu einem gewissen Teil durch verschiedene Studienbedingungen erklären. Vorrangig dürfte sein, dass in der Studie von Dworak 2008 eine tragbare ambulante Polysomnographie-Messtechnik zum Einsatz kam. In diesem Falle konnten die Kinder in ihrem gewohnten häuslichen Umfeld verbleiben. Zudem ist zusätzlich festzuhalten, dass die Probanden drei mal zehn Minuten mit einer maximalen Herzfrequenz von 85 - 90 % (220 - Lebensalter) auf dem Fahrradergometer ihre sportliche Leistungsfähigkeit unter Beweis stellen mussten. In der vorliegenden Studie wurde die Intensität durch weitere zehn Minuten auf dem Fahrradergometer erhöht, wodurch eine ausreichende körperliche Belastung sichergestellt werden sollte. Einschränkend ist anzumerken, dass es den Probanden hier gestattet wurde, zwischen den zehnminütigen Belastungsphasen gesonderte Ruhepausen einzulegen. Die

jeweilige Länge einer Pause konnte der Proband selbst bestimmen, allerdings durften zwanzig Minuten nicht überschritten werden.

Es liegt die Vermutung nahe, dass diese Versuchsanordnung wahrscheinlich auch dazu führen konnte, dass nicht wie gewünscht die maximale Leistung ohne Unterbrechung erbracht wurde, sondern dass sich durch definierte Ruhepausen die Leistung verringerte. An diesem Punkt können die beiden Studien somit nicht sinnvoll miteinander verglichen werden. Der genannte Unterschied (Tiefschlafphase versus Schlafphase S2) beinhaltet eine veränderte Mikroschlafarchitektur. Als wichtiges Resultat dieser Studie zeigte sich, dass die Zunahme der Tiefschlafanteile durch den Faktor „Sport“ nicht repliziert werden konnte.

Auch bezogen auf die Variable „Alter“ fanden sich Differenzen. Während in dieser Studie die Kinder im Durchschnitt 10,6 Jahre waren, betrug das Durchschnittsalter der Kinder in der Studie von Dworak 12,6 Jahre. Wiater und Lehmkuhl (2011) konnten u.a. zeigen, dass sich der Schlafdruck im Verlauf der Lebensjahre entscheidend verändert und daher das Alter eine wichtige Einflussgröße darstellt. Erschwert wird ein einfacher Vergleich auch im Hinblick auf den bereits thematisierten Faktor der zeitlichen Differenz der Bettgehzeit.

Nach Auswertungen der Ergebnisse zu der Mikroschlafarchitektur mussten die aufgestellten Hypothesen falsifiziert werden. Es wurde angenommen, dass die Kinder mit ADHS in der Ruhebedingung eine erhöhte Delta-Power über den zentralen Ableitungen und eine verringerte Delta-Power über den frontalen Ableitungen aufweisen. Dies traf jedoch nach statistischer Auswertung der Ergebnisse nicht zu. Vielmehr war unter der Bedingung „Sport“ eine tendenzielle Abnahme der Delta-Power sowohl in der Kontrollgruppe wie auch in der Patientengruppe zu verzeichnen.

Prinzipiell sind alle oben genannten Faktoren zu berücksichtigen, die auch die anderen Schlafparameter beeinflusst haben wie etwa die zeitliche Differenz zwischen der intensiven sportlichen Einheit der Bettgehzeit, die Pausen während der sportlichen Aktivität und das Alter der Probanden. Es ist festzuhalten, dass sich die Unterschiede in der Makro- als auch in der Mikroschlafarchitektur widerspiegeln.

Die formulierte Hypothese auf dem Hintergrund einer erhöhten Delta-Power bei Kindern mit ADHS über den zentralen Gehirnregionen (Miano et al., 2019) ließ sich anhand unserer Daten nicht erhärten. Die Annahme, dass diese Kinder eine geringere Delta-Power

über dem Frontalhirn und im Vergleich dazu eine erhöhte über den zentralen Ableitungen aufweisen (Ringli et al., 2013), wurde nicht bestätigt. Auch der Zusammenhang, dass die Delta-Power nach der sportlichen intensiven Leistung zunimmt (Dworak et al., 2008), wurde durch die statistische Auswertung nicht belegt. Die Kontrollgruppe verhielt sich in ähnlicher Weise und die Delta-Power wurde nach der sportlichen Belastung nicht größer.

An diesem Punkt ist eine weitere Einflussgröße anzuführen, die eine Zunahme der Delta-Power bewirken kann. Es handelt sich hierbei um die Variable „Körpertemperatur“. Dieses Phänomen wurde bereits 1985 von Horne und Reid beschrieben und 2007 von Togo et al. bestätigt. Im Jahr 1990 beobachteten Jorden et al. gleichfalls, dass nach passiver Erhöhung der Körpertemperatur in den ersten 150 Minuten des Schlafes die Delta-Power stieg.

Dass in der vorliegenden Studie ein analoger Effekt auf den Tiefschlaf der Kinder nicht nachzuweisen war, mag auf diesem Hintergrund auch darauf zurückzuführen sein, dass die notwendige Körpertemperatur nicht oder nicht lange genug erreicht wurde. Von Bedeutung dürfte hierbei sein, dass die Kinder das Pausenintervall individuell gestalten konnten. Es ist anzunehmen, dass die Körpertemperatur dadurch relativ absank und nicht über die Zeit der Belastungseinheit auf einem konstanten Niveau blieb. Eine in den Ruhephasen zukünftige liegende Messung der Körpertemperatur könnte zusätzliche Informationen liefern.

Da die Intensität der Delta-Power sich durch die beiden Faktoren „Sport“ und „Hörspiel“ nicht wie den theoretischen Annahmen folgend in der Delta-Mikroschlafarchitektur veränderte, lag es nahe, eine weitere Differenzierung vorzunehmen und den Bereich der SubDelta-Power zu analysieren. Die analog berechneten Daten zeigten erstaunlicherweise das Ergebnis, dass sich die postulierten Veränderungen zwar nicht signifikant, jedoch zu einem großen Teil tendenziell deskriptiv belegen ließen. Die Auswirkungen intensiver sportlicher Aktivität in diesem speziellen Analysebereich der SubDelta-Power stützten die eingangs formulierten Annahmen und waren somit insgesamt hypothesenkonformer. Konkret bedeutete dies, dass die SubDelta-Power in der Bedingung „Sport“ höher war als unter der Bedingung „Hörspiel“.

An dieser Stelle sei verkürzt auch auf die Frage eingegangen, welche Voraussetzungen erfüllt sein müssen, um eine möglichst praxisrelevante und zugleich methodisch abgesicherte Definition der Bedingung „SPORT“ erarbeiten zu können. Diese Definition sollte

auch so gewählt werden, dass eine Vergleichbarkeit mit bereits vorliegenden Studien aus diesem Untersuchungsfeld ermöglicht wird.

In unserer Studie wurden die Kreislaufparameter Blutdruck und Pulsfrequenz in Ruhe und während der Belastung gemessen. Wie oben beschrieben, sind diese pseudonymisierten Daten jedoch aufgrund eines Diebstahls des Computers leider nicht mehr auszuwerten. Um noch präzisere Aussagen zum Leistungsniveau der Kinder machen zu können, könnte in Zukunft die Variable „Erholungspulssumme“ als Vergleichskriterium herangezogen werden.

Methodisch genauer, jedoch mit einem relativ hohen zeitlichen, apparativen und damit auch finanziellen Aufwand verbunden wäre es, wenn man die in der sport-medizinischen Leistungsdiagnostik übliche Laktatmessung durchführen würde. Weitere mögliche Messgrößen betreffen etwa die maximale Sauerstoffaufnahme und die „ventilatorisch anaerobe Schwelle“ (Hebestreit et al., 2002). Es wäre denkbar, für jeden Probanden spezielle Messungen vorzunehmen, um auf dieser Basis die Gruppen parallelisieren bzw. vergleichen zu können. Prinzipiell bestünde das Ziel einer derartigen Strategie darin, mittels eines reliablen, validen chemisch-physikalischen Messverfahrens sicherzustellen, dass alle Probanden eine annähernd gleiche körperliche Leistungsfähigkeit besitzen.

Dieser Aspekt dürfte nicht unwichtig sein, als auch in der Publikation von Huang et al. (2014) beschrieben wurde, dass regelmäßige körperliche Ertüchtigung das EEG-Muster verändert. Die Autoren untersuchten über einen Zeitraum von acht Wochen Kinder mit ADHS, wobei eine Gruppe intensiv Sport betrieb, während die Kinder in der Kontrollgruppe keinerlei körperliche Anforderungen erfüllen mussten. Hierbei ergab sich, dass Kinder in der Sportgruppe weniger Theta- und Alpha Aktivität in den frontalen und zentralen Regionen aufwiesen als Kinder der Kontrollgruppe.

Darüber hinaus lassen sich weitere Punkte anführen. Neben dem Umstand, dass die Dauer der Belastung auch an die individuelle Leistungsfähigkeit anzugeleichen ist, müsste die Zeit zwischen den Belastungsphasen einheitlich festgelegt werden. Weiterhin sollte die zeitliche Differenz zum Schlafengehen so gewählt sein, dass ein möglichst langes Intervall zwischen der intensiven sportlichen Aktivität und der Nachtruhe liegt. Zudem könnten sich mögliche Veränderungen der Gesamtschlafdauer ergeben, wenn die Probanden ausschlafen könnten.

Von besonderem Interesse wäre es, auf den im Rahmen der Mikrostruktur des EEGs definierten Ansatzes der „Cyclic alternating pattern“ (CAP) genauer einzugehen und diesen im Sinne eines explorativen Vorgehens auszuwerten (Parrino et al., 2014; 2016 und Miano et al., 2021). Die CAP treten im Rahmen des NREM-Schlafes auf und beinhalten Arousals, die charakterisiert sind durch Sequenzen vorübergehender elektrokortikaler Ereignisse. Hierbei wird eine Phase der Aktivierung (A) und Deaktivierung (B) unterschieden. Ausgehend von der Erstbeschreibung 1985 durch die italienische Arbeitsgruppe um Terazano finden sich nachfolgend zahlreiche Studien, in denen zum einen erwartungsgemäß die Altersabhängigkeit der CAP herausgestellt wird (Parrino et al., 1998). Zum anderen konnten für unterschiedliche Schlafstörungen jeweils charakteristische Formabläufe der CAP nachgewiesen werden (Chouvarda et al., 2012). Dies traf auch für Erkrankungen im Kindesalter zu, die mit einer intellektuellen Leistungsschwäche einhergingen (Bruni et al., 2010). Des Weiteren wurden auch Ähnlichkeiten mit Schlafstrukturen gefunden, wie sie für an ADHS erkrankte Kinder identifiziert worden waren (Miano et al., 2006).

Bruni et al. (2010) formulieren, dass durch das Modell der CAP „ein Fenster in den Schlaf des Kindes geöffnet“ wird („A window into pediatric sleep“). In einer Bewertung durch Parrino et al. (2016) wird sogar davon gesprochen, dass sich durch die Anwendung der CAP-Analytik „neue klinische Perspektiven für Behandlungsstrategien eröffnen“ und dass eine erfolgreichere Sicht auf das neurophysiologische „Brain-Body-Coupling“ im Schlaf möglich wird (Parrino et al., 2016). In diesem Kontext dürfte von besonderem Interesse die aktuelle Studie der Arbeitsgruppe von Miano et al. (2021) sein. In dieser werden die mikrostrukturellen Veränderungen (CAP) in Bezug auf unterschiedliche Schlafstörungen bei Kindern mit ADHS analysiert.

Abschließend bleibt festzuhalten, dass die inhaltliche Bewertung speziell dieses und der zuvor skizzierten einzelnen Punkte allerdings nur innerhalb des eingangs genannten Gesamtprojekts erfolgen kann (Prehn-Kristensen et al., 2011). Daher sei grundsätzlich noch einmal betont, dass in der vorliegenden, explorativen Arbeit nur ein spezieller Aspekt dieses Projektes an der Universität Kiel am Zentrum für Integrative Psychiatrie untersucht wurde. Kernpunkt der Untersuchung bildete eine ausgesuchte, spezielle Fragestellung zur Auswirkung intensiver sportlicher Aktivität auf die Makro- und Mikroschlafarchitektur von Kindern mit und ohne ADHS. Ein möglicher Einfluss der Gedächtnisleistung auf den Schlaf bzw. auf die Schlafarchitektur, wie sie bei deklarativen und

prozeduralen Aufgabenstellungen vorkommen kann, ist durch die exakt gleiche Aufgabenabfolge bei beiden Bedingungen identisch und somit zu vernachlässigen.

Gelingt eine Einbindung dieser und in anderen Forschungsarbeiten des Projekts bereits erzielter Ergebnisse in einen Gesamtkontext, dürfte sich die Perspektive eröffnen, bislang nicht genutzte Therapieoptionen beschreiben und erfolgreich umsetzen zu können. Diese würden über primär pharmakologische und psychotherapeutische Interventionen hinausgehen können. Angesichts der Inzidenz der Erkrankung und des zumeist hohen subjektiven Leidensdrucks sowohl der betroffenen ADHS-Kinder als auch deren Eltern, Angehörigen oder Betreuern dürfte diesen Forschungsresultaten daher eine nicht zu unterschätzende positive Bedeutung zukommen.

## 7. Zusammenfassung

Ausgangspunkt dieser empirischen Arbeit bildete die Frage, welche Auswirkung intensive sportliche Aktivität auf die Makro- und Mikroschlafarchitektur von Kindern mit und ohne ADH-Störung besitzt. Die Untersuchung war Teil eines umfangreichen experimentellen Projekts des SFB 654 in der Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie an der CAU zu Kiel.

Die Studie basierte auf einem 2 x 2 faktoriellen Studiendesign mit Messwertwiederholung. Die Versuchsgruppe bestand aus 12 Kindern, bei denen ein ADHS diagnostiziert worden war, und einer Kontrollgruppe aus 12 Kindern, die psychiatrisch nicht auffällig waren. Alle Probanden mussten eine definierte sportliche Leistung auf einem Fahrradergometer erbringen. An einem anderen Untersuchungstag hatten sie konzentriert einem Hörspiel zu folgen. Jeweils im Anschluss wurden im Schlaflabor umfangreiche polysomongraphische Daten aufgezeichnet. Die wechselseitige Zuordnung zwischen den beiden Bedingungen „HÖRSPIEL“ und „SPORT“ erfolgte ausbalanciert.

Die Ergebnisse belegten, dass intensive sportliche Belastung statistisch zu erkennbaren, allerdings bezüglich der beiden Stichproben zu nicht konsistenten Veränderungen der Mikroschlafarchitektur führte. Intensive sportliche Aktivität bewirkte keine signifikante prozentuale Erhöhung der Tiefschlafanteile. Es kam zwar zu einer Verlängerung des ersten Zyklus Z1 in beiden Gruppen, aber dies beruhte auf einer zeitlichen Zunahme des Schlafstadiums S2. Auch im Delta- und SubDelta-Bereich wurden Effekte beider Bedingungen (Sport/ Hörspiel) gefunden. In Bezug auf die Einschlaflatenz konnten Gruppenunterschiede festgestellt werden. Die Ergebnisse bei Kindern mit ADHS unterschieden sich nicht während der zwei Interventionen. Entgegen der Annahme verlängerte sich sogar bei den Kontrollen die Einschlaflatenz unter der Sportbedingung.

Die Resultate der Studie entsprechen nur zum Teil den zuvor theoretisch abgeleiteten Hypothesen. Verschiedene Faktoren wurden beschrieben, die für die fehlende Übereinstimmung mit bereits publizierten Forschungsergebnissen verantwortlich sein könnten. Abschließend wurden Strategien diskutiert, die geeignet sind, um weiterführende Studien zur Thematik der positiven Funktion sportlicher Aktivität speziell für Kinder konzipieren zu können, die an einem ADHS leiden.

## 8. Literatur- und Quellenverzeichnis

- Adam, K. (1980): Sleep as a restorative process and a theory to explain why. *Progress Brain Res*, 53: 289-305.
- ADHS-Zentrum (2014): [www.adhs-zentrum.de/kinder/einschlaf Schwierigkeiten.php](http://www.adhs-zentrum.de/kinder/einschlaf Schwierigkeiten.php). [02.10.2014]
- American Academy of Sleep Medicine (Hrsg.) (2007): Das AASM-Manual zum Scoring von Schlaf und assoziierten Ereignissen: Regeln, Technologie und technische Spezifikationen. Heidelberg: Steinkopff-Verlag.
- American Psychiatric Association (2000): Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders. 4th edition (Text revision): DSM IV-TR. Washington, DC: Am Psych Ass
- Bachmann, C., Philipsen, A., Hoffmann, F. (2017): ADHS in Deutschland: Trends in Diagnose und medikamentösen Therapie. Bundesweite Auswertung von Krankenakten der Jahre 2009-2014 zur ADHS bei Kinder, Jugendlichen und erwachsenen. *Dt Ärztebl* 114: 141-148.
- Bananschewski, T., Becker, K., Döpfner, M., Holtmann, M., Rösler, M. Romanos, M. (2017): Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörungen. *Dt Ärztebl* 114: 149-158.
- Bear, M.F., Connors, B.W., Paradiso, M.A. (2009): Neurowissenschaften. Ein grundlegendes Lehrbuch für Biologie, Medizin und Psychologie. Spektrum Akademischer Verlag. Heidelberg: Springer.
- Beller, S. (2009): Interventionsstudien – Designprinzipien und mögliche Probleme aus methodischer Sicht. Freiburg: PH-Weingarten.
- Bernstein, D.A. & Borkovec, T.D. (2007): Entspannungs-Training: Handbuch der progressiven Muskelentspannung nach Jacobsen. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Biedermann, J., Newcorn, J., Sprich, S. (1991): Comorbidity of Attention Deficit Hyperactivity Disorder With Conduct, Depressive, Anxiety, and Other Disorders. *Am J Psych*, 148: 564-577.
- Biedereman, J. (2005): Attention-deficit/hyperactivity disorders: A selective overview. *Biol Psych*, 57: 1215-1220.
- Boecker, H, Hillmann, C.H., Scheef, L., & Strüder, H.K (2012): Functional Neuroimaging in Exercise and Sports Sc. New York: Springer.
- Borbely, A.A. (1982): A two process of sleep regulation. *Human Neurobio*, 1: 195-204.
- Born, J., Rasch; B., Gais, S. (2006): Sleep to remember, *Neuroscien*, 12: 410-424.

- Born, J., Wilhelm, I., Diekelmann, S. (2008): Sleep in children improves memory performance on declarative but not procedural tasks. *Learning & Memory*, New York: Cold Spring Harbor Laboratory.
- Boult, S.L., Schieve, L.A. & Boyle, C.A. (2011): Bright Weight and Health and Developmental Outcomes in Us Children. 1997-2005. *Mat Child Health J*, 15 (7): 836-844.
- Brennan, A.R., Arnsten, A.F. (2008): Neuronal mechanisms underlying attention deficit hyperactivity disorders: The influence of arousal on the prefrontal cortical function. *ANNALS OF THE NEW YORK ACADEMY OF SCIENCES* 1129: 236-245.
- Carskadon, M. & Dement, W. (2005): Normal human sleep: An overview. In: Kryger, M.H., Roth, T. & Dement, W.C. (ed). *Principles and Practice of Sleep Medicine*. Philadelphia: Elsevier Saunders: 13–23.
- Castellanos, F.X. & Tannock, R. (2002): Neuroscience of attention deficit and hyperactivity disorder: evidence for hypofrontality. *Brain Dev* 27: 544-550.
- Clarenbach, P., Hajak, G., Klotz, U., Koelle, W.P., Lund, R., Rudolf, G.A.E., Rühle, K.H. (1998): *Schering Lexikon Schlafmedizin*. München: MMV Medizin.
- Cortese, S., Faraone, S.V., Konofal, E., Lecendreux, M. (2009): Sleep in children with attention deficit/ hyperactivity disorder: meta-analysis of subjective and objective studies. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 48: 894-908.
- Deady, M., Choi, I., Calvo, R.A.; Glozier, N., Christensen, H., Harvey, S.B. (2017) eHealth intervention for the prevention of depression and anxiety in the general population: A systematic review and meta-analysis. *BMC Psychiatry*, 17: <http://dx.doi.org/10.1186/s12888-017-1473-1>.
- Deutsche Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin (2009): S3-Leitlinie, Nicht erholsamer Schlaf/Schlafstörungen. *Somnologie*, 13: 4-160.
- Deutsche Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin. Schulz, H., Geisler, P., Rodenbeck, A. (Hrsg.) 2017 *Kompendium Schlafmedizin für Ausbildung, Klinik und Praxis*. Hamburg: ecomed.
- Dishman, R.K. et al. (2006): Neuorbiology of Exercise. *Obesity* 14(3):345-56.
- Driver, H.S. & Taylor, S.R. (2000): Exercise and Sleep. *Sleep Med Rev*, 4: 387-402.
- Durston, S. Davidson, M.C., Mulder, M.J., Spicer, J.A., Galvan, A., Tottenham, N., Scheres, A., Castellanos, F.X., van Engeland, H., Casey, B.J. (2007): Neural and behavioral correlates of expectancy violations in attention-deficit hyperactivity disorder. *J Child Psychol Psychol* 48(9): 881-889.

- Dworak, M., Diel, P., Voss, S., Hollmann, W., & Struder, H. K. (2007). Intense exercise increases adenosine concentrations in rat brain: implications for a homeostatic sleep drive. *Neuroscience*, 150(4), 789-795. doi: 10.1016/j.neuroscience.2007.09.062
- Dworak, M., Wiater, A., Alfer, D., Stephan, E., Hollman, W., Srüder, H.K. (2008): Increased slow wave sleep and reduced stage 2 in children depending on exercise intensity. *Sleep Med*, 9(3): 266-272.
- Ergoline - GmbH. (2011). Kinderergometer:  
[http://www.ergoline.com/de\\_DE/produkte/sitzergometer/kinderergometer/daten](http://www.ergoline.com/de_DE/produkte/sitzergometer/kinderergometer/daten)  
[04.11.2014].
- Esposito, M., Carotenuto, M. (2010): Boderline intellectual functioning and sleep: The role of cyclic alternating pattern. *Neurosci Letters*, 485: 89-93.
- Feinberg, I., Campbell, I.G., Darachia, N., Higgins, L.M., Dykan, I.V., Davis, N.M., de Bie, E. (2011): Adolescent changes in homeostatic regulation of EEG activity in the delta and theta frequency bands during NREM sleep. *Sleep*, 34 (1): 83-91.
- Feinberg, I., de Bie, E., Davies, N.M., Campbell, I.G. (2011): Topographic differences in the adolescent maturation of the slow wave EEG during NREM sleep. *Sleep* 34 (3): 325-333.
- Förster, H. Windhaber, J. & Schober, P. (2009): Sport und Wettkampftauglichkeitsuntersuchung im Kindes- und Jugendalter. *Sport- und Präventivmedizin* 39: 15-21.
- Frauenknecht, S. & Lieb, K. (2011): Last minute Psychiatrie. (?) München: Urban & Fischer.
- Fricke, O. (2013): Die Bedeutung von Zusammenhängen zwischen körperlicher Aktivität und psychischer Entwicklung für die Rehabilitation von Kindern und Jugendlichen. Vortrag Bewerbung W"-Stiftungsprofessur für Pädiatrische Psychosomatik und Rehabilitationsmedizin Köln 15.10.2013.
- Gais, S., Albouy, G., Boly, M., Dang-Vu, T.T., Darsaud, A., Deseilles, M., et al. (2007): Sleep transforms the cerebral trace of declarative Memory. *PNAS*. 104: 18778-18783.
- Gaudreau, H., Carrier & J., Montplaisir, H. (2001): Age-related modifications of NREM sleep EEG from childhood to middle age. *J Sleep Res*. 10: 165-72.
- Grobe, T.G., Bitzer, E.M., Schwartz, F.W. (2013): BARMER GEK Arztreport 2013. Schwerpunkt: ADHS. Schriftenreihe zur Gesundheitsanalyse, Band 18. Siegburg: Asgard.
- Gruber, R., Sadeh, A. & Raviv, A. (2000): Instability of Sleep Patterns in Children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *J Am Acad Child & Adoles Psych*, 39(4): 495-501.

- Harvey, S.B., Deady, M., Wang, M.J., Mykletun, A., Butterworth, P., Christensen, H., Mitchell, P.B. (2017): Is the prevalence of mental illness increasing in Australia? Evidence from national health surveys and administrative data 2001-2014. *Med J Australia*, 206: 490-493.
- Hebestreit, H., Ferrari, R., Meyer-Holz, J., Lawrenz, W., Jüngst, B.K., (2002): *Kinder- und Jugendsportmedizin*. Stuttgart: Thieme.
- Hillmann, C.H., Erickson, K.I., Kramer, A.F. (2008): Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature* 9: 58-65.
- Hollmann, W., (1994): The impact of physical activity in preventive and rehabilitative cardiology, *Sb Lek.* 995(2): 75-88.
- Horne, J.A. & Reid, A.J. (1985): Night time sleep EEG changes following body heating in warm a bath. *Electroencephalogram Cli Neurophysiol*, 60 (2): 154-157.
- Huang, C.J., Huang, C.W., Tsai, C.L., Tsai, Y.J., Chang, Y.K. & Hung, T.M. (2014): A Preliminary Examination of Aerobic Exercise Effects of Resting EEG in Children with ADHD. *J Attention Dis*, 1087054714554611.
- Huber, R., Girardi, M.F., Massimini, M. & Tonoi, G. (2004): Local sleep and Learning. *Nature* 430(6995): 78-81.
- Iglowstein, I., Jenni, O.G., Molinari, L. & Largo, R.H. (2003): Sleep duration from infancy to adolescence: reference values and generational trends. *Pediatrics*, 111: 302-307.
- Jordan, J., Montgomery, I. & Trinder, J. (1990): The effect of afternoon body heating on body temperature and slow wave sleep. *Psychophysiology*, 27 (2): 560-566.
- Jasper, H.H. (1958): The ten-twenty electrode system of the International Federation. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 10: 371-375.
- Kahl, K. G., Puls, J.H., Schmid, G., Spiegler, J. (2007): *Praxishandbuch ADHS*. Stuttgart: Thieme.
- Kahn, A., Dan, B., Groswasser, J., Franco, P., Sottiaux, M. (1996): Normal Sleep Architecture in Infants and Children. *J Clin Neurophys*, 13(3): 184-197.
- Kempermann G. (2012): Physical activity and brain function. *Internist (Berlin)*. 2012 Jun;53(6): 698-704.
- Kirov R, Weiss C, Siebner H.R, Born J, Marshall L (2009): Slow oscillation electrical brain stimulation during waking promotes EEG theta activity and memory encoding. *Proc Natl Acad Sci USA* 106(36): 15460-5.
- Kubitz, K.A., Landers, D.M., Petruzzello, S.J., Han, M. (1996): The effects of acute and chronic exercise on sleep, A meta-analytic review. *Sports Medicine*, 21: 277-291.

- Kurth, S., Jenni, O.G., Riedner, B.A., Tononi, G., Carskadon, M.A., Huber, R. (2010): Characteristics of Sleep Slow Waves in Children and Adolescents. *Sleep*, 33 (4), 475-480.
- Kurth, S., Ringli, M., Geiger, A., LeBourgeois, M., Jenni, O. G., & Huber, R. (2010). Mapping of cortical activity in the first two decades of life: a high-density sleep electroencephalogram study. *J Neurosci*, 30(40), 13211-13219. doi: 10.1523/jneurosci.2532-10.2010
- Löllgen, H., Boldt, F., Berbalk, A., Halle, M., Hoffmann, G., Schmidt-Trucksäß, a., Urhausen, A., Völker, K., Zurstegege, M. (2002): Leitlinien zur Belastungsuntersuchung in der Sportmedizin. Deutsche Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention.
- Marshall, L., Helgadottir, H., Mölle, M., Born, J. (2006): Boosting slow oscillations during sleep potentiates memory. *Nature* 444: 610-13.
- Mc Laughlin Crabtree, V. & Williams, N.A. (2009): Normal Sleep in Children and Adolescents. *Child Adol Psychiatric Clinics North America*, 18: 799-811.
- Miano, S., Donfrancesco, O., Bruni, R., Ferri, S., Gaiffa, J., Pagani, E., Montemitro, L., Kheirandish, D., Gozal, M.P., Villa (2006). NREM sleep instability is reduced in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Sleep* 6: 797-803.
- Miano, S., Amato, N., Garbazza, C., Abbafati, M., Foderaro, G., Pezzoli, V., Ramelli, G.P., Manconi, M., (2019) Shooting a high-density electroencephalographic picture on sleep in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Sleep* 42: zsz167
- Miano, S., Castelnovo, A., Bruni, O., Manconi; M., (2021) Sleep microstructure in attention deficit hyperactivity disorder according to the underlying sleep phenotypes. *Journal of Sleep Research*: e13426.
- O'Connor, P.J. & Youngstedt, S.D. (1995): Influence of exercise on human sleep. *Exercise Sports Sc Rev*, 23: 105-134.
- Ohayon MM, Carskadon MA, Guilleminault C, Vitiello MV (2004): Meta-Analysis of Quantitative Sleep Parameters from Childhood to Old Age in Healthy Individuals: Developing Normative Sleep Values Across the Human Lifespan. *Sleep* 27 (7): 1255-73.
- Paluska, S.A. & Schwenk, T.L. (2000): Physical Activity and Mental Health. *Sports Med* 29(3): 167-180.
- Pan, C.Y., Chang, Y.K., Tsai, C.L., Chu, C.H., Cheng, Y.W., Sung, M.C. (2014): Effects of Physical Activity Intervention on Motor Proficiency and Physical Fitness in Children with ADHD: An Exploratory Study. *J Atten Dis* 1087054714533192.
- Paxton, S.J., Trinder, J., Montgomery, I. (1983): Does aerobic fitness affect sleep? *Internat J Psychophys*, 20: 320-324.

- Parrino, L., Boselli, M., Spaggiari, M.C., Smerieri, A., Terzano, M.G. (1998). Cyclic alternating pattern (CAP) in normal sleep: polysomnographic parameters in different age groups. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 107: 439-450.
- Parrino, L., Grassi, A., Milioli, G. (2014). Cyclic alternating pattern in polysomnography: what is it and what does it mean? *Curr Opin Pulm Med* 20: 533-541.
- Parrino, L., Milioli, G., Melpignano, A., Trippi, I. (2016): The Cyclic Alternating Pattern and the Brain-Body-Coupling During Sleep. *Epileptologie* 33: 150-160.
- Pelham, W.E., Foster, E.M., Robb, J.A. (2007): The Economic Impact of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder in Children and Adolescents. *Amb Pediatrics* 7: 121-131.
- Peter, H., Penzel, T., Peter, J.H. (2007): *Enzyklopädie der Schlafmedizin*. Berlin: Springer.
- Prehn-Kristensen, A., Göder, R., Chirobeja, S., Bressmann, I., Ferstl, R., Baving, L. (2009): Sleep in children enhances preferentially emotional declarative but not procedural memories. *J Expo Child Psych* 104: 132-139.
- Prehn-Kristensen, A., Göder, R., Fischer, J., Wilhelm, I., Seeck-Hirschner, M., Aldenhoff, J., Baving, L. (2011a): Reduced sleep-associated consolidation of declarative memory in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Sleep Med*, 12 (7): 672-679.
- Prehn-Kristensen, A., Molzow, I., Munz, M., Wilhelm, I., Müller, K., Freytag, D., Wiesner, C.D., Baving, L. (2011b): Sleep restores daytime deficits in procedural memory in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Res Dev Disabil*, 32 (6): 2480-2488.
- Prehn-Kristensen, A., Munz, M., Molzow, I., Wilhelm, I., Wiesner; C.D., Baving, L. (2013) Sleep promotes consolidation of emotional memory in healthy children but not in children with attention-deficit hyperactivity disorder. *PLoS ONE*. 8:e65098.
- Rechtschaffen, A. & Kales, A. (1968): A manual of standardized terminology, techniques and scoring system for sleep stages of human subjects. Washington/DC: US Government Printing Office.
- Rechtschaffen, A. & Kales, A. (1978): Sleep patterns and sleep spindles in hyperkinetic children. *Sleep Res*, 7: 137.
- Ringli, M., Souissi, S., Kurth, S., Brandeis, D., Jenni, O.G., & Huber, R. (2013). Topography of sleep slow wave activity in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Cortex*, 49(1), 340-347.
- Remschmidt, H. (Hrsg.) (2005). Kinder- und Jugendpsychiatrie, eine praktische Einführung. Stuttgart: Thieme.

Rodenbeck, A. (2017): Die Auswertung von Delta-Wellen im Schlaf. In: DGSM et al. (2017): I-9.3

Roth, T. & Dijk, D.-J. (2010): Slow-wave sleep: beyond insomnia. The importance of slow-wave sleep for your patients. Köln: Wolters Kluwer.

Schandry, R. (2006a): Schlaf und Traum. In: Schandry, R. (Hrsg.), *Biologische Psychologie*: 393-422. Weinheim: Beltz.

Schandry, R. (2006b): Lernen und Gedächtnis. In: Schandry, R. (Hrsg.), *Biologische Psychologie* : 505-533. Weinheim: Beltz.

Schlarb, A.A., Milicevic, V., Scherdtle, B., Nuerk, H.C. (2012): Die Bedeutung von Schlaf und Schlafstörungen für Lernen und Gedächtnis bei Kindern- ein Überblick. Lernen und Lernstörungen, 1(4): 255-280.

Schlüter, B., Buschatz, D., Kahlen, T., Dieffenbach, R., Trowitzsch, E. (1999): Polysomnographie bei aufmerksamkeitsgestörten und hyperaktiven Kindern. Somnologie 3: 140-147.

Schmidt, R.F. (2001): Physiologie Kompakt. Heidelberg: Springer.

Schmidt, R.F, Thewes, G., Lang, F. (2000): Physiologie des Menschen. Berlin: Springer.

Scholle, S., Zwacka, G., Scholle, H.C. (2007): Sleep spindle evolution from infancy to adolescence. Clin Neurophysiol 118: 1525-1531.

Schwerdtle, B., Kanis, J., Kahl, L., Kübler, A., Schlarb, A.A. (2012): Children`s Sleep Comic: development of a new diagnostic tool for children with sleep disorders. Nature Sci Sleep, 4: 97-102.

Shaw; P., Eckstrand, K., Sharp, W., Blumenthal, J., Lerch, J.P., Greenstein, D., Clasen, L., Evans, A., Giedd, J.N., Rapoport, J.L. (2007): Attention-deficit/hyperactivity disorder is characterized by a delay in cortical maturation. Proc Natl Acad Sci USA, 104 (49): 19649-19654.

Shaw, P., Lalonde, F., Lepage, C., Rabin, C., Eckstrand, K., Sarp, W., Greenstein, D., Evans, A., Giedd, J.N., Rapoport, J.L. (2009): Development of cortical asymmetry in typically developing children and its disruption in attention-deficit/hyperactivity disorder. Arch Gen Psychiatry, 66 (8): 888-896.

Shapiro, C. M., Bortz, R., Mitchell, D., (1981): Slow-wave sleep: A recovery period after exercise. Science, 214: 1253-1254.

Shapiro, C.M, Davies, B., Daggett, A., Gatt, J.A., Jakeman, P. (1984): Physiological changes and sleep responses during and following a world record continuous walking record. Br. Sports Med, 18 (3): 173-180.

- Shapiro, C.M., Warren, P.M., Trinder, J., Paxton, S.J., Oswald, I., Flenley, D.C., Catterall, J.R. (1984): Fitness facilitates sleep. *European J Appl Physiol Occup Physiol*, 53 (1): 1-4.
- Silvestri, R., Gagliano, A., Arico, I., Calarese, T. et al. (2009): Sleep disorders in children with ADHD recorded overnight by video-polysomnography. *Sleep medicine*, 10: 1132-1138.
- Somnomedics (2015): [www.somnomedics.de/produkte](http://www.somnomedics.de/produkte) [02.04.2015].
- Soric, M. et al. (2014): Association of objectively assessed sleep and physical activity in 11-year old children. *Ann Hum Biol*, 42 (1): 31-7.
- Steinberg, R., Weiß, H.G., Landwehr, R. (2010): *Schlafmedizin - Grundlagen und Praxis*. Bremen: UNI-MED Science.
- Steinhausen, H.-C. (2009): The heterogeneity of causes and courses of attention-deficit/hyperactivity disorder. *Acta Psychiatr Scand* 120: 392-399.
- Steinhausen, H.-C. (Hrsg.) (2010): *Psychische Störungen bei Kindern und Jugendlichen: Lehrbuch der Kinder- und Jugendpsychiatrie*. München: Elsevier GmbH.
- Stephens, R.J., Chung, S.A., Jovanovic, D., Guerra, R., Stephens, B., Sandor, P., Shapiro, C.M. (2013): Relationship between polysomnographic sleep architecture and behavior in medication-free children with TS, ADHD, TS and ADHD, and controls. *J Dev Behav Pediatr*, 34 (9): 688-696.
- Stoll, O. & Ziemann, H. (2012 a): *Lauftherapie in der praktischen Behandlung von Krebspatienten*. Berlin: Springer.
- Stoll, O. & Ziemann, H. (2012 b): *Laufen psychotherapeutisch nutzen*. Berlin: Springer.
- Stuck, B. A., Maurer, J. T., Schral, M., Weiß, H.-G. (2009): *Praxis der Schlafmedizin*. Berlin: Springer.
- S3 Leitlinien "Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS) im Kindes-, Jugend- und Erwachsenenalters" [https://www.awmf.org/uploads/tx\\_szleitlinien/028-045l\\_S3\\_ADHS\\_2018-06.pdf](https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/028-045l_S3_ADHS_2018-06.pdf)
- Terzano, M.G., Mancia, D., Salati, M.R., Costani, G., Decembrino, A., Parrino, L. (1985). The cyclic alternating pattern as a physiologic component of normal NREM sleep. *Sleep* 8: 137-145.
- Tokushima, A., Pettersson, K.M. Ritters, F., Endokarp, I., Jensen, O. Warts, M. J. et al. (2006): Declarative memory consolidation in humans: A prospective functional magnetic resonance imaging study. *Proc Natl Acad Sci USA* 103: 756-761.

- Togo, F., Aizawl, S., Arai, J., Yoshikawa, S., Ishiwata, T., Shephard, R.J., Aoyagi, Y (2007): Influence on human sleep patterns of lowering and delaying the minimum core body temperature by slow changes in the thermal environment. *Sleep*, 30 (6): 797-802.
- Tononi, G., Cirelli, C. (2006): Sleep function and synaptic homeostasis. *Sleep Med. Reg*, 10 (1): 49-62.
- Weineck, J. (2000): *Sportbiologie*. Balingen: Spitta.
- Weiss, M. & Salpekar, J: (2010): Sleep Problems in the Child with Attention-Deficit Hyperactivity Disorder. *CNS Drugs*, 24(10): 811-828.
- Wilhelm, I., Prehn-Kristensen, A. & Born, J. (2012): Sleep dependent memory consolidation--what can be learnt from children? *Neurosci. Biobehav Rev*, 36 (7):1718-1728.
- Wirtz, M., Nachtigall, C. (1998): *Wahrscheinlichkeitsrechnung und Interferenzstatistik*. Landsberg: Beltz/Juventa.
- Witte, O.W., Hagemann, G., Haueisen, J. (2006): Physiologische Grundlagen des EEG. In: Ebner, A.E. & Deuschle, G. (Hrsg.), *EEG*: .1-9. Stuttgart: Thieme.
- Virgin, A., Lambic, R., Jenna, P.J., Moller, L.R., Thomson, P.H. (2014): Sleep Problems and Daily Functioning in Children with ADHD: An Investigation of the Role of Impairment, ADHD Presentations, and Psychiatric Comorbidity. *Ann Hum Biol* 10: 1-7.
- 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*, 16 (4): 371-388.
- Zang, Y.F., Jin, Z., Weng, X.C., Zhang, L., Zeng, Y. W., Yang, L., Wang, Y. F., Seidman, L. J., Faraone, S. V. (2004): Functional MRI in attention-deficit hyperactivity disorder: evidence for hypofrontality. *Brain & Development* 27: 544-550.

## 9. Anhang

### A Studienaushang

**Bist du richtig fit ?**



**ZIP**  
Zentrum  
für Integrative  
Psychiatrie  
gGmbH

Das Zentrum für Integrative Psychiatrie sucht für eine **Sport- und Schlafstudie** sportliche **Jungs** zwischen **8 und 12 Jahren**. Die Studie besteht aus **einem** Vorbereitungs- und **drei** Untersuchungsteilen.

Wenn Du Interesse hast, daran teilzunehmen und

**dabei 80€ zu verdienen,**

melde Dich doch bei:

Frau Schneckenburger Tel.: **(0431) 9900-2668** Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie und -psychotherapie, Sekretariat  
Forschung



## B Studieninformationen

### Information für Eltern des Patienten – Sport, Computer und Schlaf

*Zentrum für Integrative Psychiatrie - ZIP gGmbH -  
Niemannsweg 147 · D-24105 Kiel  
Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie und -psychotherapie  
Direktorin: Prof. Dr. Dr. Lioba Baving  
Klinik für Psychotherapie und Psychiatrie  
Direktor: Prof. Dr. Josef Aldenhoff  
Ansprechpartner: Manuel Munz, Assistenzarzt  
Tel.: 0431 – 9900 4057*



## **Studie „Einfluss von sportlicher Aktivität auf den Schlaf und die Konzentrationsfähigkeit bei Kindern mit und ohne einer Aufmerksamkeitsdefizit-/ Hyperaktivitätsstörung“**

### **Elterninformation**

Liebe Eltern,

die folgenden Seiten sollen Sie über die so genannte **Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung**, unser Forschungsziel und den geplanten Ablauf der Studie informieren. Bevor Sie sich für eine Teilnahme Ihres Kindes an der Studie entscheiden, lesen Sie sich dieses Informationsblatt bitte gut durch. Falls etwas nicht verständlich sein sollte, fragen Sie bitte noch einmal nach. Diese Information ist für Sie bestimmt, Sie können sie gerne behalten.

#### **Was ist eine Aufmerksamkeitsdefizit-/ Hyperaktivitätsstörung (ADHS)?**

Bei Ihrem Kind wurde eine **ADHS** festgestellt. Diese Krankheit ist durch Aufmerksamkeits- und Konzentrationsstörungen sowie Bewegungsunruhe gekennzeichnet. Oftmals müssen Kinder mit ADHS von Eltern oder anderen Erwachsenen ermahnt werden, sich besser zu konzentrieren oder ruhig zu sitzen. Diese Probleme sind Teil der Erkrankung und bestehen meist schon von klein auf.

## **Ziel der Studie**

Guter Nachtschlaf scheint besonders bei Kindern wichtig für kognitive Leistungsfähigkeit zu sein. Da Kinder mit einer ADHS Auffälligkeiten im Schlaf aufweisen, wird vermutet, dass es bei der ADHS einen Zusammenhang zwischen Schlaf und Verhalten gibt. Kinder machen gerne Sport, und Sport hat einen gewissen Einfluss auf das Schlafverhalten. Die Auswirkungen von Sport auf den Schlaf und das Verhalten bei Kindern mit einer ADHS zu untersuchen, und heraus zu finden, ob diese Auswirkungen positiv sind, ist das Ziel unserer Studie.

## **Was ist ein Schlaf-EEG?**

Hirnaktivität, ob am Tage oder in der Nacht, zieht immer eine geringfügige Veränderung von messbaren elektrischen Potentialen nach sich. Mit Hilfe hochsensibler Messelektroden, welche vorsichtig an der Kopfhaut befestigt werden, können diese elektrischen Signale erfasst werden. Werden nun diese Signale während des Schlafs erfasst, so wird dies als Schlaf-EEG bezeichnet. Eine solche Aufzeichnung findet in der Regel in einem speziellen Labor – einem so genannten Schlaflabor – statt.

## **Was ist Fahrradergometrie und wie läuft die sportliche Anstrengung ab?**

Die Fahrradergometrie ist eine in der Sportmedizin häufig angewendete Methode zur Erfassung der körperlichen Leistungsfähigkeit.

In unserer Studie besteht durch die Fahrradergometrie mit gleichzeitiger Ableitung eines EKGs die Möglichkeit, dass sich alle Teilnehmer vergleichbar körperlich anstrengen. Auf einem Hometrainer wird Ihr Sohn insgesamt viermal für zehn Minuten mit gesteigerter Intensität (Herzfrequenz bis zu 190/min) fahren. Nach der zehnminütigen Anstrengung wird eine individuell nötige Erholungspause eingelegt. Parallel dazu wird ein EKG aufgezeichnet. Blutdruck und Sauerstoffsättigung werden kontinuierlich überwacht.

Bei körperlich gesunden Menschen, insbesondere bei Kindern, sind körperliche Anstrengungen in diesem Intensitätsbereich unbedenklich. Sollte jedoch z.B. Unwohlsein auftreten bzw. sollten sich im EKG Hinweise auf eine zu hohe Belastung zeigen, wird die sportliche Aktivität abgebrochen.

## Wie wird die Untersuchung durchgeführt?

Die gesamte Studie umfasst insgesamt vier Untersuchungsteile.

In einem **ersten Untersuchungsteil** führen wir verschiedene diagnostische Verfahren durch, um herauszufinden, ob Ihr Sohn an unserer Studie teilnehmen kann. Dabei prüfen wir auch die sportliche Leistungsfähigkeit ihres Sohnes mit Hilfe eines Fahrradergometers.

Dieser Termin wird ungefähr drei Stunden dauern und endet mit der Besichtigung unseres Schlaflabors.

Die übrigen **Untersuchungsteile** umfassen drei Nächte und finden **im Schlaflabor** der Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie und -psychotherapie der ZIP gGmbH statt. Zwischen den Nächten soll mindestes je **eine Woche** liegen.

### Zeitlicher Ablauf eines Untersuchungsteils im Schlaflabor

Am ersten der drei Termine im Schlaflabor wird ihr Sohn um 20.00 Uhr im Schlaflabor erwartet. Dort werden die Elektroden angebracht und ihr Sohn soll sich an die Umgebung im Schlaflabor gewöhnen. Beim zweiten Termin schläft er dann schon wie zuhause.

Ihr Sohn wird zum zweiten und dritten Termin jeweils um 16.00 Uhr in der Klinik erwartet. Zunächst bearbeiten wir einige Konzentrationstests an einem Bildschirm. Im Anschluss daran hört Ihr Sohn ein Hörspiel oder er wird sportlich auf dem Fahrradergometer gefordert. Die Reihenfolge für die Untersuchungsnächte wird von uns festgelegt. Nach der von uns vorgegebenen Aktivität macht Ihr Kind eine Pause und kann in Ruhe Abendbrot essen und sich für die Nacht fertig machen. Bevor es schließlich zu Bett geht, werden die Elektroden für die EEG-Ableitung angebracht und es gibt nochmals einige Aufgaben zur Konzentration. Damit sind wir gegen 20.45 fertig, so dass ihr Sohn zu Bett gehen kann. Spätestens um 22.00 Uhr gilt für Ihr Kind dann Nachtruhe.

Am nächsten Morgen wird Ihr Sohn um 6:30 Uhr geweckt. Nach der Morgentoilette und einem Frühstück erwarten ihn noch mal Konzentrationsaufgaben. Danach werden die Elektroden entfernt und Ihr Sohn kann seinen alltäglichen Tätigkeiten nachgehen. Insgesamt dauert die Testung morgens bis spätestens 9:00 Uhr.

## **Was muss Ihr Sohn für die Untersuchung im Schlaflabor mitbringen?**

Bitte achten Sie darauf, dass Ihr Sohn einen Schlafanzug oder Ähnliches, einen Bademantel, ein Handtuch und Waschutensilien mitbringt. Für die sportliche Aktivität sollten geeignete Kleider vorhanden sein.

## **Medikamente**

Da eine medikamentöse Behandlung der ADHS-Symptomatik einen Einfluss auf den Schlaf und Konzentration haben kann, nehmen nur solche Patienten an der Studie teil, welche aktuell keine ADHS-Medikamente einnehmen. Das bedeutet gegebenenfalls, dass das ADHSMedikament mindestens 48 Stunden vor jeder Untersuchungseinheit abgesetzt werden muss.

## **Risiken**

Bei einem EEG bzw. einem Schlaf-EEG werden lediglich die natürlich auftretenden, geringfügigen elektrischen Veränderungen an der Kopfhaut gemessen. Die Ableitung eines EEGs hat **keine Störungen oder Langzeitschäden** der Gesundheit zur Folge. Für eine erfolgreiche Messung der EEG-Signale wird eine Paste verwendet, welche den Kontakt zwischen der Elektrode und der Kopfhaut herstellt. Bei der Verwendung dieser Paste kann es in Ausnahmefällen zu lokalen Hautrötungen kommen. Zusätzliche Risiken durch die Schlaflableitung und die neuropsychologische Testung bestehen nicht.

Die **Fahrradergometrie** gilt bei körperlich gesunden Menschen als eine sehr sichere Methode, Zwischenfälle gelten als äußerst selten. Am Tag der körperlichen Belastung sollte auf ausreichende Ernährung und Flüssigkeitsaufnahme geachtet werden. Die Fahrradergometrie wird unter ärztlicher Kontrolle durchgeführt.

## **Vertraulichkeit der Unterlagen**

Wenn Sie der Teilnahme Ihres Sohnes an der Studie zustimmen, möchten wir Sie bitten, eine Einwilligungserklärung zu unterschreiben. Alle Informationen werden selbstverständlich **streng vertraulich** behandelt. Alle im Rahmen der Studie anfallenden Daten werden nur in **anonymisierter Form** weitergegeben, d.h. ohne Namen, Geburtsdatum und Adresse. Alle Mitarbeitenden unterliegen der Schweigepflicht und der Einhaltung des Datenschutzes. Wenn die Ergebnisse der Studie veröffentlicht werden, ist der Datenschutz in voller Weise gewährleistet.

## **Können Sie Ihre Einwilligung auch zurückziehen?**

Die Teilnahme an der Studie ist freiwillig. Sie oder Ihr Sohn können Ihre Einwilligung zur Teilnahme Ihres Sohnes an der Untersuchung **jederzeit ohne Angabe von Gründen zurücknehmen**. Das Verhältnis zum behandelnden Therapeuten / zur behandelnden Therapeutin Ihres Kindes wird hierdurch nicht beeinflusst.

## **Aufwandsentschädigung**

Für jeden abgeschlossenen Untersuchungsteil erhält Ihr Sohn 10 € in Form eines Einkaufsgutscheins. Nach Abschluss des vierten Untersuchungsteils wird zusätzlich ein „Durchhaltebonus“ in Höhe von 40 € gezahlt – ebenfalls in Form eines Einkaufsgutscheins. Somit ergibt sich nach Abschluss aller Untersuchungsteile für Ihren Sohn eine Aufwandsentschädigung von **insgesamt 80 €**.

## **Versicherungsschutz**

Die Durchführung der Studie fällt unter den Versicherungsschutz der ZIP gGmbH. Vorsorglich wird an dieser Stelle jedoch darauf hingewiesen, dass ein Versicherungsschutz im Rahmen der Teilnahme an dieser Studie nur in solchen Fällen besteht, bei welchen Gesundheitsschäden oder sonstige Beeinträchtigungen auftreten, die auf schulhaftes Fehlverhalten eines Arztes oder seiner Mitarbeiter zurückzuführen sind. Eine Wegeunfallversicherung besteht nicht.

## **Wem können Sie weitere Fragen stellen?**

Herr Manuel Munz, Assistenzarzt, ZIP gGmbH, Tel.: 0431- 9900 4057, ist gern bereit, Ihre Fragen im Zusammenhang mit der Studie zu beantworten, auch jederzeit während des weiteren Studienverlaufs.

**Vielen Dank für Ihre Unterstützung!**

## Information für Eltern des Probanden – Sport, Computer und Schlaf

Zentrum für Integrative Psychiatrie - ZIP gGmbH -  
Niemannsweg 147 · D-24105 Kiel  
Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie und -psychotherapie  
Direktorin: Prof. Dr. Dr. Lioba Baving  
Klinik für Psychotherapie und Psychiatrie  
Direktor: Prof. Dr. Josef Aldenhoff  
Ansprechpartner: Manuel Munz, Assistenzarzt  
Tel.: 0431 - 9900 4057



---

### Studie „Einfluss von sportlicher Aktivität auf den Schlaf und die Konzentrationsfähigkeit bei Kindern mit und ohne einer Aufmerksamkeitsdefizit-/ Hyperaktivitätsstörung“

#### Elterninformation

Liebe Eltern,

die folgenden Seiten sollen Sie über unser Forschungsziel und den geplanten Ablauf der Studie informieren. Bevor Sie sich für eine Teilnahme Ihres Kindes an der Studie entscheiden, lesen Sie sich dieses Informationsblatt bitte gut durch. Falls etwas nicht verständlich sein sollte, fragen Sie bitte noch einmal nach. Diese Information ist für Sie bestimmt, Sie können sie gerne behalten.

#### Ziel der Studie

Guter Nachtschlaf scheint besonders bei Kindern wichtig für kognitive Leistungsfähigkeit zu sein. Da sportliche Aktivität das Schlafverhalten beeinflusst, ist eine Auswirkung auf kognitive Fähigkeiten über das Schlafverhalten denkbar. Auswirkungen von sportlicher Aktivität auf den Schlaf und kognitive Leistungsfähigkeit bei Kindern ohne und mit einer Aufmerksamkeitsdefizits-/ Hyperaktivitätsstörung (ADHS) zu untersuchen, ist Ziel dieser Studie.

### **Was ist ein **Schlaf-EEG**?**

Hirnaktivität, ob am Tage oder in der Nacht, zieht immer eine geringfügige Veränderung von messbaren elektrischen Potentialen nach sich. Mit Hilfe hochsensibler Messelektroden, welche vorsichtig an der Kopfhaut befestigt werden, können diese elektrischen Signale erfasst werden. Werden nun diese Signale während des Schlafs erfasst, so wird dies als **Schlaf-EEG** bezeichnet. Eine solche Aufzeichnung findet in der Regel in einem speziellen Labor – einem so genannten **Schlaflabor** – statt.

### **Was ist Fahrradergometrie und wie läuft die sportliche Anstrengung ab?**

Die Fahrradergometrie ist eine in der Sportmedizin häufig angewendete Methode zur Erfassung der körperlichen Leistungsfähigkeit.

In unserer Studie besteht durch die Fahrradergometrie mit gleichzeitiger Ableitung eines EKGs die Möglichkeit, dass sich alle Teilnehmer vergleichbar körperlich anstrengen. Auf einem Hometrainer wird Ihr Sohn insgesamt viermal für zehn Minuten mit gesteigerter Intensität (Herzfrequenz bis zu 190/min) fahren. Nach der zehnminütigen Anstrengung wird eine individuell nötige Erholungspause eingelegt. Parallel dazu wird ein EKG aufgezeichnet. Blutdruck und Sauerstoffsättigung werden kontinuierlich überwacht.

Bei körperlich gesunden Menschen, insbesondere bei Kindern, sind körperliche Anstrengungen in diesem Intensitätsbereich unbedenklich. Sollte jedoch z.B. Unwohlsein auftreten bzw. sollten sich im EKG Hinweise auf eine zu hohe Belastung zeigen, wird die sportliche Aktivität abgebrochen.

### **Wie wird die Untersuchung durchgeführt?**

Die gesamte Studie umfasst insgesamt vier Untersuchungsteile.

In einem **ersten Untersuchungsteil** führen wir verschiedene diagnostische Verfahren durch, um herauszufinden, ob Ihr Sohn an unserer Studie teilnehmen kann. Dabei prüfen wir auch die sportliche Leistungsfähigkeit ihres Sohnes mit Hilfe eines Fahrradergometers.

Dieser Termin wird ungefähr drei Stunden dauern und endet mit der Besichtigung unseres Schlaflabors.

Die übrigen **Untersuchungsteile** umfassen drei Nächte und finden **im Schlaflabor** der Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie und -psychotherapie der ZIP gGmbH statt. Zwischen den Nächten soll mindestes je **eine Woche** liegen.

### **Zeitlicher Ablauf eines Untersuchungsteils im Schlaflabor**

Am ersten der drei Termine im Schlaflabor wird ihr Sohn um 20.00 Uhr im Schlaflabor erwartet. Dort werden die Elektroden angebracht und ihr Sohn soll sich an die Umgebung im Schlaflabor gewöhnen. Beim zweiten Termin schläft er dann schon wie zuhause.

Ihr Sohn wird zum zweiten und dritten Termin jeweils um 16.00 Uhr in der Klinik erwartet. Zunächst bearbeiten wir einige Konzentrationstests an einem Bildschirm. Im Anschluss daran hört Ihr Sohn ein Hörspiel oder er wird sportlich auf dem Fahrradergometer gefordert. Die Reihenfolge für die Untersuchungsnächte wird von uns festgelegt. Nach der von uns vorgegebenen Aktivität macht Ihr Kind eine Pause und kann in Ruhe Abendbrot essen und sich für die Nacht fertig machen. Bevor es schließlich zu Bett geht, werden die Elektroden für die EEG-Ableitung angebracht und es gibt nochmals einige Aufgaben zur Konzentration. Damit sind wir gegen 20.45 fertig, so dass ihr Sohn zu Bett gehen kann. Spätestens um 22.00 Uhr gilt für Ihr Kind dann Nachtruhe.

Am nächsten Morgen wird Ihr Sohn um 6:30 Uhr geweckt. Nach der Morgentoilette und einem Frühstück erwarten ihn noch mal Konzentrationsaufgaben. Danach werden die Elektroden entfernt und Ihr Sohn kann seinen alltäglichen Tätigkeiten nachgehen. Insgesamt dauert die Testung morgens bis spätestens 9:00 Uhr.

### **Was muss Ihr Sohn für die Untersuchung im Schlaflabor mitbringen?**

Bitte achten Sie darauf, dass Ihr Sohn einen Schlafanzug oder Ähnliches, einen Bademantel, ein Handtuch und Waschutensilien mitbringt. Für die sportliche Aktivität sollten geeignete Kleider vorhanden sein.

### **Risiken**

Bei einem EEG bzw. einem Schlaf-EEG werden lediglich die natürlich auftretenden, geringfügigen elektrischen Veränderungen an der Kopfhaut gemessen. Die Ableitung eines Schlaf-EEGs hat **keine Störungen oder Langzeitschäden** der

Gesundheit zur Folge. Für eine erfolgreiche Messung der EEG-Signale wird eine Paste verwendet, welche den Kontakt zwischen der Elektrode und der Kopfhaut herstellt. Bei der Verwendung dieser Paste kann es in Ausnahmefällen zu lokalen Hautrötungen kommen. Zusätzliche Risiken durch die Schlafableitung und die neuropsychologische Testung bestehen nicht.

Die **Fahrradergometrie** gilt bei körperlich gesunden Menschen als eine sehr sichere Methode, Zwischenfälle gelten als äußerst selten. Am Tag der körperlichen Belastung sollte auf ausreichende Ernährung und Flüssigkeitsaufnahme geachtet werden. Die Fahrradergometrie wird unter ärztlicher Kontrolle durchgeführt.

### **Vertraulichkeit der Unterlagen**

Wenn Sie der Teilnahme Ihres Sohnes an der Studie zustimmen, möchten wir Sie bitten, eine Einwilligungserklärung zu unterschreiben. Alle Informationen werden selbstverständlich **streng vertraulich** behandelt. Alle im Rahmen der Studie anfallenden Daten werden nur in **anonymisierter Form** weitergegeben, d.h. ohne Namen, Geburtsdatum und Adresse. Alle Mitarbeitenden unterliegen der Schweigepflicht und der Einhaltung des Datenschutzes. Wenn die Ergebnisse der Studie veröffentlicht werden, ist der Datenschutz in voller Weise gewährleistet.

### **Können Sie Ihre Einwilligung auch zurückziehen?**

Die Teilnahme an der Studie ist freiwillig. Sie oder Ihr Sohn können Ihre Einwilligung zur Teilnahme Ihres Sohnes an der Untersuchung **jederzeit ohne Angabe von Gründen zurücknehmen**.

### **Aufwandsentschädigung**

Für jeden abgeschlossenen Untersuchungsteil erhält Ihr Sohn 10 € in Form eines Einkaufsgutscheins. Nach Abschluss des vierten Untersuchungsteils wird zusätzlich ein „Durchhaltebonus“ in Höhe von 40 € gezahlt – ebenfalls in Form eines Einkaufsgutscheins. Somit ergibt sich nach Abschluss aller Untersuchungsteile für Ihren Sohn eine Aufwandsentschädigung von **insgesamt 80 €**.

### **Versicherungsschutz**

Die Durchführung der Studie fällt unter den Versicherungsschutz der ZIP gGmbH. Vorsorglich wird an dieser Stelle jedoch darauf hingewiesen, dass ein Versicherungsschutz im Rahmen der Teilnahme an dieser Studie nur in solchen Fällen

besteht, bei welchen Gesundheitsschäden oder sonstige Beeinträchtigungen auftreten, die auf schulhaftes Fehlverhalten eines Arztes oder seiner Mitarbeiter zurückzuführen sind. Eine Wegeunfallversicherung besteht nicht.

### **Wem können Sie weitere Fragen stellen?**

Herr Manuel Munz, Assistenzarzt, ZIP gGmbH, Tel.: 0431- 9900 4057, ist gern bereit, Ihre Fragen im Zusammenhang mit der Studie zu beantworten, auch jederzeit während des weiteren Studienverlaufs.

### **Vielen Dank für Ihre Unterstützung!**

### **Information für Patienten – Sport, Computer und Schlaf**

*Zentrum für Integrative Psychiatrie - ZIP gGmbH -  
Niemannsweg 147 • D-24105 Kiel  
Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie und -psychotherapie  
Direktorin: Prof. Dr. Dr. Lioba Baving  
Klinik für Psychotherapie und Psychiatrie  
Direktor: Prof. Dr. Josef Aldenhoff  
Ansprechpartner: Manuel Munz, Assistenzarzt  
Tel.: 0431 – 9900 4057*



---

## **Studie „Einfluss von sportlicher Aktivität auf Schlaf und die Konzentrationsfähigkeit und Kindern mit und ohne einer Aufmerksamkeitsdefizit-/ Hyperaktivitätsstörung“**

### **Patienteninformation**

Lieber .....,

die folgenden Seiten sollen Dich über die so genannte **Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS)**, unser Forschungsziel und den geplanten Ablauf der Studie informieren. Bevor Du dich für eine Teilnahme an der Studie entscheidest, lies Dir dieses Informationsblatt bitte gut durch. Falls etwas nicht verständlich sein sollte, frage bitte noch einmal nach. Diese Information ist für Dich bestimmt, Du kannst sie gerne behalten.

## **Was ist eine Aufmerksamkeitsdefizit-/ Hyperaktivitätsstörung (ADHS)?**

Bei Dir wurde eine **ADHS** festgestellt. Diese Krankheit ist durch Aufmerksamkeits- und Konzentrationsstörungen sowie Bewegungsunruhe gekennzeichnet. Oftmals müssen Kinder mit ADHS von Eltern oder anderen Erwachsenen ermahnt werden, sich besser zu konzentrieren oder ruhig zu sitzen. Diese Probleme sind Teil der Erkrankung und bestehen meist schon von klein auf.

## **Ziel der Studie**

Guter Nachtschlaf scheint besonders bei Kindern wichtig für kognitive Leistungsfähigkeit zu sein. Da Kinder mit einer ADHS Auffälligkeiten im Schlaf aufweisen, wird vermutet, dass es bei der ADHS einen Zusammenhang zwischen Schlaf und Verhalten gibt. Vielleicht hast du selbst auch Probleme mit z.B. dem Einschlafen.

Vielleicht machst du wie viele andere Kinder gerne Sport und merkst, wie du die darauf folgende Nacht anders schlafst. Die Auswirkungen von Sport auf den Schlaf und das Verhalten bei Kindern mit einer ADHS zu untersuchen, und heraus zu finden, ob diese Auswirkungen Dir helfen, ist das Ziel unserer Studie.

## **Was ist ein Schlaf-EEG?**

Hirnaktivität, ob am Tage oder in der Nacht, zieht immer eine geringfügige Veränderung von messbaren elektrischen Potentialen nach sich. Mit Hilfe hochsensibler Messelektroden, welche vorsichtig an der Kopfhaut befestigt werden, können diese elektrischen Signale erfasst werden. Werden nun diese Signale während des Schlafs erfasst, so wird dies als Schlaf-EEG bezeichnet. Eine solche Aufzeichnung findet in der Regel in einem speziellen Labor – einem so genannten Schlaflabor – statt.

## **Was ist Fahrradergometrie und wie läuft die sportliche Anstrengung ab?**

Die Fahrradergometrie ist eine in der Sportmedizin häufig angewendete Methode zur Erfassung der körperlichen Leistungsfähigkeit.

In unserer Studie besteht durch die Fahrradergometrie mit gleichzeitiger Ableitung eines EKGs die Möglichkeit, dass sich alle Teilnehmer vergleichbar körperlich anstrengen. Auf einem Hometrainer wirst Du insgesamt viermal für zehn Minuten mit gesteigerter Intensität (Herzfrequenz bis zu 190/min) fahren. Nach der zehnminütigen Anstrengung wird eine individuell nötige Erholungspause eingelegt. Parallel

dazu wird ein EKG aufgezeichnet. Blutdruck und Sauerstoffsättigung werden kontinuierlich überwacht.

Bei körperlich gesunden Menschen, insbesondere bei Kindern, sind körperliche Anstrengungen in diesem Intensitätsbereich unbedenklich. Sollte jedoch z.B. Unwohlsein auftreten bzw. sollten sich im EKG Hinweise auf eine zu hohe Belastung zeigen, wird die sportliche Aktivität abgebrochen.

### **Wie wird die Untersuchung durchgeführt?**

Die gesamte Studie umfasst insgesamt vier Untersuchungsteile.

In einem **ersten Untersuchungsteil** führen wir verschiedene diagnostische Verfahren durch, um herauszufinden, ob Du an unserer Studie teilnehmen kannst. Dabei prüfen wir auch Deine sportliche Leistungsfähigkeit mit Hilfe eines Fahrradergometers.

Dieser Termin wird ungefähr drei Stunden dauern und endet mit der Besichtigung unseres Schlaflabors.

Die übrigen **Untersuchungsteile** umfassen drei Nächte und finden **im Schlaflabor** der Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie und -psychotherapie der ZIP gGmbH statt. Zwischen den Nächten soll mindestens je **eine Woche** liegen

### **Zeitlicher Ablauf eines Untersuchungsteils im Schlaflabor**

Du wirst jeweils um 16.00 Uhr in der Klinik erwartet. Zunächst bearbeiten wir einige Konzentrationstests an einem Bildschirm. Im Anschluss daran hörst Du ein Hörspiel oder Du wirst sportlich auf dem Fahrradergometer (Hometrainer) gefordert. Ob du zuerst Sport machst oder ein Hörspiel hörst, legen wir vorher fest. Nach der von uns vorgegebenen Aktivität machst Du eine Pause und kannst in Ruhe Abendbrot essen und Dich für die Nacht fertig machen. Bevor es schließlich zu Bett geht, werden die Elektroden für die EEG-Ableitung angebracht und es gibt nochmals einige Aufgaben zur Konzentration. Damit sind wir gegen 20.45 fertig, so dass du gegen 21.00 schlafen gehen kannst. Spätestens um 22.00 Uhr gilt für Dich dann Nachtruhe.

Am nächsten Morgen wirst Du um 6:30 Uhr geweckt. Nach der Morgentoilette und einem Frühstück erwarten Dich noch mal Konzentrationsaufgaben. Danach

werden die Elektroden entfernt und Du kannst Deinen alltäglichen Tätigkeiten nachgehen. Morgens sind wir gegen 9:00 Uhr mit allem fertig.

### **Was musst Du für die Untersuchung im Schlaflabor mitbringen?**

Bitte achte darauf, dass Du einen Schlafanzug oder ähnliches, einen Bademantel, ein Handtuch und Waschutensilien mitbringst. Bei Bedarf stellen wir Lesematerial zur Verfügung. Für die sportliche Aktivität solltest du passende Kleider dabei haben.

### **Medikamente**

Da eine medikamentöse Behandlung der ADHS-Symptomatik einen Einfluss auf den Schlaf und Konzentration haben kann, nehmen nur solche Patienten an der Studie teil, welche aktuell keine ADHS-Medikamente einnehmen. Das bedeutet gegebenenfalls, dass das ADHSMedikament mindestens 48 Stunden vor jeder Untersuchungseinheit abgesetzt werden muss.

### **Risiken**

Bei einem EEG bzw. einem Schlaf-EEG werden lediglich die natürlich auftretenden, geringfügigen elektrischen Veränderungen an der Kopfhaut gemessen. Die Ableitung eines Schlaf-EEGs hat **keine Störungen oder Langzeitschäden** der Gesundheit zur Folge. Für eine erfolgreiche Messung der EEG-Signale wird eine Paste verwendet, welche den Kontakt zwischen der Elektrode und der Kopfhaut herstellt. Bei der Verwendung dieser Paste kann es in Ausnahmefällen zu lokalen Hautrötungen kommen. Zusätzliche Risiken durch die Schlaflableitung und die neuropsychologische Testung bestehen nicht.

Die **Fahrradergometrie** gilt bei körperlich gesunden Menschen als eine sehr sichere Methode, Zwischenfälle gelten als äußerst selten. Am Tag der körperlichen Belastung sollte auf ausreichende Ernährung und Flüssigkeitsaufnahme geachtet werden. Die Fahrradergometrie wird unter ärztlicher Kontrolle durchgeführt.

### **Vertraulichkeit der Unterlagen**

Wenn Du Dich entschlossen hast, an der Studie teilzunehmen, wirst Du gebeten, eine Einwilligungserklärung zu unterschreiben. Alle Informationen werden selbstverständlich **streng vertraulich** behandelt. Alle im Rahmen der Studie anfallenden Daten werden nur in **anonymisierter Form** weitergegeben, d.h. ohne Namen,

Geburtsdatum und Adresse. Alle Mitarbeitenden unterliegen der Schweigepflicht und der Einhaltung des Datenschutzes. Wenn die Ergebnisse der Studie veröffentlicht werden, ist der Datenschutz in voller Weise gewährleistet.

### **Kannst Du Deine Einwilligung auch zurückziehen?**

Die Teilnahme an der Studie ist freiwillig. Du kannst Deine Einwilligung zur Teilnahme an der Untersuchung **jederzeit ohne Angaben von Gründen zurücknehmen**. Das Verhältnis zu Deinem behandelnden Therapeuten / zur behandelnden Therapeutin wird hierdurch nicht beeinflusst.

### **Aufwandsentschädigung**

Für jeden abgeschlossenen Untersuchungsteil erhältst Du 10 €. Nach Abschluss des dritten Untersuchungsteils wird zusätzlich ein „Durchhaltebonus“ in Höhe von 40 € gezahlt. Somit ergibt sich nach Abschluss aller Untersuchungsteile für Dich eine Aufwandsentschädigung von **insgesamt 80 €**.

### **Versicherungsschutz**

Die Durchführung der Studie fällt unter den Versicherungsschutz des ZIP gGmbH. Vorsorglich wird an dieser Stelle jedoch darauf hingewiesen, dass ein Versicherungsschutz im Rahmen der Teilnahme an dieser Studie nur in solchen Fällen besteht, bei welchen Gesundheitsschäden oder sonstige Beeinträchtigungen auftreten, die auf schulhaftes Fehlverhalten eines Arztes oder seiner Mitarbeiter zurückzuführen sind. Eine Wegeunfallversicherung besteht nicht.

### **Wem kannst Du weitere Fragen stellen?**

Herr Manuel Munz, Assistenzarzt, ZIP gGmbH, Tel.: 0431- 9900 4057, ist gern bereit, Deine Fragen im Zusammenhang mit der Studie zu beantworten, auch jederzeit während des weiteren Studienverlaufs.

### **Vielen Dank für Deine Unterstützung!**

## Information für Probanden – Sport, Computer und Schlaf

Zentrum für Integrative Psychiatrie - ZIP gGmbH -  
Niemannsweg 147 · D-24105 Kiel  
Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie und -psychotherapie  
Direktorin: Prof. Dr. Dr. Lioba Baving  
Klinik für Psychotherapie und Psychiatrie  
Direktor: Prof. Dr. Josef Aldenhoff  
Ansprechpartner: Manuel Munz, Assistenzarzt  
Tel.: 0431 - 9900 4057



### **Studie „Einfluss von sportlicher Aktivität auf den Schlaf und die Konzentrationsfähigkeit bei Kindern mit und ohne einer Aufmerksamkeitsdefizit-/ Hyperaktivitätsstörung“**

#### **Probandeninformation**

Lieber .....,

die folgenden Seiten sollen Dich über unser Forschungsziel und den geplanten Ablauf der Studie informieren. Bevor Du Dich für eine Teilnahme an der Studie entscheidest, lies Dir dieses Informationsblatt bitte gut durch. Falls etwas nicht verständlich sein sollte, frage bitte noch einmal nach. Diese Information ist für Dich bestimmt, Du kannst sie gerne behalten.

#### **Ziel der Studie**

Guter Nachtschlaf scheint besonders bei Kindern wichtig für die Leistungsfähigkeit zu sein. Manche Kinder sagen, dass sie anders schlafen, wenn sie Sport gemacht haben. Also könnte Sport den Schlaf und die Leistungsfähigkeit beeinflussen. Auswirkungen von sportlicher Aktivität auf den Schlaf und die kognitive Leistungsfähigkeit bei Kindern ohne und mit einer Aufmerksamkeitsdefizits-/ Hyperaktivitätsstörung (ADHS) zu untersuchen, ist Ziel dieser Studie.

#### **Was ist ein Schlaf-EEG?**

Hirnaktivität, ob am Tage oder in der Nacht, zieht immer eine geringfügige Veränderung von messbaren elektrischen Potentialen nach sich. Mit Hilfe hochsensibler Messelektroden, welche vorsichtig an der Kopfhaut befestigt werden, können diese elektrischen Signale erfasst werden. Werden nun diese Signale während

des Schlafs erfasst, so wird dies als Schlaf-EEG bezeichnet. Eine solche Aufzeichnung findet in der Regel in einem speziellen Labor – einem so genannten Schlaflabor – statt.

### **Was ist Fahrradergometrie und wie läuft die sportliche Anstrengung ab?**

Die Fahrradergometrie ist eine in der Sportmedizin häufig angewendete Methode zur Erfassung der körperlichen Leistungsfähigkeit.

In unserer Studie besteht durch die Fahrradergometrie mit gleichzeitiger Ableitung eines EKGs die Möglichkeit, dass sich alle Teilnehmer vergleichbar körperlich anstrengen. Auf einem Hometrainer wirst Du insgesamt viermal für zehn Minuten mit gesteigerter Intensität (Herzfrequenz bis zu 190/min) fahren. Nach der zehnminütigen Anstrengung wird eine individuell nötige Erholungspause eingelegt. Parallel dazu wird ein EKG aufgezeichnet. Blutdruck und Sauerstoffsättigung werden kontinuierlich überwacht.

Bei körperlich gesunden Menschen, insbesondere bei Kindern, sind körperliche Anstrengungen in diesem Intensitätsbereich unbedenklich. Sollte jedoch z.B. Unwohlsein auftreten bzw. sollten sich im EKG Hinweise auf eine zu hohe Belastung zeigen, wird die sportliche Aktivität abgebrochen.

### **Wie wird die Untersuchung durchgeführt?**

Die gesamte Studie umfasst insgesamt vier Untersuchungsteile.

In einem **ersten Untersuchungsteil** führen wir verschiedene diagnostische Verfahren durch, um herauszufinden, ob Du an unserer Studie teilnehmen kannst. Dabei prüfen wir auch Deine sportliche Leistungsfähigkeit mit Hilfe eines Fahrradergometers.

Dieser Termin wird ungefähr drei Stunden dauern und endet mit der Besichtigung unseres Schlaflabors.

Die übrigen **Untersuchungsteile** umfassen drei Nächte und finden **im Schlaflabor** der Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie und -psychotherapie der ZIP gGmbH statt. Zwischen den Nächten soll mindestens je **eine Woche** liegen

### **Zeitlicher Ablauf eines Untersuchungsteils im Schlaflabor**

Du wirst jeweils um 16.00 Uhr in der Klinik erwartet. Zunächst bearbeiten wir einige Konzentrationstests an einem Bildschirm. Im Anschluss daran hörst Du ein Hörspiel oder Du wirst sportlich auf dem Fahrradergometer (Hometrainer) gefordert. Ob du zuerst Sport machst oder ein Hörspiel hörst, legen wir vorher fest. Nach der von uns vorgegebenen Aktivität machst Du eine Pause und kannst in Ruhe Abendbrot essen und Dich für die Nacht fertig machen. Bevor es schließlich zu Bett geht, werden die Elektroden für die EEG-Ableitung angebracht und es gibt nochmals einige Aufgaben zur Konzentration. Damit sind wir gegen 20.45 fertig, so dass du gegen 21.00 schlafen gehen kannst. Spätestens um 22.00 Uhr gilt für Dich dann Nachtruhe.

Am nächsten Morgen wirst Du um 6:30 Uhr geweckt. Nach der Morgentoilette und einem Frühstück erwarten Dich noch mal Konzentrationsaufgaben. Danach werden die Elektroden entfernt und Du kannst Deinen alltäglichen Tätigkeiten nachgehen. Morgens sind wir gegen 9:00 Uhr mit allem fertig.

### **Was musst Du für die Untersuchung im Schlaflabor mitbringen?**

Bitte achte darauf, dass Du einen Schlafanzug oder ähnliches, einen Bademantel, ein Handtuch und Waschutensilien mitbringst. Bei Bedarf stellen wir Lesematerial zur Verfügung. Für die sportliche Aktivität solltest du passende Kleider dabei haben.

### **Risiken**

Bei einem EEG bzw. einem Schlaf-EEG werden lediglich die natürlich auftretenden, geringfügigen elektrischen Veränderungen an der Kopfhaut gemessen. Die Ableitung eines Schlaf-EEGs hat **keine Störungen oder Langzeitschäden** der Gesundheit zur Folge. Für eine erfolgreiche Messung der EEG-Signale wird eine Paste verwendet, welche den Kontakt zwischen der Elektrode und der Kopfhaut herstellt. Bei der Verwendung dieser Paste kann es in Ausnahmefällen zu lokalen Hautrötungen kommen. Zusätzliche Risiken durch die Schlaflableitung und die neuropsychologische Testung bestehen nicht.

Die **Fahrradergometrie** gilt bei körperlich gesunden Menschen als eine sehr sichere Methode, Zwischenfälle gelten als äußerst selten. Am Tag der körperlichen Belastung sollte auf ausreichende Ernährung und Flüssigkeitsaufnahme geachtet werden. Die Fahrradergometrie wird unter ärztlicher Kontrolle durchgeführt.

## **Vertraulichkeit der Unterlagen**

Wenn Du Dich entschlossen hast, an der Studie teilzunehmen, wirst Du gebeten, eine Einwilligungserklärung zu unterschreiben. Alle Informationen werden selbstverständlich **streng vertraulich** behandelt. Alle im Rahmen der Studie anfallenden Daten werden nur in **anonymisierter Form** weitergegeben, d.h. ohne Namen, Geburtsdatum und Adresse. Alle Mitarbeitenden unterliegen der Schweigepflicht und der Einhaltung des Datenschutzes. Wenn die Ergebnisse der Studie veröffentlicht werden, ist der Datenschutz in voller Weise gewährleistet.

## **Kannst Du Deine Einwilligung auch zurückziehen?**

Die Teilnahme an der Studie ist freiwillig. Du kannst Deine Einwilligung zur Teilnahme an der Untersuchung **jederzeit ohne Angaben von Gründen zurücknehmen**.

## **Aufwandsentschädigung**

Für jeden abgeschlossenen Untersuchungsteil erhältst Du 10 €. Nach Abschluss des dritten Untersuchungsteils wird zusätzlich ein „Durchhaltebonus“ in Höhe von 40 € gezahlt. Somit ergibt sich nach Abschluss aller Untersuchungsteile für Dich eine Aufwandsentschädigung von **insgesamt 80 €**.

## **Versicherungsschutz**

Die Durchführung der Studie fällt unter den Versicherungsschutz des ZIP gGmbH. Vorsorglich wird an dieser Stelle jedoch darauf hingewiesen, dass ein Versicherungsschutz im Rahmen der Teilnahme an dieser Studie nur in solchen Fällen besteht, bei welchen Gesundheitsschäden oder sonstige Beeinträchtigungen auftreten, die auf schuldhaftes Fehlverhalten eines Arztes oder seiner Mitarbeiter zurückzuführen sind. Eine Wegeunfallversicherung besteht nicht.

## **Wem kannst Du weitere Fragen stellen?**

Herr Manuel Munz, Assistenzarzt, ZIP gGmbH, Tel.: 0431- 9900 4057, ist gern bereit, Deine Fragen im Zusammenhang mit der Studie zu beantworten, auch jederzeit während des weiteren Studienverlaufs.

## **Vielen Dank für Deine Unterstützung!**

## C Einverständniserklärung

### Einverständniserklärung Proband – Sport, Computer und Schlaf

Zentrum für Integrative Psychiatrie - ZIP gGmbH -  
Niemannsweg 147 - D-24105 Kiel  
Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie und -psychotherapie  
Direktorin: Prof. Dr. Dr. Lioba Baving  
Klinik für Psychotherapie und Psychiatrie  
Direktor: Prof. Dr. Josef Aldenhoff  
Ansprechpartner: Manuel Munz, Assistenzarzt  
Tel: 0431 - 9900 4057



### EINVERSTÄNDNISERKLÄRUNG

#### Teilnahme an der Studie

„*Einfluss von sportlicher Aktivität auf Schlaf und Konzentrationsfähigkeit bei Kindern mit und ohne eine Aufmerksamkeitsdefizit-/ Hyperaktivitätsstörung*“

Vor- und Nachname des Probanden \_\_\_\_\_

Anschrift \_\_\_\_\_

Ich bin ausreichend in mündlicher und schriftlicher Form über die Ziele und Methoden, die möglichen Risiken und den Nutzen der Studie informiert worden. Ich habe die Probandeninformationen gelesen und den Inhalt verstanden. Ich hatte ausreichend Gelegenheit, die Studie mit dem Versuchsleiter zu besprechen und Fragen zu stellen. Alle meine Fragen und Bedenken wurden zu meiner Zufriedenheit beantwortet.  
Ich weiß, dass die Studienteilnahme freiwillig ist und dass ich jederzeit ohne Angabe von Gründen die Zusage zur Teilnahme zurückziehen kann und mir daraus keine Nachteile entstehen. Alle im Rahmen der Studie erhobenen Daten werden strikt vertraulich gemäß dem Datenschutz behandelt. Einer wissenschaftlichen Auswertung der anonymisierten Daten und einer möglichen Veröffentlichung der Ergebnisse stimme ich zu.  
Ich gebe hiermit meine freiwillige Zustimmung zur Teilnahme an dieser Studie. Eine Kopie dieser Einwilligung und sowie der Probandeninformationen habe ich erhalten.

Datum \_\_\_\_\_

Unterschrift des Probanden \_\_\_\_\_

Ich habe \_\_\_\_\_ aufgrund der vorliegenden Teilnehmerinformationen über die Studie „*Einfluss von sportlicher Aktivität auf Schlaf und Konzentrationsfähigkeit bei Kindern mit und ohne eine Aufmerksamkeitsdefizit-/ Hyperaktivitätsstörung*“ in obigem Sinne aufgeklärt.

Datum \_\_\_\_\_

Unterschrift der Ärztin / des Arztes \_\_\_\_\_

**Einverständniserklärung Proband – Sport, Computer und Schlaf**

Zentrum für Integrative Psychiatrie - ZIP gGmbH –  
Niemannsweg 147 · D-24105 Kiel  
Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie und -psychotherapie  
Direktorin: Prof. Dr. Dr. Lieba Baving  
Klinik für Psychotherapie und Psychiatrie  
Direktor: Prof. Dr. Fritz Hohagen  
Ansprechpartner: Manuel Munz, Assistenzarzt  
Tel.: 0431 - 9900 4057

**weitere Kontaktierung**

- Ich bin damit einverstanden, dass ich bei weiteren Studien am ZIP / UK-SH erneut kontaktiert werde.
- Ich bin nicht damit einverstanden.

Datum \_\_\_\_\_

Unterschrift Proband \_\_\_\_\_

**D Telefoncheckliste**Patient  Kontrolle 

Datum	Vp-Nr.
-------	--------

Kontakt durch: \_\_\_\_\_ Name \_\_\_\_\_  
Kind: \_\_\_\_\_Name Eltern: \_\_\_\_\_ Tel. privat: \_\_\_\_\_  
vat: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Adresse: \_\_\_\_\_ weitere Tel: \_\_\_\_\_

Mail: \_\_\_\_\_ E-

Geb.-Datum: \_\_\_\_\_ Alter: \_\_\_\_\_ (9 – 11 Jahre) Händigkeit:  li.  beid.  re.Schulart:  Gym.  Real.  Haupt.  Grund.  Gem.  Reg  Ges.  Sond.. Kl. \_\_\_\_\_ Leistungen (Ø Zeugnis): \_\_\_\_\_ \*Leistungsprobleme:  ja welche? \_\_\_\_\_  nein  
(LRS abfragen wg. CFT-20)

Sportliche Aktivitäten/Belastbarkeit  ja  nein

(Vereins-/Schulsport/motor. Einschränkungen)

Probleme mit der Feinmotorik:  ja welche?  nein

Soz./emot. Probleme:  ja welche?  nein

(Verhaltensauffälligkeiten, psychische Auffälligkeiten/Störungen, traumatische Erlebnisse)

Vorheriger Kontakt zur Beratungsstelle  ja beschreibe:  nein  
(Kinder-/ Jugendpsychiater/ Schulpsychologen/Erziehungsberatung)

Symptome/Diagnose: \_\_\_\_\_ Geburtsge-  
wicht\*\*: \_\_\_\_\_ (Suizidalität, Borderline, Asperger)  
(Ausschluss < 1500gr)

Ist das Kind gesund?

Akute Erkrankungen  ja welche?  nein

Chronische Erkrankungen?  ja welche?  nein (neurologisch: Kopfverletzungen, Gehirnerschütterung/bewusstlos ?, Hirntumor, Wahrnehmungsstörungen; hormonell: Schilddrüse, Diabetes; immunologisch: Allergien)

Zurzeit Medikamente/ Drogen ?  
 nein

ja Name? \_\_\_\_\_ warum? \_\_\_\_\_ seit  
wann? \_\_\_\_\_

Name? \_\_\_\_\_ warum? \_\_\_\_\_ seit  
wann? \_\_\_\_\_

Schlafprobleme:  ja welche?  nein

(letzte 2 Wo.: Einschlaf-, Durchschlafstörungen, vorzeitiges Erwachen, unregelmäßiger Schlaf-Wach-Rhythmus, Tagesschläfrigkeit; organische Schlafstörungen: Restless-Legs, Bettlässen, Atemaussetzer, Schnarchen/Schlaf-Apnoe)

Schlafgewohnheiten? Aufstehen \_\_\_\_\_ Uhr Einschlafen \_\_\_\_\_ Uhr regelm. Mittagsschlaf?  
\_\_\_\_\_ Uhr

(mind. 2x/ Woche)

Benötigt Brille? \*\*\*  ja  nein

sonstige Einschränkungen/ Behinderungen?  ja welche? \_\_\_\_\_  nein

Wenn keine Teilnahme: dürfen wir bei der nächsten Studie wieder anrufen?  ja  nein

Datum für Vorgespräch: \_\_\_\_\_ Uhrzeit: \_\_\_\_\_  
Ort: \_\_\_\_\_

Bemerkungen:

*bringen*

\*Kopie od. Original d. Zeugnis mit-

## E Ärztliche Untersuchung

Datum	ID	Geburtsdatum
-------	----	--------------

### Anamnese

#### Eigenanamnese/Vorerkrankungen:

Asthma bronchiale:	Herzerkrankungen:	Orthopädische Erkrankungen:
Diabetes mellitus:	Entwicklungsverzög.:	Anfallsleiden:
Anderen Erkrankungen:		
Verletzungen/Operationen:		
Allergien/Medikamente:		
Impfstatus:		
Kinderkrankheiten:		
Ergänzungen:		

#### Familienanamnese:

Herzkrankheiten:	Diabetes mellitus:	Thrombosen:
Herzfehler:	Bluthochdruck:	Fettstoffwechselstörungen:
Anderen Erkrankungen:		

### Körperlich - orthopädische Untersuchung

#### Internistischer Untersuchungsbefund Allgemein und Ernährungszustand

Größe: _____ (p _____)	Gewicht: _____ (p _____)	Kopfumfang: _____
Körperbau, Missbildungen, degenerative Zeichen:		
Krankhafte Hautveränderungen (Ödeme, Exantheme, Narben), neurokutane Auffälligkeiten:		

#### Mundhöhle:

Mundhöhle:	Zähne:
Rachen:	äußerer Gehörgang:
Struma:	Lymphknoten:

#### Lunge und Herz:

Lunge:
Herz:
Kreislauf:
Blutdruck n. RR:
Gefäße (Arterienpulse, Gefäßgeräusche):

#### Abdomen:

Abdomen:
----------

Kopf:

Kopf (Form, Klopf-, Druckempfindlichkeit, Narben, Defekte):

Hirnnerven

Augenstellung:  
Augenmotilität:  
Pupillen, Pupillenreaktion:  
Augenhintergrund:  
Gesichtsfeld:  
Gesichtsmuskulatur:  
Zunge:

Mundmotorik:

Gaumensegel:

Motorisches System:

Passive Beweglichkeit:

Muskelkraft:

Muskeltonus:

Muskeleigenreflexe:

BDR:

BSR re: BSR li:

TSR re:

TSR li:

PSR re: PSR li:

ASR re:

ASR li:

Babinski re: Babinski li:

Andere Pyramidenbahnzeichen:

Koordination

Knie-Hacken-Versuch

Sensibilität

Berührungssempfindlichkeit:

Lageempfindlichkeit:

Stereognosie:

Biometrische Daten in cm:

FBA vorgebeugt	o.B.	auffällig	
Schober Vorbeuge	o.B.	auffällig	
Schober Rückbeuge	o.B.	auffällig	
Sonstige Auffälligkeiten	nein	ja	

Wirbelsäule/Rumpf:

Schiefhals	o.B.	auffällig	
Rückenmuskulatur	o.B.	auffällig	
Thoraxform / -funktion	o.B.	auffällig	
Bauchwand	o.B.	auffällig	
Flachrücken	o.B.	auffällig	
Rund- / Hohlrücken	o.B.	auffällig	
Klopfschmerz der Wirbelsäule	o.B.	auffällig	
Skoliose	o.B.	auffällig	
Haltungsschwäche	o.B.	auffällig	
Ergänzungen	nein	ja	

Wirbelsäulenbeweglichkeit HWS:

Kopfvor- / -rückneigung	o.B.	auffällig	
Kopfrechts- / -linksneigung	o.B.	auffällig	

Kopfrechts- / -linksdrehung	o.B.	auffällig	
Ergänzungen	ja	nein	

Wirbelsäulenbeweglichkeit BWS und LWS:

Kopfvor- / -rückneigung	o.B.	auffällig	
Kopfrechts- / -linksneigung	o.B.	auffällig	
Kopfrechts- / -linksdrehung	o.B.	auffällig	
Ergänzungen	ja	nein	

Untere Gliedmaßen:

X - Bein(e)	o.B.	auffällig	
O - Bein(e)	o.B.	auffällig	
Drehfehler	o.B.	auffällig	
Genua recurvata	o.B.	auffällig	
Fußdeformitäten	o.B.	auffällig	
Zehendeformitäten	o.B.	auffällig	
Muskulatur der Beine	o.B.	auffällig	
Sehnen der unteren Gliedmaßen	o.B.	auffällig	
Ergänzungen	nein	ja	

Hüftgelenk:

Pathologische Gelenkgeräusche	o.B.	auffällig	
Streckung / Beugung links	o.B.	auffällig	
Streckung / Beugung rechts	o.B.	auffällig	
Ab- / Anspreizung links	o.B.	auffällig	
Ab- / Anspreizung rechts	o.B.	auffällig	
Ausw.- / Einwärtsdrehung links	o.B.	auffällig	
Ausw.- / Einwärtsdrehung rechts	o.B.	auffällig	
Ergänzungen	nein	ja	

Kniegelenk:

Pathologische Gelenkgeräusche	o.B.	auffällig	
Streckung / Beugung links	o.B.	auffällig	
Streckung / Beugung rechts	o.B.	auffällig	
Bandlockerung Kniegelenk	o.B.	auffällig	
Ergänzungen	nein	ja	

Sprunggelenk / Füße:

Oberes Sprunggelenk	o.B.	auffällig	
Unteres Sprunggelenk	o.B.	auffällig	
Pathologische Gelenkgeräusche	o.B.	auffällig	
Zehenspiel	o.B.	auffällig	
Bandlockerung Sprunggelenke	o.B.	auffällig	
Fußhebung / -senkung links	o.B.	auffällig	
Fußhebung / -senkung rechts	o.B.	auffällig	
Ausw.- / Einwärtsdrehung links	o.B.	auffällig	
Ausw.- / Einwärtsdrehung rechts	o.B.	auffällig	
Ergänzungen	nein	ja	

Spontane Bewegungsabläufe				
Quantität,	Qualität,	Tempo,	Geschmeidigkeit,	Adäquanz

Hören und Sehen	
Visus:	Gehör:

## 11. Erklärung zur Erstellung der Einzelarbeit

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und noch nicht veröffentlicht.

---

Ort, Datum

Unterschrift

## 12. Danksagung

Zunächst habe ich mich bei Frau Prof. Dr. Dr. Lioba Baving zu bedanken, die mir die Möglichkeit gab, an ihrer Klinik zu promovieren. Im besonderen Maße danke ich Herrn Prof. Dr. Alexander Prehn-Kristensen, der mich über die Jahre hinweg geduldig begleitet und mir immer wieder die Chance gegeben hat, diese Arbeit fertig zu stellen. Die inhaltlichen, insbesondere die statistischen Korrekturen waren von sehr großer Hilfe bei der Erstellung dieser Arbeit. Des Weiteren bedanke ich mich bei Dr. Manuel Munz, der mich während meiner Famulatur im ZIP für dieses Thema begeistern konnte sowie für die Einarbeitung in die praktische Durchführung.

Zudem bedanke ich mich herzlichst bei Frau Susanne Kell und Frau Petra Schneckenburger, die mich sowohl bei der Durchführung der Experimente als auch bei der Auswertung der Studiendaten stets freundlich und hilfsbereit unterstützten. Ein großer Dank für die positive Zusammenarbeit gilt gleichfalls den Mitarbeitern/innen, die im Rahmen dieses Forschungsprojektes weitere Teilaspekte untersuchten, in Person von Frau Dipl.-Psych. Marthe Berg, Frau Dipl.-Psych. Yvonne Marquardt sowie Herrn Dr. Fabian Liebsch.

Schließlich bin ich allen Teilnehmern und deren Familien zu Dank verpflichtet, die mit ihrer Teilnahme die Durchführung dieser Studie erst ermöglichen. Zuletzt danke ich meiner Familie, insbesondere meinen Eltern, die mir einen lebenserfüllenden Zugang in die Medizin aufzeigten.

## **13. Veröffentlichungen**

Prehn-Kristensen, A., Munz., M., Liebsch, F., Langer, M., Molzow, I., Göder, R., Baving, L.(2017): Der Einfluss von körperlicher Regeneration auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei Kindern mit einer Aufmerksamkeitsdefizit- / Hyperaktivitätsstörung. Brückenbauen Kinderschlafmedizin verbindet 131-133 Regensburg: Frühjahrstagung AG Pädiatrie der Deutschen Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin e. V..