

Aus dem CharitéCentrum 1 für Human- und Gesundheitswissenschaften,  
Arbeitsgruppe Chronobiologie und Verhalten  
der Medizinischen Fakultät Charité- Universitätsmedizin Berlin

## **DISSERTATION**

### **Zur Chronobiologie des Aktivitäts-Ruhe-Verhaltens: Aktographische Untersuchungen an Kindern und Jugendlichen unter Berücksichtigung des Schlafverhaltens**

zur Erlangung des akademischen Grades  
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät  
Charité- Universitätsmedizin Berlin

von

Sarah Katharina Zintgraf

aus Weingarten

Datum der Promotion: 02.03.2018

# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis .....	I
Tabellenverzeichnis.....	II
Abstrakt .....	III
Abstract .....	IV
I Einleitung.....	1
1.1 Chronobiologie und ihre Wirkungsfelder .....	1
1.2 Die Individualität von circadianer Rhythmik beim Menschen: Innere Uhr und Chronotypen .....	2
1.3 Die Steuerung biologischer Tagesrhythmen .....	3
1.4 Die Entwicklung des Circadianen Systems im Mutterleib.....	5
1.5 Aktivitäts-Ruhe-Rhythmus und Schlaf in verschiedenen Altersstufen.....	5
1.6 Funktionen des Schlafes und Schlafstörungen im Kindes- und Jugendalter .....	13
1.7 Einfluss der Jahreszeiten auf die Schlafdauer .....	16
1.8 Die Aktographie als Methode zur Erfassung von Schlafparametern .....	17
1.9 Forschungsvorhaben und Aufgabenstellung .....	19
II Material und Methoden .....	23
2.1. Die aktographische Datenerfassung mit „Actiwatch AW4“ .....	23
2.2 Initialisierung der Aktometer .....	24
2.3 Datenerfassung mittels Tagebuch .....	25
2.4. Vorgehensweise bei Datenerhebung und Probanden .....	25
2.4.1. <i>Allgemeines</i> .....	25
2.4.2 <i>Probandengruppen</i> .....	26
2.4.3 <i>Erhebung der Datensätze in einer Kinderarztpraxis in Lichtenberg (Berlin)</i> .....	26
2.4.4 <i>Die Stichproben der Kinder</i> .....	27
2.4.5 <i>Die Einteilung der Kinder in Kategorien</i> .....	28
2.4.6 <i>Aufzeichnungszeiträume</i> .....	29
2.5 Datenaufbereitung und Datenauswertung .....	30
2.5.1 <i>Analyse der Aktivitäts-Ruhe-Rhythmen</i> .....	30
2.5.2 <i>Analyse verschiedener Schlafparameter</i> .....	31
2.5.3 <i>Schlafdauer</i> .....	31
2.5.4 <i>Zu-Bett-Geh-Zeit</i> .....	32
2.5.5 <i>Aufsteh-Zeit</i> .....	32
2.6 Analyse der aktographisch erfassten Schlafparameter.....	32
2.7 Weiterverarbeitung der Daten und statistische Aufbereitung .....	33
III Ergebnisse .....	34

3.1 Ergebnisse der Untersuchungen zum Schlafverhalten für die unabhängige Variable Altersstufe .....	34
3.1.1 <i>Schlafdauer</i> .....	34
3.1.2 <i>Zu-Bett-Geh-Zeit</i> .....	36
3.1.3 <i>Aufsteh-Zeit</i> .....	37
3.2 Ergebnisse der Untersuchungen zum Schlafverhalten für die unabhängige Variable Geschlecht .....	39
3.2.1 <i>Schlafdauer</i> .....	39
3.2.2 <i>Aufsteh-Zeit und Zu-Bett-Geh-Zeit</i> .....	40
3.3. Ergebnisse der Untersuchungen zum Schlafverhalten für die unabhängige Variable Jahreszeit .....	41
3.3.1 <i>Schlafdauer</i> .....	42
3.3.2 <i>Aufsteh-Zeit und Zu-Bett-Geh-Zeit</i> .....	42
3.3.3 Ergebnisse zur Untersuchung der jahreszeitlichen Einflüsse im Vergleich des Schulstatus.....	44
3.3.3.1 <i>Schlafdauer</i> .....	44
3.3.3.2 <i>Zu-Bett-Geh-Zeit und Aufsteh-Zeit</i> .....	45
3.4 Ergebnisse der Untersuchungen zum Schlafverhalten für die unabhängige Variable Wochenendeffekt .....	47
3.4.1 <i>Schlafdauer</i> .....	47
3.4.2 <i>Zu-Bett-Geh-Zeit und Aufsteh-Zeit</i> .....	48
3.4.3 Wochenendeffekt der untersuchten Schlafparameter im Vergleich des Schulstatus ...	49
3.5. Ergebnisse der Untersuchungen zum Schlafverhalten für die unabhängige Variable Schulstatus.....	52
3.5.1 <i>Schlafdauer</i> .....	52
3.5.2 <i>Zu-Bett-Geh-Zeit und Aufsteh-Zeit</i> .....	53
IV Diskussion.....	55
4.1 Diskussion der Methodik .....	55
4.1.1 <i>Die Aktographie</i> .....	55
4.1.2 <i>Datenerhebung</i> .....	56
4.2 Diskussion der Ergebnisse .....	57
4.2.1 <i>Schlafverhalten für die unabhängige Variable Altersstufe</i> .....	57
4.2.2 <i>Schlafverhalten für die unabhängige Variable Geschlecht</i> .....	59
4.2.3 <i>Schlafverhalten für die unabhängige Variable Jahreszeit</i> .....	61
4.2.4 <i>Schlafverhalten für die unabhängige Variable „Wochenendeffekt“</i> .....	62
4.2.5 <i>Schlafverhalten für die unabhängige Variable Schulstatus</i> .....	64
4.2.6 Eignung der Aktographie als nicht invasive Methode zur Gewinnung von Daten.....	66
4.3 Limitationen der Arbeit und Ausblick .....	67

V Literaturverzeichnis .....	68
Eidesstattliche Versicherung .....	77
Lebenslauf .....	77
Danksagung .....	80

## Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1</b> Aktometer mit Armband .....	19
<b>Abbildung 2</b> Poster zur Probandenrekrutierung.....	27
<b>Abbildung 3</b> Beispielaktogramm: Doppelplotdarstellung (zwei Tage) .....	30
<b>Abbildung 4</b> Durchschnittliche Schlafdauern für die Altersstufen 0-15 Jahre .....	35
<b>Abbildung 5</b> Durchschnittliche Zu-Bett-Geh-Zeiten für die Altersstufen 1–15 Jahre .....	37
<b>Abbildung 6</b> Durchschnittliche Aufsteh-Zeiten der Altersstufen 1–15 .....	38
<b>Abbildung 7</b> Durchschnittliche Schlafdauer für die Altersstufen 1–15 nach Geschlechtern getrennt .....	40
<b>Abbildung 8</b> Aufsteh-Zeit und Zu-Bett-Geh-Zeit für die Altersstufen 1–15 nach Geschlechtern getrennt .....	41
<b>Abbildung 9</b> Vergleich der Schlafdauern aller Kinder für die dunkle und die helle Jahreszeit... 42	
<b>Abbildung 10</b> Vergleich der Schlafparameter Aufsteh-Zeit und Zu-Bett-Geh-Zeit für alle Kinder im Vergleich dunkle/helle Jahreszeit .....	43
<b>Abbildung 11</b> Vergleich des Parameters Schlafdauer hinsichtlich der Jahreszeiten und des Schulstatus (Nicht-Schulkinder vs. Schulkinder).....	45
<b>Abbildung 12</b> Vergleich des Parameters Zu-Bett-Geh-Zeit hinsichtlich der Jahreszeiten (hell vs. dunkel) und des Schulstatus (Nicht-Schulkinder vs. Schulkinder).....	46
<b>Abbildung 13</b> Vergleich des Parameters Aufsteh-Zeit hinsichtlich der Jahreszeiten (hell vs. dunkel) und des Schulstatus (Nicht-Schulkinder vs. Schulkinder) .....	47
<b>Abbildung 14</b> Vergleich des Parameters Schlafdauer Woche vs Wochenende/Schulferien für beide Geschlechter und alle Altersstufen .....	48
<b>Abbildung 15</b> Aufsteh-Zeiten und Zu-Bett-Geh-Zeiten der Altersstufen 1–15 männliches und weibliches Geschlecht im Vergleich (Schul-)Woche vs. Wochenende/Schulferien .....	49
<b>Abbildung 16</b> Schlafdauer der Schulkinder (S) und der Nicht-Schulkinder (KS) im Vergleich WE und Wo zum Vergleich des Wochenendeffektes .....	50
<b>Abbildung 17</b> Aufsteh-Zeit (h) der Schulkinder (S) und der Nicht-Schulkinder (KS) im Vergleich WE und Wo zum Vergleich des Wochenendeffektes .....	51
<b>Abbildung 18</b> Zu-Bett-Geh-Zeiten (h) der Schulkinder (S) und der Nicht-Schulkinder (KS) im Vergleich WE und Wo zum Vergleich des Wochenendeffektes .....	51
<b>Abbildung 19</b> Schlafdauer für den Vergleich der Schulkinder mit den Nicht-Schulkindern .....	53
<b>Abbildung 20</b> Zu-Bett-Geh-Zeit und Aufsteh-Zeit für den Vergleich der Schulkinder mit den Nicht-Schulkindern .....	54

## Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle 1</b> Ergebnisse der aktographischen Studien zum Schlafmuster verschiedener Altersgruppen (Sadeh et al. 2000).....	10
<b>Tabelle 2</b> Anzahl der untersuchten Kinder nach Altersstufen und Geschlecht .....	28
<b>Tabelle 3</b> Einteilung der Kinder in die Kategorie Schulstatus/Altersstufe .....	28
<b>Tabelle 4</b> Einteilung der Kinder in die Kategorie Jahreszeit .....	29
<b>Tabelle 5</b> Aufgezeichnete Nächte je Kind, getrennt in Altersstufen .....	29
<b>Tabelle 6</b> Durchschnittliche Schlafdauer in Stunden für die Altersstufen 0–15 .....	34
<b>Tabelle 7</b> Statistische Analyseergebnisse des Schlafparameters Tatsächliche Schlafdauer Altersstufen 0–15 .....	35
<b>Tabelle 8</b> Statistische Analyseergebnisse des Schlafparameters Tatsächliche Schlafdauer Altersstufen 1–15 .....	36
<b>Tabelle 9</b> Durchschnittliche Zu-Bett-Geh-Zeit für die Altersstufen 1–15 .....	36
<b>Tabelle 10</b> Statistische Analyseergebnisse des Schlafparameters Zu-Bett-Geh-Zeit für die Altersstufen 1-15 .....	37
<b>Tabelle 11</b> Statistische Analyseergebnisse bezüglich der durchschnittlichen Aufsteh-Zeit für die Altersstufen 1–15 .....	37/38
<b>Tabelle 12</b> Statistische Analyseergebnisse des Schlafparameters Aufstehzeit .....	39
<b>Tabelle 13</b> Statistische Analyseergebnisse aller Schlafparameter im Geschlechtervergleich und für alle Altersstufen.....	41
<b>Tabelle 14</b> Analyseergebnisse aller Schlafparameter aller Kinder für die unabhängige Variable Jahreszeit .....	43/44
<b>Tabelle 15</b> Statistische Berechnung mittels Chi-Quadrat-Test für die unabhängige Variable Jahreszeit, Schulstatus und den Schlafparameter Schlafdauer.....	45
<b>Tabelle 16</b> Statistische Berechnung mittels Chi-Quadrat-Test für die unabhängige Variable Jahreszeit, Schulstatus und den Schlafparameter Zu-Bett-Geh-Zeit.....	46
<b>Tabelle 17</b> Statistische Berechnung mittels Chi-Quadrat-Test für die unabhängige Variable Jahreszeit, Schulstatus und den Schlafparameter Aufsteh-Zeit .....	47
<b>Tabelle 18</b> Alle Schlafparameter im Vergleich Woche vs. Wochenende für alle Altersstufen ...	49
<b>Tabelle 19</b> Übersicht der statistischen Berechnungen zu allen Schlafparametern zum Vergleich des Wochenendeffektes und des Schulstatus .....	52
<b>Tabelle 20</b> Übersicht über die statistischen Berechnungen zu allen Schlafparametern im Vergleich Schulkinder mit den Nicht- Schulkindern .....	54

## Abstrakt

### *Hintergrund*

Die Chronobiologie am Menschen beschäftigt sich u.a. mit der zeitlichen Organisation des Aktivitäts-Ruhe-Verhaltens.

### *Material und Methoden*

Insgesamt wurden Verhaltens- und Schlafparameter (Tatsächliche Schlafdauer, Zu-Bett-Geh-Zeit, Aufsteh-Zeit) von 146 Kindern und Jugendlichen in die Arbeit mit einbezogen.

Für die Datengewinnung des Aktivitäts-Ruhe-Verhaltens und Messung verschiedener Schlafparameter verwendeten wir Actiwatch-Aktometer mit spezialisierter Software (Actiwatch Sleep Analysis).

Die Daten wiesen eine große Altersspanne (0-15 Jahre) und verschiedene Rahmenbedingungen innerhalb des Aufzeichnungszeitraumes auf: Schulwoche vs. Wochenende/Schulstatus (Schulkinder vs. Nicht-Schulkinder)/Aufzeichnung innerhalb der dunklen Jahreszeiten (Herbst/Winter) vs. hellen Jahreszeiten (Frühling/Sommer). Außerdem wurden der sogenannte Wochenendeffekt (längere Schlafdauer, spätere Zu-Bett-Geh-Zeit, spätere Aufsteh-Zeit am Wochenende im Vergleich zur Schulwoche) sowie Unterschiede im Schulstatus (veränderte Schlafparameter im Vergleich der Schulkinder mit den Nicht-Schulkindern), geschlechtsspezifische sowie jahreszeitliche Unterschiede bezüglich aller Schlafparameter untersucht.

### *Ergebnisse*

Unsere Ergebnisse zeigen eine Abnahme der Schlafdauer mit zunehmendem Lebensalter sowie eine spätere Zu-Bett-Geh-Zeit. Die Zu- Bett-Geh-Zeiten sind besonders bei den älteren Schulkindern (Altersstufen 13-15) recht spät. Die Aufsteh-Zeit verändert sich nicht signifikant innerhalb der unterschiedlichen Altersstufen 0-15.

Es zeigen sich Wochenendeffekte. Am deutlichsten ist der Wochenendeffekt für die Schlafdauer und die Zu-Bett-Geh-Zeit, dabei umso größer, je höher das Lebensalter ist. Außerdem gibt es einen Schulstatuseffekt (größerer Wochenendeffekt bei Schulkindern hinsichtlich aller Schlafparameter im Vergleich zu den Nicht-Schulkindern). Bezüglich eines Jahreszeiteffektes können in der Betrachtung aller Altersstufen und Schlafparameter keine signifikanten Ergebnisse gesehen werden. Es zeigen sich allerdings Wechselwirkungseffekte mit kürzerer Schlafdauer bei den

Nicht-Schulkindern in den hellen und längerer Schlafdauer in den dunklen Jahreszeiten sowie kürzerer Schlafdauer in den dunklen und längerer Schlafdauer in den hellen Jahreszeiten bei den Schulkindern. Geschlechtsspezifische Unterschiede liegen durchweg nicht vor.

### *Schlussfolgerung*

Unsere Ergebnisse bezüglich abnehmender Schlafdauer, späterer Zu-Bett-Geh-Zeit und Zunahme des Wochenendeffektes mit zunehmendem Lebensalter und Schulstatuseffekte entsprechen im Wesentlichen der bisherigen Forschung. Vor Allem die Jugendlichen (Altersstufe 13-15) unterschreiten eine empfohlene Schlafdauer von >8h/Nacht. Wir halten den frühen Beginn der Schule für einen wesentlichen Faktor für ein angesammeltes Schlafdefizit unter der Woche und einen Ausgleich am Wochenende mit längerer Schlafdauer (Wochenendeffekt) vor allem bei den Jugendlichen. Bezüglich der Jahreszeiteffekte vermuten wir, dass die Schule als sozialer Zeitgeber das Aktivitäts-Ruhe-Verhalten stark beeinflusst und natürliche Umweltfaktoren, z.B. den Hell-Dunkel-Wechsel unterdrückt. Bei den Nicht-Schulkindern wiesen wir allerdings Jahreszeiteffekte nach. Um diese Ergebnisse genauer zu untersuchen müssen zukünftig weitere Fragestellungen zu Jahreszeiteffekten formuliert werden. Die Aktographie hat sich in dieser Studie hervorragend als nicht invasive Methode bewährt um Schlafparameter von Probanden in ihrer gewohnten sozialen Umgebung zu gewinnen.

## Abstract

### *Background*

Human chronobiology deals with the temporal organization of the rest-activity behaviour.

### *Material and methods*

Sleep and rest-activity behaviour parameters (actual sleep time, bed time, get up time) of 146 children have been incorporated. We used Aktometer with specialized software for the collection of data of the rest-activity behaviour and the measurement of different sleep parameters.

The data showed a big age range (0-15) and different circumstances in the recording period: school week vs. weekend/school status (pupils/non-pupils)/recording in the dark (fall/winter) vs. light seasons (spring/summer). We examined the weekend effect (longer actual sleep time, later bed time, later get up time on weekends as compared to school weeks), differences with regard to school status (different sleep parameters of pupils as compared to non-pupils), sex-related and seasonal differences regarding all sleep parameters.

### *Results*

We found a reduction of actual sleep time and a later bed time (especially for the adolescents) with increasing age. The get up time does not change significantly within the different age groups.

We found weekend effects. They are most significant for the actual sleep time and the bed time, with an increasing effect with higher age. A school status effect could be observed (stronger weekend effect for pupils as compared to non-pupils). No significant seasonal effects could be observed in the examination of all age groups. There were effects of reciprocity with shorter actual sleep time in the lighter and longer actual sleep time in the darker seasons for non-pupils, and shorter actual sleep time in the darker and longer actual sleep time in the lighter seasons for pupils. Sex related differences were not found.

### *Conclusion*

Our results concerning decreasing actual sleep time, later bed time and increase of the weekend effect with increasing age and school status are congruent with existing research.

The adolescents (13-15 years) do get significantly less than the recommended actual sleep time of >8h per night. We consider the early start of the school and the late bed time as decisive factors for an accumulated sleep deficit within the school week and, hence, for the weekend effect.

Regarding the seasonal effects, we assume that school as social zeitgeber strongly influences the rest-activity behaviour and suppresses natural influences, like the light-dark cycle. We showed seasonal effects for non-pupils. Further studies need to formulate specific questions concerning seasonal effects. Actigraphy has proven itself to be a non-invasive and good method for acquiring sleep parameters of subjects in their accustomed social environment.

# I Einleitung

## 1.1 Chronobiologie und ihre Wirkungsfelder

Die Chronobiologie als Fachgebiet beschäftigt sich mit der zeitlichen Organisation des menschlichen Verhaltens sowie regelmäßig wiederkehrender Abläufe und Körperfunktionen und den diesen zu Grunde liegenden Gesetzmäßigkeiten bei lebenden Organismen. Das Fachgebiet bietet Wirkungsfelder für verschiedene Berufsgruppen, chronobiologische Forschungsthemen werden von Medizinern, Psychologen, Soziologen ebenso wie von Biologen bearbeitet.

Die regelmäßige Wiederkehr gleicher Zustände oder Ereignisse nach etwa gleichen Zeiten bezeichnet man als biologischen Rhythmus (Aschoff et al. 1988). Die Chronobiologie untersucht die diesen Rhythmen zu Grunde liegenden Gesetzmäßigkeiten.

Betrachtet man den menschlichen Körper, weisen viele physiologische Funktionen periodische Schwankungen auf, unterliegen gesetzmäßigen Rhythmen. Eine gute Unterscheidung dieser biologischen Rhythmen erfolgt durch das Merkmal der Periodenlänge. Diese zeigt, wie zeitlich lange die Periode ist, bis der Ausgangszustand wieder erreicht ist. Rhythmen folgen mit ihrer Periodenlänge annähernd entweder Zyklen, die auf genauer Zeitmessung basieren (Sekunden/Minuten/Stunden) oder Zyklen, die auf Umweltbedingungen basieren (= geophysikalische Zyklen). Zu den geophysikalischen Zyklen gehören circadiane (dem Tag folgende), circatidale (den Gezeiten folgende), circalunare (dem Mond folgende) und circaannuale (dem Jahr, den Jahreszeiten folgende) Rhythmen. Der bekannteste Rhythmus ist der Aktivitäts-Ruhe-Rhythmus des Menschen. Tagesgang der Körpertemperatur, die Herz- und Atemfrequenz sowie der Blutdruck des Menschen folgen einer 24 stündigen Periode. Die Periodenlänge für den Aktivitäts-Ruhe-Rhythmus eines erwachsenen Menschen beträgt etwa 24 Stunden. Hierbei passt sich diese Periodenlänge in einer natürlichen Umgebung an die Umweltbedingungen an, die sich ihrerseits stetig zyklisch verändern.

Ohne den Einfluss von Zeitgebern weisen alle Lebewesen freilaufende biologische Rhythmen auf. Aus verschiedenen ersten Isolationsstudien am Menschen von Aschoff (1998), in denen Probanden vollkommen abgeschirmt von der Außenwelt in verdunkelten z.B. Beton- Bunkern lebten, kennt man den Effekt von vielen exogenen Einflussfaktoren auf den Aktivitäts-Ruhe-Rhythmus. Werden diese „ausgeschaltet“, wie z.B. der natürliche Hell-Dunkel-Wechsel (Tag-/Nacht) oder andere Zeitgeber, entwickelt der Proband ohne diese Zeitgeber eine von der 24-Stunden-Periode abweichende Periodenlänge (Aschoff 1998).

Wie eindrucksvoll dieses chronobiologische Verhaltensmuster des Menschen ist, verdeutlichen o.g. Versuche von Aschoff. Auch im Rahmen anderer Versuchsreihen, der sogenannten „Andechser Versuche“ wurde nachgewiesen, dass der Aktivitäts-Ruhe-Rhythmus endogen gesteuert wird (s.u.). So wurden hier Probanden bis zu vier Wochen von jeglichen äußeren Einflüssen und Zeitgebern abgeschirmt. Im Verlauf zeigte der Großteil der Studienteilnehmer freilaufende Aktivitäts-Ruhe-Rhythmen mit einer Periode von etwa 25 Stunden (Wever 1999). Unser Organismus kann nur durch die Anpassung an die zeitlichen Strukturen seiner Umwelt überleben. So befähigt uns die endogene Rhythmusregulation, die zeitgebenden Informationen der Umwelt aufzunehmen und uns an diese anzupassen. Der wichtigste Mechanismus ist die Photo-Rezeption, der Hell-Dunkel-Wechsel (Zulley 1993). Am stärksten wird die circadiane Rhythmik von Hell-Dunkel-Wechseln mit hoher Lux-Amplitude beeinflusst, die nachfolgenden Zeitgeber sind Temperaturschwankungen im Tagesverlauf und saisonale Unterschiede (Ultraviolettstrahlung) im Jahreszeitenverlauf (Hildebrandt et al. 1998).

### 1.2 Die Individualität von circadianer Rhythmik beim Menschen: Innere Uhr und Chronotypen

Das Zusammenspiel zwischen dem Zyklus des Sonnenlichts, der biologischen Rhythmen und der sozialen Zeitgeber (s.u.) gibt die Struktur, die den Ablauf unserer Tage bestimmt, vor. Der Wechsel von Hell und Dunkel ist die Konsequenz der Erdrotation. Unsere biologischen Rhythmen sind das Ergebnis der Arbeit einer „inneren Uhr“, alle Lebewesen „leben“ nach dieser „inneren Uhr“. Allein der Wechsel zwischen Hell und Dunkel gibt dem Körper viele Signale (z.B. verändertes Licht, Temperatur), diese Signale sind für die innere Uhr die wichtigsten „Zeitgeber“. Unsere moderne technologisierte Zivilisation besitzt seit der Einführung der „Uhr-zeit“ eine dritte Dimension der Zeitgeber, die „soziale Zeit“. Wir spüren vor Allem den Einfluss dieser „sozialen Zeit“, der „sozialen Zeitgeber“. Wie unsere „innere Uhr“ durch diese sozialen Zeitgeber geschaltet, gesteuert und beeinflusst wird, ist unten beschrieben.

Es gibt verschiedene Varianten von „clock genes“, die für jedes Lebewesen die Dauer eines periodisch wiederkehrenden Rhythmus vorgeben. Beim Menschen bleibt dieser Rhythmus – mit individuellen Abweichungen – rund um 24 Stunden. Diese „Circadiane Rhythmik“ und das Leben danach hängt somit von spezifischen Genotypen ab. Jeder Mensch entwickelt seine eigene körperliche Reaktion auf die Zeitgeber (z.B. Schwankung in der Körpertemperatur oder unterschiedlicher Beginn der Melatonin-Ausschüttung). Da dies bei jedem individuell über die Lebensspanne mehr oder weniger konstant bleibt, bilden sich somit verschiedene Chronotypen heraus (Lehnkering et Siegmund 2007, Roenneberg et al. 2007). Warum trotz desselben Aufbaus

der Bestandteile der inneren Uhr unsere Rhythmen so unterschiedlich sein können, liegt daran, dass wir Menschen unterschiedliche „Chronotypen“ sind.

Dies zeigt sich auch daran, dass Menschen große Unterschiede innerhalb der Gestaltung ihres 24-Stunden-Tages aufweisen. Ein Beispiel ist die individuell bevorzugte Zeit von Schlafen und Wachen. In einer bestimmten Population zeigen Schlaf-Wach-Zeiten eine beinahe „Gaussianische Verteilung“, in der extrem frühe Chronotypen dann aufwachen und ihren Tag beginnen, wenn extrem späte Chronotypen mit Schlafen ihren Tag beenden (Roenneberg et al. 2007).

Das Fachgebiet Chronobiologie beschäftigt sich u.a. damit, epidemiologische Daten von möglichst vielen Individuen zu sammeln, nicht nur um die Verteilung der Chronotypen beurteilen zu können, sondern auch um die mannigfaltigen Beeinflussungsfaktoren derer besser herausarbeiten zu können. Einer der neueren Fragebögen zum Chronotypen ist der sogenannte Munich Chronotype Questionnaire, MCTQ (Roenneberg et al. 2007). Eine aktographische Studie, die in der Methodik den Morningness-Eveningness Questionnaire (MEQ) anwandte, zeigte eine Assoziation zwischen der Präferenz von Morgen- oder Abendtyp und Geburtsmonat. So waren hier bei 3709 getesteten Probanden offensichtlich die um Dezember und Januar Geborenen die ausgeprägtesten Morgentypen, die ausgeprägtesten Abendtypen zeigten sich bei den im Juni und Juli Geborenen. Zum Untersuchungszeitalter waren die Probanden erwachsen, es ging auch um die Rückschau der Entwicklung der Chronotypen mit der Frage, ob sich der Chronotyp über die Lebensspanne hält (Natale et al. 2002).

### 1.3 Die Steuerung biologischer Tagesrhythmen

Die circadianen Rhythmen bestimmen, endogen gesteuert mit ihrer Periodenlänge von etwa 24h, fast jedes Regulationssystem des menschlichen Organismus. Die bekanntesten sind der 24-Stunden Schlaf-Wach-Rhythmus und 24-Stunden-Rhythmen der Hormonsekretion (Rivkees 2003, Rivkees 2001, Rivkees et al. 2000). Andere nicht so bekannte aber trotzdem wichtige sind die Regelung der Kernkörpertemperatur, Nierenfunktion, Darmmotilität, Blutdruckregulation, Magensäureproduktion, Immunregulationsfunktionen und auch Medikamentenwirksamkeit (Garcia et al. 2001).

Der Steuerung dieser circadianen Rhythmen ist ein ganzer Komplex übergestellt. Dieses auf Neuronen basierende System beinhaltet die sogenannte „biological clock“ (innere Uhr) mit intrinsischen und extrinsischen Leitungsbahnen.

Der Nucleus suprachiasmaticus bildet das Kernstück der inneren Uhr. Er ist lokalisiert über dem Chiasma opticum an der Basis des dritten Ventrikels (Rivkees 2000). In Geweben, Zellen und

Organen werden die circadianen Rhythmen über molekulare oszillatorische Mechanismen gesteuert, wahrscheinlich von den jeweiligen Zellkernen ausgehend. Die Hauptprogrammierung und Steuerung dieser werden vom suprachiasmatischen Kern (SCN) übernommen, man kann ihn als sogenannte „Haupt-Uhr“ bezeichnen. Er koordiniert die gewebespezifischen zellständigen Oszillatoren über die Anpassung ihrer Periodenlänge und synchronisiert sie in Abhängigkeit vom natürlichen Hell-Dunkel-Wechsel. So kann sich der Organismus in seiner Organisation der Umgebung anpassen (Haus 2007).

Doch wie steuert sich die „Haupt-Uhr“ selbst? Der circadiane Oszillator des Säugetier-SCN ist ein Viel-Faktoren-System bestehend aus diversen miteinander agierenden positiven und negativen Transkriptions–Translations–Rückkopplungsschleifen. Die zentrale Schaltstelle ist angewiesen auf den Tag-Nacht-Zyklus, gesteuert über das Sonnenlicht. Dies geschieht über nicht mit dem Sehen assoziierte Ganglionzellen in der Retina, die als langsam leitende Photorezeptoren dienen. Das Sonnenlicht wird über die o.g. Retina-Photorezeptoren empfangen und als Signal dem SCN über den Retinohypothalamischen Trakt weitergeleitet.

Der Retinohypothalamische Trakt (RHT) ist wichtig für das Entrainment, da wie oben genannt der wichtigste Input-Faktor Licht ist. Über den Neurotransmitter Glutamat wird die RHT-Aktivität vermittelt, die phasenweise Aktivität des Glutamat wiederum involviert den Stickstoff-Kreislauf (Rivkees et al. 2000). Wichtig ist, dass das (Sonnen-)Licht der primäre Zeitgeber ist, der den SCN in seinem 24-Stunden-Rhythmus hält. Der endogene Rhythmus des SCN ohne Lichteinstrahlung liegt etwa bei 24,5 Stunden. Da also nicht von selbst exakt 24 Stunden erreicht werden, müssen die circadianen Schrittmacher jeden Tag neu auf 24 Stunden programmiert werden, ansonsten würden die Oszillationen nicht mehr mit dem Hell-Dunkel-Wechsel übereinstimmen (Rivkees 2001). Der Synchronisierungsprozess Lichtimpuls-SCN nennt sich Entrainment (Garcia et al. 2001). Letztlich sichert das Entrainment, dass die biologische Uhr stabil synchronisiert wird in Abhängigkeit von ihren unterschiedlichen Zeitgebern. Abhängig von ihrem Zyklus reagiert die innere Uhr unterschiedlich auf einen Zeitgeber-Stimulus. Spät abends bis zum frühen Morgen lässt wenig Licht die „innere Uhr“ in Richtung Schlaf gehen, morgens bis nachmittags in Richtung Wachsein (Roenneberg et al. 2007). Interessanterweise reagieren die meisten Oszillatoren in Zellen, die beispielsweise in der menschlichen Haut liegen, nicht direkt auf Licht, werden stattdessen synchronisiert über die Informationen des SCN. Eine Ausnahme sind hier die Keratinozyten der Haut, die über direkte UV-B-Strahlung reguliert werden (Haus 2007).

Über serotonerge Neurotransmitter beeinflusst der Raphe nucleus den SCN. Einen weiteren Einfluss hat der Nucleus suprachiasmaticus (SCN), welcher ebenfalls die Innere Uhr moduliert über Ausschüttung von Neuropeptid Y (Rivkees et al. 2000). Insgesamt ist jedoch nicht geklärt,

ob extra-retinale Lichtexposition die circadiane Synchronisation aufrechterhalten kann. Entfernt man beispielsweise den SCN aus dem Gehirn von Versuchstieren (hier Affen) und platziert ihn in organische Zellsysteme, synchronisiert er den 24-h-Takt für mindestens weitere 31 Tage weiter wie im Ursprungsgewebe (Haus 2007). Entfernte man bei Squirrel-Affen jedoch den SCN komplett, konnte man ein völliges Fehlen einer circadianen Rhythmik beobachten (Rivkees et al. 2000).

#### 1.4 Die Entwicklung des Circadianen Systems im Mutterleib

Bereits in der 18. Schwangerschaftswoche ist der SCN im fetalen Gehirn des Menschen in seinen Grundzügen entwickelt. Ab der 20.-22. Schwangerschaftswoche sind eindeutig circadiane Rhythmik von fetaler Herzrate und Atmung zu erkennen. Zum Entrainment der Rhythmogenese tragen das mütterliche Corticotropin-Releasing Hormon-, die Cortisol- und Melatoninausschüttung bei (Garcia et al. 2001). Erst seit Kurzem ist es möglich, den SCN „sichtbar“ zu machen. Im Gegensatz zu z.B. Squirrel-Affen beispielsweise ist der menschliche SCN in seiner Zellform nicht geclustert, somit schwer in Bildgebung auszumachen, welche beim Affen wiederum die Clusterung abbilden kann. Allerdings ist über die Probenentnahme von spezifischen Melatonin-Rezeptoren und SCN-Peptiden die Identifizierung inzwischen möglich, und somit auch die pränatale Erforschung des SCN (Rivkees et al. 2000).

Nach der Geburt ist die Reifung des SCN nicht abgeschlossen. Der SCN enthält bestimmte Neuronengruppierungen, die Vasopressin oder vasoaktives intestinales Polypeptid ausschütten. Bei termgeborenen Neugeborenen beträgt die Anzahl dieser Neuronen lediglich 20 % der bei Erwachsenen nachweisbaren, was bis mindestens bis zum 1. Lebensjahr so bleibt, bis die Zahl der Neuronen sich angleicht (Rivkees et al. 2000).

#### 1.5 Aktivitäts-Ruhe-Rhythmus und Schlaf in verschiedenen Altersstufen

##### *Neugeborene und Säuglinge (0 bis 12 Monate)*

Bei vielen Säuglingen verteilen sich die Schlafphasen nach der Geburt unabhängig davon, ob es Tag oder Nacht ist. Im Wechsel von Ruhe- und Wachphasen zeigen sich vor allem ultradiane Perioden, eine circadiane Rhythmik ist oft nicht ersichtlich. Ultradiane Rhythmen weisen eine Periodenlänge < 24 h auf, beim Menschen wären Beispiele Atmung oder Nahrungsaufnahme. Im Prinzip zeigt sich das Schlafmuster des Neugeborenen als Serie von Schlafphasen, die von Wachphasen unterbrochen werden (Hobson 1990). Bereits etwa im Alter von 6 Wochen jedoch

verstärkt sich deutlich die Fähigkeit, längere Episoden von Schlaf- und Wachsein auszubilden, zusätzlich richten sich die Wachphasen mehr zum Tage hin aus. Im Alter von 12 Wochen konsolidieren sich die Schlafphasen langsam in Richtung Nachtschlaf, es entstehen deutlich längere nächtliche Schlafphasen und kürzere Tagschlafphasen. Etwa im Alter zwischen 6-9 Monaten beginnen Säuglinge individuell „die Nacht durchzuschlafen“, womit im Allgemeinen eine Schlafdauer von etwa 8 Stunden nachts gemeint ist. Dieses Durchschlafen ist ein großer Entwicklungsschritt. Zu diesem Zeitpunkt sind meist circadiane Rhythmen erkennbar. Die gesamte Schlafdauer (Tag- und Nachtschlafphasen) während des ersten Lebensjahres bleibt in etwa konstant bei durchschnittlich etwa 12-14 Stunden pro Tag. Jedoch ist die Individualität hoch, kann ein sechs Monate altes Kind insgesamt nur etwa 10 Stunden schlafen, schläft ein Anderes mehr als 18 Stunden pro Tag (Jenni und Carskadon 2005). Die Arbeitsgruppe „Chronobiologie und Verhalten“ veröffentlichte viele Untersuchungen zu dieser Thematik, so konnten Löhr und Siegmund 2008 zeigen, dass bereits in den ersten Lebenswochen die ultradiane Rhythmik der Nahrungsaufnahme sich der Entwicklung eines 24h Aktivitäts-Ruhe-Rhythmus anpasst.

Auf biologisch-/hormoneller Ebene zeigt sich die Entwicklung in Richtung eines 24h Aktivitäts-Ruhe-Rhythmus etwa ab dem Beobachten eines deutlichen Tag-Nacht-Rhythmus des Säuglings. So beginnt die Produktion von Melatonin in einem Tag-Nacht-Rhythmus etwa ab der 12. Lebenswoche. Die circadianen Unterschiede in der Ausschüttung von Cortisol beginnen etwa zwischen dem 3. und 6. Lebensmonat. Mit voranschreitendem Alter zeigt sich für verschiedene Hormon- und Regulationssysteme im Körper eine circadiane Rhythmik.

Der wichtigste Faktor zur Entwicklung dieser „inneren Uhr“, einer circadianen Rhythmik ist der Hell-Dunkel-Wechsel. Es gibt in den letzten Jahren immer wieder Studien über die verzögerte Entwicklung des Ruhe-Aktivitäts-Rhythmus bei frühgeborenen Säuglingen im Vergleich zu termgeborenen Säuglingen. Über viel längere Zeiträume bestehen weiter ultradiane Rhythmen (Rivkees 2003). Als Reaktion hierauf haben sich die Lichtgegebenheiten auf vielen neonatologischen Stationen heute weitgehend denen der natürlichen Tag-Nacht-Periodik angepasst. Gibt es auf diesen Stationen ein eindeutiges Hell-Dunkel-Regime oder zumindest einen Wechsel in der Beleuchtung, scheint sich nicht nur die Tag-Nacht-Periodik besser bzw. früher zu entwickeln, so nehmen diese Frühgeborenen beispielsweise auch schneller an Gewicht und Größe zu und neigen weniger zu Infektionskrankheiten (Rivkees 2001).

Dass die Entwicklung der Tagesrhythmik von Neugeborenen durch Umweltzeitgeber wie Licht-Dunkel-Wechsel oder durch soziale Zeitgeber wie z.B. Mutter-Kind-Interaktion beeinflusst wird, zeigen Studien der Arbeitsgruppe Chronobiologie und Verhalten. So wurden von Korte und Siegmund 2004 von 68 Neugeborenen mit unterschiedlichem Geburtsmodus die Zeitmuster der

motorischen Aktivität vom 3. bis zum 8. Lebenstag aufgezeichnet. Interessanterweise ergab sich hier, dass die Kinder, die nach einer sekundären Sectio caesarea entbunden wurden, keine tagesrhythmischen Hauptperioden aufwiesen, wobei im Vergleich die spontan geborenen Säuglinge fast alle einen Tagesrhythmus mit circadianen Hauptperioden im Aktivitäts-Ruhe-Muster aufwiesen. Hier konnte ein weiterer Faktor zur Entwicklung einer Tagesrhythmik nachgewiesen werden, nämlich der Geburtsmodus selbst. Ist die circadiane Rhythmik wie oben genannt, erst nach den ersten Lebensmonaten voll ausgebildet, gibt es auch Studien, die das Vorliegen zumindestens circadianer Perioden bereits in den ersten Lebenstagen beschreiben (Rivkees 1997). Das erste Lebensjahr und die Entwicklung des Ruheverhaltens, speziell des Nachtschlafs beschäftigt nicht nur Eltern, sondern ist auch Thema zahlreicher wissenschaftlicher Publikationen. Henderson et al. (2011) gaben eine Übersicht zur aktuellen Literatur die sich mit den Faktoren beschäftigt, die den Schlaf im ersten Lebensjahr festigen, die meisten Veröffentlichungen beschäftigten sich mit der Frage nach der längsten ununterbrochenen Schlafperiode des Kindes und dem „nachts Durchschlafen“. So können die meisten Kinder im Alter von sechs Monaten etwa 8h am Stück in der Nacht „durchschlafen“, die meisten Änderungen in der Schlafkonsolidierung geschehen um den 4. Lebensmonat herum. Ein weiterer interessanter Aspekt ist, dass während bei den Säuglingen noch kein eindeutiger circadianer Rhythmus vorliegt, sich auch bei den Müttern der Kinder der Schlaf-Wach-Rhythmus den ultradianen Phasen anpasst, was Wulff und Siegmund 2001 anhand der Beobachtung von Familien mit frischgeborenen Kindern untersuchten, die Familienväter behielten ihren gewohnten Rhythmus bei. Dies konnten auch Siegmund et al. 1994 in ihren interkulturellen Beobachtungen an Neugeborenen in Tauwema, Papua Neu Guinea nachweisen.

#### *Kleinkind- und Vorschulalter ( 12 Monate bis 6 Jahre)*

Insgesamt nimmt die Gesamtschlafdauer während dieser Entwicklungsphase deutlich ab. Grund ist die Reduktion des Tagschlafes, der sogenannten „Mittagsschläfchen“. Dabei hängen die Tagschlafphasen zum Einen vom Schlafbedürfnis des Kindes, zum Anderen auch von äußeren Gegebenheiten ab. So zeigt sich eine große Variationsbreite bei den Tagesroutinen, Kita-Gegebenheiten und kulturellen Gegebenheiten vieler Kinder. Die meisten Kinder halten keinen Mittagsschlaf mehr zwischen dem 3. und 5. Lebensjahr. Eine Besonderheit dieser Altersspanne sind im Vergleich häufigere nächtliche Wachphasen, welche als ein normales Entwicklungsphänomen angesehen werden sollten. Etwa 20 % der Kinder wachen mindestens einmal pro Nacht für eine längere Dauer auf, bei etwa 50 % geschieht dies mindestens in einer Nacht der Woche (Jenni 2005, Galland et al. 2012). Diese Wachphasen hängen zusammen mit auf

die Nachtschlafphasen bezogenen ultradianen Rhythmen der verschiedenen Schlafzyklen (50-90 Minuten).

Hierbei ist zu erwähnen, dass die Wachphasen einen der Hauptfaktoren für Eltern darstellen, die Schlafqualität ihres Kindes zu beurteilen (Palmstierna et al. 2008). Es lohnt sich einen Blick auf vermeintliche Schlafstörungen zu werfen, da es sich bei den Wachphasen um ein vulnerables Feld handelt, wo ggf. falsche elterliche Interaktionen die Entwicklung von manifesten Schlafstörungen fördern können. Insgesamt ist die Fähigkeit des Kindes, nach dem nächtlichen Aufwachen ohne Hilfe wieder einzuschlafen ein wesentlicher Faktor, ob die Wachphasen des Kindes persistieren und evtl. irgendwann ein Schlafproblem darstellen (Touchette et al. 2005). Familiäre Routinen so wie feste Zu-Bett-Geh-Zeiten oder allgemein Schlafrituale spielen eine große Rolle, wie beispielsweise das Tragen eines Schlafanzuges, das Erzählen von Nachtgeschichten oder das Singen von Einschlafliedern.

Um nur einige wenige Faktoren zu nennen, die wissenschaftlich untersucht Einfluss auf nächtliche Wachphasen haben, sei hier das Stillen als assoziiert mit häufigerem Aufwachen oder der „Ort des Schlafens“ genannt, wobei es für das sogenannte „Bedsharing“ (das Kind schläft im Bett der Eltern oder wird nach Schlafunterbrechungen ins elterliche Bett geholt) unterschiedliche Aussagen gibt, insgesamt scheint bei gelegentlichem Anwenden keine Signifikanz für häufigere Wachphasen vorzuliegen (Quillin und Glenn 2004, Galland et al. 2012).

Die Schlafdauer in dieser Altersspanne zeigt laut einer Metaanalyse von Galland et al (2012) eine hohe Variabilität, was Mittelwerte der Schlafdauern aus verschiedenen Studien anbetrifft. Insgesamt liegt laut dieser Studie die durchschnittliche Schlafdauer (pro 24 Stunden) bei 12,6 Stunden bei den 1-2 Jährigen, 12,0 Stunden bei den 2-3 Jährigen, 11,5 Stunden bei den 4-5 Jährigen und 9,7 Stunden bei den 6-Jährigen. In einer aktographischen Studie über Schlafmuster von 59 Kindern im Alter von drei bis sechs Jahren betrug die Schlafdauer bei diesen durchschnittlich 9,46 Stunden (Tikotzky und Sadeh 2001). 50 mit Aktographie aufgezeichnete Kinder im Alter von 4-7 Jahren erreichten eine durchschnittliche nächtliche Schlafdauer von 8,42 Stunden (Werner et al. 2008). Diese Zahlen ähneln einer anderen aktographischen Studie, in welcher 2-4 Jährige eine Schlafdauer von 8,9 und 4-6 Jährige eine Schlafdauer von 9,6 Stunden aufwiesen (Acebo et al. 2005). Desweiteren findet man bei Sadeh et al. (2009) in einer Studie, in der Schlafparameter von 5006 Kindern im Alter von 0-3 Jahren mittels Fragebogen durch die Eltern erhoben wurden, für die Altersgruppe von 3-5 Jahren eine Gesamtschlafdauer (24h) von durchschnittlich 13,3 h plus/minus 2,04 h, die nächtlichen Wachepisoden betragen hier durchschnittlich 1,24 h plus/minus 1,19 h. Anzumerken hierbei ist, dass elterliche Aussagen zu Wachepisoden nicht so genau sind, wie beispielsweise die Messung von Wachepisoden mit

objektiven Methoden wie Aktographie (Galland et al. 2012). Meist sind aktographisch basierte Messungen der Wachepisoden viel häufiger als die beispielsweise durch Tagebuchangaben dokumentierten Wachepisoden durch Eltern (Acebo et al. 2005).

Um die in dieser Altersgruppe allgemein stabile circadiane 24 h-Rhythmik zu erwähnen, sei auf eine aktographische Untersuchung aus der Arbeitsgruppe Chronobiologie und Verhalten einer kleinen Probandengruppe von acht termgeborenen Kindern im Alter von 20 Monaten verwiesen, in der alle Probanden ein dominantes circadianes Aktivitäts-Ruhe-Verhalten mit Hauptperioden von ca. 24 Stunden aufwiesen (Gössel-Symank et al. 2004).

### *Schulalter (6 bis 12 Jahre)*

Nach heutigem wissenschaftlichem Stand und allem Wissen um die Funktionen des Schlafes zur Förderung der Gesundheit sowie der mentalen wie physischen Entwicklung, sollten Schulkinder mindestens eine Schlafdauer von etwa 9 Stunden pro Nacht haben (Dewald et al. 2010). Hier seien Zahlen eingefügt, wonach die Schlafdauer von 6-Jährigen ungefähr bei 9.7 Stunden/Nacht liegt, dann mit den Lebensjahren abnimmt und bei den 12 – Jährigen bei etwa 8.9 Stunden/Nacht liegt (Grandner 2012).

Ein großer Einflussfaktor auf die (sich verkürzende) Schlafdauer im Schulalter ist der Beginn des Schul-Tages bzw. allgemein die viel ausgeprägtere Alltagsstrukturierung durch diesen wichtigen sozialen Zeitgeber. Ein Effekt hiervon ist der Beginn von veränderter Schlafdauer unter der Woche und an Wochenenden (Epstein et al. 1998). Es wird ein vielleicht entstandenes Schlafdefizit unter der Woche am Wochenende aufgeholt. So konnten Olds et al. (2010) in einer Studie, die insgesamt 9.977 Kinder im Alter von 9-18 Jahren aus verschiedenen Ländern einschloss, bei der Altersgruppe der 9-12 Jährigen eindeutig eine erhöhte Schlafdauer am Wochenende im Vergleich nachweisen. Es konnte auch ein deutlicher Geschlechtereffekt festgestellt werden, so schliefen an Schultagen Mädchen durchschnittlich 11.1 Minuten länger als Jungen, an Wochenendtagen sogar durchschnittlich 28,7 Minuten länger. Außerdem konnte die allgemeine Abnahme der Schlafdauer mit ansteigendem Alter gesehen werden, die Schlafdauer verringerte sich um etwa 14 Minuten/Tag pro 1 Jahr ansteigendes Lebensalter an Wochentagen, an Wochenendtagen waren es 7 Minuten/Tag. Eine andere Studie, die 1112 Kinder der Altersstufen 4-6 im Längsschnitt untersuchte, zeigte wiederum eine Verringerung der Schlafdauer am Wochenende im Vergleich zu Wochentagen. Allerdings hatten die Kinder, als sie die Altersstufe 6 und somit das Schulalter erreichten, auch hier an Wochentagen frühere Zu-Bett-Geh- und Auf-Steh-Zeiten als am Wochenende (Touchette et al. 2008).

In wissenschaftlichen Untersuchungen aus den USA kommt es zu sich erhöhenden Zahlen von Schlafstörungen oder zumindest steigender Tagesmüdigkeit bei Schulkindern. Es sei hierfür eine Studie erwähnt, die mittels Tagebuch und Elternfragebogen insgesamt 755 Kinder im Alter von 8-11 Jahren zu Schlafdauer und Zu-Bett-Geh-Zeiten untersuchte. Auch hier nahm die Schlafdauer mit zunehmendem Lebensalter ab, lag bei den 8-Jährigen bei 9,74 Stunden/Nacht, bei den 9-Jährigen bei 9,65 Stunden/Nacht, bei den 10- und 11-Jährigen bei 9,44 Stunden/Nacht. Die für alle Altersgruppen ermittelte Zu-Bett-Geh-Zeit lag bei durchschnittlich 22,05 h, wobei mit steigendem Alter auch hier spätere Zu-Bett-Geh-Zeiten erreicht wurden (22,30h–23,00h) (Spilsbury et al. 2004). Sadeh et al. (2000) führten verschiedene Studien – großteils auch aktographisch – zu Schlafmustern von Kindern im Schulalter durch. Die Autoren der Arbeitsgruppe um Sadeh verwendeten für systematische Studien zu Schlafmustern verschiedener Altersgruppen gleiche Kriterien und ermöglichen so einen Vergleich der Parameter. Die Ergebnisse dieser Studien für alle Altersgruppen sind in Tabelle 1 aufgeführt. Bezeichnend ist die Abnahme der tatsächlichen Schlafdauer. Die Anzahl der Wachepisoden ändert sich kaum, dies deutet auf ein sehr stabiles Schlaf-Wach-Muster während der Kindheit im Unterschied zum Kleinkindalter hin.

**Tabelle 1:** Ergebnisse der aktographischen Studien zum Schlafmuster verschiedener Altersgruppen (Sadeh et al. 2000). Lagen Angaben für Jungen/Mädchen vor, so sind sie durch Schrägstrich getrennt aufgeführt.

Altersgruppe	Tatsächliche Schlafdauer (h )	Wach-episoden (N°)
7-8 Jahre	8,55 / 8,67	2,09 / 2,05
9-10 Jahre	8,02 / 8,42	1,77 / 1,50
10-12 Jahre	7,62 / 7,75	1,78 / 1,52

Auch bilden sich bereits zu diesem Zeitpunkt die sogenannten „Chronotypen“ heraus. Stellt man die beiden Extremtypen gegenüber, gibt es den „Abendtypen“, die „Nacht-Eule“ und den „Morgentyp“, die „Morgen-Lerche“. Das eine Kind ist bis in die Nacht aktiv, sein Schlafbedürfnis stellt sich spät ein, dafür schläft es lange in den Morgen hinein, das andere ist morgens aktiv, da es abends früh zu Bett geht (Sadeh et al. 2000).

Man geht inzwischen davon aus, dass diese Chronotypen in mehr oder weniger starker Ausprägung „genetisch vorprogrammiert“ sind wie bereits oben beschrieben. Es liegen wenige Studien zur Verteilung der Chronotypen in dieser Altersgruppe vor. Ganz allgemein sind Kinder eher „frühere“ Chronotypen, die während – vor Allem auch der pubertären – Entwicklung zu „späteren“ Chronotypen werden (Roenneberg et al. 2007).

### *Adoleszenz ( 12-18 Jahre)*

Während der ersten 10 Lebensjahre nimmt die totale Schlafdauer deutlich ab, so bleibt das Schlafbedürfnis während der Adoleszenz weitgehend ähnlich, etwa durchschnittlich 9 Stunden pro Nacht (Mercer et al. 1998). Es ist jedoch davon auszugehen, dass viele Heranwachsende diese Stundenzahl dauerhaft nicht erreichen. Dewald et al. (2010) berichten, dass bis zu 45 % der Adoleszenten weniger als 8 Stunden Nachtschlaf erreichen. Asiatische Jugendliche scheinen weltweit die kürzesten Schläfer zu sein, in einer vergleichenden Studie schliefen sie 40-60 Minuten weniger pro Nacht als amerikanische und sogar 60-120 Minuten weniger als europäische Jugendliche (Olds et al. 2010).

Die wichtigste Veränderung im Schlafverhalten des Adoleszenten ist die Schlaf-Phasen-Verschiebung. Die untersuchten Probanden neigen dazu bis spät in die Nacht aufzubleiben und - im Vergleich zu Präadoleszenten- sehr spät am Morgen wieder aufzustehen. Wahrscheinlich ist diese Schlaf-Phasen-Verschiebung ein Ergebnis des „gesammelten“ Schlaf-Defizits während der Schulwoche und als „Schlaf aufholen“ während des Wochenendes oder der Schulferien zu sehen (Jenni und Carskadon 2005). Die Faktoren, die dazu führen, sind sicher nicht rein „biologisch“, während der Adoleszenz ändert sich das gesamte psychosoziale Milieu, der Teenager wünscht sich Autonomie und Selbstbestimmung, auch bezüglich seines Schlafrhythmus, es herrscht nicht mehr die elterliche Kontrolle hierüber. Freizeitbeschäftigung und Wochenendaktivitäten ändern sich bzw. nehmen zu (Sport, Musikgruppen, Diskothek), Anforderungen der Schule durch mehr Prüfungen und Hausaufgaben erhöhen sich gleichfalls (Crowley et al. 2007). Andere Faktoren, die das Zu-Bett-Gehen und die Schlafdauer beeinflussen, sind u.a. Fernsehen, Computerspiele und Musik hören (Van den Bulck 2004).

Es gibt wesentliche Einflüsse für die circadiane Rhythmik der Adoleszenz. Die verschobene Schlafphase könnte ein Resultat einer dauerhaft verlängerten Periodenlänge des circadianen 24 h-Rhythmus sein. Carskadon und Acebo (2005) errechneten bei 27 Adoleszenten im Alter von 9-15 Jahren eine Tagesperiode von durchschnittlich 24,27 h. Auch erhöhte Sensitivität bezüglich der Abenddämmerung oder erniedrigte Sensitivität gegenüber Tageslicht könnte die Schlafphasenverschiebung bei den Probanden erklären. Sind diese zwei Vermutungen jedoch wissenschaftlich weniger belegt, ist bewiesen, dass die Korrelation des pubertären Entwicklungsstatus mit dem Marker der circadianen Rhythmik, Melatonin, zeigt, dass geschlechtlich weiter entwickelte Jugendliche einen späteren Beginn von Melatoninsekretionsbeginn und – ende aufweisen (Jenni und Carskadon 2005).

Man nimmt an, dass fast alle Adoleszenten ein „späterer“ Chronotyp (Eule) sind. Bei der aktographischen Messung einer Gruppe von Jugendlichen zeigte sich im Vergleich zu den

Sommerferien ein um 1,5 Stunden vorgezogener Beginn der Zu-Bett-Geh-Zeit während der Schulzeit (Hansen et al. 2005). Laut Roenneberg et al. (2004) sollten Schulferien bei der Untersuchung des Chronotyps von Jugendlichen allgemein als Tage ohne soziale Zeitgeber behandelt werden. Hier wird gezeigt, dass bei Studien unter diesen Bedingungen in der Altersgruppe von 10- 20 Jahren eine kontinuierliche Verschiebung der mittleren Hauptschlafphase nach hinten zu beobachten ist. Während der Schulferien scheint sich der Wochenendeffekt auf die Schlafdauer allgemein zu reduzieren, in der hier benannten Studie wurde bei 10 und 14-Jährigen auch der Effekt der Jahreszeit auf die Schlafdauer untersucht, es wurde bei den 14-Jährigen eine Abnahme der Schlafdauer in den helleren Frühlingsmonaten beschrieben, die Schlafdauer lag für die 10-Jährigen insgesamt bei 10,2 Stunden/Nacht und für die 14-Jährigen bei 8,7 Stunden/Nacht (Szymczak et al. 1993).

Für 12-13 Jährige lag die Schlafdauer laut einer großen Fragebogenstudie bei 8,64 Stunden /Nacht, bei 16-Jährigen hingegen nur noch bei 7,83 Stunden/Nacht (Carskadon et al. 1998). Ein interessanter Aspekt ist eine Betrachtung der Entwicklung der Schlafdauer über einen größeren Zeitraum. Matricciani et al. (2012) fanden in einer großen Metaanalyse eine Abnahme der Schlafdauer für Kinder und Jugendliche um durchschnittlich 0,75 Min pro Jahr über die letzten 100 Jahre. Am deutlichsten war die abnehmende Schlafdauer bei älteren Kindern männlichen Geschlechts und an Schultagen im Vergleich zu Wochenendtagen. Die historische Entwicklung zu betrachten, kann uns einen Hinweis darauf geben, dass die tatsächlich verringerte Schlafdauer der heutigen Kinder und Jugendlichen ein erhebliches Schlafdefizit bedeutet. Der Chronotyp beeinflusst auch die Schlafdauer. Man nimmt an, dass vor Allem die Abendtypen diejenigen sind, die an Wochentagen eine kürzere, an Wochenendtagen eine längere Schlafdauer haben (Touchette et al. 2008). Bei Mädchen scheint die verzögerte Schlafphase früher als bei Jungen einzusetzen, parallel zu ihrem früheren Pubertätsbeginn (Hagenauer et al. 2009).

Die verzögerte Schlafphase spiegelt sich natürlich in kontinuierlich späteren Zu-Bett-Geh-Zeiten wider. Liegt die durchschnittliche Zu-Bett-Geh-Zeit bei 12-13 jährigen noch bei 21,52h plus/minus 45 Minuten, ist sie bei 16-Jährigen schon bei 22,48 h plus/minus 42 Minuten. Oft werden die späten Zu-Bett-Geh-Zeiten auch wochentags beibehalten – trotz frühem Schulbeginn (Loessl et al. 2008). Carskadon et al. (1998) beispielsweise fanden, dass Schüler nicht früher zu Bett gehen, einfach weil die Schule früh beginnt.

#### *Schlaf im Erwachsenenalter*

Bezüglich der Ergebnisse einer Studie aus unserer Arbeitsgruppe Chronobiologie und Verhalten, in der Geschlechtereffekte, saisonale Einflüsse und der jeweilig vorhandene Chronotyp im Schlafverhalten von erwachsenen Universitätsstudenten untersucht wurden, zeigte sich eine

durchschnittliche Schlafdauer von 6,9 Stunden/Nacht im Herbst, im Frühling eine durchschnittliche Schlafdauer von 6,6 Stunden/Nacht (Lehnkering und Siegmund 2007). Aus einer Tagebuchuntersuchung zum Schlafverhalten von Erwachsenen im Alter von 19-48 Jahren ließ sich eine mittlere Schlafdauer von 7,8 Stunden/Nacht ermitteln. Ähnlich wie bei Jugendlichen trat auch hier ein Wochenendeffekt bei Schlafdauer und Zu-Bett-Geh-Zeiten auf.

Eine andere aktographische Untersuchung wies eine deutlich verminderte nächtliche Schlafdauer auf. So schliefen die hier untersuchten Probanden im Alter von 40-64 Jahren durchschnittlich 6,22 Stunden. Es wurde ein relativ hoher Prozentsatz an Wachzeiten im Verlauf der Nacht nachgewiesen, so lag die Differenz zwischen Schlafdauer und „tatsächlicher Schlafdauer“ bei 1,3 Stunden (Jean-Louis et al. 2000). Postuliert wird auch für Erwachsene eine ausreichende und der Gesundheit förderliche nächtliche Schlafdauer von etwa 7-8 Stunden/Nacht. Leider beeinflussen viele Faktoren Aspekte des Schlafes (Schlafdauer, Schlafeffizienz etc.) in negativem Maße, wie zum Beispiel Schichtarbeit, schlechte Schlafhygiene, Alkohol-/Nikotin-/oder Drogenkonsum, Medikamente oder unregelmäßige Schlafgewohnheiten insgesamt (Akerstedt et al. 2007, Fietze et al. 2009, Fischer et al. 2008). Fietze et al. (2009) untersuchten insbesondere den Faktor „Stress“ als Einflussfaktor auf das Schlafverhalten. So wurde in einer Untersuchung an Ballettänzern aus dem Staatsballett Berlin während der Vorbereitungsphase auf eine Premiere einer Ballettaufführung eine deutlich verkürzte Schlafdauer (durchschnittlich ca. 6,5 Stunden/Nacht vs. postulierte 7-8 Stunden Nachtschlaf) aufgezeichnet.

### 1.6 Funktionen des Schlafes und Schlafstörungen im Kindes- und Jugendalter

Untersuchungen zu Schlafstörungen bei Kindern und Heranwachsenden finden – trotz immer weiter zunehmender Brisanz – in der Wissenschaft und im klinischen Alltag nach wie vor wenig Beachtung. Obwohl in der Grundlagenforschung viele neue Erkenntnisse gewonnen wurden, wird wenig davon in die Praxis umgesetzt. Bei all der Achtsamkeit bezüglich gesundheitlicher Fragen und Interesse von Eltern an der Erkennung von Krankheitssymptomen und Fürsorge für die gesunde Weiterentwicklung ihrer Kinder wird der Fürsorge von gesundem Schlaf meist wenig Beachtung beschenkt (Stores 2009). Andererseits sind Schlafprobleme eine der häufigsten Konsultationsfragen beim Kinderarzt. Rund ein Viertel bis ein Drittel der Kinder zwischen 6 Monaten und 5 Jahren haben Schwierigkeiten beim Einschlafen, beim Durchschlafen oder mit dem Zu-Bett-Gehen allgemein (Touchette et al. 2005). Die Wichtigkeit von Schlaf und die negativen Auswirkungen von Schlafstörungen bei Kindern kann bis in die Medizinhistorie verfolgt

werden. Thomas Phaire (1545), ein Anwalt und Physiker, brachte im Jahre 1545 erstmals ein Buch heraus, „The Booke of Chyl dren“, das erste Lehrbuch der Pädiatrie mit ausführlicher Beschreibung des kindlichen Schlafes und Schlafstörungen bei Kindern.

Das ICSD-2 (International Classification of Sleep Disorders) beschreibt beinahe 100 Schlafstörungen insgesamt, von denen viele Kinder und Jugendliche betreffen. Will man die häufigsten Schlafstörungen näher betrachten, so ist dem immer die Fokussierung auf die Unterschiede in der gesunden Physiologie des Schlafes vorzusetzen, die sich alleine in der Entwicklung vom Kindes- zum Jugendalter sehr unterscheiden, genau wie die verschiedenen Schlafstörungen in diesen Altersgruppen (Stores 2009).

Schlafgewohnheiten und -störungen unterscheiden sich zwischen Kindern und Erwachsenen. Einige Schlafstörungen treten eher bei Kindern und Adoleszenten auf, wie Zu-Bett-Geh-Zeit-Verschiebungen oder problematisches Verhalten bei nächtlichem Aufwachen bei kleineren Kindern (letztlich das Ergebnis des Entwickelns schlechter Schlafgewohnheiten und zu hoher elterlicher Beachtung). Eine Studie von Touchette et al. (2005), welche Ursachen für unterbrochenen Schlaf (unter der Annahme, Schlaf von weniger als 6 Stunden durchgehend führt eher zu Schlafstörungen) bei Kindern im Alter von 5, 17 und 29 Monaten untersuchte, zeigte als Hauptursache bei den 5 Monate alten Kindern, dass diese nach dem Aufwachen gefüttert wurden, bei den 17 und 29 Monate alten Kindern war es die elterliche Anwesenheit am Bettchen vom Hinlegen bis zum Einschlafen. Bei Adoleszenten wäre das DSPS zu erwähnen (the delayed sleep phase syndrome). Präpubertäre Kinder zeigen oft Bewegungsauffälligkeiten im Schlaf (Kopfschlagen, „Bummern“) oder nächtliche Inkontinenz.

Heutzutage treten auch bei Kindern immer mehr eigentlich dem Erwachsenenalter zugeordnete Schlafstörungen auf wie das Schlaf-Apnoe-Syndrom, Restless-Legs-Syndrom, Periodic-Limb-Movements-Syndrom oder sogar REM-Schlaf-Störungen (Stores 2009).

Es gibt viele Veränderungen in der Physiologie des Schlafes während Kindheit und Adoleszenz, während der Schlaf im Erwachsenenalter sich nicht grundlegend ändert. Als Beispiel ließe sich hier nennen, dass der REM-Schlaf (Rapid eye movement) bei sehr jungen Kindern überproportional vorhanden ist, wahrscheinlich aufgrund seiner Wichtigkeit für die frühe Gehirnentwicklung (Stores 2009). Da sich im Kindesalter so viele neurologische, endokrine, genetische und andere physiologische Faktoren entwickeln und ändern, ist dies eine empfindliche Phase der Gefahr der Manifestation von Schlafstörungen. Letztlich hat auch der Faktor „Eltern“ großen Einfluss auf das kindliche Schlafverhalten, deren Wissen, Benehmen und emotionales Verhalten oft determinieren, ob ein bestimmtes kindliches Schlafverhalten problematisch ist oder nicht. Zahlen, wie häufig Schlafstörungen im Kindes- und Jugendalter sind, variieren, man geht davon

aus, dass bis zu 30% der Kinder in den ersten drei Lebensjahren Phasen mit klinisch manifesten Schlafstörungen aufweisen. Es besteht immer die Gefahr, dass diese persistieren (Sadeh et al. 2011). Eine Studie von Tikotzy und Sadeh (2001) fand heraus, dass 84% von Kindern, die in ihrer frühen Kindheit unter Schlafproblemen litten, diese auch 3 Jahre später noch angaben. Außerdem geben bis zu 20-50 % der Kinder und Jugendlichen Tagesmüdigkeit an (Dewald et al. 2010). Was Behandlungsmethoden angeht, kann man allgemein sagen, dass die medikamentöse Beeinflussung von Schlafstörungen bei Kindern und Jugendlichen einen weitaus geringeren Anteil als bei Erwachsenen hat, letztlich sind verhaltensmodifizierende Methoden der Hauptanteil der Behandlung. Eine Ausnahme stellen Schlafstörungen im Rahmen von neurodegenerativen oder anderen chronischen Erkrankungen dar (Stores 2009).

Es gibt mehrere Studien, die zeigen, dass bereits kurze Anweisungen von beispielsweise Pädiatern bezüglich des Umgangs mit Schlafstörungen oder Anleitungen zu „richtigem“ Schlafverhalten gerade bei Kleinkindern hoch effektiv in der Verhinderung von manifesten Schlafstörungen sind. Ausreichender und gesunder Schlaf ist essentiell für Lernprozesse, Gedächtnisprozesse und Schulleistung bei Kindern und Jugendlichen. Zuwenig Schlaf, späte Zu-Bett-Geh-Zeiten und viele Schlafunterbrechungen haben ernste Auswirkungen auf die Gedächtniskapazität, Schulleistungen und Lernfähigkeiten. Ferner resultieren aus „schlechtem“ Schlaf verminderte Konzentrationsfähigkeit, schlechtere motorische Fähigkeiten, Störungen der Affektivität inklusive Ängstlichkeit und Depressionen, außerdem eine schlechtere gesundheitliche Konstitution und sogar ein vermindertes Immunsystem. Es steigt das Risiko für Unfälle, Alkohol- und Drogenmissbrauch (Matricciani et al. 2011, Sadeh et al. 2011). Empirische Studien haben einen Zusammenhang zwischen Schlaf und Gedächtniskonsolidation, welche eine Voraussetzung für exekutive Funktionen einschließlich abstraktem Denken und kreativen Prozessen ist, belegt (Dewald et al. 2010).

Außerdem beeinflussen nächtliche Gehirnprozesse die kognitive, emotionale und physische Leistungsfähigkeit der Kinder am Tage. Ferner sind zu kurzer oder ineffizienter Schlaf Risikofaktoren für Adipositas oder metabolische Erkrankungen (Dewald et al. 2010). Dies geschieht offenbar über ansteigenden sympathischen Tonus, erhöhte Ghrelin und Cortisol-Spiegel und erniedrigten Leptin-Spiegel und/oder erhöhter Glukosetoleranz bei verkürzter Schlafdauer (Matricciani et al. 2011). Schlafrestriktion führt zu erhöhten Ghrelin-Leveln, sezerniert aus dem Magen, außerdem zu verminderter Leptin-Produktion aus den Adipozyten, diese Veränderungen führen über erhöhten Appetit dann zum Übergewicht (Nixon et al. 2008). Schlaf fördert Gedächtniskonsolidation und Lernen und stärkt den Gehirnstoffwechsel (Jenni und Carskadon 2005). Ein Problem des Themenbereichs Schlafstörungen im Kindesalter ist, dass es schwierig ist,

Standard-Kriterien für Schlafstörungen zu entwickeln. Die Kriterien, die man benutzt, werden teilweise individuell angewandt, da kein standardisiertes Diagnosesystem vorliegt wie z.B. das ICD-10 System für Schlafstörungen im Erwachsenenalter, was insbesondere auch ein Vergleichen von verschiedenen Studien zu Schlafstörungen erschwert, wenn diese untereinander andere Kriterien benutzen und so beispielsweise ganz andere Inzidenzraten aufweisen (Tikotzky et al. 2001).

Nicht immer kann man kürzere Schlafdauer als gleichwertig mit „schlechtem“ Schlaf setzen. Wichtig ist die Unterscheidung zwischen Schlafdauer und Schlafqualität. Diese zwei Aspekte korrelieren nicht unbedingt miteinander, haben sogar verschiedene Effekte beispielsweise auf die Schulperformance. Im Allgemeinen wird eine höhere Schlafqualität aber durch längere Schlafzeiten, wenige Schlafunterbrechungen, längeres Schlafen am Morgen und eine frühe Zu-Bett-Geh-Zeit erreicht (Meijer et al. 2000). Die sogenannte „Schlafhygiene“, welche beispielsweise in der Behandlung von Schlafstörungen Erwachsener einen großen Teil psychotherapeutischer Arbeit einnimmt, darf auch bereits im Kindes- und Jugendalter beginnen. So sollten bestimmte Grundregeln eingehalten werden, wie beispielsweise feste Schlafzeiten, ein ruhiges, abgedunkeltes Schlafgemach sowie ausreichende Bewegung am Tag. Dies klingt in sich logisch, Tatsache ist jedoch, dass es beinahe keine Studien gibt, die untersuchen, ob bereits bei kleinen Kindern Wert auf Schlafhygiene gelegt wird (Iwata et al. 2011).

### 1.7 Einfluss der Jahreszeiten auf die Schlafdauer

Es wird immer wieder ein Einfluss der Jahreszeiten bzw. eine Empfindlichkeit des circadianen Rhythmus auf diesbezüglich veränderte Lichtbedingungen auf die Schlafdauer beim Menschen berichtet, zum Beispiel gibt es Studien im Labor mit festgelegten Hell-Dunkel-Perioden (Wehr et al. 1993). So schliefen die Probanden im Winter bzw. bei kürzeren Hell-Perioden länger als im Sommer. Auch bei Lehnkering und Siegmund (2007) wurden längere Schlafdauern im Herbst bei jungen Studenten gesehen. Studien, die jahreszeitliche Einflüsse auf das Schlafverhalten von Kindern und Jugendlichen untersuchen, liegen insgesamt nur wenig vor. Die Produktion des Schlafhormones „Melatonin“ korreliert mit den äußeren Lichteinflüssen, und Licht ist der Zeitgeber mit dem größten Einfluss auf die Schlaf-Wach-Regulation (Cajochen 2007). Die Annahme eines längeren Schlafes im Winter (dunkle Jahreszeit) beruht auf der Überlegung einer höheren Melatoninausschüttung, welche Schlaf induziert. Im Übrigen ist der Mangel an Licht über längere Zeit insgesamt ein Risikofaktor für Schwankungen im Aktivitäts-Ruhe- Rhythmus, was zu Schlafstörungen und beispielsweise auch zu Depressionen führen kann (Bedrosian und Nelson

2013, Munch und Bromundt 2012). Überhaupt legen jahreszeitliche Melatonin-Ausschüttungsschwankungen Veränderungen der Schlafdauer innerhalb der unterschiedlichen Jahreszeiten nahe.

### 1.8 Die Aktographie als Methode zur Erfassung von Schlafparametern

Die Aktographie ist eine Methode zur Erfassung und Quantifizierung von motorischer Aktivität. Dabei umfasst der Terminus Aktographie Methoden, welche mittels kleiner computergesteuerter Geräte (Aktometer) körpereigene Bewegungen aufzeichnen. Mit Aktometern und darin enthaltenen Sensoren werden Körperbewegungen auf der Basis von Beschleunigung registriert und über bestimmte Zeiträume aufgezeichnet und abgespeichert. Dabei werden Bewegungen in alle Richtungen erfasst. Die Aktographie basiert auf dem Prinzip, dass während Schlaf vermindert und während Wachsein verstärkt Bewegung bzw. Aktivität vorliegt (Littner et al. 2002). Die Differenzierung zwischen keiner Bewegung = keine Aktivität = Schlafen, und Bewegung = Aktivität = Wachsein erfolgt über einen Algorithmus, dem Aktivitätspunkte zugrundeliegen. Nicht vorhandene Bewegung wird vom Analyseprogramm als keine Aktivität bzw. Schlaf identifiziert, sobald über den errechneten Algorithmus dementsprechend wenig Aktivitätspunkte vorliegen. Dies geschieht in manchen Fällen unabhängig, ob der Proband wirklich schläft oder nur ruhig liegt, beispielsweise während des Fernsehschauens auf dem Sofa.

Hier ergibt sich ein Nachteil der Methode bezüglich der qualitativen Darstellung von Aktivität bzw. Ruhe, da die Methode eindimensional ist. Beispielsweise können über polysomnographische Untersuchungen und mehrdimensionale Messung über EEG, EOG, Ruhephasen und Schlafphasen eindeutig zugeordnet werden. Allerdings müssen die Aufzeichnungen hierfür in Schlaflaboren durchgeführt werden, mit dementsprechend höherem Aufwand für Vorbereitung, Durchführung und Praktikabilität für die Probanden.

Insgesamt hat sich die Aktographie als Methode zur Erfassung von Aktivitäts-Ruhe-Rhythmen in der Chronobiologie etabliert. Erste Untersuchungen bezüglich schlafmedizinischer Fragestellungen fanden etwa ab den 1950er Jahren statt, die ersten Aktometer wurden in den frühen 1970er Jahren entwickelt (McPartland et al. 1976, Kupfer et al. 1974). 1995 wurde von Sadeh et al. unter der Schirmherrschaft der American Sleep Disorders Association (ASDA), die jetzt die American Academy of Sleep Medicine (AASM) ist, ein Review über die Rolle der Aktographie in der Bewertung von Schlafstörungen herausgegeben (Sadeh et al. 1995). Zu dem Zeitpunkt wurde beschlossen, dass die Aktographie eine gute Ergänzung in der diagnostischen Einschätzung von Insomnien, circadianen Rhythmusstörungen oder erhöhter Tagesmüdigkeit darstelle (Ancoli-Israel et al. 2003). Diese Nennung in den ASDA war eine wichtige Entwicklung

für die Anerkennung der Aktographie im Rahmen von Schlafforschung (Sadeh und Acebo 2002, American sleep Disorders Association 1995). Seitdem erfolgte eine kontinuierliche Weiterentwicklung der Aktometer in ihrer heutigen digitalen Form. So findet die Aktographie ihren Einsatz unter Anderem in der Erforschung und Diagnostik von Schlafstörungen (Morgenthaler et al. 2007, Minors et al. 1996), Ruhe-Aktivitäts-Mustern, auch für spezielle Fragestellungen bezüglich Schlafbewegungsstörungen wie Restless Legs Syndrom, Periodic leg movements in sleep (PLMs) wird sie herangezogen (King et al. 2006). Mit den Jahren konnte die Aktographie in Schlafmedizin und- forschung kontinuierlich ansteigende Zahlen von Veröffentlichungen verbuchen, waren es beispielsweise im Jahre 1997 etwa 30, waren es im Jahre 2000 bereits 35 und im Jahre 2009 etwa 120 (Sadeh 2011). Aktographie eignet sich besonders gut, um den circadianen Rhythmus von Ruhe und Aktivität abzubilden (Minors et al 1996). Ein großer Vorteil der nichtinvasiven Methode ist die Anwendbarkeit unter Alltagsbedingungen ohne Beeinträchtigung des üblichen Tagesablaufs der Probanden und ohne Einschränkungen der motorischen Aktivität. Waren die ersten Aktometer (Messgeräte für die Aktographie) in Praktikabilität und Anwenderfreundlichkeit beispielsweise durch Größe der Geräte teilweise eingeschränkt anwendbar, konnte durch die Weiterentwicklung der Geräte in Größe oder Sensitivität der zu messenden Rhythmen ein immer größeres Anwendungsspektrum erreicht werden. Es befinden sich verschiedene Gerätetypen, jeder mit spezifischen Eigenschaften auf dem Markt. Jede aktographische Untersuchung sollte je nach Fragestellung vor Beginn der Messungen das dementsprechend geeignete Gerät auswählen (Sadeh 2011). Die Aktographie kann auch unter klimatisch unterschiedlichen Bedingungen zur Datenerhebung angewandt werden, so zum Beispiel bei Siegmund und Schiefenhövel 1990 unter tropischen Bedingungen bei Einwohnern von Tauwema, einem kleinen Dorf in Papua Neu Guinea.

Die Abbildung 1 zeigt ein Aktometer.



**Abb. 1:** Aktometer mit Armband

### 1.9 Forschungsvorhaben und Aufgabenstellung

Ziel dieser Arbeit war es zum einen, die jahrelang in der Arbeitsgruppe Chronobiologie und Verhalten erhobenen aktographischen Daten von Kindern und Jugendlichen zu verschiedenen Fragestellungen in einer großen Untersuchung zusammenzufassen, um mit einer möglichst hohen Altersspanne (Altersstufen 0-15 Jahre) einen Überblick über mehrere Schlafparameter (tatsächliche Schlafdauer, Zu- Bett- Geh- Zeit und Aufsteh- Zeit) zu geben. Dabei liegt der Schwerpunkt des deskriptiven Teils im Literaturvergleich der bisher bestehenden Ergebnisse. Zum anderen sollen anhand der Daten die in der Literatur weniger untersuchten Parameter Zu- Bett- Geh- Zeit und Aufsteh- Zeit mit derselben Gewichtung wie die tatsächliche Schlafdauer untersucht werden.

Eine Besonderheit dieser Arbeit ist es, verschiedene Altersgruppen miteinander zu vergleichen, dabei reicht die Altersspanne von 0 bis 15 Jahren recht weit. So werden verschiedene Entwicklungsschritte berücksichtigt, der Übergang vom Kleinkind- ins Schulalter, sowie der Beginn der Pubertät bei den Jugendlichen.

Desweiteren wollen wir für den Parameter Zu-Bett-Geh-Zeit erstmals einen Überblick über die Entwicklung dessen in einer Studie, die Altersgruppen 1-15 Jahren berücksichtigend, untersuchen. Auch wollen wir in der vorliegenden Arbeit den Einflussfaktor Jahreszeit auf Schlafparameter untersuchen. Wir nehmen an, dass die hellen Jahreszeiten (Frühling und Sommer) mit einer

späteren Zu-Bett-Geh-Zeit sowie geringeren tatsächlichen Schlafdauer einhergeht im Vergleich mit den dunklen Jahreszeiten (Herbst und Winter).

Dabei ist unsere Hypothese, dass die Jahreszeit als beeinflussender Faktor mehr in den Wochenenden und Ferien nachzuweisen ist bei den Kindern, die Kindergarten oder Schule besuchen, da der soziale Zeitgeber Schule ausschlaggebender ist.

Wir vermuten, dass die Jahreszeit als beeinflussender Faktor keine geschlechtsspezifischen Unterschiede aufweist. Bezüglich der Einarbeitung der Variable Jahreszeit auf die Schlafdauer bei Kindern und Jugendlichen liegen in der Literatur insgesamt nur relativ wenige aktographische Studien vor.

Ein weiteres Ziel war es, herauszuarbeiten, ob die Datengewinnung mittels Aktographie eine geeignete und nichtinvasive Methodik darstellt, um fundierte Daten in einer Kinderarztpraxis zu gewinnen. Dabei sollte das Vorgehen der Probandenrekrutierung und der Datengewinnung auf seine Praktikabilität untersucht werden, Schlafparameter von Kindern und Jugendlichen innerhalb ihrer „natürlichen“ sozialen Umgebung zu erhalten.

Es werden Hypothesen zu unabhängigen Variablen und Interaktionseffekten wie folgt formuliert:

### 1. Unabhängige Variable Altersstufe

#### Hypothesen:

- 1.A.: Die Schlafdauer nimmt mit zunehmender Altersstufe ab.
- 1.B.: Die Zu-Bett-Geh-Zeit wird mit zunehmender Altersstufe später.
- 1.C.: Die Aufsteh-Zeit wird mit zunehmender Altersstufe früher.

### 2. Unabhängige Variable Geschlecht

#### Hypothesen:

- 2.A.: Es gibt Geschlechtsunterschiede in der Schlafdauer.
- 2.B.: Es gibt Geschlechtsunterschiede in der Zu-Bett-Geh-Zeit.
- 2.C.: Es gibt Geschlechtsunterschiede in der Aufsteh-Zeit.

### 3. Unabhängige Variable Jahreszeit

#### Hypothesen:

- 3.A.: Die Schlafdauer ist in der hellen Jahreszeit (Frühling/Sommer) kürzer als in der dunklen Jahreszeit (Herbst/Winter).
- 3.B.: Die Zu-Bett-Geh-Zeit ist in der hellen Jahreszeit später als in der dunklen Jahreszeit.

3.C.: Die Aufsteh-Zeit ist in der hellen Jahreszeit früher als in der dunklen Jahreszeit.

#### 4. Unabhängige Variable Schulstatus

##### Hypothesen:

4.A.: Die Schlafdauer wird in den Altersstufen Schule (7-15 Jahre) deutlicher weniger als in den Altersstufen keine Schule (0-6 Jahre).

4.B.: Die Zu-Bett-Geh-Zeit wird in den Altersstufen Schule (7-15 Jahre) signifikanter später als in den Altersstufen keine Schule (0-6 Jahre).

4.C.: Die Aufsteh-Zeit wird in den Altersstufen Schule (7-15 Jahre) signifikanter früher als in den Altersstufen keine Schule (0-6 Jahre).

#### 5. Unabhängige Variable Wochenendeffekt

##### Hypothesen:

5.A.: Die Schlafdauer ist unter der Woche kürzer als am Wochenende bzw. den Schulferien.

5.B.: Die Zu-Bett-Geh-Zeit ist an den Wochenenden bzw. Schulferien später als an Schultagen.

5.C.: Die Aufsteh-Zeit ist an den Wochenenden bzw. Schulferien später als an Schultagen.

#### 6. Interaktionseffekte

##### 6.1. Geschlecht X Altersstufe

##### Hypothese:

Der Unterschied zwischen Mädchen und Jungen hinsichtlich aller untersuchten Schlafparameter (tatsächliche Schlafdauer, Zu-Bett-Geh-Zeit, Aufsteh-Zeit) zeigt sich am deutlichsten bei den älteren Kindern (ab Pubertät, d.h. ab ca. 11 Jahren).

##### 6.2 Jahreszeit X Schulstatus

##### Hypothese:

Der Unterschied zwischen den Jahreszeiten zeigt sich hinsichtlich aller untersuchten Schlafparameter bei den Schulkindern (Altersstufe 7-15 Jahre) weniger stark als bei den Nicht-Schulkindern (Vermutung: Schule als sozialer Zeitgeber schlägt Jahreszeit als „natürlichen“ Zeitgeber).

##### 6.3 Woche X Schulstatus X Altersstufe

##### Hypothese:

Der Unterschied zwischen Wochentagen und Wochenende hinsichtlich aller untersuchten Schlafparameter zeigt sich bei den Schulkindern stärker als bei den Nicht-Schulkindern und wird bei den Schulkindern mit ansteigendem Alter ausgeprägter.

## II Material und Methoden

### 2.1. Die aktographische Datenerfassung mit „Actiwatch AW4“

Für die vorliegende Untersuchung wurden die Aktometer „Actiwatch AW4“ der Firma Cambridge Neurotechnology Ltd. (CNT) verwendet. Diese sind in Größe (27x 26x 9 mm) und Gewicht (16g) einer Armbanduhr vergleichbar und können auch wie Armbanduhren am Handgelenk getragen werden, da sie sich an einem in der Größe verstellbaren Armband befinden. Die Aktometer wurden je nach Alter der Kinder entweder am Handgelenk des nichtdominanten Armes oder am Oberarm oder Fußgelenk getragen. Aus früheren Messungen des Aktivitäts-Ruhe-Verhaltens insbesondere von Säuglingen wird die Messung durch Tragen des Aktometers am Oberarm optimiert, Kleinkinder tragen das Aktometer entweder am Handgelenk oder am Oberarm. Allerdings gibt es keine genauen Richtlinien bezüglich der Körperstelle für das Tragen des Aktometers (Dominantes Handgelenk, nicht-dominantes Handgelenk, Oberarm, Knöchel, Rumpf), Studien zeigen keine signifikanten Unterschiede der Daten bei Wechseln der Anlegeextremität (Littner et al 2002). Im Inneren des Gerätes befindet sich ein Beschleunigungsmesser, welcher Häufigkeit und Intensität der Bewegungen registriert. Die Aufzeichnung geschieht durch einen piezoelektrischen Beschleunigungssensor, das Integral aus Intensität, Ausmaß und Dauer einer Bewegung bestimmend. Dabei werden durch den Sensor Bewegungen in alle Richtungen registriert, auf Bewegungen nach unten und oben ist die Sensibilität am Höchsten. Die neueren Geräte erfassen mittels linearem Beschleunigungssensor in etwa eine Bandbreite von Bewegung von 0,25–3/–4 Hz Ausschlag, sind fähig, sehr geringe Bewegungsausschläge von weniger als 0,25 Hz sowie hohe Bewegungsausschläge von mehr als 3–4 Hz herauszufiltern. Dies entspricht ungefähr dem willkürlichen Bewegungsumfang des Menschen, unwillkürliche Bewegungen wie Zittern oder Tremor wie etwa beim Parkinson erreichen Ausschläge von etwa 5 Hz (Ancoli-Israel et al 2003, Redmond und Hegge 1987). Nachdem die Bewegungen aufgezeichnet und in eine elektronisch speicherbare Form umgewandelt sind, werden sie als Aktivitätszahl/Aktivitätsausschlag registriert. Die registrierten Aktivitätsausschläge werden vom Aktometer als Daten in dementsprechend vorgegebenen Zeit-Intervallen gespeichert. Für die vorliegende Untersuchung wurde für alle Datenerhebungen eine Epochenlänge von 1 Minute ausgewählt. Insgesamt beträgt die Speicherkapazität eines Aktometers 64 KB, somit könnte bei einer Epochenlänge von einer Minute pro Aufzeichnung eine Aufnahmedauer von höchstens 44 Tagen erreicht werden. Eine aktographische Datenerfassung ist somit objektiv und gleichzeitig probandenfreundlich auch bei Kindern über längere Zeiträume möglich (Sadeh et al 1991, Siegmund et al 1994). Der Aktivitäts-

Ruhe-Rhythmus der Kinder wurde teilweise über verschieden lange Zeiträume aufgezeichnet, jedoch nie kürzer als 4 Tage und nie länger als 41 Tage.

Je nach Fragestellung oder Zielsetzung einer Studie können unterschiedliche Epochenlängen gewählt werden, so ist es beispielsweise bei spezifischen Fragestellungen wie Untersuchungen zum Periodic-leg-movement sinnvoll, eine kürzere Epochenlänge zu wählen (5 Sekunden), ist gewünscht, die Aufzeichnung eines Datensatzes für mehrere Wochen fortzusetzen, z.B. bei Fragestellungen zu circadianer Rhythmik, wird eine längere Epochenlänge gewählt (bis 5 min) (King et al. 2006).

Graphisch erscheint die Aktivität einer Epochenlänge im Aktogramm (der schriftlichen Auswertungsform der vom Aktometer gemessenen Aufzeichnungen) als schwarze Säule.

## 2.2 Initialisierung der Aktometer

Um die Aktometer für die Messung zu initialisieren, ist eine Programmierung notwendig. So werden zunächst Startdatum, Startzeit und Epochenlänge der Messung festgelegt. Außerdem wird die entsprechende Probandencodierung eingetragen, mit Name oder alternativ einem Code, Alter und Geschlecht. Nach vorheriger Prüfung der Batteriefunktion ist nach Einlesen der Daten die Programmierung vollständig, das Gerät fängt zum gewünschten Zeitpunkt an, Daten zu erheben. Für die Initialisierung muss das Aktometer per Interface mit einem Computer verbunden werden, welcher mit dem „Actiwatch Sleep Analysis“-Programm ausgestattet ist.

Während der Messphase sollte das Aktometer die ganze Zeit über getragen werden. Vor Wasserkontakt wie Schwimmen, Duschen, Baden wird empfohlen, das Aktometer abzulegen, da trotz wasserabweisender Hülle ein Datenverlust nicht sicher ausgeschlossen werden kann. Das „Actiwatch AW4“ verfügt für die Markierung von bestimmten Aktivitäten, dem An- oder Ablegen des Aktometers über eine kreisrunde Markierung auf der Oberseite des Gerätes. Wird diese Markierung vom Probanden gedrückt, so erscheint im Aktogramm zu diesem Zeitpunkt eine kleine senkrechte Linie unterhalb der Aktivitätsdarstellung. So sollte vor der Messung dem Probanden vorgegeben werden, welche Markierungen möglichst erfolgen sollten. Wichtig bei der vorliegenden Untersuchung war das Markieren der Zu-Bett-Geh-Zeit, des Einschlafwunsches (sleep start) nach dem Zu-Bett-Gehen und des Aufwachens (sleep end), da die Schlafdauer untersucht werden sollte. Außerdem sollte der Marker vor jedem Ablegen und Wiederanlegen gedrückt werden, zusätzlich sollte im Tagebuch der jeweilige Grund des Ablegens und Wiederanlegens notiert werden.

### 2.3 Datenerfassung mittels Tagebuch

Für die präzisere Auswertung der Daten wurden für die verschiedenen Untersuchungszeiträume begleitend Tagebücher geführt. Diese helfen der Interpretation der Daten vor Allem bezüglich der (Tages-)Aktivität, da die Aktogramme alleine keine Auskunft über Art und Weise der Aktivität geben können. Für die vorliegende Untersuchung lag der Schwerpunkt jedoch auf den Untersuchungen zum Ruhe-, also Schlafverhalten nachts. Die Aktivitätsprotokolle mittels Tagebuch wurden vor Allem für die Kinder hinzugezogen, die tagsüber Ruhephasen (Mittagsschlaf) einlegten bzw. waren für andere Untersuchungen mit Fragestellungen spezifisch das Aktivitätsverhalten am Tage betreffend wichtig. Bezüglich der Untersuchung des Nachtschlafes kann das Tagebuchprotokoll herangezogen werden, um mögliche Störungen des Datensatzes aufzudecken und zu entfernen. In anderen aktographischen Untersuchungen bei Kindern wurden die Aktometer tagsüber nicht getragen und die Tagebuchaufzeichnungen nur für o.g. Fälle verwendet (Sadeh et al. 2009).

So sollten im Tagebuch jeweils der Wochentag, die Zu-Bett-Geh-Zeit sowie Gründe für das Ablegen des Aktometers notiert werden. Für diese Punkte wurden die Kinder bzw. Eltern auf die Markerfunktion hingewiesen. Da die Mehrzahl der Kinder hier jüngeren Alters (1–5 Jahre) war, wurde hauptsächlich von den Eltern protokolliert. Ältere Kinder der anderen Erhebungen konnten teilweise ihr Tagebuch kindgerecht selbstständig ausfüllen, so zum Beispiel Aktivitäten des Tages, aber speziell auch Angaben wie „Ich bin müde und gehe zu Bett“ oder „Ich lösche jetzt das Licht um zu schlafen“ ankreuzen.

Da hauptsächlich der Nachtschlaf untersucht wurde, wurde für die Kinder, wo keine ausführlichen oder keine Tagebucheinträge vorhanden waren, in der Datenauswertung auf diese verzichtet.

### 2.4. Vorgehensweise bei Datenerhebung und Probanden

#### 2.4.1. Allgemeines

Für den Einschluss dieser deskriptiven Untersuchung konnten mehrere Datensätze aus den Arbeiten der Arbeitsgruppe Chronobiologie und Verhalten der vergangenen Jahre mit einbezogen werden. Hier war erfreulich, dass wir einen Großteil der bereits aufgezeichneten Daten verwenden konnten, da bereits seit mehreren Jahren ein Forschungsschwerpunkt (u.a. gefördert durch die DFG) auf Arbeiten zum Aktivitäts-Ruhe-Rhythmus von Kindern und Jugendlichen liegt.

Teilweise wurden Datensätze von bereits veröffentlichten Diplomarbeiten oder Promotionen verwendet, größtenteils erfolgte die Berechnung bereits erhobener, aber noch nicht zur

Veröffentlichung verwendeter Datensätze bzw. die Erhebung eigener Datensätze. Ein Hier war der Schwerpunkt war die eigene Datenerhebung der Autorin in einer Kinderarztpraxis in Berlin.

#### 2.4.2 Probandengruppen

Alle Daten wurden innerhalb der Arbeitsgruppe Chronobiologie und Verhalten zwischen den Jahren 1998 bis 2010 erhoben. Insgesamt wurden Datensätze von 146 Kindern im Alter von 0–15 Jahren in die Studie mit einbezogen, davon 65 männliche und 81 weibliche Kinder. Datensätze von 17 Kindern wurden in einer Kinderarztpraxis in Lichtenberg (Berlin, s.u.) neu erhoben und berechnet. Datensätze von 67 Kindern wurden aus aufgezeichneten, aber noch nicht für Veröffentlichungen verwandten Roh-Datensätzen errechnet, Datensätze von 62 Kindern wurden aus früheren Dissertationen bzw. Diplomarbeiten der Arbeitsgruppe übernommen. Diese sind:

*Klapper A.* „Vergleichende aktographische Untersuchung zum Aktivitäts-Ruhe-Verhalten adipöser und normalgewichtiger Kinder im Alter von 8-12 Jahren“ (2002), Diplomarbeit.

*Gössel R.* „Aktographische Untersuchungen zum Aktivitäts-Ruhe-Verhalten von früh und reif geborenen Kindern im Alter von 20 Lebensmonaten“ (2002), Diplomarbeit.

*Korte J.* „Aktographie- eine nichtinvasive chronobiologische Meßmethode zur Erfassung des Aktivitäts-Ruhe-Verhaltens von frühgeborenen Säuglingen“ (1999), Diplomarbeit.

#### 2.4.3 Erhebung der Datensätze in einer Kinderarztpraxis in Lichtenberg (Berlin)

Es wurden 17 Kinder im Alter von 1 bis 15 Jahren, davon 10 weiblich und 7 männlich, in einer Kinderarztpraxis in Lichtenberg (Berlin), für die Datenerhebung rekrutiert. Mittels eines Posters (vgl. Abb.2) wurde in der Praxis für Probanden geworben. Es wurden Kinder jedweden Alters oder Geschlechts gesucht. Ausschlusskriterium hierbei war das Vorliegen medizinisch diagnostizierter oder behandelter Schlafstörungen. Per Email wurde Kontakt mit den interessierten Eltern hergestellt, in mehreren Treffen in der Praxis erfolgte die Aufklärung über das Vorhaben, eine kurze Einführung in das Fachgebiet Chronobiologie und Aktographie, die Einholung der Einverständniserklärung sowie Informationen über den Ablauf der Datenerhebung inklusive des Vorstellens des Tagebuches und der Anleitung zum Ausfüllen desselben.

In zwei Meßrunden von jeweils 14 Tagen erfolgte die Datenaufzeichnung von 20 Kindern, 17 Kinder konnten ausgewertet werden, bei einem Kind waren die Datensätze nicht auswertbar, bei zwei Kindern wurden die Aktometer nicht zum benötigten Zeitpunkt zurückgegeben, diese waren somit später nicht mehr zur Auswertung verwendbar. Insgesamt war sowohl die Resonanz als auch

die Compliance der Eltern und Kinder sehr erfreulich, auch hier zeigte sich erneut, wie bei relativ niedrigem Aufwand erfolgreich praxisnahe Daten gesammelt werden können.

Nach Aufzeichnung der Daten der 17 Kinder und vorläufiger Auswertung erhielt jedes Elternpaar die Aktogramme der jeweils aufgezeichneten Kinder, außerdem eine kurze schriftliche Information über die jeweiligen Schlafdauern. Wenn es gewünscht war, erfolgte auch ein persönliches Gespräch.



Abb. 2: Poster zur Probandenrekrutierung

#### 2.4.4 Die Stichproben der Kinder

Die Tabelle 2 zeigt die Anzahl der untersuchten Kinder nach Altersstufe und Geschlecht aufgeteilt.

Tab.2: Anzahl der Kinder nach Altersstufen und Geschlecht

Altersstufe (Jahre)	Kinder gesamt	Geschlecht (w)	Geschlecht (m)
0	11	4	7
1	30	17	13
2	4	1	3
3	9	5	4

4	6	3	3
5	6	4	2
6	20	8	12
7	3	1	2
8	8	8	0
9	4	1	3
10	12	9	3
11	5	1	4
12	15	11	4
13	5	1	4
14	2	2	0
15	6	5	1

#### 2.4.5 Die Einteilung der Kinder in Kategorien

##### *Kategorie Schulstatus/Altersstufe*

Die Gruppe der Nicht- Schul-Kinder (NSK) bildet die Altersstufen 0-6 Jahre, die der Schulkinder (SK) die Altersstufen 7-15 ab. Die Aufteilung ist insofern relevant, dass bei Nicht-Schul-Kindern und Schulkindern Wochenenden und Schulferien zu beachten sind. Für jeden Probanden wurde mindestens ein Wochenende aufgezeichnet.

**Tab. 3:** Einteilung der Kinder in die Kategorie Schulstatus/Altersstufe

<b>Schulstatus/Altersstufe</b>	<b>Gesamt</b>	<b>Geschlecht(w)</b>	<b>Geschlecht (m)</b>
NSK	86	42	44
SK	60	39	21

##### *Kategorie Jahreszeit*

Die Tabelle 4 gibt eine Übersicht, wie viele Kinder der Altersstufen 0-15 für die Jahreszeitenaufteilung „Hell“ (Frühling und Sommer) und „Dunkel“ (Herbst und Winter) zur Verfügung standen.

**Tab. 4:** Einteilung der Kinder in die Kategorie Jahreszeit

<b>Jahreszeit</b>	<b>Kinder (gesamt)</b>	<b>Geschlecht(w)</b>	<b>Geschlecht(m)</b>	<b>NSK</b>	<b>SK</b>
<b>Hell (Frühling/Sommer)</b>	84	49	35	47	37

<b>Dunkel (Herbst/Winter)</b>	62	31	31	39	23
-----------------------------------	----	----	----	----	----

#### 2.4.6 Aufzeichnungszeiträume

Insgesamt erfolgte die Datenaufzeichnung innerhalb der Jahre 1998 bis 2010. Die Jahreszeitenaufteilung wurde oben beschrieben. In Tabelle 5 sind die unterschiedlichen Aufzeichnungszeiträume in Nächten (n) für die Probanden aufgelistet. Der kürzeste Zeitraum sind 4, der längste 41 Nächte.

Im Folgenden ist für die weitere Berechnung und Verwendung der Daten von statistischer Seite zu erwähnen, dass aufgrund der verschiedenen Aufzeichnungszeiträume und somit unterschiedlich langer Zeitreihen im Verlauf für jedes Kind Mittelwert bzw. Median sowohl für Wochen- als auch für Wochenend-/Schulferientage ermittelt wurde; so wurde für jedes Kind jeweils ein Wert gemittelt und verwendet.

**Tab.5** : Aufgezeichnete Nächte je Kind, getrennt in Altersstufen

<b>Aufzeichnungszeitraum in Nächten (n)</b>	<b>1-10</b>	<b>11-20</b>	<b>21-30</b>	<b>31-41</b>
<b>Anzahl Kinder gesamt</b>	49	76	22	4
<b>Anzahl NSK</b>	44	34	11	2
<b>Anzahl S</b>	5	42	11	2

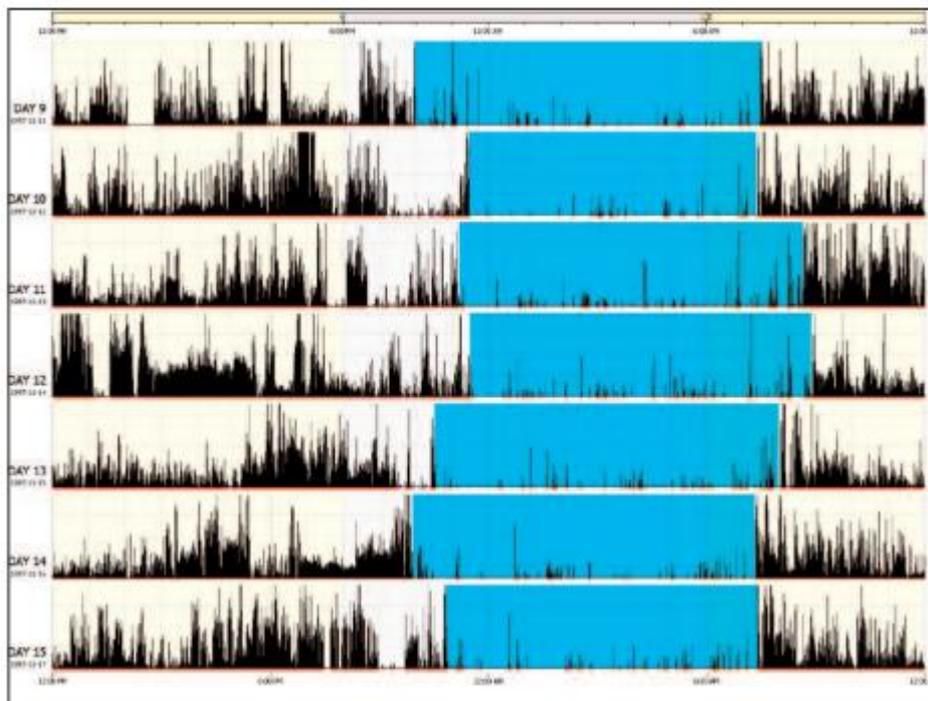
## 2. 5 Datenaufbereitung und Datenauswertung

Die folgenden Schritte der Datenauswertung wurden mit dem „Actiwatch Sleep Analysis“-Programm 3.24 (Cambridge Neurotechnology Ltd, UK) durchgeführt

### 2.5.1 Analyse der Aktivitäts-Ruhe-Rhythmen

#### *Aktogramme*

Für alle aufgezeichneten Datensätze der Kinder erfolgte die Darstellung mittels Aktogramm (Abbildung 3) und (soweit vorhanden) der Vergleich mit den Aufzeichnungen in den Tagebuchprotokollen. Für jedes Aktogramm kann eine Einschätzung des Aktivitäts-Ruhe-Verhaltens erfolgen. Die Aktivitätsausschläge werden dabei je nach Intensität der Bewegung als schwarze Balken von unterschiedlicher Höhe auf einer horizontalen Linie dargestellt. Die Ruhephasen zeigen sich auf derselben Linie als keine oder nur geringe Ausschläge. Die Ansicht kann für jeden Tag einzeln (Einfachplot) oder für zwei Tage (Doppelplot) erfolgen, d.h., in einer Zeile können zwei Tage aufgeführt werden, um den Wechsel zwischen Aktivität und Ruhe optisch besser darzustellen.



Normal sleeper

**Abb. 3:** Beispielaktogramm: Doppelplotdarstellung (zwei Tage): Blauer Balken = Nacht.

### 2.5.2 Analyse verschiedener Schlafparameter

Das Sleepwatch-Programm mit dem Anteil „Sleep Analysis“ ermöglicht die Analyse verschiedener Parameter. Dabei werden ausschließlich die Ruhezeiten der Probanden zugrunde gelegt. Das Programm unterscheidet Schlaf und Wachsein mit einem Algorithmus, welcher speziell für den Schlaf-Wach-Rhythmus des Menschen entwickelt und mit EEG-Ableitungen verifiziert wurde. Schlafanalyse entspricht hier nicht – wie etwa bei der Polysomnographie der Unterscheidung verschiedener Schlafstadien.

### 2.5.3 Schlafdauer

Es wurde mit dem Programm „Actiwatch Sleep Analysis“ die Schlafzeit der Probanden in der Nacht berechnet. Für die Probanden der Altersgruppe 0 (n=11), für welche noch kein circadianer 24h Aktivitäts-Ruhe-Rhythmus, sondern ultradiane Rhythmik vorlag, wurde die Schlafzeit in der Nacht, am Tag und innerhalb von 24 Stunden berechnet. Die Dauer des Schlafes wurde über den jeweiligen Zeitraum der Nachtphase oder Tagphase summiert. Die nächtliche Schlafdauer wurde über den Zeitraum von 20 Uhr bis 8 Uhr, die tägliche Schlafdauer von 8 bis 20 Uhr berechnet. Bei den anderen Probanden (>0 Jahre) wurde die Schlafdauer nach der jeweiligen Zubettgehzeit nachts berechnet. Hier wurde die tatsächliche Schlafdauer (actual sleep time) berechnet. Als Schlafdauer (assumed sleep time) wird die Zeit zwischen Schlafstart und Schlafende definiert. Das Programm ermöglicht durch einen Schwellenwert der vom Aktometer aufgezeichneten Aktivität von 40 Aktivitätspunkten zwischen Schlafen und Wachsein zu unterscheiden. Das Programm berechnet den Schlafstart rückwirkend über ein 10-min-Raster. Wird nach dem Zeitpunkt des Zu-Bett-Gehens (festgehalten durch Marker und Tagebucheintrag) der Schwellenwert von 40 Aktivitätspunkten pro Aufnahmeintervall nicht überschritten, so wird dies als Schlafstart festgelegt. Als Schlafende oder -unterbrechung gilt entsprechend, wenn vom Zeitpunkt des Aufstehens rückwirkend innerhalb von 10 Minuten der Schwellenwert von 40 überschritten wird bzw. in der Nacht länger als 10 Minuten 40 überschritten werden. Von tatsächlicher Schlafdauer spricht man nun, da diese sich aus der Zeit zwischen Schlafstart und Schlafende abzüglich der Zeit aufgetretener aktiver Phasen (Überschreitung des Schwellenwerts 40/Epoche) berechnet. Im Folgenden ist, wenn von Schlafdauer gesprochen wird, immer die tatsächliche Schlafdauer gemeint.

#### 2.5.4 Zu-Bett-Geh-Zeit

Desweiteren wurde die Zu-Bett-Geh-Zeit berechnet, welche entweder mittels Marker auf dem Aktometer, mit Tagebucheintrag oder Beidem vermerkt wurde. Wurde die Zu-Bett-Geh-Zeit nicht extern vermerkt, bestimmt das Programm die Zu-Bett-Geh-Zeit anhand der zuletzt gemessenen Aktivität über 40 Aktivitätspunkte vor dem Schlafbeginn.

Um Unterschiede im Verhalten an Schul- und Wochenend- bzw. Ferientagen erfassen zu können wurden für die entsprechenden Probandengruppen (Nicht-Schulkinder/Schulkinder) nach der Gesamtanalyse die Schulwoche (Montag bis Freitag) und Wochenendtage (Freitagnacht bis Sonntag) getrennt analysiert.

Beim „Actiwatch Sleep Analysis-Programm“ werden international die Begriffe „Schlaf“ und „Wachsein“ verwendet, obwohl Schlafen und Wachsein nicht wie bei der Polysomnographie durch Unterteilung von Schlafstadien unterschieden werden können. Sadeh 2011 konnte in verschiedenen Untersuchungen eine Übereinstimmung von polysomnographisch und aktographisch ermittelten Werten zur Differenzierung von Schlaf und Wachsein bei Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen zwischen 91% und 93% ermitteln. Deshalb entsprechen im Folgenden die Begriffe „Schlaf“ und „Wachsein“ der oben genannten Definition des „Actiwatch Sleep Analysis“ Programms.

#### 2.5.5 Aufsteh-Zeit

Analog zur Zu-Bett-Geh-Zeit bestimmt das Programm die Aufsteh-Zeit als Zeit nach dem Schlafende, wo erstmalig 40 Aktivitätspunkte gemessen wurden.

Um Unterschiede im Verhalten an Schul- und Wochenend- bzw. Ferientagen erfassen zu können wurden auch hier für die entsprechenden Probandengruppen (Nicht-Schulkinder/Schulkinder) nach der Gesamtanalyse die Schulwoche (Montag bis Freitag) und Wochenendtage (Freitagnacht bis Sonntag) getrennt analysiert.

### 2.6 Analyse der aktographisch erfassten Schlafparameter

Es wurden jeweils die Werte für den gesamten Aufzeichnungszeitraum, für (Schul-)Woche sowie für Wochenende und Schulferien getrennt berechnet. Wird im Folgenden von „Gesamt“ gesprochen, sind hier die Daten von (Schul-)Woche und Wochenende/Schulferien gemeint.

Für die Variable tatsächliche Schlafdauer lagen jeweils die Daten aller Kinder vor, für die Variablen Aufsteh-Zeit und Zu-Bett-Geh-Zeit wurden nur die Altersstufen 1–15 Jahre berücksichtigt, da die genannten Variablen für die Altersstufe 0 nicht vorlagen.

## 2.7 Weiterverarbeitung der Daten und statistische Aufbereitung

Die Ergebnisanalysen für die Rohdaten aus den Aktometer-Aufzeichnungen wurden mittels des Cambridge Neurotechnology (CNT) LTd. Softwarepaketes „Actiwatch Sleep Analysis 2001“-Programm berechnet.

Die anschließende Berechnung, Quantifizierung, graphische Bearbeitung in Form von Mittelwerten, Medianen, Diagrammen etc. erfolgte unter Zuhilfenahme von Microsoft Excel 2000. Die statistische Überprüfung erfolgte unter Beratung und Anleitung der Medizinischen Fakultät der Charité am Institut für Medizinische Biometrie.

Es wurden mittels SPSS mean und median für alle abhängigen Variablen berechnet.

Es wurden vorwiegend nichtparametrische Tests (Mann-Whitney-Test/ Spearman's Rho/Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test) verwendet, teilweise parametrische Testung mittels Pearson-Korrelationstest/T-Test.

Detaillierte Aussagen zu statistischer Testung und Signifikanzen können den Kapiteln im Ergebnisteil entnommen werden.

### III Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der Studie vorgestellt. Wenn nicht anders vermerkt, stellen sie den Mittelwert bzw. den Median der jeweils analysierten Daten dar. Hierbei werden die Begriffe „durchschnittlich“, „mittlere“ und „im Mittel“ synonym und als Bezeichnung für die Mittelwerte verwandt.

In den Tabellen und Grafiken wurde auf die Nennung der Anzahl der jeweils untersuchten Kinder in den einzelnen Altersstufen verzichtet, wie viele Kinder jeweils pro untersuchter Variable in die Berechnung eingingen, ist im Methodik-Teil nachzulesen.

#### 3.1 Ergebnisse der Untersuchungen zum Schlafverhalten für die unabhängige Variable Altersstufe

##### 3.1.1 Schlafdauer

Die durchschnittliche Schlafdauer der Altersstufen 0–15 wird im

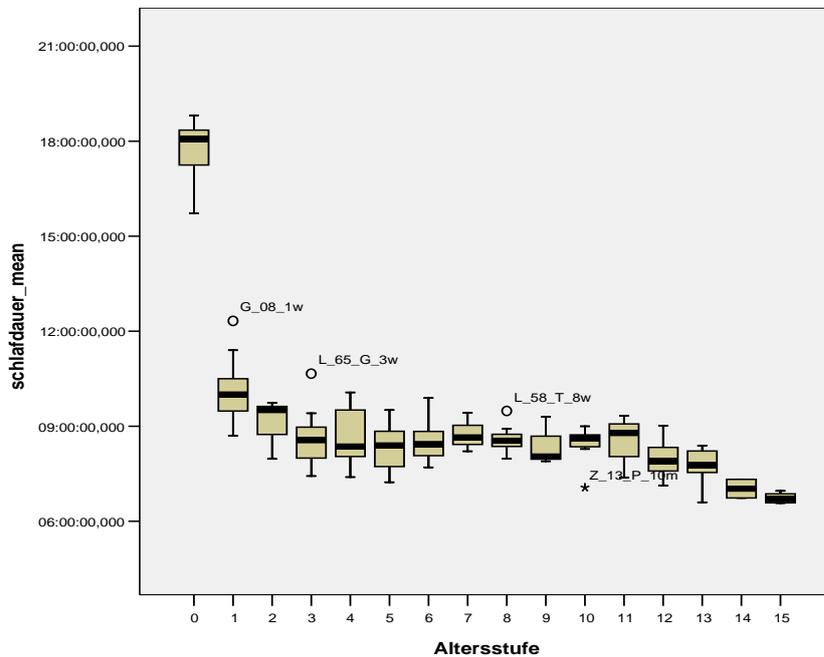
Folgenden zur Übersicht in Tabelle 6 mit den jeweiligen Werten sowie in einer Grafik zusammengestellt.

**Tab.6:** Durchschnittliche Schlafdauer in Stunden für die Altersstufen 0–15.

Altersstufe (in Jahren)	Schlafdauer in Stunden			
	MW	Median	Min	Max
0	17:43	18:11	15:43	18:49
1	10:03	09:58	08:42	12:19
2	09:11	09:14	07:58	09:44
3	08:39	08:37	07:25	10:39
4	08:37	08:17	07:23	10:04
5	08:20	08:03	07:14	09:30
6	08:31	08:24	07:42	09:53
7	08:45	08:48	08:12	09:25
8	08:35	08:28	07:58	09:29
9	08:19	08:07	07:53	09:18
10	08:27	08:36	07:03	09:00
11	08:31	08:59	07:22	09:19
12	07:57	07:44	07:07	09:01
13	07:42	07:46	06:36	08:23
14	07:01	06:55	06:44	07:19
15	06:43	06:31	06:34	06:57

In der unten ersichtlichen graphischen Darstellung der Schlafdauern zeigt sich die kontinuierliche Abnahme der Schlafdauer in Bezug zum Lebensalter. Mittels der statistischen nichtparametrischen Überprüfung mit Spearman´s rho für monotone Zusammenhänge ergibt sich zwischen Altersstufe und Schlafdauer mit  $\rho(\text{mean}) = -0,763$  eine negative Korrelation, da  $\rho < 0,001$ . Da die

Altersstufe 0 mit ihrer durchschnittlichen Schlafdauer von 17:43h/24h deutlich abweicht, erfolgte eine Berechnung ohne Altersstufe 0, auch hier besteht mit  $\rho(\text{mean}) = -0,699$  eine negative Korrelation, da  $\rho < 0,001$ . Das heißt, die Hypothese, dass die Schlafdauer mit zunehmendem Alter abnimmt, kann bestätigt werden (vgl. Tabelle 7).



**Abb.4:** Graphische Darstellung der durchschnittlichen Schlafdauern für die Altersstufen 0-15 Jahre im Boxplot. Die schwarzen Balken bilden jeweils den Median der Schlafdauer der einzelnen Altersstufen ab, die mit ° gekennzeichneten Probanden sind die Ausreißer innerhalb von innerer und äußerer Eingrenzung, die mit \* gekennzeichneten Probanden sind extreme Ausreißer innerhalb ihrer Altersstufe.

**Tab.7:** Statistische Analyseergebnisse des Schlafparameters Tatsächliche Schlafdauer für die Altersstufen 0-15 Jahre mittels Spearmans´ s rho für nichtparametrische abhängige Stichproben.

#### Correlations

			Altersstufe
Spearman´s rho	schlafdauer_mean	Correlation Coefficient	-.763**
		Sig. (2tailed)	.000
		N	146
	schlafdauer_median	Correlation Coefficient	-.761**
		Sig. (2tailed)	.000
		N	146

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

**Tab. 8:** Statistische Analyseergebnisse des Schlafparameters Tatsächliche Schlafdauer Altersstufen 1-15 Jahre mittels Spearmans´ s rho für nichtparametrische abhängige Stichproben

## Correlations

			Altersstufe ohne 0
Spearman's rho	schlafdauer_mean	Correlation Coefficient	-.699**
		Sig. (2-tailed)	.000
		N	135
	schlafdauer_median	Correlation Coefficient	-.697**
		Sig. (2-tailed)	.000
		N	135

\*\* .Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

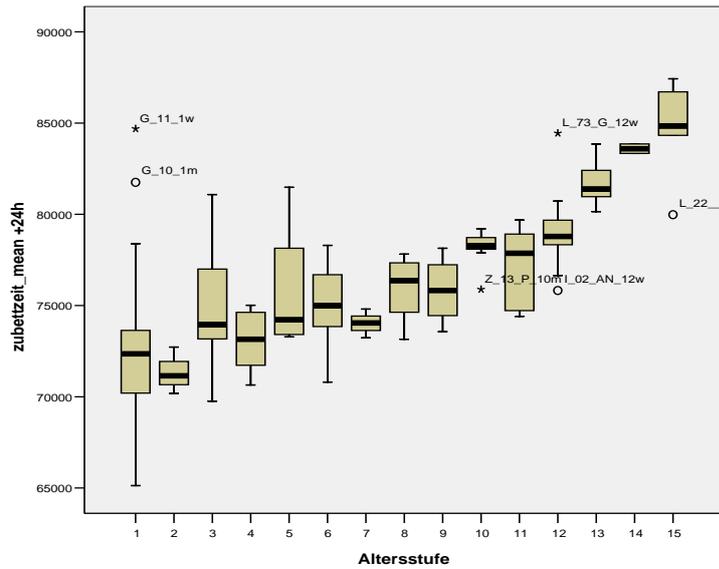
### 3.1.2 Zu-Bett-Geh-Zeit

Die durchschnittliche Zu-Bett-Geh-Zeit der Altersstufen 1–15 wird im Folgenden zur Übersicht in Tabelle 9 mit den jeweiligen Werten sowie in Abbildung 5 zusammengestellt.

**Tab. 9:** Durchschnittliche Zu-Bett-Geh-Zeit für die Altersstufen 1–15. Berechnet wurden der Mittelwert der jeweiligen Anzahl der Kinder der Altersstufen 1–15.

Altersstufe	MW	SD
1	20:08	1:12
2	19:48	0:17
3	20:46	0:58
4	20:17	0:28
5	21:03	0:55
6	20:49	0:33
7	20:33	0:13
8	21:05	0:28
9	21:04	0:31
10	21:44	0:14
11	21:25	0:40
12	21:56	0:33
13	22:42	0:23
14	23:13	0:06
15	23:31	0:43

Die unten angeführte Grafik (Abbildung 5) zeigt die Entwicklung der Zu-Bett-Geh-Zeit von Altersstufe 1– 15. Wie aus der Boxplot-Grafik ersichtlich, ergibt sich ein Zusammenhang zwischen Altersstufe und Zu-Bett-Geh-Zeit, sie wird mit höherer Altersstufe später. Mittels der statistischen nichtparametrischen Überprüfung mit Spearman's rho für monotone Zusammenhänge ergibt sich zwischen Altersstufe und Zu-Bett-Geh-Zeit mit  $\rho(\text{mean}) = 0,731$  und  $\rho(\text{median}) = 0,690$  positive Korrelation, da  $p < 0,001$ . Das heißt, die Hypothese, dass die Zu-Bett-Geh-Zeit mit zunehmendem Alter später wird, kann bestätigt werden (vgl. Tabelle 10).



**Abb.5:** Graphische Darstellung der durchschnittlichen Zu-Bett-Geh-Zeiten für die Altersstufen 1–15 Jahre im Boxplot. Die schwarzen Balken bilden jeweils den Median der Zu-Bett-Geh-Zeit der einzelnen Altersstufen ab, die mit ° gekennzeichneten Probanden sind die Ausreißer innerhalb von innerer und äußerer Eingrenzung, die mit \* gekennzeichneten Probanden sind extreme Ausreißer innerhalb ihrer Altersstufe.

**Tab. 10:** Statistische Analyseergebnisse des Schlafparameters Zu-Bett-Geh-Zeit für die Altersstufen 1-15 Jahre mittels Spearman's rho für nichtparametrische abhängige Stichproben.

### Correlations

			Altersstufe
Spearman's rho	zubett_zeit24_mean	Correlation Coefficient	.731**
		Sig. (2-tailed)	.000
		N	135
	zubett_zeit24_median	Correlation Coefficient	.690**
		Sig. (2-tailed)	.000
		N	135

\*\*Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

### 3.1.3 Aufsteh-Zeit

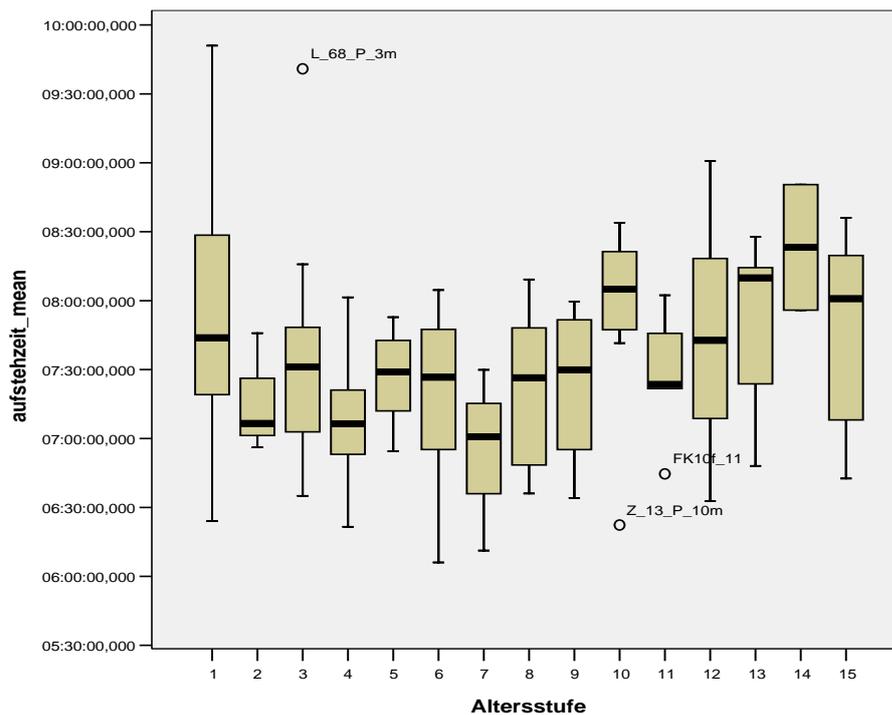
Die durchschnittliche Aufsteh-Zeit der Altersstufen 1–15 wird im Folgenden zur Übersicht in Tabelle 11 mit den jeweiligen Werten sowie in einer Grafik zusammengestellt.

**Tab. 11:** Ergebnisse bezüglich der durchschnittlichen Aufsteh-Zeit für die Altersstufen 1–15. Berechnet wurden der Mittelwert der jeweiligen Anzahl der Kinder der Altersstufen 1–15.

Altersstufe (in Jahren)	Aufsteh-Zeit MW
1	07:49
2	07:13
3	07:40
4	07:08
5	07:26

6	07:20
7	06:53
8	07:21
9	07:23
10	07:53
11	07:27
12	07:43
13	07:48
14	08:23
15	07:48

Die unten angeführte Grafik zeigt die Entwicklung der Aufsteh-Zeit von der Altersstufe 1–15. Wie aus der Boxplot-Grafik ersichtlich, ergibt sich kein Zusammenhang zwischen Altersstufe und Aufsteh-Zeit. Mittels der statistischen nichtparametrischen Überprüfung mit Spearman's rho für monotone Zusammenhänge ergibt sich zwischen Altersstufe und Aufsteh-Zeit mit  $\rho(\text{mean}) = 0,353$  und  $\rho(\text{median}) = 0,091$  keine Korrelation, da  $\rho > 0,05$ . Das heißt, die Hypothese, dass die Aufsteh-Zeit mit zunehmendem Alter früher wird, kann nicht bestätigt werden (vgl. Tab. 12)



**Abb. 6:** Graphische Darstellung der durchschnittlichen Aufsteh-Zeiten der Altersstufen 1–15. Die schwarzen Balken bilden jeweils den Median der Aufsteh-Zeit der einzelnen Altersstufen ab, die mit ° gekennzeichneten Probanden sind die Ausreißer innerhalb von innerer und äußerer Eingrenzung.

**Tab. 12:** Statistische Analyseergebnisse des Schlafparameters Aufsteh-Zeit mittels Spearman's rho für nichtparametrische abhängige Stichproben.

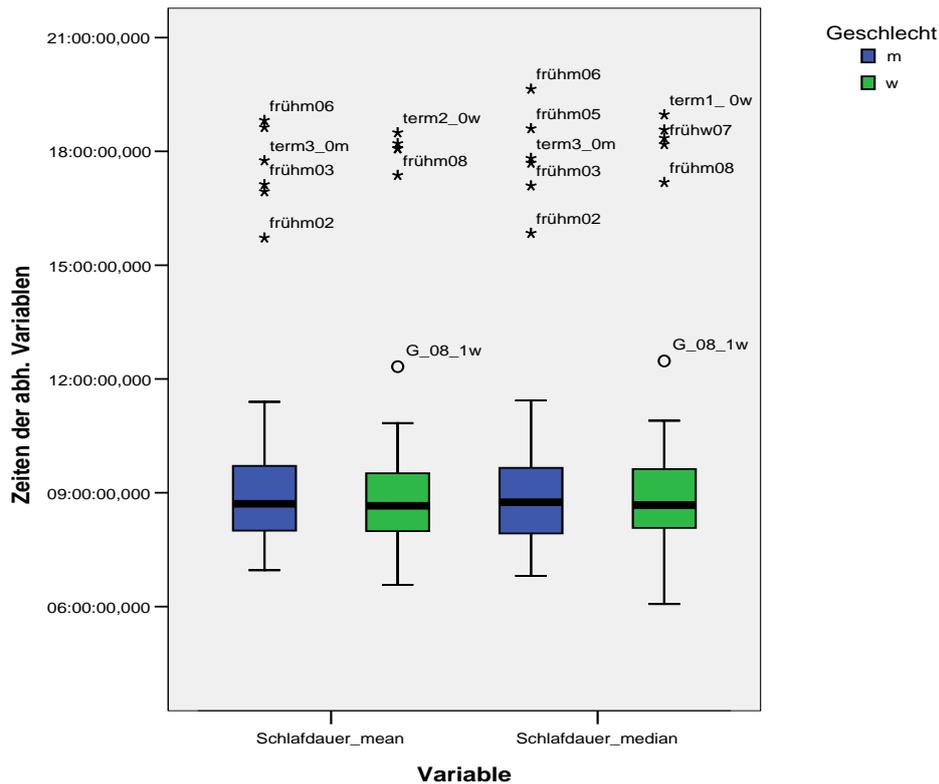
			Altersstufe
Spearman's rho	aufstehzeit_mean	Correlation Coefficient	.081
		Sig. (2tailed)	.353
		N	135
	aufstehzeit_median	Correlation Coefficient	-.146
		Sig. (2tailed)	.091
		N	135

### 3.2 Ergebnisse der Untersuchungen zum Schlafverhalten für die unabhängige Variable Geschlecht

Im Folgenden werden für jeden untersuchten Schlafparameter die Ergebnisse im Geschlechtervergleich vorgestellt.

#### *3.2.1 Schlafdauer*

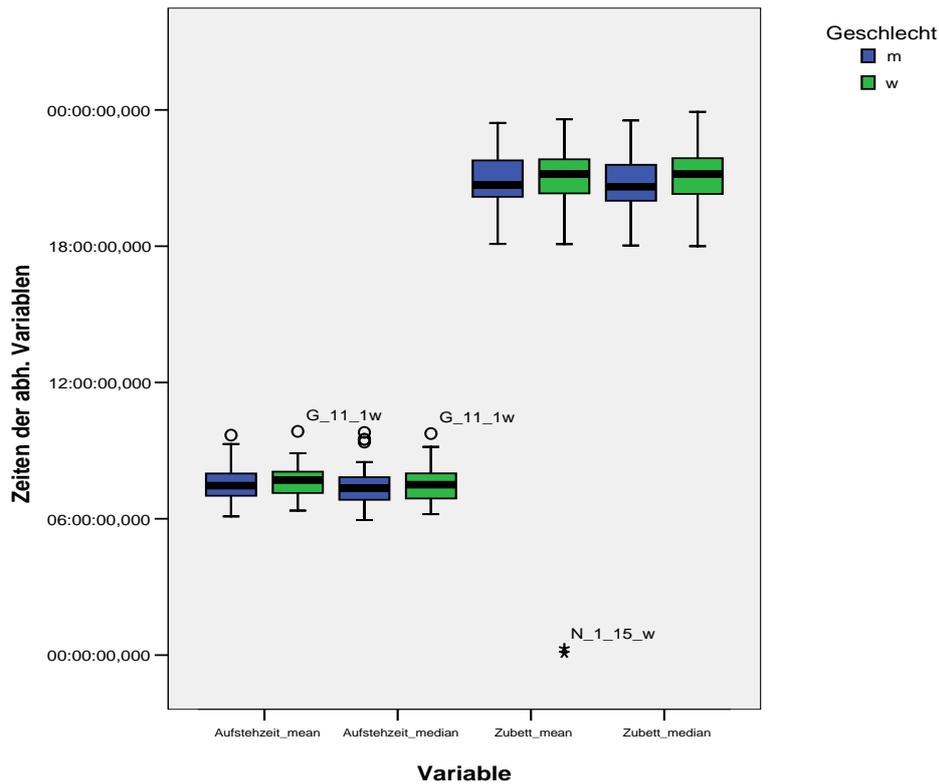
Die unten ersichtliche Boxplot-Grafik zeigt den Parameter Schlafdauer im Geschlechtervergleich. Hierbei wird ersichtlich, dass sich kein Geschlechtereffekt ergibt. Die statistische Überprüfung mittels Wilcoxon-Mann-Whitney-Test (vgl. Tab. 13) ergab mit  $p(\text{mean}) = 0,796$  und  $p(\text{median}) = 0,770$  keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen männlichem und weiblichem Geschlecht, da  $p$  jeweils  $> 0,05$ . Das heißt, es wurde für die Hypothese, dass es Geschlechtsunterschiede für den Parameter Schlafdauer gibt, die Nullhypothese der Gleichheit beibehalten.



**Abb.7:** Darstellung der durchschnittlichen Schlafdauer für die Altersstufen 1–15 nach Geschlechtern getrennt im Boxplot. Die schwarzen Balken stellen jeweils die Mediane für den Parameter Schlafdauer dar, die mit ° gekennzeichneten Probanden sind die Ausreißer innerhalb von innerer und äußerer Eingrenzung, die mit \* gekennzeichneten Probanden sind extreme Ausreißer innerhalb ihrer Altersstufe.

### 3.2.2 Aufsteh-Zeit und Zu-Bett-Geh-Zeit

Die unten stehende Boxplot-Grafik zeigt, dass sich auch für die Parameter Aufsteh-Zeit sowie Zu-Bett-Geh-Zeit kein Geschlechtereffekt ergibt. Dies wird durch die statistische Überprüfung mittels Mann-Whitney bzw. Wilcoxon-Test bestätigt, hier waren alle p-Werte  $>0,05$ , es ergaben sich also keine signifikanten Unterschiede (vgl. Tab. 13).



**Abb. 8:** Darstellung der Aufsteh-Zeit und der Zu-Bett-Geh-Zeit gesamt für die Altersstufen 1–15 nach Geschlechtern getrennt im Boxplot. Die schwarzen Balken stellen die jeweiligen Mediane dar, die mit ° gekennzeichneten Probanden sind die Ausreißer innerhalb von innerer und äußerer Eingrenzung, die mit \* gekennzeichneten Probanden sind extreme Ausreißer innerhalb ihrer Altersstufe.

**Tab. 13:** Statistische Analyseergebnisse aller Schlafparameter im Geschlechtervergleich und für alle Altersstufen mittels Wilcoxon- und Mann-Whitney-Test für nichtparametrische abhängige Stichproben.

Test Statistics a)

	Schlafdauer_ mean	Schlafdauer_ median	Aufstehzeit_m ean	Aufstehzeit_m edian	Zu-Bett- zeit24_mean	Zu-Bett- Zeit24_ median
Mann-Whitney U	2558.500	2550.000	1961.000	2029.000	1897.000	1895.000
Wilcoxon W	5961.500	5953.000	3672.000	3740.000	3608.000	3606.000
Z	-.258	-.292	-1.209	-.907	-1.493	-1.503
Asymp. Sig. (2tailed)	.796	.770	.227	.364	.135	.133

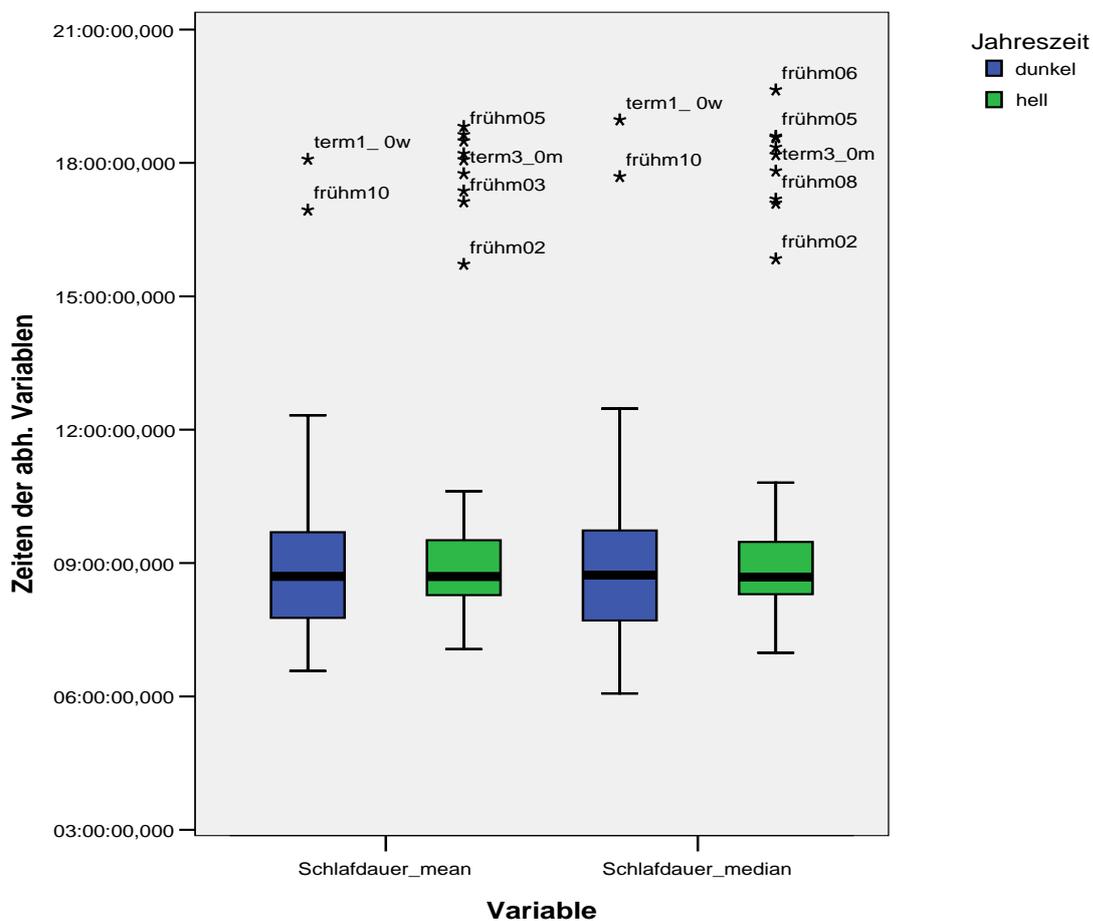
a) Grouping Variable: sex\_n

### 3.3. Ergebnisse der Untersuchungen zum Schlafverhalten für die unabhängige Variable Jahreszeit

Im Folgenden werden für jeden untersuchten Schlafparameter die Ergebnisse im Jahreszeitenvergleich vorgestellt.

### 3.3.1 Schlafdauer

Die unten dargestellte Boxplot-Grafik gibt einen Überblick über die jeweiligen Schlafdauern aller Kinder im Vergleich der dunklen und der hellen Jahreszeiten, wobei die dunkle Jahreszeit die Aufzeichnungszeiträume der Daten im Herbst/Winter und die helle Jahreszeit diese für Frühling/Sommer wiedergibt. Aus der Darstellung lässt sich kein Unterschied feststellen. Die statistische Überprüfung Schlafdauer/Jahreszeit mittels Mann-Whitney-Test ergibt für Schlafdauer  $p(\text{mean}) = 0,322$  und für Schlafdauer  $p(\text{median}) = 0,284$ , dies entspricht keiner statistischen Signifikanz, da  $p$  jeweils  $>0,05$ . Damit konnte die Hypothese, dass die Schlafdauer in den hellen Monaten kürzer ist als in den dunklen, nicht bestätigt werden (vgl. Tab. 14).

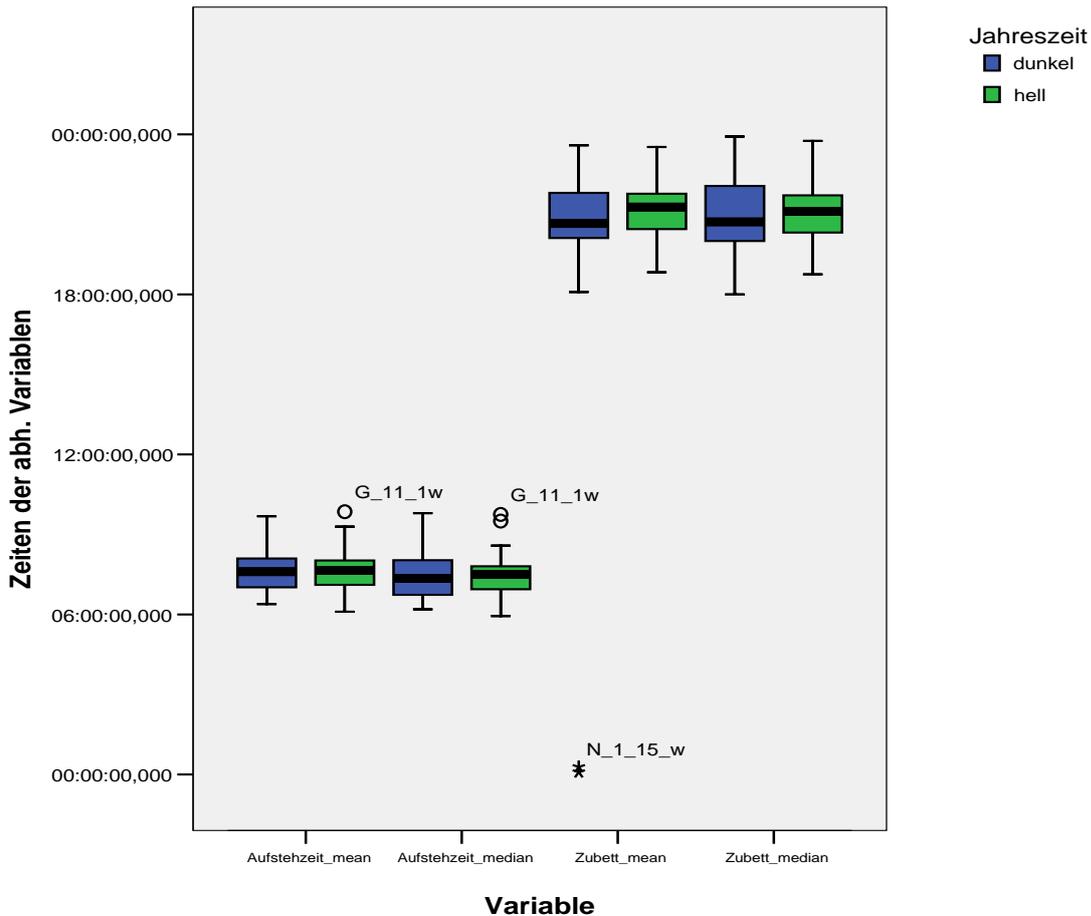


**Abb. 9:** Vergleich der Schlafdauern aller Kinder für die dunkle und die helle Jahreszeit für die Variable Schlafdauer, jeweils Mittelwert und Median. Die helle Jahreszeit beinhaltet Aufzeichnungszeiträume im Frühling und Sommer, die dunkle Jahreszeit im Herbst und Winter. Die schwarzen Balken stellen die jeweiligen Mediane dar, die mit ° gekennzeichneten Probanden sind die Ausreißer innerhalb von innerer und äußerer Eingrenzung, die mit \* gekennzeichneten Probanden sind extreme Ausreißer innerhalb ihrer Altersstufe.

### 3.3.2 Aufsteh-Zeit und Zu-Bett-Geh-Zeit

Die unten dargestellte Boxplot-Grafik gibt einen Überblick über die Parameter Aufsteh-Zeit und Zu-Bett-Geh-Zeit aller Kinder im Vergleich der Aufzeichnungszeiträume der dunklen und der

hellen Jahreszeit, wobei die dunkle Jahreszeit die Aufzeichnungszeiträume der Daten im Herbst/Winter und die helle Jahreszeit die für Frühling/Sommer wiedergibt. Aus der Darstellung lässt sich kein Unterschied feststellen. Die statistische Überprüfung Zu-Bett-Geh-Zeit/Aufsteh-Zeit/Jahreszeit mittels Mann-Whitney-Test lag mit allen p-Werten  $>0,05$ , d.h., es konnte kein signifikanter Zusammenhang nachgewiesen werden. Das heisst, weder die Zu-Bett-Geh-Zeit ist in den hellen Monaten später als in den dunklen Monaten, noch die Aufsteh-Zeit in den hellen Monaten früher als in den dunklen Monaten (vgl. Tab.14).



**Abb. 10:** Vergleich der Schlafparameter Aufsteh-Zeit und Zu-Bett-Geh-Zeit für alle Kinder im Vergleich dunkle/helle Jahreszeit, jeweils Mittelwert (mean) und Median (median). Die helle Jahreszeit beinhaltet Aufzeichnungszeiträume im Frühling und Sommer, die dunkle Jahreszeit im Herbst und Winter. Die schwarzen Balken stellen die jeweiligen Mediane dar, die mit  $\circ$  gekennzeichneten Probanden sind die Ausreißer innerhalb von innerer und äußerer Eingrenzung, die mit \* gekennzeichneten Probanden sind extreme Ausreißer innerhalb ihrer Altersstufe.

**Tab. 14:** Statistische Analyseergebnisse aller Schlafparameter aller Kinder für die unabhängige Variable Jahreszeit mittels Wilcoxon- und Mann-Whitney-Test für nichtparametrische abhängige Stichproben

Test Statistics a)

	Schlafdauer_ mean	Schlafdauer_ median	Aufstehzeit_ mean	Aufstehzeit_ median	Zu-Bett- zeit24_ mean	Zu-Bett-Geh- Zeit_ median
Mann- Whitney U	2343.000	2322.500	2191.000	2202.000	2107.000	2110.500

Wilcoxon W	4234.000	4213.500	5117.000	3972.000	3877.000	3880.500
Z	-.990	-1.071	-.226	-.177	-.599	-.583
Asymp. Sig. (2tailed)	.322	.284	.821	.859	.549	.560

a) Grouping Variable: Jahreszeit\_n

### 3.3.3 Ergebnisse zur Untersuchung der jahreszeitlichen Einflüsse im Vergleich des Schulstatus

Im Folgenden werden die Ergebnisse zur Untersuchung jahreszeitlicher Unterschiede der Schlafparameter im Vergleich von Schulkindern und Nicht-Schulkindern vorgestellt.

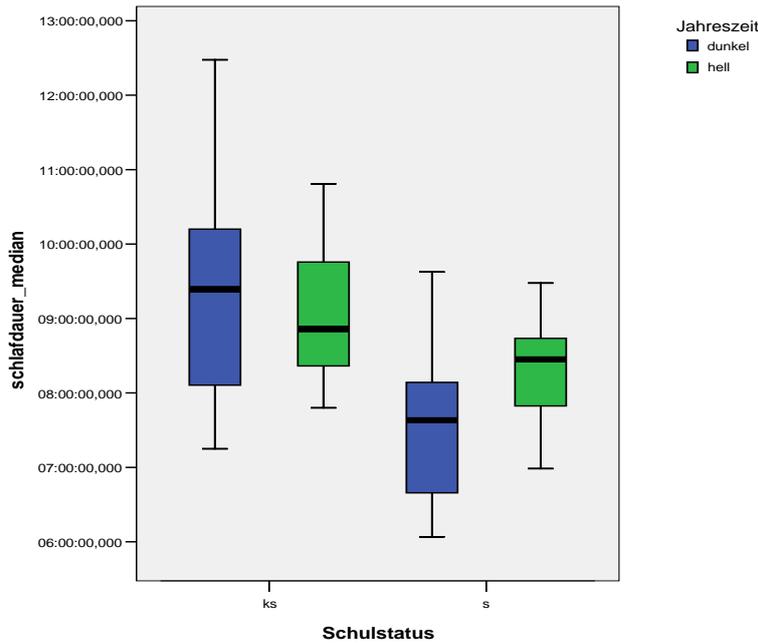
Die Altersstufe 0 wurde für keinen Parameter in die Berechnungen mit einbezogen.

#### *3.3.3.1 Schlafdauer*

Die Schlafdauer im Vergleich Sommerzeit vs. Winterzeit unterscheidet sich bei Nicht-Schulkindern nicht von der bei Schulkindern, d.h., der Jahreszeiteffekt bei den Nicht-Schulkindern hinsichtlich der Schlafdauer ist nicht signifikant höher ( $p > 0,5$ ). Es besteht jedoch ein Schulstatuseffekt, das heißt, die Schlafdauer sowohl in der hellen als auch der dunklen Jahreszeit ist für die Schulkinder kürzer als für die Nicht-Schulkinder ( $p < 0,001$ ).

Es zeigen sich Wechselwirkungen innerhalb der Gruppen. So ist die Schlafdauer der Nicht-Schulkinder in der dunklen Jahreszeit signifikant länger als in der hellen Jahreszeit ( $p < 0,05$ ).

Hingegen ist die Schlafdauer der Schulkinder wiederum in der dunklen Jahreszeit signifikant kürzer als in der hellen Jahreszeit ( $p < 0,05$ ). Die Grafik unten gibt einen Überblick. Die statistische Überprüfung erfolgte mittels Chi-Quadrat- Test (vgl. Tab. 14).



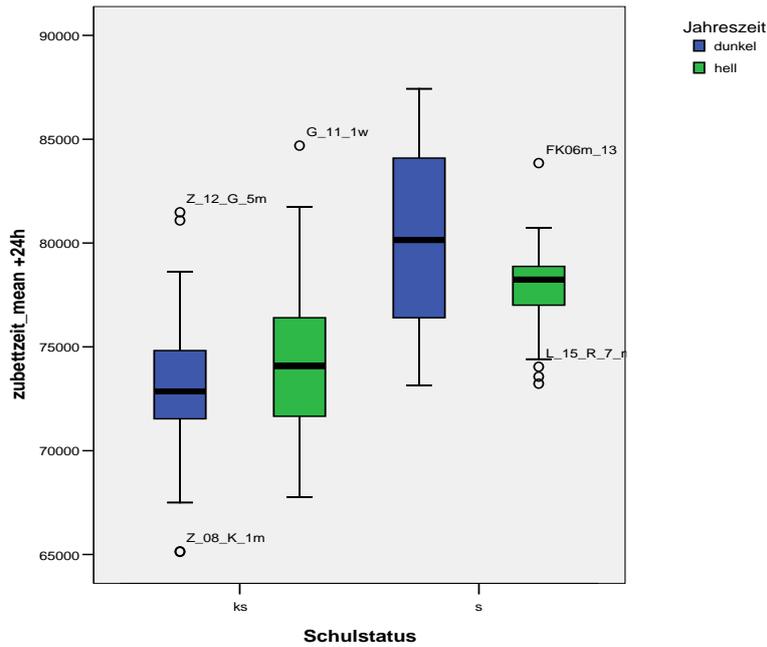
**Abb. 11:** Boxplot für den Vergleich des Parameters Schlafdauer hinsichtlich der Jahreszeiten (hell vs. dunkel) und des Schulstatus (Nicht-Schulkinder vs. Schulkinder). Dargestellt: Median.

**Tab. 15:** Statistische Berechnung mittels Chi-Quadrat-Test für die unabhängige Variable Jahreszeit, Schulstatus und den Schlafparameter Schlafdauer.

	QF	DF	p-value
Jahreszeit	2.0720402	1	1 0.1500207
Schulstatus	58.447028	1	1 2.087E-14
Jahreszeit*schulstatus	4.8339336	1	0.0279049

### 3.3.3.2 Zu-Bett-Geh-Zeit und Aufsteh-Zeit

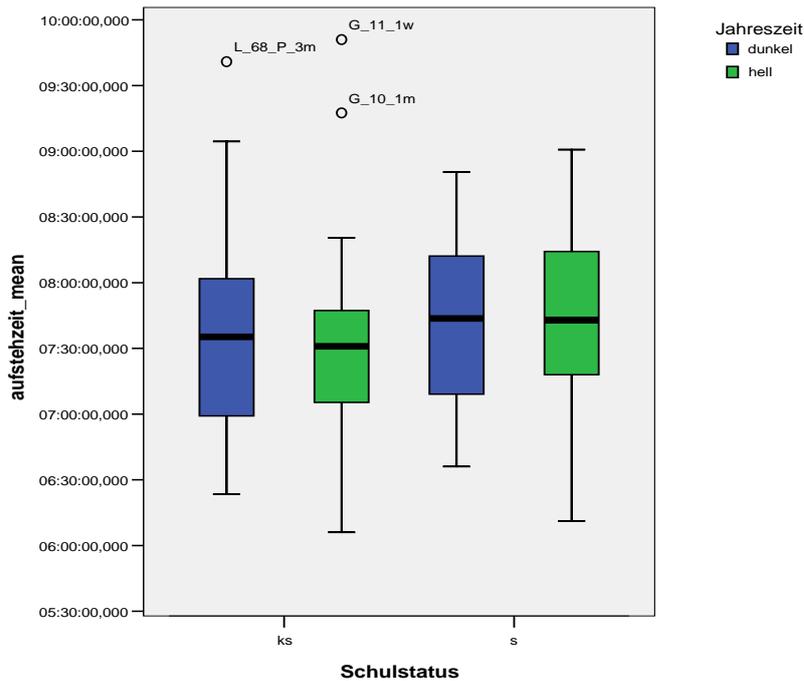
Für die Parameter Zu-Bett-Geh-Zeit und Aufsteh-Zeit ließ sich jeweils kein Jahreszeiteffekt für den Vergleich Nicht-Schulkinder vs. Schulkinder nachweisen ( $p > 0,05$ ). Für die Zu-Bett-Geh-Zeit zeigte sich ein Schulstatuseffekt ( $p < 0,001$ ). Die Grafiken unten geben einen Überblick. Die statistische Berechnung erfolgte mittels Chi-Quadrat-Test (vgl. Tab. 15 und Tab. 16).



**Abb. 12:** Boxplot für den Vergleich des Parameters Zu-Bett-Geh-Zeit hinsichtlich der Jahreszeiten (hell vs. Dunkel) und des Schulstatus (Nicht-Schulkinder vs. Schulkinder). Dargestellt: Mean.

**Tab. 16:** Statistische Berechnung mittels Chi-Quadrat-Test für die unabhängige Variable Jahreszeit, Schulstatus und den Schlafparameter Zu-Bett-Geh-Zeit.

	QF	DF	p-value
Jahreszeit	0.2029163	1	0.6523771
Schulstatus	142.9133	1	0
Jahreszeit*schulstatus	4.8339336	1	0.0279049



**Abb. 13:** Boxplot für den Vergleich des Parameters Aufsteh-Zeit hinsichtlich der Jahreszeiten (hell vs. dunkel) und des Schulstatus (Nicht-Schulkinder vs. Schulkinder). Dargestellt Mean.

**Tab.17:** Statistische Berechnung mittels Chi-Quadrat-Test für die unabhängige Variable Jahreszeit, Schulstatus und den Schlafparameter Aufsteh-Zeit.

	QF	DF	p-value
Jahreszeit	0.0672185	1	0.7954306
Schulstatus	1.6796375	1	0.1949726
Jahreszeit*schulstatus	0.6093048	1	0.4350497

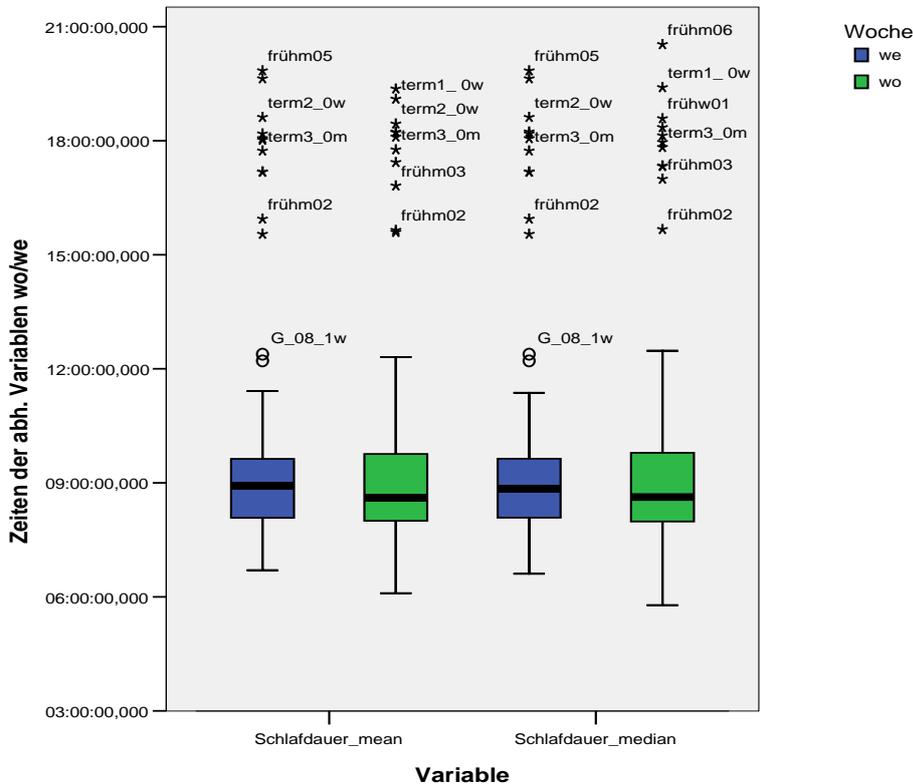
### 3.4 Ergebnisse der Untersuchungen zum Schlafverhalten für die unabhängige Variable Wochenendeffekt

Im Folgenden werden für jeden untersuchten Schlafparameter die Ergebnisse für die Untersuchung des Wochenendeffektes vorgestellt.

#### *3.4.1 Schlafdauer*

Die unten aufgeführte Boxplot-Grafik vergleicht die Schlafdauer für alle Altersstufen 0–15 für die Aufzeichnungszeiträume während (Schul-)Woche und Wochenende/Schulferien. Aus der Grafik ist ersichtlich, dass keine Unterschiede in der Schlafdauer bestehen. Die statistische Überprüfung mittels nichtparametrischen Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test ergibt für Schlafdauer Woche/Wochenende mit  $p > 0,05$  keine statistische Signifikanz. Das heißt, die Schlafdauer unter

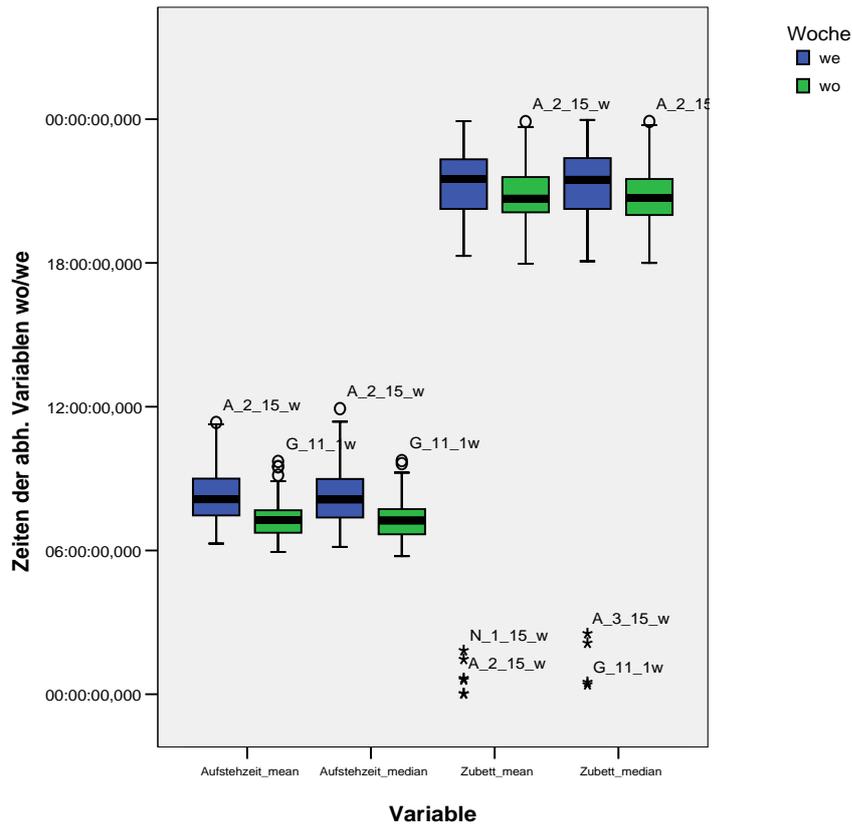
der Woche ist nicht kürzer als die Schlafdauer an den Wochenenden/bzw. in den Schulferien für alle Altersstufen zusammengenommen (vgl. Tab. 17).



**Abb. 14:** Boxplot für den Vergleich des Parameters Schlafdauer Woche vs Wochenende/Schulferien für beide Geschlechter und alle Altersstufen. Dargestellt jeweils Mittelwert (mean) und Median. Die schwarzen Balken stellen die jeweiligen Mediane dar, die mit ° gekennzeichneten Probanden sind die Ausreißer innerhalb von innerer und äußerer Eingrenzung, die mit \* gekennzeichneten Probanden sind extreme Ausreißer innerhalb ihrer Altersstufe.

### 3.4.2 Zu-Bett-Geh-Zeit und Aufsteh-Zeit

Die unten ersichtliche Boxplot-Graphik vergleicht die beiden Parameter Zu-Bett-Geh-Zeit und Aufsteh-Zeit für die Aufzeichnungszeiträume (Schul-)Woche vs. Wochenende/Schulferien für alle Kinder der Altersstufen 1–15. Es lässt sich für beide Parameter der Wochenendeffekt, d. h. eine jeweils spätere Zu-Bett-Geh-Zeit am Wochenende sowie auch eine spätere Aufsteh-Zeit am Wochenende feststellen. Die statistische Berechnung mittels nichtparametrischem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test ergibt mit  $p$  jeweils  $< 0,01$  eine statistische Signifikanz. Das heisst, die Hypothesen werden gemäß der Fragestellung erfüllt (vgl. Tab. 17).



**Abb. 15:** Aufsteh-Zeiten und Zu-Bett-Geh-Zeiten der Altersstufen 1–15 männliches und weibliches Geschlecht im Vergleich (Schul-)Woche vs. Wochenende/Schulferien, jeweils Mittelwert (mean) und Median. Die schwarzen Balken stellen die jeweiligen Mediane dar, die mit ° gekennzeichneten Probanden sind die Ausreißer innerhalb von innerer und äußerer Eingrenzung, die mit \* gekennzeichneten Probanden sind extreme Ausreißer innerhalb ihrer Altersstufe.

**Tab. 18:** Übersicht der statistischen Berechnungen zu allen Schlafparametern im Vergleich „Woche“ vs. „Wochenende“ für alle Altersstufen mittels Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test

	Schlafdauer_ mean_w2- schlafdauer_ mean_w1	Schlafdauer_me dian_w2_schlaf dauer_median_ w1	Aufstehzeit_me an_w2aufstehze it_mean_w1	Aufstehzeit_me dian_w2- aufstehzeit_med ian_w1	Zu-Bett- zeit24_mean_w 2-zu-Bett- zeit_mean_w1	Zu-Bett- Zeit24_median_ w2-Zu-Bett- Zeit_median_w 1
Z	-1.533a)	-1.294a)	-8.822a)	-8.460a)	-8.790a)	-8.611a)
Asymp. Sig. (2-t)	.125	.196	.000	.000	.000	.000

### 3.4.3 Wochenendeffekt der untersuchten Schlafparameter im Vergleich des Schulstatus

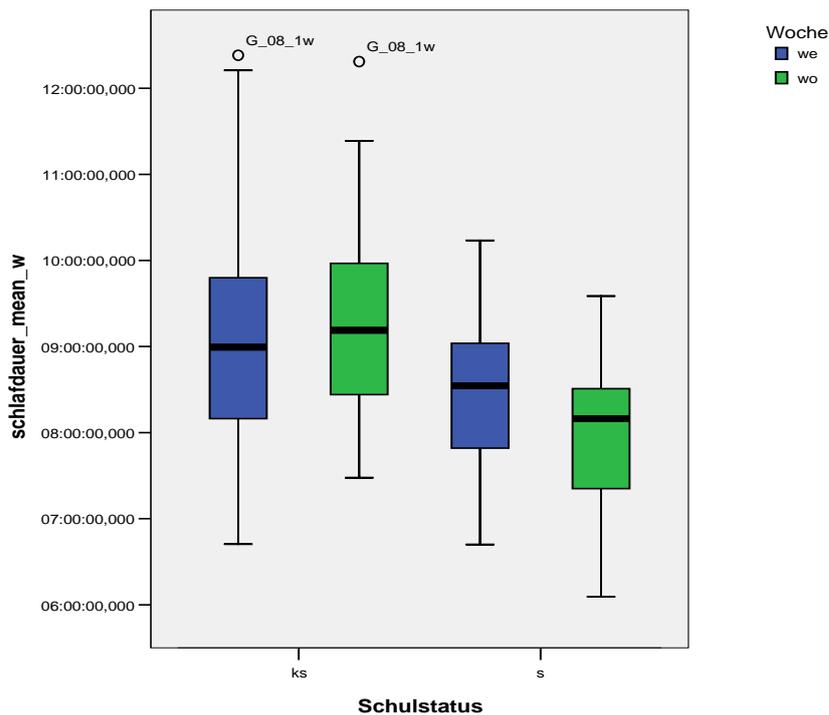
Die folgenden Graphiken verdeutlichen, wie unterschiedlich groß der Wochenendeffekt für die Nicht-Schulkinder (Altersstufe 1–6) und die Schulkinder (Altersstufe 7–15) für alle untersuchten Variablen ist. Die Schlafdauer für die Schulkinder ist am Wochenende um mindestens durchschnittlich 1 Stunde länger als unter der Woche, bei der Gruppe der Nicht-Schulkinder lässt

sich kein wesentlicher Unterschied feststellen, angedeutet im Boxplot ist sogar eine etwas längere Schlafdauer unter der Woche. Die Altersstufe 0 wurde in den Berechnungen nicht berücksichtigt, da die Schlafdauer (wie bereits oben erwähnt) in dieser Altersstufe extrem höher ist als für die anderen Altersgruppen.

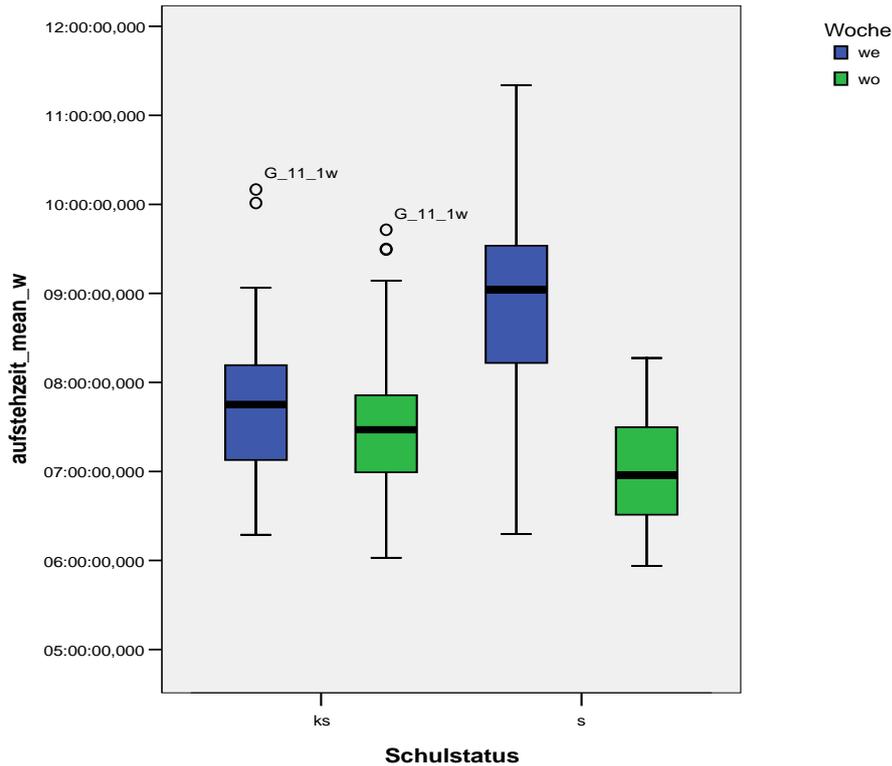
Die Aufsteh-Zeit für die Schulkinder ist am Wochenende durchschnittlich etwa 2 Stunden später als unter der Woche, bei der Gruppe der Nicht-Schulkinder liegt der Unterschied bei weniger als 30 Minuten.

Die Zu-Bett-Geh-Zeit der Schulkinder ist am Wochenende mindestens 1 Stunde später als unter der Woche, auch hier ist kein wesentlicher Unterschied bei den Nicht-Schulkindern erkennbar.

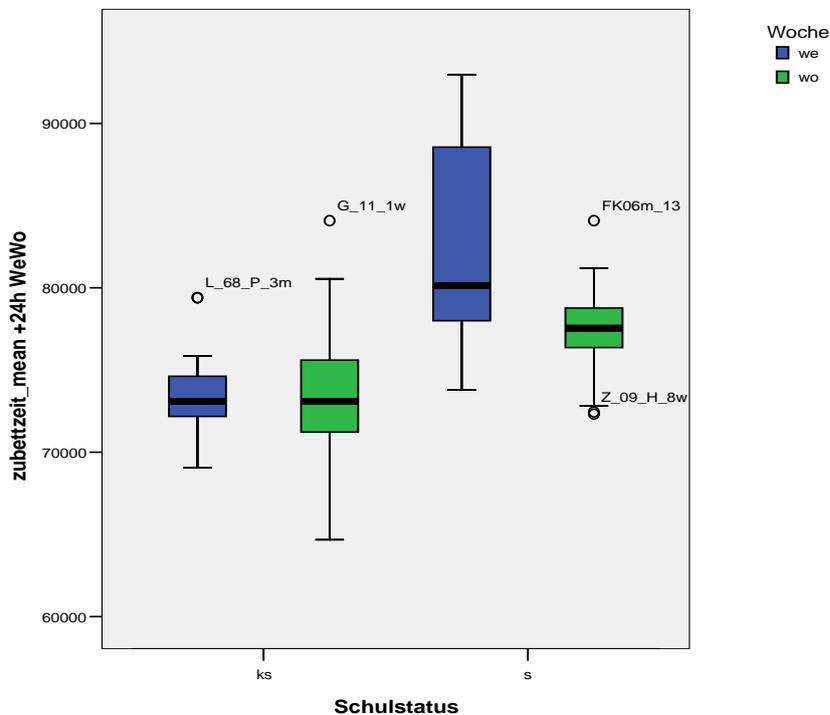
Die statistische Überprüfung mittels Wilcoxon-Test ergab mit  $p < 0,05$  für alle untersuchten Variablen statistische Signifikanz (vgl. Tab. 18). Die Annahme eines wesentlichen Anstiegs des Wochenendeffekts für alle Variablen bei den Schulkindern gegenüber den Nicht-Schulkindern trifft somit zu. Vgl. hierzu auch die Ergebnisse zu den Berechnungen für den Faktor „Schulstatus“ bzw. mit den Abbildungen 3.5.1 und 3.5.2.



**Abb. 16:** Schlafdauer der Schulkinder (S) und der Nicht-Schulkinder (KS) im Vergleich WE und WO zum Vergleich des Wochenendeffektes. Dargestellt der Mittelwert (mean). Die schwarzen Balken stellen die jeweiligen Mediane dar, die mit ° gekennzeichneten Probanden sind die Ausreißer innerhalb von innerer und äußerer Eingrenzung.



**Abb. 17:** Aufsteh-Zeit (h) der Schulkinder (S) und der Nicht-Schulkinder (KS) im Vergleich WE und Wo zum Vergleich des Wochenendeffekts, dargestellt der Mittelwert (mean). Die schwarzen Balken stellen die jeweiligen Mediane dar, die mit ° gekennzeichneten Probanden sind die Ausreißer innerhalb von innerer und äußerer Eingrenzung



**Abb. 18:** Zu-Bett-Geh-Zeiten (h) der Schulkinder (S) und der Nicht-Schulkinder (KS) im Vergleich WE und Wo zum Vergleich des Wochenendeffekts. Dargestellt der Mittelwert (mean). Die schwarzen Balken stellen die jeweiligen Mediane dar, die mit ° gekennzeichneten Probanden sind die Ausreißer innerhalb von innerer und äußerer Eingrenzung

**Tab. 19:** Übersicht der statistischen Berechnungen zu allen Schlafparametern zum Vergleich des Wochenendeffektes und des Schulstatus mittels Wilcoxon-Test

Altersstufe>0, 2.fakt.: 1.Faktor=Schulstatus (1=ks/2=s), 2.Faktor (repeated) Woche(1=we/2=wo)

	Merkmal	Faktor / WW	p-value
1	schlafdauer_mean_w	schulstatus	<.0001
2	schlafdauer_mean_w	woche	0.0160
3	schlafdauer_mean_w	schulstatus*woche	<.0001
4	schlafdauer_median	schulstatus	<.0001
5	schlafdauer_median	woche	0.0145
6	schlafdauer_median	schulstatus*woche	<.0001
7	aufstehzeit_mean_w	schulstatus	0.1832
8	aufstehzeit_mean_w	woche	<.0001
9	aufstehzeit_mean_w	schulstatus*woche	<.0001
10	aufstehzeit_median	schulstatus	0.3072
11	aufstehzeit_median	woche	<.0001
12	aufstehzeit_median	schulstatus*woche	<.0001
13	zubetttime_mean_w	schulstatus	<.0001
14	zubetttime_mean_w	woche	<.0001
15	zubetttime_mean_w	schulstatus*woche	0.2862
16	zubetttime_median_	schulstatus	<.0001
17	zubetttime_median_	woche	<.0001
18	zubetttime_median_	schulstatus*woche	0.0085

### 3.5. Ergebnisse der Untersuchungen zum Schlafverhalten für die unabhängige Variable Schulstatus

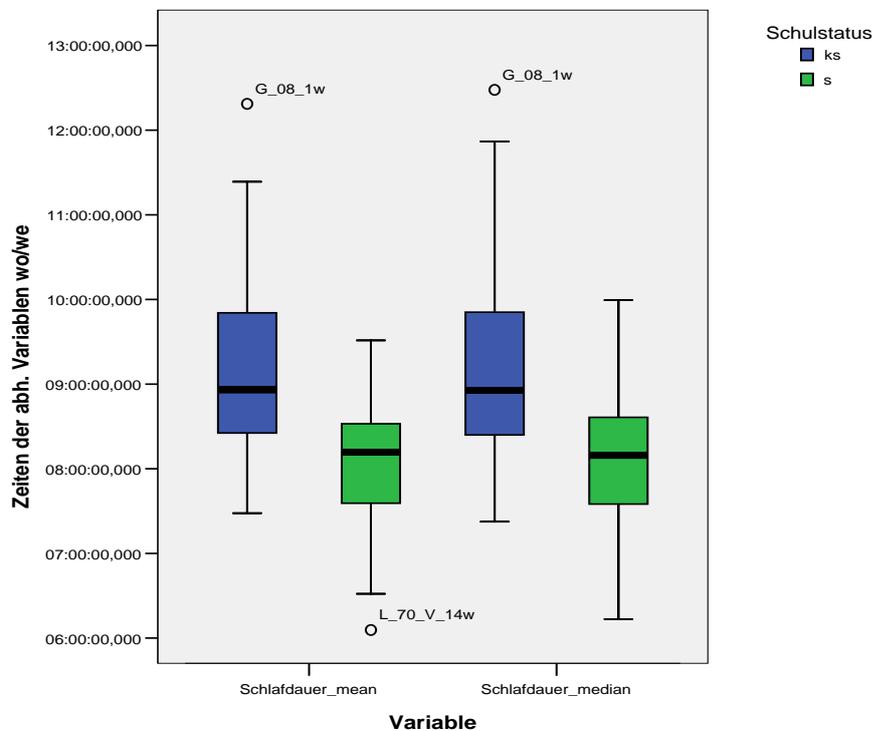
Im Folgenden werden für jeden untersuchten Schlafparameter die Ergebnisse im Schulstatusvergleich (Schulkinder vs. Nicht-Schulkinder) vorgestellt.

#### *3.5.1 Schlafdauer*

Die unten abgebildete Grafik zeigt den Unterschied in der Schlafdauer im Vergleich der Schulkinder (Alter 7-15 Jahre) und der Nicht-Schulkinder (Alter 1–6 Jahre). In der Untersuchung wurde die Altersgruppe 0 nicht berücksichtigt, da sie eine extrem höhere Schlafdauer aufweist, da jeweils der Gesamtschlaf pro 24h berechnet wurde.

Die Boxplot-Graphik veranschaulicht den Unterschied, insgesamt handelt es sich um eine durchschnittlich um zwei Stunden kürzere Schlafdauer bei den Schulkindern.

Für die statistische Berechnung wurde der nichtparametrische Mann-Whitney-Test verwendet, die p-Werte für Schlafdauer (mean) und Schlafdauer (Median) sind jeweils  $<0,001$ . Es kann die Hypothese bestätigt werden, dass Schulkinder eine deutlich geringere Schlafdauer aufweisen als die Nicht-Schulkinder (vgl. Tab. 19).

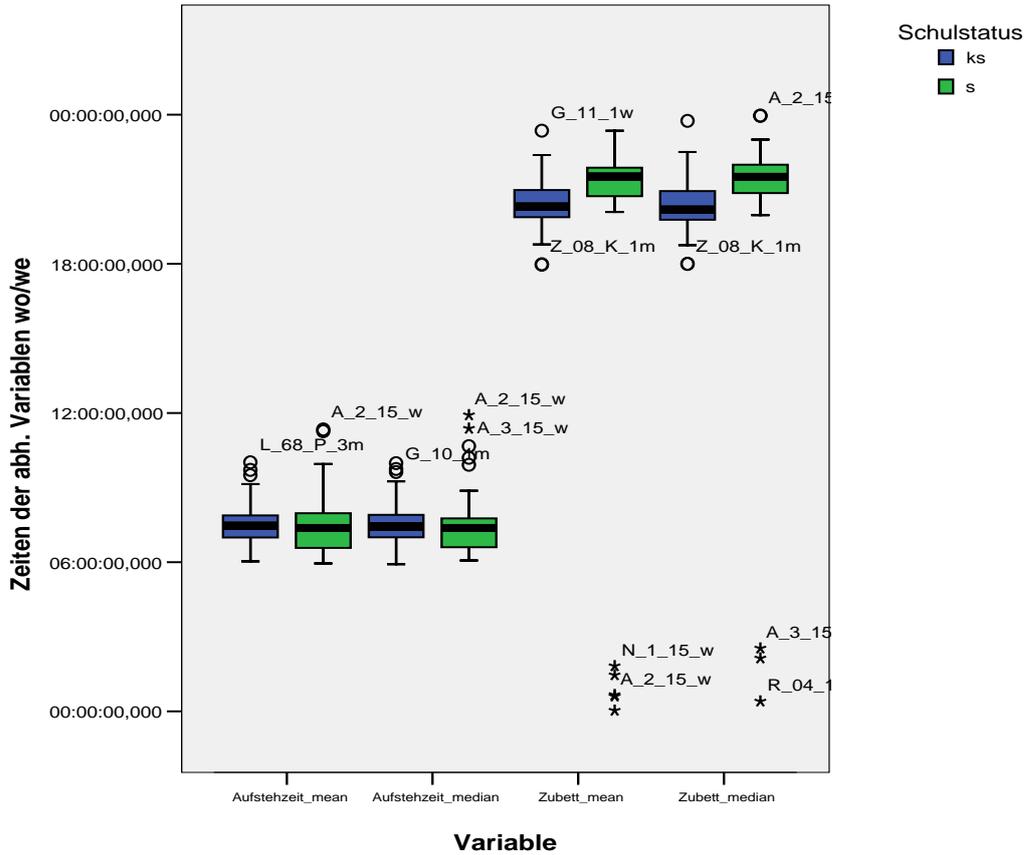


**Abb. 19:** Schlafdauer für den Vergleich der Schulkinder mit den Nicht-Schulkindern (ohne Altersstufe 0), jeweils Darstellung von Schlafdauer (mean) und Schlafdauer (median). Die schwarzen Balken stellen die jeweiligen Mediane dar, die mit ° gekennzeichneten Probanden sind die Ausreißer innerhalb von innerer und äußerer Eingrenzung.

### 3.5.2 Zu-Bett-Geh-Zeit und Aufsteh-Zeit

Die folgende Grafik zeigt im Boxplot den Unterschied für die Parameter Zu-Bett-Geh-Zeit sowie Aufsteh-Zeit im Vergleich der Schulkinder (Alter 7-15 Jahre) und der Nicht-Schulkinder (Alter 1–6 Jahre). Hier lassen sich anhand der Grafik keine Unterschiede bei der Aufsteh-Zeit erkennen, deutliche Unterschiede ergeben sich für die Zu-Bett-Geh-Zeit. So gehen die Schulkinder in etwa durchschnittlich 2 Stunden später ins Bett als die Nicht-Schulkinder, die Aufsteh-Zeit bleibt jedoch in etwa dieselbe.

Für die statistische Berechnung wurde der nichtparametrische Mann-Whitney-Test verwendet, die p-Werte für Zu-Bett-Geh-Zeit (mean) und Zu-Bett-Geh-Zeit (Median) sind jeweils  $<0,001$ . Es kann die Hypothese bestätigt werden, dass Schulkinder eine deutlich spätere Zu-Bett-Geh-Zeit als die Nicht-Schulkinder aufweisen. Die p-Werte für Aufsteh-Zeit (mean) und Aufsteh-Zeit (median) liegen  $>0,05$ , d.h., hier liegt keine statistische Signifikanz vor (vgl. Tab. 19).



**Abb. 20:** Zu-Bett-Geh-Zeit und Aufsteh-Zeit für den Vergleich der Schulkinder mit den Nicht-Schulkindern, jeweils Darstellung von Zu-Bett-Geh-Zeit (mean) und Zu-Bett-Geh-Zeit(median) und Aufsteh-Zeit (mean) und Aufsteh-Zeit (median). Die schwarzen Balken stellen die jeweiligen Mediane dar, die mit ° gekennzeichneten Probanden sind die Ausreißer innerhalb von innerer und äußerer Eingrenzung.

**Tab. 20:** Übersicht über die statistischen Berechnungen zu allen Schlafparametern im Vergleich Schulkinder mit den Nicht- Schulkindern mittels Mann-Whitney-Test, Berechnungen ohne Altersstufe O.

**Test Statistics**

	schlafdauer mean	schlafdauer median	aufstehzeit_ mean	aufstehzeit_ median	zubetttime_ mean	zubetttime_ median
Mann-Whitney U	974.000	995.000	1925.50	1944.00	750.000	685.500
Wilcoxon W	2804.00	2825.00	4775.50	3774.00	3600.00	3535.50
Z	-5.650	-5.557	-1.437	-1.355	-6.642	-6.929
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000	.000	.151	.175	.000	.000

a. Grouping Variable: Schulstatus\_n

## IV Diskussion

### 4.1 Diskussion der Methodik

#### *4.1.1 Die Aktographie*

Nach wie vor liegen relativ wenige Studien vor, die mittels Aktographie Fragestellungen zum Schlafverhalten bei kleineren Kindern (Vorschulalter 3–5 Jahre) untersuchen. Es gilt als erwiesen, dass die Aktographie-Methode gut korreliert mit elterlicher Einschätzung des Schlafverhaltens, was in dieser Altersgruppe oft üblich ist, da Kinder dieses Alters kaum Aussagen über ihr eigenes Schlafverhalten geben können (Iwata et al. 2011).

Andererseits zeigt sich immer wieder, dass Eltern von einer längeren Schlafdauer und einer besseren Schlafeffizienz ausgehen, als sie mit der Aktographie tatsächlich nachzuweisen sind (Holley et al. 2010). Ebenso stimmen elterliche Einschätzungen der Häufigkeit der nächtlichen Unterbrechung des Schlafs ihrer Kinder nicht mit den aktographisch erhobenen Unterbrechungen überein. Laut Littner et al. (2003) ist die Aktographie eine gute Methode zur Untersuchung des Schlafes bei gesunden Kindern. Bezüglich bestimmter Erkrankungen wie ADHS wird sie ebenso verwendet wie für Kinder mit bestimmten Schlafstörungen (Gruber et al. 2000).

Viele Studien mit großen Fallzahlen an Probanden berechnen verschiedene Schlafparameter, darunter Schlafdauer, Schlafeffizienz, Schlafunterbrechungen nur anhand von Aussagen bzw. Aufzeichnungen der Eltern, vor Allem im Sinne einer Tagebuchführung. Dadurch können im Vergleich zu aktographischen Untersuchungen, welche mit viel größerem Aufwand (Versorgung mit den Geräten, adäquate Anwendung der Aktometer) betrieben werden, oft viel höhere Fallzahlen der Probanden erreicht werden, jedoch belegen diverse Studien, dass „reine“ aktographische Untersuchungen viel genauere Aussagen über das Schlafverhalten bei Kindern zulassen. Kushnir et al. (2013) und Iwasaki et al. (2010) wiesen in ihren Studien nach, dass elterliche Einschätzungen des Schlafverhaltens von Kindern zu der Einschätzung führten, die Schlafdauer sei viel länger und die Kinder gehen viel früher zu Bett, als es die korrelierende Aktographie-Untersuchung dann tatsächlich zeigte.

Die Sensitivität der Aktometer selbst weiterzuentwickeln wird in der Literatur immer deutlich empfohlen, um die Aktographie hinsichtlich gleicher Aussagekraft über Schlafparameter wie die Polysomnographie, weiter zu entwickeln. Könnten hier die gemessenen Daten angeglichen werden, würde die Aktographie in Untersuchungen zum Schlafverhalten zukünftig wohl dominieren, da der Vorteil der Aufzeichnung in natürlicher Umgebung – nicht im Schlaflabor – ein immenser Gewinn ist. Bélanger et al. (2013) benannten als ein Problem bei Aktometern, dass teilweise verfälschte Ergebnisse zu Schlafdauern vor Allem bei kleineren Kindern vorlagen, da

diese sich in der Nacht signifikant mehr bewegen als Erwachsene. Hier konnte gezeigt werden, dass bei feinerer Einstellung des Mess-Algorithmus diese Verfälschungen aufgehoben werden können. Solche Untersuchungen sind für unsere Studie insofern relevant, als wir ausschließlich das Schlafverhalten von Kindern und Jugendlichen aufzeichneten.

Dass die Aktographie gut zur Untersuchung von Schlafparametern geeignet ist, zeigt sich unter anderem daran, dass sie immer häufiger in der Medizin angewandt wird, beispielsweise bei der Untersuchung verschiedener Krankheiten, wie beispielsweise Parkinson oder psychiatrischen Erkrankungen mit nächtlicher Unruhe, welche mit häufigen Schlafstörungen verbunden sind. Hier ist insbesondere darauf hinzuweisen, dass die Aktographie als Methode sowohl zur Untersuchung – wie in unserer Studie – gesunder Probanden dient als auch der Untersuchung von Schlafstörungen (Stavitsky et al. 2010, Teicher 1994). Bei Krankheiten mit Schlafstörungen kann aufgrund vermehrter Bewegung, wie zum Beispiel periodic leg movement im Nachtschlaf, die zuverlässige aktographische Messung jedoch erschwert werden (Gschliesser et al. 2009). Die Methode der Aktographie zur Erfassung verschiedener Schlafparameter, der Erfassung des Ruhe-/Aktivitäts-Rhythmus mit breiter Indikation für medizinische oder anthropologische Fragestellungen im Vergleich zur Erfassung des Schlafverhaltens mittels Polysomnographie korreliert aktuell bezüglich Spezifität und Sensivität mit über 90%, wobei die Vorteile der Datenerfassung für die Probanden klar dominieren. Die Aufzeichnung folgt in natürlicher Umgebung, polysomnographische Messungen sind immer noch nur im Schlaflabor möglich (Berger et al. 2008). Eine weitere Verwendung der Aktographie, die die Möglichkeit der Aktivitätsmessung nutzt, sind Fragestellungen zu körperlichen Aktivitäten bzw. Inaktivität beispielsweise bei Kindern, hier kann die Polysomnographie nicht verwendet werden (Finn und Specker 2000). Mittlerweile ist die Verwendung der Aktographie so verbreitet, dass die Menge der veröffentlichten Studien zu entsprechenden Fragestellungen, welche mit Aktographie untersucht wurden, bereits größer ist als die mit Polysomnographie untersuchten (Meltzer et al. 2012).

#### *4.1.2 Datenerhebung*

Wichtig für die Erhebung von Schlafparametern der Kinder der Altersgruppen 1-5 Jahre sind parallel zu den aktographischen Untersuchungen geführte Tagebücher, in unserer Studie lagen jedoch für einige Kinder speziell dieser Altersgruppe keine Tagebucheinträge vor, welche z.B. einen eventuellen Mittagsschlaf protokollierten. So muss speziell in dieser Altersgruppe von gelegentlichem Mittagsschlaf ausgegangen werden, sei es nun in der Kita oder am Wochenende.

Studien, welche mittels Aktographie Schlafparameter in dieser Altersgruppe untersuchten, ergaben, dass gerade das Abhalten eines Mittagsschlafes mit veränderter nächtlicher Schlafdauer korrelierte. Diese war bei den Kindern, die die Möglichkeit zum Mittagsschlaf erhielten, kürzer (Ward et al. 2008). Andererseits verzichteten auch andere Studien, wie die von Holley et al. (2010) in ihrer Untersuchung von 6–11-Jährigen auf das Einbeziehen des Mittagsschlafes in die Gesamtschlafdauer, was legitim ist, legt man das Hauptaugenmerk auf den Nachtschlaf.

Andererseits hätte, da speziell für die älteren Altersstufen teils recht kurze Schlafdauern nachgewiesen wurden, das Vorliegen eines Tagebucheintrages geholfen, um zu wissen, ob Tagesmüdigkeit mit eventueller Konsequenz des Abhaltens eines Mittagsschlafes vorgelegen hat. Dieses Instrument in Untersuchungen zu Schlafverhalten bei Adoleszenten mit einzubeziehen, empfehlen viele Autoren (Carskadon et al. 1998, Carskadon et al. 1993). Ein Argument, in diese Studie auch die kleinen Kinder ab dem 1. Lebensjahr mit einzubeziehen war, dass in verschiedenen Untersuchungen nachgewiesen wurde, dass sich der circadiane Aktivitäts-Ruhe-Rhythmus bereits nach den vier ersten Lebensmonaten auszubilden beginnt und bis zum Erreichen des 1. Lebensjahres bereits voll ausgebildet ist (Henderson et al. 2010).

## 4.2 Diskussion der Ergebnisse

### *4.2.1 Schlafverhalten für die unabhängige Variable Altersstufe*

Für die Veränderungen der Schlafparameter mit zunehmendem Lebensalter bei Kindern und Jugendlichen gibt es insgesamt zahlreiche Studien, wobei der Fokus vieler Studien auf der Präadoleszenz und dem frühen Erwachsenenalter liegt. Eine Studie von Crowley et al (2014) zitiert mehrere internationale Übersichtsarbeiten, die spätere Zu-Bett-Geh-Zeiten und spätere Aufsteh-Zeiten sowohl am Wochenende/Schulferien als auch unter der Woche in prägnanter Weise für die Adoleszenten (ab 10 Jahre) nachweist. Für die Autoren der Studie kollidiert diese natürliche Verzögerung des Schlafverhaltens (delay of sleep behavior) eklatant mit den sehr frühen Schulbeginn-Zeiten (z.B. in Amerika), da deshalb nicht später aufgestanden werden kann. Zusätzlich gibt es natürlich Umweltfaktoren, die zu der Verzögerung des Schlafverhaltens negativ beitragen, wie Teilzeit-Jobs bei Jugendlichen, Fernsehen oder insbesondere heutzutage der immer weiter zunehmende Gebrauch von Smartphones, Internet und Videospielen (Gradisar et al. 2013, Carskadon und Acebo 2005). Dass dieser einen signifikant negativen Einfluß auf die Schlafdauer bei Kindern und Jugendlichen hat, zeigt eine Studie von Buxton et al. (2015). Die empfohlene Schlafdauer von >9 Stunden im Alter von 6–11, >8 Stunden im Alter von 12–17 Jahren wurde

nicht erreicht, waren entweder elektronische Geräte nach der Zu-Bett-Routine noch in den Zimmern oder es herrschte keine feste familiäre Zu-Bett-Routine. Die Studie ermittelte die Schlafdauern der Kinder mittels Internet-Interview der Eltern. In unsere aktographische Studie schlossen wir die jeweiligen häuslichen Bedingungen vor dem Schlafengehen nicht explizit mit ein, wir sahen jedoch für die o.g. Altersgruppen ebenso Werte um ca. 8,5 Stunden Nachtschlaf bei den 6–11-Jährigen und sogar nur 8 bis 6,75 Stunden Nachtschlaf bei den 12–15-Jährigen. Dass auch bei diesen Kindern Fernseher, Computer, Handy etc. den Schlaf stören, liegt unserer Ansicht nach sehr nahe.

Mehrere Studien beschäftigten sich mit der Abnahme der Schlafdauer im historischen Vergleich insgesamt, sowohl bei Erwachsenen als auch – wie die hier zitierten – speziell bei Adoleszenten (Alter 10–14 Jahre). Hier ging es nicht so sehr um die Abnahme der Schlafdauer mit zunehmendem Alter (obwohl dies in beiden Studien ebenfalls nachgewiesen wurde), sondern um die Abnahme über Jahrzehnte bzw. Jahrhunderte (Dollmann et al. 2004). Die Studie von Randler (2009) ist hier im Besonderen hervorzuheben, da sie in den Jahren von 1900-1970 zunächst eine Zunahme der Schlafdauer bei Jugendlichen nachwies, was der bisherigen Annahme deutlich widersprach. Durch den Besuch der Schule als festen sozialen Zeitgeber ergibt sich dann im Verlauf eine Trendwende. In den weiteren Jahren ab 1970 bis 2008 nahm die Schlafdauer dann wieder ab. Die Zunahme der Schlafdauer wurde insgesamt, aufgrund geringer Studienlage, nicht suffizient erklärt, die Abnahme ab den 1970er Jahren wiederum wurde mit dem immer früher beginnenden Schulunterricht erklärt. Hinsichtlich Beginn des Schulunterrichts von 1900-1970 lassen sich durchschnittliche Schul-Beginn-Zeiten auf 08.00 Uhr oder später ermitteln, deutlich später als heutzutage (Dollmann et al. 2004). Was die Aufsteh-Zeiten anbelangt, zeigten sich diese mehr oder weniger konstant über die letzten 100 Jahre hinweg. Die Zu-Bett-Geh-Zeiten waren 1907 im Vergleich zu 2007 deutlich später. Insgesamt sollten diese Ergebnisse aber kritisch gesehen werden, da die untersuchten Kinder 1907 massiv abweichende sozioökonomische Bedingungen im Vergleich zu heute hatten (Randler 2009). Aktuellere US-amerikanische Übersichtsarbeiten berichten eine Abnahme der Schlafdauer (in Interviews) um 1,5–2 Stunden über die letzten 50 Jahre (Capuccio et al. 2008).

Unsere Studie gibt nur die Schlafdauern für die Adoleszenten wieder, nicht deren Gesundheitszustand, wobei es sein könnte, dass bei der deutlichen Unterschreitung der in der Literatur geforderten 9 Stunden (vgl. z.B. Capuccio et al. 2008) notwendigen Nachtschlafes die ebenfalls in Studien untersuchten Folgen dieses „Schlafdefizits“ auch bei den hier untersuchten Kindern ggf. vorliegen könnten. Dabei sind als Folgen ineffizienten Schlafes speziell in dieser

Entwicklungsstufe verminderte Schulleistungen, affektive Störungen und höheres Risiko für Alkohol- oder Drogenmissbrauch zu nennen (Colrain et al. 2011).

Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass verkürzte Schlafdauer nicht immer gleichbedeutend mit ineffizientem Schlaf ist, bzw. ist die Schlafeffizienz oft der wesentlichste Faktor, trotz z.B. auch kürzerer Schlafdauer. In einem Review von Gregory et al. (2012) heißt es, es gibt einen Mangel an Übereinstimmung bei den Experten, was „schlechten Schlaf“ bei Kindern und Jugendlichen definiert, bzw. ab wann „Schlafprobleme“ eine Schlafstörung im medizinisch relevanten Sinne sind. Hinweise auf Sekundäreffekte einer verminderten Schlafdauer zeigte eine Studie von Eisenmann et al. (2006). Hier war verminderte Schlafdauer bei 7–15-jährigen Jungen (<9 h, <8 h) signifikant mit Übergewicht assoziiert, obgleich die in Tagebüchern subjektiv angegebene Schlafqualität gut war. Laut Taylor et al. (2005) und Colrain und Baker (2011) sinkt der „Einschlafdruck“ bzw. wird die Müdigkeit bei älteren Adoleszenten nicht so stark empfunden, was evtl. auch mit Schlafarchitekturveränderungen (Veränderungen der Slow-Wave-Aktivität) zusammenhängen könnte. Es liegt nahe, dass bei fehlender „drückender“ Müdigkeit auch beispielsweise Zu-Bett-Geh-Zeiten nach hinten verschoben werden. Vergleicht man die Veränderungen des Schlafverhaltens, aber auch der Schlafstruktur dieser Altersstufe mit Schulkindern im Alter von 6-10 Jahren, zeigen sich geradezu dramatische Veränderungen der Schlafdauer. Die wichtigsten Faktoren hierfür sind zum Einen externe, wie ansteigender Druck durch soziale und schulische Anforderungen oder die Zunahme von außerschulischen Aktivitäten, aber auch intrinsische, wie beispielsweise Veränderungen in der Schlafarchitektur. So verringert sich der Slow wave sleep und die slow wave activity aufgrund von Veränderungen im Gehirnstoffwechsel mit z.B. Verringerung der Synapsendichte (Colrain und Baker 2011).

#### *4.2.2 Schlafverhalten für die unabhängige Variable Geschlecht*

Es ergeben sich in dieser Untersuchung im Geschlechtervergleich durchweg keine statistischen Signifikanzen, dies trifft auf alle untersuchten Variablen zum Schlafverhalten zu (Schlafdauer, Zu-Bett-Geh-Zeit, Aufsteh-Zeit). Auch für die spezifischeren Untersuchungen bezüglich des Vergleichs (Schul-)Woche/Wochenende, Jahreszeit, Schulstatus und Wochenendeffekt konnten keine statistisch signifikanten Geschlechtsunterschiede festgestellt werden. Möglicherweise wird dies durch die ungleiche Verteilung der Kinder speziell in den älteren Altersstufen erklärt, bei Hagenauer et al. (2009) sind Geschlechtereffekte eher bei älteren Kindern (Pubertätsstatus, etwa ab 13. Lebensjahr) nachweisbar. In dieser Studie, die sich mit den Veränderungen des Schlafs in der homöostatischen und circadianen Regulation während der Adoleszenz beschäftigt (hier vor

allem die Verschiebung der circadianen Rhythmik zum Abendtypen, das heißt, ein Schlafbeginn spät nachts wie bei Erwachsenen „Eulen“), wird von Geschlechtsunterschieden diesbezüglich mit einem Peak von 15–16 Jahren gesprochen, außerdem von früherem Einsetzen der Verschiebung der circadianen Rhythmik zum Abendtypen bei Mädchen im Vergleich zu Jungen (19,5 Jahre vs. 20,5 Jahre). Die in dieser Untersuchung formulierte Hypothese eines ausgeprägteren Geschlechtereffekts für höhere Altersstufen (Pubertät) konnte aufgrund der ungleichen Verteilung (Bsp: für einige Altersstufen gab es nur Kinder des einen Geschlechts) bzw. der zu geringen Anzahl in den einzelnen Altersstufen (Bsp. Altersstufe 13, 14) nicht separat berechnet werden. Möglicherweise hätte hier ein statistisch signifikanter Geschlechtereffekt herausgearbeitet werden können, außerdem wurde höheres Alter (ab Altersstufe 16 bis ins junge Erwachsenenalter) nicht in die Studie mit einbezogen (vgl. Hagenauer et al. 2009). Die Studien, die signifikante Geschlechtsunterschiede in der Verschiebung der Hauptschlafphase nach spät abends zeigten, untersuchten jedoch größtenteils nicht die Schlafdauer an sich, wir suchten nach Geschlechtsunterschieden in den Schlafparametern, wobei jedoch auch die hier für die Abendtypen relevante Zu-Bett-Geh-Zeit ebenfalls keine Geschlechtsunterschiede zeigte (Roenneberg et al. 2004). Lehnkering und Siegmund (2007) zeigten zum Beispiel für Studenten deutliche Geschlechtsunterschiede auf, sowohl in der Schlafdauer als auch bei der Zu- Bett-Geh-Zeit. Für zukünftige Untersuchungen müsste die Geschlechterverteilung für die einzelnen Altersstufen homogener sein, bzw. müsste eine höhere Fallzahl in den einzelnen Altersstufen vorliegen, insbesondere für die Altersstufen, wo sich die Kinder bereits in der Pubertät befinden. Dass für die jüngeren Altersstufen mit etwas ausgeglichener Verteilung und Anzahl der Probanden kein Geschlechtereffekt nachzuweisen ist, könnte mit dem noch nicht erreichten Pubertätsstatus zusammenhängen. Andererseits könnte argumentiert werden, dass in bereits veröffentlichten Untersuchungen ein Geschlechtereffekt mehr „zufällig“ nachgewiesen wurde. Argumentiert man mit der Biologie der Entwicklung des Ruhe-Aktivität-Verhaltens im Sinne einer chronobiologischen Entität und Veränderungen in der Stabilität und Entwicklung lediglich durch Änderung sozialer Zeitgeber oder Hormonveränderungen in der Pubertät, gäbe es letztendlich keine zwingende Annahme eines Geschlechtereffektes. Im biologischen Sinne gibt es wohl zumindestens für die jüngeren Altersstufen sicher ein geschlechtshomogenes Schlafbedürfnis. Bezüglich des Parameters Aufsteh-Zeit lässt sich in der Studienlage ein Trend für den Nachweis von Geschlechtereffekten ebenfalls eher für Adoleszente erkennen, so wurde in mehreren Studien nachgewiesen, dass weibliche Adoleszente an Schultagen früher aufstehen als männliche (Camhi et al. 2000, Chung und Cheung 2008, Laberge et al. 2001, Yang et al. 2005). Im Gegensatz dazu zeigten mehrere andere Studien keine Geschlechtsunterschiede bei jüngeren Vorschulkindern

(Alter 3–6 Jahre) (Acebo et al. 2005, Sekine et al. 2002, Tikotzky und Sadeh 2001, Werner et al. 2008). Eine Studie von Iwata et al (2011) zeigte eine interessante Überlegung auf, hier wurde für 5-jährige Mädchen eine frühere Aufsteh-Zeit an Wochenenden festgestellt, was die Autoren darauf zurückführten, dass die Mädchen früher zu Bett gingen als die Jungen, und zwar, weil sie den elterlichen Aufforderungen, abends früher zu Bett zu gehen, eher Folge leisten als Jungen. Ähnliche Ergebnisse erzielten auch Takeuchi et al. (2001). Es fiel auf, dass in verschiedenen aktographischen Studien häufig keine Geschlechtereffekte nachgewiesen werden konnten, in Studien, die die Schlafvariablen nicht mit Aktographie sondern mit Tagebüchern, internationalen Standardverfahren wie dem „School Sleep Habits Survey“ untersuchten, jedoch deutlich häufiger Geschlechterunterschiede gezeigt werden konnten, möglicherweise war das Ausfüllen von Tagebüchern etc. bei den Geschlechtern unterschiedlich hinsichtlich Genauigkeit oder Vollständigkeit (Russo et al. 2007).

#### *4.2.3 Schlafverhalten für die unabhängige Variable Jahreszeit*

Insgesamt sahen wir für die Variable Jahreszeit in unserer Untersuchung wenig Ergebnisse, so unterschieden sich Schlafdauer, Zu-Bett-Geh-Zeit sowie Aufsteh-Zeit nicht wesentlich im Jahreszeitenvergleich. Lediglich der Schulstatuseffekt (vgl. 4.2.5) war präsent, d.h. signifikant verschiedene Ergebnisse zu den Schlafparametern im Jahreszeiten-/Schulkinder vs. Nicht-Schulkinder- Vergleich. Außerdem sahen wir eine interessante Wechselwirkung. So war die Schlafdauer bei den Nicht-Schulkindern im Winter deutlich länger als im Sommer, während die Schulkinder im Sommer länger schliefen als im Winter. Ein Grund hierfür könnte sein, dass die Jahreszeiteinteilung sehr grob war, nämlich „hell“ für Sommer/Frühling und „dunkel“ für Herbst/Winter. In den Aufzeichnungszeiträumen Ende Juli/August sind Sommerferien, wo die Schlafdauern aufgrund der Ferien aufgrund des Wegfalls der Schule als potentieller Risikofaktor für Schlafdefizit eventuell länger sind. In der Literatur gibt es unterschiedliche Ergebnisse in der Betrachtung von Jahreszeiteffekten. Nixon et al. (2008) sahen in einer aktographischen Längsschnitt-Untersuchung von 7-jährigen eine im Winter um 40,5 Minuten, im Herbst 31.1 Minuten und im Frühling 14.8 Minuten längere Schlafdauer als im Sommer. Wir untersuchten zwar nicht nur 7-jährige, wiesen aber bei unseren 1–6-Jährigen ebenso eine im Winter längere Schlafdauer nach, zumindest in dieser Altersgruppe wäre die Hypothese einer längeren Schlafdauer aufgrund der dunklen Jahreszeit also erfüllt. Bei Hense et al. (2011) hingegen konnte kein Jahreszeiteffekt nachgewiesen werden, obwohl ca. 8.500 Kinder mit einer Altersspanne von 2-9 Jahren mit einbezogen waren.

Hier entgegen steht eine große dänische Studie von Hjorth et al. (2013), welche 834 Schüler, hier in der Altersstufe 8-11 Jahre hinsichtlich Jahreszeiten untersuchte, die eindeutig eine um 2% längere Schlafdauer im Winter im Vergleich zum Frühling zeigte. In dieser Studie war ein weiterer interessanter Effekt, dass bei längerer Schlafdauer im Winter signifikant weniger physische Aktivitäten wie Sport stattfanden, die Autoren sahen auch darin einen Effekt auf die Schlafdauer. Es wurde jedoch der Faktor der veränderten Tageslichtdauer im Winter sowie Witterungsbedingungen insgesamt als Einflussfaktor für physische Aktivität herausuntersucht. In zwei anderen Studien, welche den Einfluss der Jahreszeit Sommer auf Zu-Bett-Geh-Zeit und Aufsteh-Zeit untersuchten, konnte zum Einen ein Verschieben der Schlafphase im Sommer gesehen werden, außerdem sah man hier im Altersstufen-Vergleich, dass im Vergleich 14-jährige Schüler in einem Sommer ein Schuljahr später eine um 1,5 Stunden spätere Einschlafzeit und eine um zwei Stunden spätere Aufsteh-Zeit hatten, hier sind gleichzeitig Jahreszeiten-Effekt und Alterseffekt hinsichtlich pubertärer Veränderungen auf das Schlafverhalten untersucht (Carskadon und Acebo 2002, LaBerge et al. 2000).

#### *4.2.4 Schlafverhalten für die unabhängige Variable „Wochenendeffekt“*

In einer Studie von Iwata et al. (2011), die das Schlafverhalten einer Gruppe von 5-jährigen Kindern untersuchte, die in den Kindergarten gingen, wurde ein deutlicher Wochenendeffekt gesehen. So wurden die Zu-Bett-Geh-Zeiten am Wochenende später, ebenso die Aufsteh-Zeiten. Die Schlafdauer wurde nicht angegeben, allerdings die Schlafeffizienz, wo sich keine Unterschiede zwischen Wochenende und unter der Woche zeigten. Dies deutet darauf hin, dass sich kein „Schlafdefizit“ unter der Woche entwickelte, die späteren Zu-Bett-Geh-Zeiten wurden eher durch familiäre Umstände und auch durch vermehrten Mittagsschlaf am Wochenende erklärt.

Die späteren Zu-Bett-Geh-Zeiten an Wochenenden als unter der Woche könnten entweder auf die „natürliche“ Zu-Bett-Geh-Zeit eines Jugendlichen hindeuten, der unter der Woche „nur“ früher ins Bett geht, weil die Schule am nächsten Morgen früh anfängt oder die späteren Zu-Bett-Geh-Zeiten mit ansteigendem Alter sind ein verbreitetes Phänomen bei Adoleszenten innerhalb ihrer Schlafgewohnheitsänderungen. Colrain und Baker (2011) bezogen sich auf einige Studien, die den Trend zu immer späteren Zu-Bett-Geh-Zeiten sowohl für Länder in denen die Schule später anfängt, als auch allgemein für Schulferien nachwies. Weiterhin weisen Colrain und Baker (2011) auf die Verschiebung des Chronotypen in Richtung des „Abendtypen“ während der Adoleszenz hin. Die Verschiebung beginne um das Alter von 13 Jahren herum und komme in vielen

verschiedenen Kulturen vor. Zusammen mit der daraus resultierenden Veränderung der Zu-Bett-Geh-Zeit ist hier von einem von Umweltfaktoren nicht abhängigen Faktor auszugehen.

Wie in unserer Studie nachgewiesen, nimmt der Wochenendeffekt mit zunehmendem Alter zu, dies ist konsistent z.B. zu einem großen Review von Crowley et al (2007). Hier lag der Unterschied zwischen Zu-Bett-Geh-Zeiten unter der Woche vs. Wochenende für die 7–9 Jährigen bei durchschnittlich einer Stunde, für die 12–16 Jährigen durchschnittlich zwei Stunden später. In unserer Studie war der Wochenendeffekt für alle untersuchten Schlafparameter nur bei den Schulkindern (ab 7 Jahren) signifikant nachweisbar, in der Literaturdurchsicht insgesamt wird der Fokus wenig auf die „Nicht-Schulkinder“ gelegt, was die vorliegenden Ergebnisse sehr interessant macht, denn möglicherweise hängt der Wochenendeffekt nicht nur mit dem Beginn von Vorschule oder Schule zusammen, möglicherweise beginnen die Unterschiede in signifikanter Weise auch erst mit etwas höherem Lebensalter. Hier sei auf eine Studie von Thorleifsdottir et al. (2002) verwiesen, welche einen signifikanten Unterschied in Schlafdauer Woche vs. Wochenende erst ab einem Alter von 9 Jahren nachwies. Es sei jedoch auch darauf hingewiesen, dass die Anfangszeiten der Vorschule in skandinavischen Ländern später sind als beispielsweise in Deutschland. Wir wiesen in unserer Studie für die Kinder der Altersstufen 1–6 sogar eine etwas längere Schlafdauer unter der Woche als am Wochenende nach. Diese Ergebnisse sind vergleichbar mit denen von Nixon et al. (2008), er untersuchte 7-jährige Kinder, bei denen die Schlafdauer an Wochenenden um 26,9 Minuten kürzer war als unter der (Schul-) Woche. Laut Crowley et al. (2014) wird der eingeschränkte (Schul-)Wochenschlaf über das gesamte Schuljahr hinweg von längerem Schlaf an den Wochenenden kompensiert, analog zu unserer Studie geschieht dies primär über spätere Aufsteh-Zeiten, die Zu-Bett-Geh-Zeiten sind zwar auch später am Wochenende, die Spanne bei der Aufsteh-Zeit ist jedoch erheblich höher. In einer Untersuchung von Roenneberg et al. (2004) wies er eine altersassoziierte Verschiebung des Schlafrythmus um 2,5 Stunden nach hinten – im Sinne eines späteren Chronotypen – nach, in einer Altersspanne von 10–20 Jahren. In unserer aktographischen Untersuchung sahen wir in der Altersspanne von 10–15 Jahren bereits eine fast zwei Stunden spätere Zu-Bett-Geh-Zeit an schulfreien Tagen.

Das „Aufholen“ des fehlenden Schlafes unter der Woche ist aus unserer Sicht sehr wichtig im Sinne einer Regeneration für körperliche und geistige Funktionen. Spruyt et al. (2011) wiesen bei übergewichtigen Schulkindern fast das Fehlen von „Aufhol-Schlaf“ an Wochenenden im Vergleich zu normalgewichtigen Kindern nach, obwohl die Schlafdauer sonst dieselbe war. Die Marker für metabolische Erkrankungen waren in der Folge auch erhöht.

In unserer Studie untersuchten wir rein den Faktor tatsächliche Schlafdauer, welche signifikant kürzer wurde mit steigendem Lebensalter und über die gesamte Literatur verteilt deutlich geringer war als die geforderten 8–9 Stunden für ausreichend erholsamen Schlaf mit sämtlichen Konsequenzen für Gesundheit, Konzentrationsvermögen usw. Eine Studie von Pesonen et al. (2014) betonte, dass auch das Untersuchen der Schlaffeffizienz bzw. Schlafqualität sehr wichtig ist, sie wiesen immer kürzere tatsächliche Schlafdauern in der Pubertät nach, jedoch auch eine Zunahme der Schlaffeffizienz, was evtl. ein protektiver Faktor gegenüber den o.g. negativen Auswirkungen sein könnte.

Die Betrachtung des Wochenendeffektes zieht sich in der Literatur bei älteren Jugendlichen und jungen Erwachsenen beim Übergang von der Schule in die Universität fort, hier wurde zum Einen beobachtet, dass sowohl die Zu-Bett-Geh-Zeit mit fortschreitendem Alter eine spätere wird als auch hier eine veränderte Schlafdauer am Wochenende, obwohl die universitären Bedingungen im Vergleich zur Schule flexiblere Beginne der Vorlesungszeiten, also später als der Schulbeginn, aufweisen (Urner et al. 2009).

#### *4.2.5 Schlafverhalten für die unabhängige Variable Schulstatus*

Wie wir gemäß unserer Hypothese bewiesen haben, nimmt die Schlafdauer bei den Kindern der Altersstufen, die die Schule besuchen tendenziell mehr ab als bei den übrigen Kindern und hierbei vorrangig bei den Adoleszenten. Es liegt also wie bereits mehrfach erwähnt, die Vermutung nahe, der ausschlaggebende Faktor hierfür sind die fest vorgegebenen Schulzeiten und hiermit verbunden-zumindest an Schultagen- eine frühe Aufsteh-Zeit. Laut Colrain et al. (2011) gibt es zwar wenige Studien, die eine abnehmende Schlafdauer unabhängig vom Faktor Schule untersuchen, diejenigen, die aber beispielsweise Adoleszente nur in den Schulferien untersuchten, weisen trotzdem eine geringere Schlafdauer im Vergleich zu Präadoleszenten oder Kleinkindern nach.

Dass die Schule mit ihrem sehr frühen Unterrichtsbeginn an sich ein Faktor ist, der die Schlafdauer insbesondere der Jugendlichen beeinträchtigt, ist in zahlreichen Studien nachgewiesen. Hier sei eine Studie von Perkinson-Gloor et al. (2013) benannt. Sie untersuchte 2716 Schweizer Schüler mit einem Durchschnittsalter von 15,4 Jahren. Von diesen schlief ein erheblicher Teil weniger als 8 Stunden pro Nacht, was unseren Ergebnissen der Altersgruppe 15 Jahren mit 06:43 Stunden Schlafdauer in etwa entspricht. Das Schlafdefizit war assoziiert mit Tagesmüdigkeit, negativ eingestellter Einstellung gegenüber dem Schulleben und schlechteren Schulnoten. Die Studie ist deshalb interessant, da sie Schüler mit einbezog, deren Schulunterricht durchschnittlich 20

Minuten später begann, bei diesen Schülern lag signifikant weniger Tagesmüdigkeit vor und die Schlafdauer war höher. Laut Crowley et al (2014) sind das bei allen Altersstufen gleich frühe Aufstehen wochentags vom 9. bis zum 17. Lebensjahr (Schulbesuch) sowie die deutliche Verschiebung des Aufstehens im Alter ab 18 bzw. 19 Jahren ein Hinweis, dass die Schule als sozialer Zeitgeber ein biologisch gesteuertes Schlafverhalten in Richtung „Ausschlafen“ unterdrückt. Auch in unserer Untersuchung sahen wir durchweg keine Unterschiede der Aufsteh-Zeit über alle Altersstufen hinweg, außer im Sinne des Wochenendeffekts. So sehen wir auch unsere Hypothese bestätigt, dass die Schule als sozialer Zeitgeber hier „biologische Zeitgeber“ dominiert. Auch in einem großen Review von Carskadon und Acebo (2002) wurde angedeutet, dass eine Änderung der Aufsteh-Zeit abhängig vom Alter nicht suffizient untersucht werden kann, da frühe Schulbeginn-Zeiten, welche europaweit bestehen, hier die Limitation der Studien darstellen.

Es wird angenommen, dass veränderte Schlafparameter bei Adoleszenten vom pubertären Entwicklungsstatus, abnehmender elterlicher Überwachung der Zu-Bett-Geh-Zeiten, ansteigenden schulischen Herausforderungen, vermehrten außerschulischen Aktivitäten, Teil-Zeit-Jobs und Veränderungen in der circadianen Rhythmik abhängen.

Wir interessierten uns in der vorliegenden Untersuchung dafür, ob die Veränderungen (verringerte Schlafdauer, veränderte Aufsteh-Zeit, spätere Zu-Bett-Geh-Zeit) bei den Schulkindern ausgeprägter sind als bei den Nicht-Schul-Kindern und zwar abgesehen von den natürlichen Veränderungen rein durch das Alter. Wir nehmen an, dass gleichaltrige Kinder in einer festen Schulklasse alleine durch die feste Gemeinschaft Verhaltensweisen, Hobbies sowie Freizeitaktivitäten, aber auch durch feste Routinen wie abendliche Hausaufgaben etc. ähnliche Rhythmen aufweisen. Dies hieße, dass neben den biologischen Veränderungen (Verzögerung der Schlafphase, hormonelle Änderungen) Schule oder „Schulklasse“ an sich ein Faktor ist, der sich auf sämtliche Schlafparameter auswirkt. Diesem Thema widmete sich auch eine Studie von Gau et al. (2003). Hier wurde kritisiert, dass der Fokus auf den Pubertätsstatus oder das Alter zu wenig den Gruppeneffekt berücksichtigen, vermuteten, dass eine höhere Klassenstufe durch ihre individuellen Veränderungen und Anforderungen (mehr Hausaufgaben, anspruchsvollerer Lernstoff etc.) alleine schon Auswirkungen auf veränderte Schlafparameter hat.

Ferner wurde vermutet, dass im Gegensatz zum Pubertätsstatus die Klassenstufe eher die Variationen in den Schlafparametern erklären kann. Es ist bekannt, dass Verschiebungen der circadianen Rhythmik von biologischen und psychosozialen Faktoren abhängen, sie votierten dafür, die Klassenstufe als höheren Einflussfaktor als allein Pubertätsstatus oder Alter einzubeziehen. So wiesen sie nach, dass die Klassenstufe signifikant mit der Verschiebung der

Schlaf-Wach-Phase nach hinten korreliert. Wir konnten in unserer Untersuchung nicht spezifisch auf den Faktor Schulklassenverband eingehen, ebenfalls waren die Anzahl der Gleichaltrigen nicht so hoch, wie sie normalerweise in Schulklassen zu finden sind, außerdem gingen die Kinder überwiegend in unterschiedliche Klassen bzw. Schulen.

In unserer Untersuchung waren die Ergebnisse hinsichtlich zum Beispiel einer späteren Aufsteh-Zeit am Wochenende bzw. einer linearen Änderung der Aufsteh-Zeit zu einer immer späteren mit höherer Altersstufe nicht signifikant, weder im Schulstatus-Vergleich noch in der Untersuchung des Wochenendeffekts. Möglicherweise ist die Zu-Bett-Geh-Zeit der wesentlichste Faktor, zusammengenommen alle Effekte (Wochenende, Pubertät, Einschlafdruck durch hormonelle Veränderungen). Eine Studie von Nixon et al. (2008) beispielsweise zeigte bei 7-jährigen Kindern eine kürzere Schlafdauer an Wochenenden mit zwar signifikant späterer Zu-Bett-Geh-Zeit, jedoch nicht späterer Aufsteh-Zeit.

#### 4.2.6 Eignung der Aktographie als nicht invasive Methode zur Gewinnung von Daten

Die große Stärke der vorliegenden Untersuchung liegt in der Herausarbeitung der Praktikabilität der Aktographie als relativ einfache Methode, um wie vorliegend in einer Kinderarztpraxis Ergebnisse zu erzielen. Die Zielgruppe der von uns untersuchten Kinder möglichst einfach zu erreichen, war eine der Hauptüberlegungen, die Kinder über die Kinderarztpraxis in Berlin Lichtenberg zu rekrutieren. Das große durch ein Poster (vgl. Abb. 2) geweckte Interesse der Eltern nach Information über das Forschungsvorhaben und die Darstellung des Aktometers auf einer Informationsveranstaltung konnte unter anderem auch darum aufrechterhalten werden, da die Handhabung und Integration in den Alltag des Aktometers so einfach gestaltet werden konnten. Weit weniger Interessenten hätten beispielsweise den großen Aufwand einer Schlafparametererhebung in einem Schlaflabor mittels Polysomnographie auf sich genommen. Einer möglichen Verfälschung der Ergebnisse beispielsweise dadurch, dass nur Eltern, die sich Sorgen um den Schlaf ihrer Kinder machen oder gar eine Schlafstörung vermuteten und sich deshalb zur Studienteilnahme entschieden, wirkten wir durch die Informationsveranstaltung mit Betonung auf den Wunsch, wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn für die Wissenschaft durch die Untersuchung von gesunden Kindern zu erlangen, entgegen.

Somit lässt sich bestätigen, dass die Aktographie auch in einer Kinderarztpraxis eine gute Methode zur Erlangung praxisnaher Daten ist. Da wir in der Praxis recht breit Probanden des Altersspektrums 0–18 Jahre suchten, war es einfacher, interessierte Eltern zu finden. Für spezifischere Fragestellungen oder auch für ein Längsschnitt-Design, z.B. nur für die Altersgruppe

5, hätten jedoch aus unserer Sicht mit der entsprechenden Aufklärung auch Eltern bzw. Probanden gefunden werden können.

#### 4.3 Limitationen der Arbeit und Ausblick

In der vorliegenden Arbeit geben wir mit einem Querschnittsdesign einen Überblick zum Aktivitäts-Ruhe-Verhalten über die Altersstufen 0–15 Jahre. Es wurden sehr sensible Parameter wie Geschlechtsunterschiede untersucht, außerdem sind aufgrund der großen Altersspanne (0–15 Jahre) sehr wichtige Bereiche in der individuellen Entwicklung eines Menschen (z.B. Pubertätseintritt) inbegriffen. In einer Querschnittsuntersuchung ist das Risiko hoch, individuelle Entwicklungsunterschiede nicht ausreichend zu betrachten. Gerade was die Aussagen zu Chronotypen und der Sensibilität auf jahreszeitlich bedingte Lichtunterschiede betrifft, ergeben sich auch in der Literatur große Schwankungen, alle im Bereich des vollkommen „Normalen“. Hier könnte eine längerfristig angelegte Längsschnittstudie genauere Ergebnisse zu Unterschieden in der individuellen Entwicklung beitragen.

Als eine Limitation könnte genannt werden, dass die in der Untersuchung verwendeten Aktometer eventuell die bei Kindern üblichen nächtlichen vermehrten Bewegungen trotz bestehenden Schlafes als „Wachphasen“ identifizierten. Dies ist insofern zu nennen, da teilweise auch für die jüngeren Altersstufen recht kurze Schlafdauern errechnet wurden, möglicherweise deshalb, weil die vermehrte Aktivität nicht als eigentlich gerade stattfindender Schlaf einberechnet wurde (Markovich et al. 2014).

Eine weitere Limitation ist unseres Erachtens nach, dass einige Kinder während der Aufzeichnung in der „hellen Jahreszeit“ in den Monaten Juli/August schon die großen Sommerferien hatten. Dadurch wurden eventuell die Daten etwas verfälscht, denn mit dem Wegfall der Schule geht – zumindest während der sehr langen Schulferien – die Schlaf-Wach-Rhythmik fast wieder in eine „freilaufende“ Rhythmik über. D.h., aufgrund des Wegfalls des ein Schlafdefizit verursachenden sozialen Zeitgebers Schule, schlafen die Kinder länger. Ähnliche Limitationen bezüglich der Frage des Einflusses des Faktors Jahreszeit auf die Schlafdauer von Schulkindern werden auch in anderen Arbeiten beschrieben (Hjorth et al. 2013). Ein interessanter Aspekt für zukünftige Forschungen könnte es sein, die Jahreszeiten z.B. nur während der Schulferien zu vergleichen. Insgesamt fehlen unseres Erachtens nach Studien zum Einfluss der Jahreszeit auf das Aktivitäts-Ruhe-Verhalten von Kindern und Jugendlichen.

## V Literaturverzeichnis

- Acebo C, Sadeh A, Seifer R, Tzischinsky O, Hafer A, Carskadon M. Sleep/Wake Patterns Derived from Activity Monitoring and Maternal Report for Healthy 1-to-5-Year-Old Children. *Sleep* 2005; 28(12): 1568–1577.
- Akerstedt T, Kecklund G, Gillberg M. Sleep and sleepiness in relation to stress and displaced work hours. *Physiology and Behavior* 2007; 92:250-255.
- American sleep Disorders Association. Practice parameters for the use of actigraphy in the clinical assessment of sleep disorders. *Sleep* 1995; 18 (4): 285–287.
- Ancoli-Israel S, Cole R, Alessi C. The Role of Actigraphy in the Study of Sleep and Circadian Rhythms. *Sleep* 2003; 26 (3): 342–392.
- Aschoff J, Knauth P, Rutenfranz J. *Biologische Rhythmen*. Aus: Immelmann K, Scherer, KR, Vogel C, Schmock P. *Psychobiologie-Grundlagen des Verhaltens*: Gustav Fischer Verlag, PsychologieVerlagsUnion 1988; 219–251.
- Aschoff J. Circadian Parameters as Individual Characteristics. *Journal of Biological Rhythms* 1998; 13(2): 123–131.
- Bedrosian TA, Nelson RJ. Influence of the modern light environment on mood. *Molecular psychiatry* 2013; 18(7): 751–7.
- Bélanger ME, Bernier A, Paquet J, Simard V, Carrier J. Validating Actigraphy as a Measure of Sleep for Preschool Children. *Journal of Clinical Sleep Medicine* 2013; 9(7): 701–706.
- Berger AM, Wielgus KK, Young-McCaughan SY, Fischer P, Farr L and A.Lee K. Methodological Challenges When Using Actigraphy in Research. *Journal of Pain and Symptom Management* 2008; 36(8): 191–199.
- Buxton O, Chang AM, Spilsbury JC, et al. Sleep in the modern family: protective family routines for child and adolescent sleep. *Sleep Health* 2015; 1(1): 15–27.
- Cajochen C. Alerting effects of light. *Sleep Medicine Review* 2007 ;11(6): 453–64.
- Camhi S.L., Morgan W.J., Pernisco N, Quan S.F. Factors affecting sleep disturbances in children and adolescents. *Sleep Medicine* 2000; 1: 117–123.
- Cappuccio FP, Taggart FM, Kandala NB et al. Meta-analysis of short sleep duration and obesity in children and adults. *Sleep* 2008; 31: 8–71.
- Carskadon M, Acebo C. Intrinsic circadian period in adolescents versus adults from forced desynchrony. *Sleep* 2005; 28 (Abstract Supplement): A71.

- Carskadon M, Acebo C. Regulation of Sleepiness in Adolescents: Update, Insights and Speculation. *Sleep* 2002; 25(6): 606–614.
- Carskadon M, Wolfson A, Acebo C, Tzischinsky O, Seifer R. Adolescent sleep patterns, circadian timing, and sleepiness at a transition to early school days. *Sleep* 1998; 21: 871–881.
- Carskadon MA, Vieira C, Acebo C. Association between Puberty and Delayed Phase Preference. *Sleep* 1993; 16(3): 258–262.
- Chung K.F., Cheung M.M. Sleep-wake patterns and sleep disturbance among Hong Kong Chinese adolescents. *Sleep* 2008; 31: 185–194.
- Colrain I.M., Baker F.C. Changes in Sleep as a Function of Adolescent Development. *Neuropsychology Review* 2011; 21: 5–21.
- Crowley S, Acebo C, Carskadon M. Sleep, circadian rhythms, and delayed phase in adolescence. *Sleep Medicine* 2007; 8: 602–612.
- Crowley S.J., Van Reen E, LeBourgeois M.K., et al. A Longitudinal Assessment of Sleep Timing, Circadian Phase, and Phase Angle of Entrainment across Human Adolescence. *PloS ONE* 2014; 9(11): 1–11.
- Dewald J, Meijer A, Oort F, Kerkhof G, Bögels S. The influence of sleep quality, sleep duration and sleepiness on school performance in children and adolescents: A meta-analytic review. *Sleep Medicine Reviews* 2010; 14: 179–189.
- Dollmann J, Ridley R, Olds F, Lowe E. Trends in the duration for school-day sleep among 10-to 15-year-old South Australians between 1985 and 2004. *Acta Paediatrica* 2000; 96(7):1011–1014.
- Eisenmann JC, Ekkekakis P, Holmes M. Sleep duration and overweight among Australian children and adolescents. *Acta Paediatrica* 2006; 95: 956–963.
- Epstein R, Chillag N, Lavie P. Starting times of school: effects on daytime functioning of fifth-grade children in Israel. *Sleep* 1998; 21: 250–256.
- Fietze I, Strauch J, Holzhausen M, Glos M, Theobald C, Lehnkering H and Penzel T. Sleep Quality in Professional Ballet Dancers, *Chronobiology International* 2009; 26(6): 1249–1262.
- Finn KJ and Specker B. Comparison of Actiwatch activity monitor and Children's Activity Rating Scale in children. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2000; 32(10): 1794–1797.

- Fischer FM, Nagai R, Teixeira LR. Explaining sleep duration in adolescents: The impact of socio-demographic and lifestyle factors and working status. *Chronobiology International* 2008; 25:359–372.
- Galland B, Taylor B, Elder D, Herbison P. Normal sleep patterns in infants and children: A systematic review of observational studies. *Sleep Medicine Reviews* 2012; 16: 213–222
- Garcia J, Rosen G, Mahowald M. Circadian Rhythms and Circadian Rhythm Disorders in Children and Adolescents. *Seminars in Pediatric Neurology* 2001; 8(4): 229–240.
- Gau SF, Soong WT. The Transition of Sleep-Wake Patterns in Early Adolescence. *Sleep* 2003; 26(4): 449–454.
- Gössel- Symank R, Grimmer I, Korte J, Siegmund R. Actigraphic Monitoring of the Activity-Rest Behavior of Preterm and Full-Term Infants at 20 Month of Age. *Chronobiology International* 2004; 21(4-5): 661-671.
- Gradisar M, Wolfson AR, Harvey AG, et al. The sleep and technology use of Americans: findings from the National Sleep Foundation's Sleep in America poll. *Journal of Clinical Sleep Medicine* 2013; 9: 1291–1299.
- Grandner MA. Sleep duration across the lifespan: Implications for health. Guest Editorial. *Sleep Medicine Reviews* 2012; 16 (3): 199–201.
- Gregory AM, Sadeh A. Sleep, emotional and behavioral difficulties in children and adolescents. *Sleep Medicine Reviews* 2012; 16: 129–136.
- Gruber R, Sadeh A, Raviv A. Instability of sleep patterns in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry* 2000; 39: 495–501.
- Gschliesser V, Frauscher B, Brandauer E, Kohnen R, Ulmer H, Poewe W. PLM detection by actigraphy compared to polysomnography: A validation and comparison of two actigraphs. *Sleep Medicine* 2009; 10: 306–311.
- Hagenauer M, Perryman J, Lee T, Carskadon M. Adolescent Changes in the Homeostatic and Circadian Regulation of Sleep. *Developmental Neuroscience* 2009; 31: 276–284.
- Hansen M, Janssen I, Schiff A, Zee P, Dubocovich M. The impact of school daily schedule on adolescent sleep. *Pediatrics* 2005; 115(6): 1555–1561.
- Haus E. Chronobiology in the endocrine system. *Advanced Drug Delivery Reviews* 2007; 59: 985–1014.
- Henderson JMT, France KG and Blampied NM. The consolidation of infants nocturnal sleep across the first year of life. *Sleep Medicine Reviews* 2011; 15: 211–20.

- Henderson JMT, France KG, Owens JL and Blampied NM. Sleeping Through the Night: The Consolidation of Self-regulated Sleep Across the First Year of Life. *Pediatrics* 2010; 126(5): 1081–1087.
- Hense S, Barba G, Pohlabein H et al. Factors that Influence Weekday Sleep Duration in European Children. *Sleep* 2011; 34(5): 633–639.
- Hildebrandt G, Moser M, Lehofer M. *Chronobiologie und Chronomedizin*. Stuttgart: Hippocrates Verlag 1998.
- Hjorth M, Chaput J, Michaelsen K, Astrup A, Tetens I, Sjödin A. Seasonal variation in objectively measured physical activity, sedentary time, cardio-respiratory fitness and sleep duration among 8–11 year-old Danish children: a repeated-measures study. *BMC Public Health* 2013; 13: 808.
- Hobson J. *Schlaf – Gehirnaktivität im Ruhezustand*. Verlag Spektrum der Wissenschaft Heidelberg 1990.
- Holley S, Hill CM, Stevenson J. A comparison of Actigraphy and Parental Report of Sleep Habits in Typically Developing Children Aged 6 to 11 Years. *Behavioral Sleep Medicine* 2010; 8: 16–27.
- Iwasaki M, Iwata S, Iemura A, Yamashita N, Tomino Y, Anme T et al. Utility of Subjective Sleep Assessment Tools for Healthy Preschool Children: A Comparative Study Between Sleep Logs, Questionnaires, and Actigraphy. *Journal of Epidemiology* 2010; 20(2): 143–149.
- Iwata S, Iwata O, Iemura A, Iwasaki M, Matshuishi T. Determinants of sleep patterns in healthy Japanese 5-year-old children. *International Journal of Developmental Neuroscience* 2011; 29(1): 57–62.
- Jean-Louis G, Kripke D.F, Ancoli-Israel S, Klauber M.R., Sepulveda R.S. Sleep Duration, Illumination, and Activity Patterns in a Population Sample: Effects of Gender and Ethnicity. *Biological Psychiatry* 2000; 47: 921–927.
- Jenni O, Carskadon M. Normal human sleep at different ages: Infants to adolescents. *SRS basics of sleep guide* (2005): 11–19.
- King M, Jaffre M, Morrish E. The validation of a new actigraphy system for the measurement of periodic leg movements in sleep. *Sleep Medicine* 2006; 6: 507–513.
- Korte J, Siegmund R. Beeinflusst der Geburtsmodus die Entwicklung der Tagesrhythmik von Neugeborenen?. *Die Hebamme* 2004; 17: 161–163.
- Kupfer D, Weiss B, Foster F. Psychomotor activity in affective states. *Arch Gen Psychiatry* 1974; 30: 765–768.

- Kushnir J, Sadeh A. Correspondence between Reported and Actigraphic Sleep Measures in Preschool Children: The Role of a Clinical Context. *Journal of Clinical Sleep Medicine* 2013; 9(11): 1147–1150.
- Laberge L, Carrier J, Lesperance P, Lambert C, Vitaro F, Tremblay RE. Sleep and circadian phase characteristics of adolescent and young adult males in a naturalistic summertime condition. *Chronobiology International* 2000; 17: 489–501.
- Laberge L, Petit D, Simard C, Vitaro F, Tremblay R.E., Montplaisir J. Development of sleep patterns in early adolescence. *Journal of Sleep Research* 2001; 10: 59–67.
- Lehnkering H, Siegmund R. Influence of chronotype, season, and sex of subject on sleep behaviour of young adults. *Chronobiology International* 2007;24(5):875–88.
- Littner M, Kushida C, Mc Dowell Anderson W. Practice Parameters for the Role of Actigraphy in the Study of Sleep and Circadian Rhythms: An Update for 2002. *Sleep* 2003; 26 (3): 337–341.
- Loessl B, Kopasz V, Kopasz M, Hornyak M, Riemann D, Voderholzer U. Are adolescents chronically sleep-deprived? An investigation of sleep habits of adolescents in the Southwest of Germany. *Child: care, health and development* 2008; 34(5): 549–556.
- Löhr B, Siegmund R. Ultradian and circadian rhythms of sleep-wake and food-intake behavior during early infancy. *Chronobiology International* 2009; 16(2):129–48.
- Markovich AN, Gendron MA and Corkum PV. Validating the Children’s Sleep Habits Questionnaire Against Polysomnography and Actigraphy in School-Aged Children. *Front Psychiatry* 2014; 5: 188.
- Matricciani L, Olds T, Petkov J. In search of lost sleep: Secular trends in the sleep time of school-aged children and adolescents. *Sleep Medicine Reviews* 2012; 16: 203–211.
- Matricciani L, Olds T, Williams M. A Review of Evidence for the Claim that Children are Sleeping Less than in the Past. *Sleep* 2011; 34(5): 651–658.
- McPartland R, Kupfer D, Foster F. The movement-activated recording monitor: A third generation motor-activity monitoring system. *Behavior Research Methods & Instrumentation* 1976; 8: 357–360.
- Meijer A. M., Habekothé H.T., Van den Wittenboer G. L. H. Time in bed, quality of sleep and school functioning of children. *Journal of Sleep Research* 2000; 9: 145–153.
- Meltzer LJ, Montgomery-Downs HE, Insana SP and Walsh CM. Use of actigraphy for assessment in pediatric sleep research. *Sleep Medicine Reviews* 2012; 16(5):463–475.
- Mercer P, Merritt S, Cowell J. Differences in reported sleep need among adolescents. *Journal of Adolescents Health* 1998; 23(5): 259–263.

- Minors D, Akerstedt T, Atkinson G. The Difference between activity when in Bed and out of Bed. Healthy Subjects and selected Patients. *Chronobiology International* 1996; 13 (1): 27–34.
- Morgenthaler T, Lee-Chiong T, Alessi C. Practice Parameters for the Clinical Evaluation and Treatment of Circadian Rhythm Sleep Disorders. *Sleep* 2007; 30 (11): 1445–1459
- Munch M, Bromundt V. Light and chronobiology: implications for health and disease. *Dialogues in clinical neuroscience* 2012 ;14(4):448–53.
- Natale V, Adan A, Chotai J. Further Results on the Association between Morningness-Eveningness Preference and the Season of Birth in Human Adults. *Neuropsychobiology* 2002; 26: 209–214.
- Nixon M. G, Thompson M.D. J, Yeo Han D, M. Becroft D, M. Clark P, E. Waldie K, Robinson E, J. Wild C, N. Black P, A. Mitchell E. Short Sleep Duration in Middle Childhood: Risk Factors and Consequences. *Sleep* 2008; 31(1): 71–78.
- Olds T, Blunden S, Petkov J, Forchino F. The relationships between sex, age, geography and time in bed in adolescents: A meta-analysis of data from 23 countries. *Sleep Medicine Reviews* 2010; 14: 371–378.
- Palmstierna P, Sepa A, Ludvigsson J. Parent perceptions of child sleep: a study of 10 000 Swedish children. *Acta Paediatrica* 2008; 97(12): 1631–1639.
- Perkinson-Gloor N, Lemola S, Grob A. Sleep duration, positive attitude toward life, and academic achievement: The role of daytime tiredness, behavioral persistence, and school start times. *Journal of Adolescence* 2013; 36(2): 311–318.
- Pesonen AK, Martikainen S, Heinonen K, Wehkalampi K, Lahti J, Kajantie E et al. Continuity and Change in Poor Sleep from Childhood to Early Adolescence. *Sleep* 2014; 37(2): 289–297.
- Phaire T. Hrsg. 1545. *The Boke of Chylidren*. Edinburgh and London.
- Quillin S, Glenn L. Interaction between feeding method and co-sleeping on maternal-newborn sleep. *Journal of Obstetric Gynecologic & Neonatal Nursing* 2004; 33(5): 580–588.
- Randler C. Sleep length in German children and adolescents. Comparing 1907 with 2006–2008. *Somnologie* 2009;13: 89–91.
- Redmond D, Hegge F. The design of human activity monitors. In: Scheving L, Halberg F, Ehret C, editors. *Chronobiology and Chronobiological Engineering*. Dordrecht: Martinus Nijhoff Publishers, 1987: 202–215.
- Rivkees S, Hao H. Developing Circadian Rhythmicity. *Seminars in Perinatology* 2000; 24(4): 232–242.

- Rivkees SA. Developing Circadian Rhythmicity in Infants. *Pediatrics* 2003; 112 (2): 373–381.
- Rivkees SA. Mechanisms and clinical significance of circadian rhythms in children. *Current Opinion in Pediatrics* 2001; 13: 352–357
- Rivkees SA. Developing circadian rhythmicity: basic and clinical aspects. *Pediatric Clinics of North America* 1997; 44(2): 467–487.
- Roenneberg T, Kuehnle T, Juda M, Kantermann T, Allebrandt K, Gordijn M, Merrow M. Epidemiology of the human circadian clock. *Sleep Medicine Reviews* 2007; 11: 429–438.
- Roenneberg T, Kuehnle T, Juda M, Kantermann T, Allebrandt K, Gordijn M, Merrow M. Epidemiology of the human circadian clock. *Sleep Medicine Reviews* 2007; 11: 429–438.
- Roenneberg T, Kuehnle T, Pramstaller P, Ricken J, Havel M, Guth A, et al. A marker for the end of adolescence. *Curriculum Biology* 2004; 14(24): R1038–1039.
- Russo PM, Bruni O, Lucidi F, Ferri R and Violani C. Sleep habits and circadian preference in Italian children and adolescents. *Journal of Sleep* 2007; 16(2): 163–169.
- Sadeh A, Acebo C. The role of actigraphy in sleep medicine. *Sleep Medicine Reviews* 2002; 6(2): 113–124.
- Sadeh A, E. Dahl R, Shahar G, Rosenblat-Stein S. Sleep and the Transition to Adolescence: A Longitudinal Study. *Sleep* 2009; 32 (12): 1602–1609.
- Sadeh A, Hauri PJ, Kripke DF, et al. The role of actigraphy in the evaluation of sleep disorders. *Sleep* 1995; 18 (4): 288–302.
- Sadeh A, Lavie P, Scher A, Tirosh E, Epstein R. Actography homemonitoring sleep disturbed and control infants and young children: a new method for pediatric assessment of sleep-wake patterns *Pediatrics* 1991; 87(4): 494–500.
- Sadeh A, Mindell J, Luedtke K, Wiegand B. Sleep and sleep ecology in the first 3 years: a web-based study. *Journal of Sleep Research* 2009; 18: 60–73
- Sadeh A, Mindell J, Rivera L. “My child has a sleep problem”: A cross-cultural comparison of parental definitions. *Sleep Medicine* 2011; 12: 478–482.
- Sadeh A. The role and validity of actigraphy in sleep medicine: An update. *Sleep Medicine Reviews* 2011; 15: 259–267.
- Sadeh, A., Raviv, A., Gruber, R. Sleep Patterns and Sleep Disruptions in School-Age Children. *Developmental Psychology* 2000; 36 (3): 291–301.
- Sekine M, Chen X, Hamanishi S, Wang H, Yamagami T, Kagamimori S. The validity of sleeping hours of healthy young children as reported by their parents. *Journal of Epidemiology* 2002; 12(3): 237–242.

- Siegmund R, Schiefenhövel W. Time Patterns of food intake in early ontogeny-data from German and preliminary results from Trobriand (Papua New Guinea) Infants. In: Chronobiology and Chronomedicine, Peter-Langen Verlag, Frankfurt/Main, Berlin, Bern, New York, Proceedings of the 6th annual meeting of the European Society for Chronobiology, Barcelona, 1990: 325-332.
- Siegmund R, Tittel M, Schiefenhövel W. Time Patterns in Parent-Child-Interactions in a Trobriand Village (Papua New Guinea). *Biological Rhythm Research* 1994; 25(3): 241–251.
- Spilsbury J, Storfer-Isser A, Drotar D, L. Rosen, C, Kirchner H. L, Benham H, Redline S. Sleep Behavior in an Urban US Sample of School-aged Children. *Archives of Pediatric & Adolescent Medicine* 2004; 158 (10): 988–994.
- Spruyt K, Molfese DL, Gozal D. Sleep Duration, Sleep Regularity, Body Weight, and Metabolic Homeostasis in School-aged Children. *Pediatrics* 2011; 127(2): 345–352.
- Stavitsky K, Saurman JL, McNamara P, Cronin-Golomb A. Sleep in Parkinson's disease: A comparison of actigraphy and subjective measures. *Parkinsonism and Related Disorders* 2010; 16: 280–283.
- Stores G. Aspects of sleep disorders in children and adolescents. *Dialogues in Clinical Neuroscience* 2009; 11(1) 81–90.
- Szymczak J, Jasinska M, Pawlak E, Zwierzykowska M. Annual and Weekly Changes in the Sleep-Wake Rhythm of School Children. *American Sleep Disorders Association and Sleep Research Society* 1993; 16(5): 433–435.
- Takeuchi H, Inoue M, Watanabe N, Yamashita Y, Hamada M, Kadota G, Harada T. Parental enforcement of bedtime during childhood modulates preference of Japanese junior high school students for eveningness chronotype. *Chronobiology International* 2001; 18: 823–829.
- Taylor DJ, Jenni O, Acebo C, Carskadon MA. Sleep tendency during extended wakefulness: insights into adolescent sleep regulation and behaviour. *Journal of Sleep Research* 2005; 14(3):239–244.
- Teicher MH. Actigraphy and Motion Analysis: New Tools for Psychiatry. *Harvard Review of Psychiatry* 1994; 3(1): 19–33.
- Thorleifsdottir B, Björnsson JK, Benediktsdottir B, Gislason TH, Kristbjarnarson. Sleep and sleep habits from childhood to young adulthood over a 10-year period. *Journal of Psychosomatic Research* 2002; 53: 529–537.

- Tikotzky L, Sadeh A. Sleep Patterns and Sleep Disruptions in Kindergarten Children. *Journal of Clinical Child Psychology* 2001; 30(4): 581–591.
- Touchette E, Mongrain V, Petit D, Tremblay R, Montplaisir J. Development of Sleep-Wake-Schedules During Childhood and Relationship with Sleep Duration. *Arch Pediatrics and Adolescence Medicine* 2008; 16 (4): 343–349.
- Touchette E, Petit D, Paquet J, Boivin M, Japel C, E. Tremblay R, Y. Montplaisir J. Factors Associated With Fragmented Sleep at Night Across Early Childhood. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine* 2005; 159(3): 242–249.
- Uner M, Tornic J and Bloch KE. Sleep patterns in High School and University Students: A longitudinal Study. *Chronobiology International* 2009; 26(6): 1222–1234.
- Van den Bulck J. Television viewing, computer game playing, and Internet use and self-reported time to bed and time out of bed in secondary-school children. *Sleep* 2004; 27 (1): 101–104.
- Ward TM, Gay C, Anders TF, Alkon A, Lee KA. Sleep and napping patterns in 3-to-5-year old children attending full-day childcare centers. *Journal of Pediatric Psychology* 2008; 33(6): 666–672.
- Wehr TA, Aeschbach D, Duncan WC. Evidence for a biological dawn and dusk in the human circadian timing system. *The Journal of Physiology* 2001;535(3):937–957.
- Werner H, Molinari L, Guyer C, Jenni O. Agreement Rates Between Actigraphy, Diary, and Questionnaire for Children’s Sleep Patterns. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine* 2008; 162 (4): 350–358.
- Wever R. Die zirkadiane Rhythmik des Menschen unter “Freilauf”-Bedingungen. Aus: Haen E, Zulley J (Hrsg.). *Chronomedizin*. Regensburg: Roderer Verlag. 1999; 93–104.
- Yang C.K., Kim J.K., Patel S.R., Lee J.H. Age-related changes in sleep/wake patterns among Korean teenagers. *Pediatrics* 2005; 115: 250–256.
- Wulff K, Siegmund R. Time pattern analysis of activity-rest rhythms in families with infants using actigraphy. In: Salzarulo P & Ficca G, eds. *Awakening and sleep-wake cycle across development*. Amsterdam & Philadelphia: John Benjamins, 2001; 38: 149-170.
- Zulley J: *Schlafen und Wachen als Biologischer Rhythmus*. S. Roderer, Regensburg 1993.

## Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Sarah Katharina Zintgraf, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Zur Chronobiologie des Aktivitäts-Ruhe-Verhaltens: Aktographische Untersuchungen an Kindern und Jugendlichen unter Berücksichtigung des Schlafverhaltens“, selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung (siehe „Uniform Requirements for Manuscripts (URM)“ des ICMJE -[www.icmje.org](http://www.icmje.org)) kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) entsprechen den URM (s.o) und werden von mir verantwortet.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem/der Betreuer/in, angegeben sind. Sämtliche Publikationen, die aus dieser Dissertation hervorgegangen sind und bei denen ich Autor bin, entsprechen den URM (s.o) und werden von mir verantwortet.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§156,161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Datum

Unterschrift

Unterschrift des Doktoranden/der Doktorandin

## **Lebenslauf**

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

Lebenslauf

## Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei einigen Personen bzw. Institutionen bedanken, die mich während der Erstellung dieser Arbeit unterstützt haben.

Zunächst gilt mein Dank Frau PD Dr. Renate Siegmund für das Überlassen des Themas, die Betreuung und Beratung während der Erstellung sowie die Begutachtung der Arbeit. Stetig und beharrlich motivierte sie mich während der gesamten Erstellungsphase, nicht aufzugeben.

Die Förderung und Unterstützung der Forschungen der Arbeitsgruppe Chronobiologie und Verhalten erfolgte durch das Max-Planck-Institut Andechs, Forschungsgruppe für Humanethologie und die DFG.

Bedanken möchte ich mich auch bei den Eltern, die mir die Aufzeichnung der Daten ihrer Kinder ermöglichten sowie Dr. Steffen Lüder für die Möglichkeit der Probandenrekrutierung in seiner Kinderarztpraxis in Berlin Lichtenberg.

Zuletzt möchte ich meinem Lebensgefährten Herrn Daniel Müller sowie meinen Freunden für ihre kontinuierliche Begleitung und Aufmunterung während langer Arbeitstage bedanken.