

Aus dem Institut für Medizinische Psychologie der
Universität Tübingen



**Die Auswirkung von Schlaf auf das emotionale
Gedächtnis bei Schulkindern – und die Reaktion der
Herzfrequenz**

**Inaugural-Dissertation zur Erlangung
des Doktorgrades der Medizin**

**der Medizinischen Fakultät
der Eberhard Karls Universität
zu Tübingen**

vorgelegt von

Clar, Cristin Carmen

2019

Dekan: Professor Dr. I. B. Autenrieth

1. Berichterstatter: Professor Dr. J. Born
2. Berichterstatter: Professor Dr. G. Kerst

Tag der Disputation: 30.09.2019

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis.....	6
Abkürzungsverzeichnis	7
I. Einleitung	8
II. Grundlagen	10
1. Schlaf.....	10
2. Emotionen und unsere physiologische Reaktion	12
3. Gedächtnis – Konsolidierung – Schlaf	15
4. Schlaf und kindliche Entwicklung.....	18
5. Hypothesen	20
III. Methoden	21
1. Ethik Kommission.....	21
2. Teilnehmer.....	21
3. Aufgabe zum emotionalen Gedächtnis	22
4. Ablauf.....	25
5. Fragebögen und Vorbereitung	26
6. Auswertung	28
IV. Ergebnisse	30
1. Versuchspersonen.....	30
2. Wiedererkennung.....	30
3. Herzfrequenzdezeleration	32
4. Kontrollvariablen.....	35
V. Diskussion.....	38
VI. Zusammenfassung.....	44
VII. Anhang.....	46
1. SSS - Stanford-Schläfrigkeits-Skala	46
2. PANAS - Positive and negative effect schedule.....	47
3. Digit Span – Zahlen nachsprechen.....	48

4. Probandenfragebogen.....	49
5. Elternfragebogen.....	50
6. Informationen für Kinder.....	53
7. Telefonprotokoll.....	55
VIII. Literaturverzeichnis.....	58
IX. Erklärung zum Eigenanteil.....	61
X. Danksagung.....	62
XI. Lebenslauf.....	63

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: EEG Muster [1].....	11
Abbildung 2: Schlafphasen (Hypnogramm) [1]	11
Abbildung 3: emotionale Gesichtsausdrücke [1].....	12
Abbildung 4: "Sleep to forget, Sleep to remember"- Hypothese	16
Abbildung 5: Schlaf im Verlauf der Entwicklung [1].....	19
Abbildung 6: positive Beispielbilder (IAPS; [37]).....	22
Abbildung 7: negative Beispielbilder (IAPS; [37])	23
Abbildung 8: neutrale Beispielbilder (IAPS; [37]).....	23
Abbildung 9: SAM (<i>Bradley&Lang, 1994; Lang 1980</i>)	24
Abbildung 10: Elektrodenplatzierung	27
Abbildung 11: EKG R-R Intervall [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ECG-RRinterval.svg].....	29
Abbildung 12: Mittelwerte mit Standardfehler - Wiedererkennung	31
Abbildung 13: Interaktion Herzfrequenzdezeleration Schlaf-Wach*Negativ-Neutral	33
Abbildung 14: Herzfrequenzdezeleration im Vergleich	34

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Versuchsablauf	26
Tabelle 2: Wiedererkennung Rohwerte, Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (SD)	30
Tabelle 3: ANOVA Varianzanalyse Wiedererkennung	31
Tabelle 4: Herzfrequenzdezeleration Rohwerte, Mittelwerte (MW) und	32
Tabelle 5: ANOVA Varianzanalyse Herzfrequenzdezeleration.....	33
Tabelle 7: Vergleich Motivation zwischen Schlaf- und Wachsitzen.....	35
Tabelle 6: Vergleich Stimmung (PANAS) zwischen Schlaf- und Wachsitzen	36
Tabelle 8: Vergleich Schläfrigkeit zwischen Schlaf- und Wachsitzen	37
Tabelle 9: Vergleich Aufmerksamkeit zwischen Schlaf- und Wachsitzen....	37

Abkürzungsverzeichnis

ADHS – Aufmerksamkeitsdefizit Hyperaktivitäts Syndrom

EDA - Elektrodermale Aktivität

EEG - Elektroenzephalographie

EKG - Elektrokardiographie

EMG - Elektromyographie

EOG - Elektrooculographie

ERP - Event related potential

ERS - Event related synchronization

HFD - Herzfrequenzdezeleration

HFV - Herzfrequenzvariabilität

IAPS - International Affective Picture System

LPP - Late Positive Potential

MW - Mittelwert

PANAS - Positive and negative affect schedule

PVT - Psychomotorischer Vigilanztest

REM - Rapid eye movement

SAM - Self assessment manikin

SD - Standardabweichung

SSS - Stanford Sleepiness Scale

SWS - Slow wave sleep

I. Einleitung

“Da muss ich erst eine Nacht darüber schlafen.” Wer kennt diese Intention nicht, um eine andere Sicht über Probleme oder Entscheidungen zu bekommen. Auch wenn man die zahlreichen Wirkungen von Schlaf noch nicht vollständig versteht, besteht allgemeiner Konsens, dass Schlaf die Gehirnaktivitäten vielfältig beeinflusst, z.B. eine wichtige Rolle für die Gedächtniskonsolidierung spielt. Aber was ist mit dem Einfluss auf Emotionen? Verarbeiten wir auch emotionale Reaktionen und Erfahrungen während wir schlafen, und, wenn ja, wie? Hilft Schlaf uns, sich an emotionale Stimuli zu gewöhnen? Und, relevant für unsere Forschungsfragestellung, hilft schlafen auch Kindern emotionale Reaktionen zu verarbeiten und diese im Gedächtnis zu verankern?

Forschungsergebnisse zu der Frage ob, und wie Schlaf das emotionale Gedächtnis und die emotionale Reaktion bei Kindern beeinflusst, sind von breiter Relevanz. Sie können Familien, Kindergärten und Krankenhäusern wichtige Entscheidungsgrundlagen liefern. Mit breiterem Wissen und besser fundiertem Verständnis über die Interaktionen zwischen Emotionen und Schlaf und die Konsequenzen für Gehirn und Körper, können den Personen, die für Kinder verantwortlich sind, und natürlich den Kindern selbst, bessere Ratschläge gegeben werden. Auch Empfehlungen für die Entwicklung von Therapieansätzen in der psychologischen Betreuung können dadurch gegeben werden.

Obwohl jeder, der mit Kindern zu tun hat, weiß, dass ihr Schlaf, und ihre Erfahrungen währenddessen (z.B. Alpträume) ganz anders sind als bei Erwachsenen, ist bei Kindern der Einfluss von Schlaf auf emotionale Reaktionen bisher relativ wenig erforscht.

Uns gibt dies die Chance, unsere eigene Studie zu diesem wichtigen Thema aufzubauen. Mit dem Ziel mehr herauszufinden über die Reaktion auf emotionale Stimuli, den Einfluss von Schlaf auf diese Reaktionen, und um herauszufinden, ob es eher eine Gewöhnung oder Verstärkung dieser Reaktion bei erneutem Kontakt gibt.

Der Schwerpunkt dieser Arbeit wird die physiologische Reaktion und das Wiedererkennen sein. Wie reagiert der kindliche Körper auf emotionale Stimuli? Wie reagiert er bei erneutem Kontakt? Ist die Erinnerung an emotional stärkere Stimuli beim zweiten Kontakt besser als an neutrale? Und wie wirkt sich Schlaf darauf aus?

II. Grundlagen

1. Schlaf

Im Schlaf regeneriert sich der Körper und Erlebtes wird verarbeitet, jede Nacht von neuem. Jeder schläft anders; ob es nun die bevorzugte Lage ist oder die benötigte Schlafdauer, so ist auch der Schlaf-Wach-Rhythmus bei jedem verschieden. Diese zirkadiane Rhythmik wird vor allem von der Formatio reticularis im Hirnstamm mit Hilfe eines komplexen Hormonsystems gesteuert. Auch Thalamus und Hypothalamus spielen eine Rolle [1].

Durch Elektroencephalogramm (EEG), Elektrooculogramm (EOG) und Elektromyogramm (EMG) kann man den eigentlichen Schlaf dann in einem Somnogramm darstellen, wobei deutlich verschiedene Stadien erkennbar sind. Grundsätzlich unterscheidet man zwischen REM (rapid eye movement) und Non-REM Schlaf. Der Non-REM Schlaf kann in vier Phasen eingeteilt werden, die sich nach der Tiefe des Schlafes richten (Rechtschaffen und Kales, 1968). Im Wachzustand sind elektroencephalographisch vor allem alpha-Wellen (8-13Hz) vorherrschend. Man spricht von Schlafphase 1, wenn weniger als 50% alpha-Aktivität vorhanden ist. Phase 2 wird charakterisiert durch K-Komplexe und Schlafspindelaktivitäten. Phase 3 und 4 werden als Tiefschlafphasen bezeichnet, und zeichnen sich durch delta-Wellen aus (0,1-4 Hz). Dieser Tiefschlaf wird als slow-wave-sleep (SWS) bezeichnet. Im Non-REM sinken Blutdruck, Herzfrequenz, Atemfrequenz und Darm-Motilität ab. Im Gegensatz dazu steht der REM Schlaf (paradoxe Schlaf), der dem Wachzustand ähnelt und in dem letztere physiologischen Parameter ansteigen. Außer bei den Augenmuskeln fällt der Tonus der restlichen quergestreiften Muskulatur (z.B. der Extremitäten) stark ab [1].

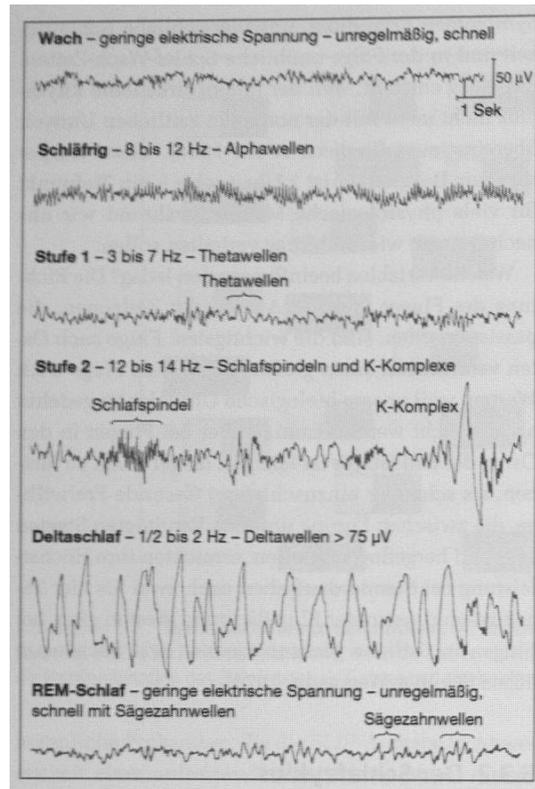


Abbildung 1: EEG Muster [1]

Nach dem Einschlafen werden nun alle Phasen vier bis sechs Mal pro Nacht zyklisch durchlaufen, während in der ersten Nachthälfte mehr Tiefschlaf, und in der zweiten Nachthälfte mehr REM-Schlaf vorkommt. In jeder dieser Schlafphasen verarbeitet das Gehirn sämtliche Informationen, die es von außen empfangen hat [1].

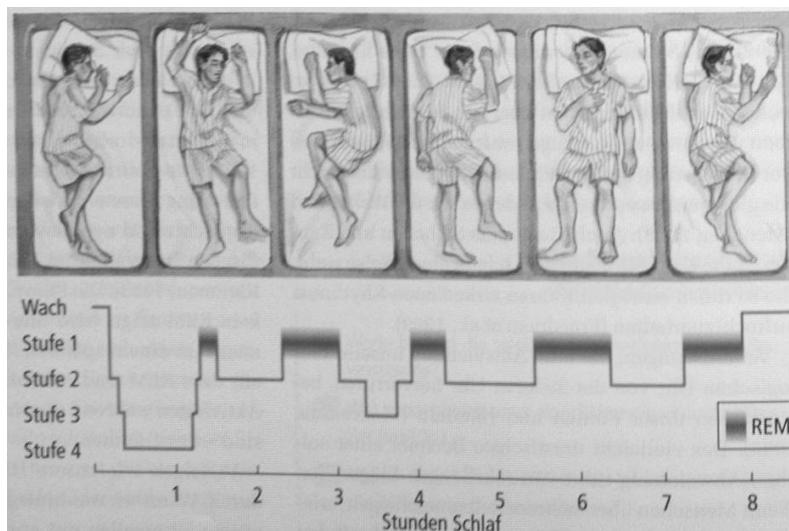


Abbildung 2: Schlafphasen (Hypnogramm) [1]

2. Emotionen und unsere physiologische Reaktion

Es gibt viele verschiedene Theorien was Emotionen sind, und wie man sie beschreiben kann. Eine Theorie besagt, dass es sieben ‚Grundemotionen‘ gibt. Furcht, Ekel, Freude, Überraschung, Verachtung, Ärger und Trauer [1]. Jede Emotion kann durch einen Gesichtsausdruck ausgedrückt und somit erkannt werden. Dies geschieht auf der ganzen Welt in ähnlicher Form [2], natürlich mehr oder weniger ausgeprägt.

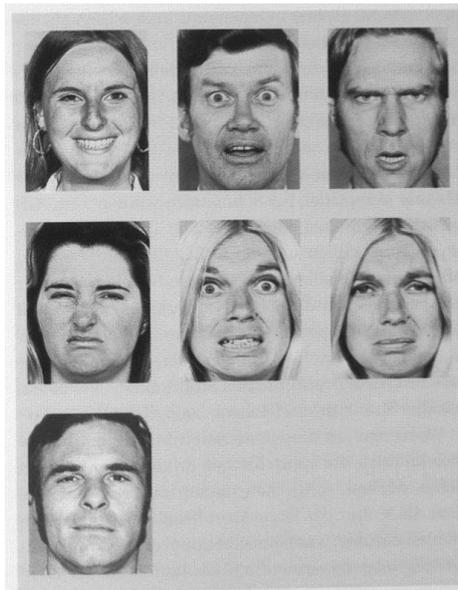


Abbildung 3: emotionale Gesichtsausdrücke [1]

Eine weitere Theorie sieht Emotionen eher als Zusammenspiel von Valenz und Erregung. Also ob die Emotion als gut oder schlecht empfunden wird, und wie stark diese dann wahrgenommen wird [3]. Nach dieser Sichtweise wäre Freude folglich eine Kombination aus positiver Bewertung mit starker Erregung.

Diese Kombination aus Valenz und Erregung kann zusätzlich durch eine kognitive bewusste Bewertung erweitert werden [3]. Somit geht jeder Mensch anders mit Emotionen um, und verarbeitet Dinge unterschiedlich. So gibt es Leute, die vor Spinnen extreme Angst haben, und gleichzeitig Menschen, die sich eine giftige Spinne als Haustier halten.

Auch der Körper kann selbständig auf Emotionen reagieren. So kennt jeder die Situation, wenn der Puls schneller wird, man Atemnot bekommt, oder anfängt zu zittern. Doch auch hier gibt es im Laufe der Zeit verschiedene Theorien zur Reaktion des Körpers im Zusammenhang mit Emotionen. Nach der James-Lange-Theorie steht die physiologische Reaktion an erster Stelle und erst danach folgt die Emotion an sich. Die entsprechende Bewertung steht dann erst an dritter Stelle [4]. Eine weitere Theorie entstand aus der Kritik an James durch Walter Cannon, welcher der Meinung war, dass der Körper nicht in der Lage sei so schnell zu reagieren, und somit dies keine Erklärung für das plötzliche Entstehen einer Emotion sein könnte. Er merkte außerdem an, dass es sehr ähnliche Reaktionsmuster für unterschiedliche Emotionen gibt, und somit keine physiologische Reaktion eindeutig einer Emotion zugeordnet werden könne [4]. Eine weitere, etwas modernere, Vorstellung zu diesen körperlichen Reaktionen besagt, dass sie schon in der frühen Kindheit ausgeprägt sind, und teilweise von der kulturellen Umgebung abhängen, in der Kinder aufwachsen [5] [6].

Vor allem das autonome Nervensystem ist mit Sympathikus und Parasympathikus für die körperliche Reaktion verantwortlich. Wenn dieses System aus dem Gleichgewicht gerät, werden Hormone (Noradrenalin und Adrenalin) ausgeschüttet. Man kann diese körperliche Reaktion mit Hilfe zweier Parameter messbar machen: Herzfrequenz (HF) und elektrische Hautleitfähigkeit (EDA - elektrische dermale Aktivität). Insbesondere eine Dezeleration (Abfall) der Herzfrequenz hat sich als Parameter für die autonome kardiale Reaktion auf emotionale Stimuli etabliert [7], [8], [9].

Es gibt schon schon zahlreiche bekannte Verknüpfungen mit der kardialen Reaktion des Körpers auf Emotionen. So wurde, z.B., ein signifikanter Abfall der Herzfrequenz als Reaktion auf stark negative akustische Stimuli beobachtet, nicht jedoch bei neutralen oder leicht negativen Reizen [10].

Bei Erwachsenen wurde außerdem nachgewiesen, dass beim Hören von HeavyMetal Songs im Gegensatz zum Hören von Meeresrauschen eine gesteigerte Herzfrequenzdezeleration vorhanden ist [11]. Auch bei Kindern wurde ein Effekt nachgewiesen. 9 Monate alte Kinder reagierten auf angst-

auslösende Geräusche im Gegensatz zu positiven Tönen mit einer gesteigerten Herzfrequenzdezeleration [12].

Auch McManis et al. [13] beschreibt, dass die Herzfrequenz auf negative Stimuli mit einer größeren Dezeleration reagiert als auf positive bzw. neutrale. Außerdem werden bestimmte Muskeln im Gesicht nach emotionalen Stimuli aktiver bzw. entspannter. So kontrahiert sich der ‚Stirnrunzelmuskel‘ (Musculus corrugator supercillii) bei negativen Einflüssen, und der ‚Jochbeinmuskel‘ (Musculus zygomaticus) bei positiven. Was die EDA betrifft, wurde beschrieben, dass sie auf positive und negative Stimuli gleichermaßen erhöht reagiert.

Eine andere Studie [14] beschäftigte sich mit der Verarbeitung von Emotionen im zentralen autonomen Netzwerk. Dazu gehören der präfrontale Cortex, der vor allem eine hemmende Funktion in der Verarbeitung von Emotionen hat, und der Nervus vagus, der eine direkte Wirkung auf den Sinusknoten im Herzen hat, und damit die Herzfrequenz maßgeblich steuert. So kann man zum Beispiel erklären, wie Störungen im präfrontalen Cortex zu psychologischen Krankheiten wie Depression, Schizophrenie und Sucht führen können. Man vermutet, dass die Hemmung des präfrontalen Cortex gestört ist, und somit die emotionale Verarbeitung nicht mehr reguliert werden kann. Man fand heraus, dass Menschen mit einer hohen Ruhe-Herzfrequenzvariabilität (HFV) flexibler und schneller auf emotionale Stimuli reagieren und sich besser an solche Situationen anpassen können. Außerdem zeigten diese auch einen vorübergehenden Anstieg der HFV bei negativer Konfrontation. Im Gegensatz dazu haben Personen mit niedriger HFV stärkere Probleme mit emotionaler Verarbeitung, und zeigten einen vorübergehenden Abfall der HFV bei negativ emotionalen Stimuli. Diese Aussagen unterstützend, beobachtete man bei den Personen mit hoher Ruhe-HFV eine höhere Kontrolle über autonome Stressreaktionen als bei denen mit niedriger Ruhe-HFV.

3. Gedächtnis – Konsolidierung – Schlaf

Das Gedächtnis brauchen wir um Informationen zu verarbeiten, zu speichern, und abzurufen. Das Langzeitgedächtnis kann in deklaratives und nicht-deklaratives Gedächtnis unterschieden werden. Das deklarative Gedächtnis speichert Inhalte, die bewusst wiedergegeben werden können. Man unterscheidet in episodisch (Ereignisse und Erlebnisse aus dem eigenen Leben) und semantisch (Allgemeinwissen, Fakten – nicht zur eigenen Person). Dem gegenüber steht das prozedurale Gedächtnis, das spezielle Fertigkeiten und Handlungsabläufe speichert. Die Verankerung von Inhalten im Gedächtnis läuft in drei Phasen ab. Bei der Enkodierung werden neue Inhalte wahrgenommen. Daraufhin folgt die Konsolidierung. In dieser Phase werden die neuen Inhalte verarbeitet, damit sie später wieder abgerufen werden können, welches dann die dritte Phase darstellt. [1].

Bei Erwachsenen liegen zahlreiche Studien darüber vor, wie ihr emotionales Gedächtnis im Schlaf konsolidiert wird. Die relevanten Veröffentlichungen sind aufgrund ihrer Forschungsfragestellungen und experimenteller Umsetzung nicht immer direkt vergleichbar, und die Schlussfolgerungen divergieren in manchen Aspekten erheblich. Im Folgenden soll ein Überblick über den aktuellen Stand der Forschung gegeben werden.

Erfahrungen und Eindrücke des Erlebten am Tag werden im Schlaf verarbeitet und ins Langzeitgedächtnis übernommen [15]. Diese Konsolidierung beruht wesentlich auf Interaktionen zwischen Amygdala, Hippocampus und medialem präfrontalen Cortex [16], wobei die Amygdala teilweise eine große Rolle spielt [17], [18]. Sowohl im REM-Schlaf, als auch im SWS können die Interaktionen zu einer Reaktivierung des emotionalen Gedächtnisnetzwerkes, und somit zu Änderungen des emotionalen Empfindens führen [19]. Während des SWS wurde beobachtet, dass es vor allem Neocortex und Hippocampus sind, die eine wichtige Rolle in der Interaktion und Verarbeitung von Reizen spielen [20]. Außerdem kann Schlaf teilweise dem Gehirn helfen zwischen relevanten (hier

emotionalen) und irrelevanten (hier neutralen) Informationen zu unterscheiden [21].

Walker [22] schlussfolgert mit seiner Theorie, dass Schlaf im Vergleich zum Wachzustand einen deutlich positiven Einfluss auf die Erinnerung an sich hat, allerdings einen abschwächenden Effekt auf die eigentliche emotionale Reaktion. Dies bedeutet, dass man sich an emotional einschlagende Ereignisse deutlich besser erinnert, sich allerdings im Laufe der Zeit deutlich weniger emotional beeindruckt fühlt. (siehe Abbildung 4)

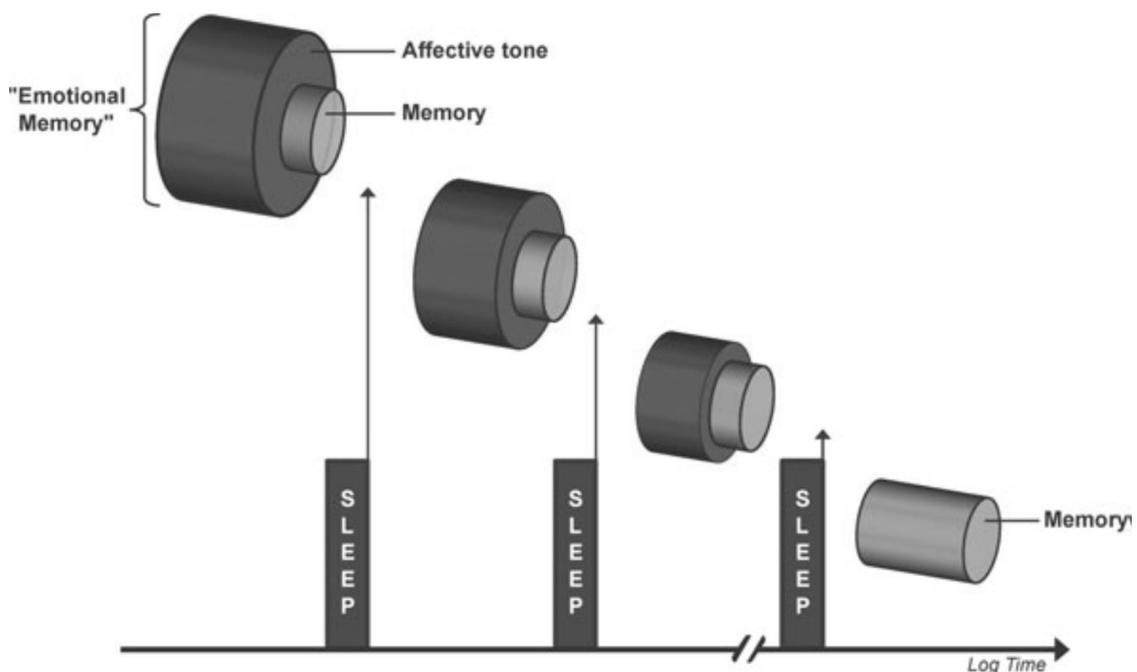


Abbildung 4: "Sleep to forget, Sleep to remember"- Hypothese von Walker ([22] p.190 Figure 13)

Diese These wird durch einige Studien unterstützt (z.B.[23]), allerdings zeigen viele andere auch gegensätzliche Ergebnisse ([24], [8], [25]).

Auch die Ausschüttung von Hormonen spielt eine wichtige Rolle im Zusammenhang mit Emotionen und Schlaf. Denn Cortisol und das Wachstumshormon, z.B., werden in einem circadianen Rhythmus ausgeschüttet, und können somit durch Schlaf oder Schlafentzug beeinflusst werden. Die

Hormonausschüttung kann auch durch andere Faktoren beeinflusst werden. Man weiß, dass Insulin hier eine wichtige Rolle spielt. So konnte auch festgestellt werden, dass nach zusätzlicher intranasaler Gabe von Insulin, sowohl das prozedurale, als auch deklarative Gedächtnis verbessert werden konnte. Zusätzlich zur indirekten Wirkung von Insulin auf Cortisol- und Wachstumshormonausschüttung, gibt es somit wahrscheinlich auch eine direkte Wirkung auf den Hippocampus via zentraler Rezeptoren [26].

Cunningham [9] fand dagegen heraus, dass die physiologische Reaktion sowohl auf negative, als auch auf neutrale Stimuli nach einer Nacht Schlaf schwächer waren als nach einer Wachepisode. Auch bezüglich der Erinnerung an negative und neutrale Stimuli geht der Befund in die gleiche Richtung. Beide wurden nach einer Nacht Schlaf besser wiedererkannt, allerdings mit unterschiedlicher Intensität. Je stärker die Reaktion, desto besser die Verankerung im Gedächtnis, desto besser die Wiedererkennung - als ob die stärkere physiologische Reaktion das zu Erinnernde besser markieren würde. Auch ein Überblick über die Gesamtheit der individuell unterschiedlichen Reaktionen stützt diese These. Wer sehr stark auf bestimmte Stimuli reagiert, wird sich beim zweiten Kontakt besser daran erinnern - vorausgesetzt er hat dazwischen geschlafen.

Im Allgemeinen zeigen deklaratives und prozedurales Gedächtnis, im Gegensatz zu einer vergleichbar langen Wachepisode, eine erhöhte Konsolidierung nach einer Nacht Schlaf. Nachdem die ganzen neuen Informationen aufgenommen wurden, werden sie im Schlaf nicht nur verarbeitet und konsolidiert [20], sondern auch die Lernkapazität wird wieder erneuert, und somit das Gehirn für neue Informationen bereit gemacht [27]. Diese beiden Effekte finden vor allem nach einer Non-REM Schlaf-reichen Nacht statt [28].

Auch andere organische Systeme scheinen durch Schlaf an der Bildung von Langzeiterinnerung beeinflussbar zu sein. So wird auch das Immunsystem durch Schlaf gestärkt [29], [30]. Nicht ausgeglichener – bzw. gestörter - Schlaf kann außerdem die Zuckerverwertung stören, und somit die Entwicklung eines Diabetes begünstigen [31].

Bei einer Studie zum emotionalen Gedächtnis zeigte sich, dass die Reaktion auf negative Bilder nach einer Wachepisode deutlich reduziert war, und eher gleichbleibend nach einer Nacht Schlaf [24]. Das Wiederabrufen von emotional negativen Texten war aber nach einer REM Schlaf-reichen Nacht besser [15].

Prehn-Kristensen [32] konnte bei Kindern durch Schlaf eine deutliche Verbesserung des deklarativen Gedächtnisse zeigen. Auch bei emotionalen Inhalten gab es - im Gegensatz zu neutralen - einen signifikanten Effekt von Schlaf auf die Wiedererkennung. Das prozedurale Gedächtnis dagegen zeigte bei Kindern keine Verbesserung durch eine Nacht Schlaf.

Wiederum eine andere Studie [21] beschäftigte sich mit Kindern, die am Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivität-Syndrom (ADHS) leiden. Hier konnte gezeigt werden, dass ADHS-Kinder gegenüber gesunden Kindern ein geringer ausgeprägtes emotionales Gedächtnis zeigen. Diese Kinder haben vor allem ein Problem mit der Verarbeitung im fronto-limbischen System, was uns Hinweise gibt, in welchen Regionen Emotionen - vor allem im Schlaf – verarbeitet werden (siehe oben).

4. Schlaf und kindliche Entwicklung

Jeder kennt den immer wieder vorkommenden Satz aus der Kindheit: ‚Du bist aber groß geworden‘ Kinder entwickeln sich in jeglicher Hinsicht sehr schnell, sei es die körperliche Größe, das Immunsystem oder das Gehirn. Doch wie sieht es mit der Entwicklung des Schlafverhaltens und der Gedächtnisverarbeitung aus? Der Schlaf verändert sich mit den Lebensabschnitten. Während man in den ersten zwei Lebensjahren noch um die 14 Stunden pro Tag schläft, sinkt das Schlafbedürfnis mit zunehmendem Alter [33]. Auch die in den ersten 6 Lebensmonaten noch unorganisierten Schlafphasen verschieben sich in Richtung Nacht.

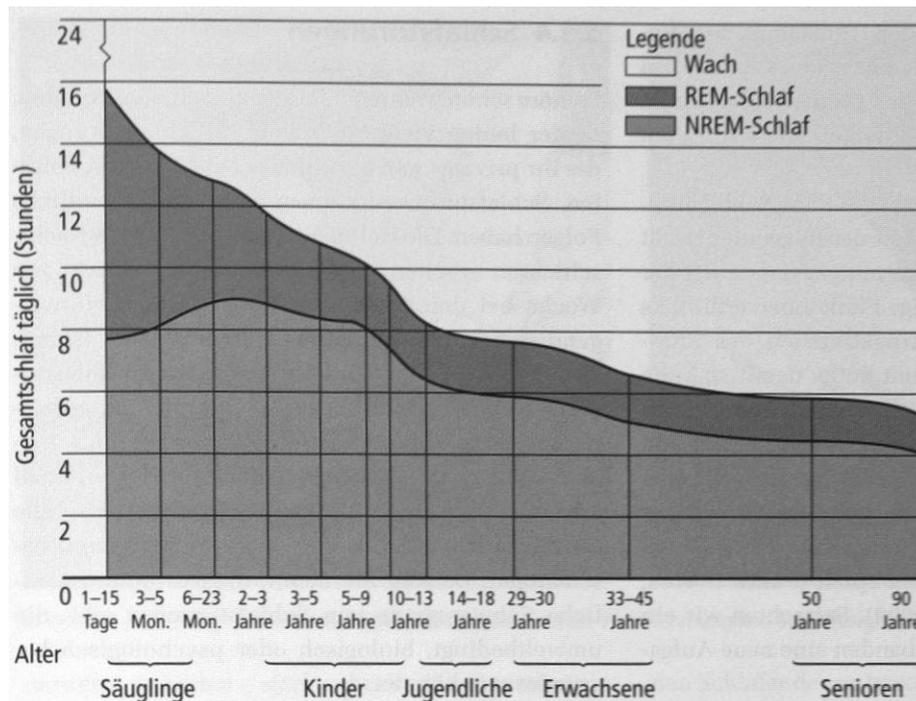


Abbildung 5: Schlaf im Verlauf der Entwicklung [1]

Außerdem fand man eine höhere frontale Aktivität im EEG als bei Erwachsenen [21]. Schlaf generell, aber vor allem SWS, unterstützt die Gedächtniskonsolidierung, die auch als Korrelat für das Wachstum und die Verknüpfung von Synapsen angesehen werden kann [34]. Einer kontinuierlichen Zunahme dieser Verknüpfung bis zur Pubertät (großes Synapsen Wachstum) steht ein abnehmender Anteil des REM-Schlafes gegenüber, der bis zum 3. Lebensjahr auf schon unter 25% fällt [21], [28]. Bezüglich des Anteils des SWS, findet sich der größte Unterschied zu Erwachsenen. Kinder haben einen deutlich längeren und tieferen SWS [35].

Auch Schlafspindelaktivität, die in Schlafphase 2 vorkommt, kann mit Gedächtniskonsolidierung in Verbindung gebracht werden [36]. Somit sind hier Amygdala, Hippocampus und der mediale präfrontale Cortex hoch aktiv [16]. Auch die Aktivität des Thalamus kann schon in den ersten Lebensmonaten nachgewiesen werden, und nimmt bis zur Pubertät stetig zu [28].

Wie anfangs erwähnt, sind vor allem Hippocampus, Amygdala und präfrontaler Cortex für die Gedächtniskonsolidierung zuständig. Der Hippocampus entwickelt

sich postnatal sehr schnell, so dass nach den ersten sechs Lebensmonaten schon ähnlich viele Synapsen vorhanden sind wie bei Erwachsenen. Der präfrontale Cortex braucht deutlich länger mit seiner Entwicklung (bis weit über das vierte Lebensjahr hinaus). Im Erwachsenenalter ist der Hippocampus dann eher für die Vorsortierung von Gedächtnisinhalten zuständig, während vor allem der Neocortex die Langzeitkonsolidierung übernimmt [28].

5. Hypothesen

Es soll verglichen werden, ob es bei erneutem Kontakt von emotionalen Stimuli zu einer Verstärkung oder Abschwächung der körperlichen Reaktion kommt. Außerdem soll der Unterschied gezeigt werden, ob sich diese Reaktion nach einer Nacht Schlaf verändert, und wenn ja, wie. Es soll zusätzlich untersucht werden, ob emotionale Stimuli nach einer Nacht Schlaf besser oder schlechter im Gedächtnis verankert werden.

Basierend der Annahme von Walker ([22], siehe oben) unterstützt Schlaf die Verankerung von emotionalen Inhalten im Gedächtnis und reduziert gleichzeitig die körperliche Reaktion unseres Körpers auf diese Inhalte bei erneutem Kontakt. Wir gehen somit davon aus, dass sich - in unserer Studie - durch Schlaf das emotionale Gedächtnis bei Kindern verbessert, und somit vor allem negative Bilder nach einer Nacht Schlaf besser wiedererkannt werden als neutrale. Außerdem erwarten wir, dass die physiologische Reaktion - im Rahmen der Herzfrequenzdeceleration - nach einer Nacht Schlaf auf negative Bilder schwächer ausfällt als bei neutralen.

III. Methoden

1. Ethik Kommission

Die Studie wurde von der Ethik Kommission der medizinischen Fakultät der Universität Tübingen, Deutschland genehmigt, und verlief nach den ethischen Standards der Deklaration von Helsinki. Alle teilnehmenden Kinder, und deren Eltern, gaben eine schriftliche Einwilligungserklärung ab, und bekamen eine Aufwandsentschädigung für ihre Teilnahme.

2. Teilnehmer

Alle teilnehmenden Kinder im Alter von acht bis elf Jahren sind in der Datenbank des Kinderschlaflabors Tübingen aufgenommen. Sie hatten entweder bereits an einer anderen Studie teilgenommen, oder wurden aktiv angeworben.

Für die Gewinnung der Teilnehmer wurden die Eltern der in Frage kommenden Kinder persönlich angerufen, und ausführlich über Ablauf und Hintergrund der Studie informiert. Auch eine schriftliche Information für die Kinder selbst wurde per Email verschickt (siehe Anhang VI 6). Außerdem wurde ein Telefonprotokoll geführt, anhand dessen nicht in Frage kommende Kinder direkt ausgeschlossen werden konnten (siehe Anhang VI 7). Es nahmen nur Rechtshänder teil.

Um psychologische Probleme auszuschließen, haben alle Eltern einen Fragebogen über das Verhalten ihrer Kinder ausgefüllt (CBCL; *T. M. Achenbach & L. A. Rescorla, 2001*). Alle Kinder mit einem T-Wert von unter 70 durften teilnehmen.

Nicht in die Durchführung der Studie einbezogen wurden Kinder mit Lese-Rechenschwäche, neurologischen, psychiatrischen (vor allem ADHS) oder physischen Erkrankungen. Außerdem Kinder, die nachts noch Bettnässen, und Kinder, die Schlafprobleme oder keinen regelmäßigen Schlaf-Wachrhythmus haben. Alle Teilnehmer waren normalsichtig oder zur Normalsichtigkeit korrigiert. Alle Kinder nahmen keine Medikamente und alle waren Rechtshänder.

3. Aufgabe zum emotionalen Gedächtnis

Die Hauptaufgabe der Teilnehmer bestand in der Bewertung von Bildern, die auf einem Computerbildschirm gezeigt wurden. Die Sitzungen fanden immer im Kinderschlaflabor in Tübingen statt. Jedes Kind war immer im selben Raum und am selben Computer. Es war ruhig, damit konzentriertes Arbeiten möglich war. Die Erklärung der Aufgabe erfolgte immer in gleicher Weise ausführlich, und es gab vor jeder Sitzung eine Übungsrunde, in der die Kinder sich vorbereiten konnten. So wurden eventuelle Missverständnisse beseitigt. Während der Aufgabe war immer jemand im Zimmer nebenan, damit das Kind sich sofort melden konnte, falls es noch Fragen hatte, oder sich unwohl fühlte.

Insgesamt wurden 432 Bilder verwendet, die aus dem International Affective Picture System (IAPS; [37]) stammen. Alle Bilder wurden in zwei Sets aufgeteilt. Ein Set bestand beispielsweise aus folgender Zusammensetzung: in der ersten Sitzung wurden 72 emotional negative, 72 neutrale und 6 positive Bilder gezeigt. In der zweiten Sitzung - zur Wiedererkennung - wurden, zusätzlich zu den schon bekannten Bildern, 36 neue negative und 36 neue neutrale und 6 neue positive Bilder zur Bewertung gezeigt.



Abbildung 6: positive Beispielbilder (IAPS; [37])



Abbildung 7: negative Beispielbilder (IAPS; [37])



Abbildung 8: neutrale Beispielbilder (IAPS; [37])

Die Bilder erschienen nacheinander in zufälliger Reihenfolge auf dem Computerbildschirm. Um zu gewährleisten, dass das Bild richtig betrachtet wird, erschien vor dem eigentlichen Bild ein Kreis zur Fixierung auf der Bildschirmmitte. Direkt im Anschluss an das Bild, welches 1,5 Sekunden zu sehen war, erschien sechs Sekunden ein schwarzer Bildschirm, um die Herzfrequenz in Ruhe messen zu können. Daraufhin erfolgte dann die Bewertung der Bilder per Mausklick anhand der self assessment manikin (SAM; *Bradley&Lang, 1994; Lang 1980*). Für diese Bewertung hatten die Kinder so viel Zeit wie sie wollten. Nach der Bewertung folgte dann wieder der Fixationskreis, das nächste Bild, usw..

Ungefähr alle 15 Minuten erfolgte eine kurze Pause, deren Länge von den Kindern selbst bestimmt werden konnte.

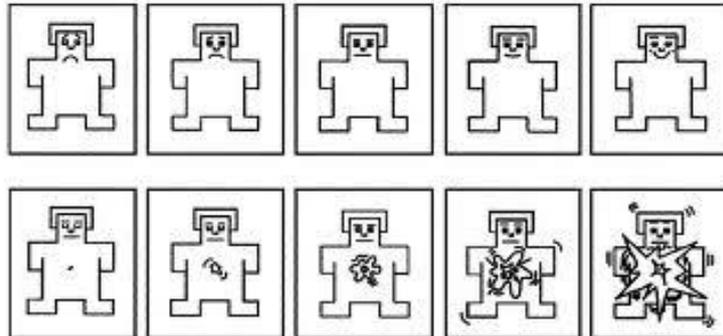


Abbildung 9: SAM (Bradley&Lang, 1994; Lang 1980)

Die erste Skala der SAM beschäftigt sich mit der Valenz der Emotion. Also ob das Gefühl positiv oder negativ empfunden wurde. Die Mitte bedeutet ein neutrales Gefühl, also weder positiv noch negativ. Nach links folgen die negativen, nach rechts die positiven Gefühle. In der zweiten Skala wurde die entsprechende Erregung angegeben, also wie stark das Gefühl empfunden wurde. Ganz links bedeutet gar keine Erregung, nach rechts aufsteigend ein immer stärker werdendes Gefühl. In beiden Skalen gab es 9 Auswahlmöglichkeiten, die 5 Männchen plus jeweils 4 Zwischenstufen.

Die Wiedererkennungs-Aufgabe fand dann ca. zehn Stunden später statt (je nach Sitzung morgens nach dem Schlafen, oder abends nach einem normalen Tag). Hier wurden sowohl die alten Bilder, als auch zusätzlich neue Bilder gezeigt. Nach einer erneuten Bewertung durch die SAM, sollten die Teilnehmer zusätzlich angeben, ob sie sich an das Bild erinnern, oder nicht (anhand vom Klicken auf ALT oder NEU).

Die Präsentation der Bilder und das Aufnehmen der Antworten erfolgte mit EPrime 2.0. (Psychology Software Tools, Inc., Pittsburgh, PA; www.pstnet.com).

4. Ablauf

Die Termine fanden am Wochenende oder in den Schulferien statt, damit die Kinder nicht im schulischen Alltag beeinträchtigt wurden. Alle Teilnehmer absolvierten die Aufgabe unter zwei Bedingungen. Bei der Wach-Sitzung erfolgte die erste Bewertung morgens (ca. 8 Uhr), und die Wiedererkennung am selben Tag ca. zehn Stunden nach Beenden der Aufgabe (ca. 19 Uhr). Um zu gewährleisten, dass die Teilnehmer die ganze Zeit wach waren, trugen sie eine Uhr (Activwatch von Philips Respironics), die ihre Aktivität tagsüber aufzeichnete. Bei der Schlafsitzung erfolgte die erste Bewertung am Abend direkt vor dem Schlafengehen (ca. 20 Uhr), und die Wiedererkennung ca. zehn Stunden nach Beenden der Aufgabe am Morgen darauf (ca. 7 Uhr). Dazwischen lagen ungefähr acht Stunden Schlaf.

Um die Kinder an die ungewohnte Schlafumgebung zu gewöhnen, erfolgte eine Eingewöhnungsnacht mindestens zwei Tage bis maximal vier Wochen vor der eigentlichen Versuchsnacht, in der sich die Kinder mit der Umgebung vertraut machen konnten. An diesem Termin führte jedes Kind auch eine Gedächtnisaufgabe (Digit Span Test – siehe Anhang VII 3) und einen Konzentrationstest (Flanker Task – siehe unten) durch.

Der Digit Span Test ist ein Teil vom Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Kinder (HAWIK; [38],[39]), und soll untersuchen, ob das Kind ein gewisses Vermögen für Aufmerksamkeit und Konzentration besitzt und das Kurzzeitgedächtnis keine Einschränkungen zeigt. Alle teilnehmenden Kinder konnten Zahlenreihen vorwärts und rückwärts wiedergeben.

Der ‚Flanker Test‘ wurde 1974 von B. A. Eriksen and C. W. Eriksen entwickelt und soll sicherstellen, dass die Kinder in der Lage sind kognitive Kontrolle über ihr Verhalten zu haben, sogenannte ‚exekutive Funktionen. Hier geht es darum, das Ziel zwischen mehreren Distraktoren zu erkennen [40]. In unserem Fall wurden fünf Kolibris auf dem Computerbildschirm gezeigt, deren Köpfe in verschiedene Richtungen wiesen. Die Aufgabe war es, möglichst schnell zu entscheiden, ob der Kopf des mittleren Vogels nach links oder nach rechts zeigte. Dies wurde

anhand der Pfeiltasten auf der Tastatur erfasst. Allen Kindern war es möglich, diese Aufgabe zu meistern.

Tabelle 1: Versuchsablauf

Wach- Sitzungen ↑ Randomisierte Reihenfolge ↓	Bewerten von Bildern	10h Pause wach	Bewerten von Bildern plus Wiedererkennung
		10h Pause, davon ca. 8h Schlaf	
Schlaf- Sitzungen			

Die Kinder wurden randomisiert in zwei Gruppen aufgeteilt. Ein Teil begann mit den Wach-, der andere mit den Schlaf-Sitzungen. Zwischen Wach- und Schlaf-Sitzung lagen mindestens zwei und maximal vier Wochen. Nach den Übernachtungen stand für die Kinder ein Frühstück bereit.

Zu jeder Zeit war jemand anwesend, an den sich das Kind bei eventuellen Fragen oder Unwohlsein wenden konnte. Auch nachts war es den Kindern möglich sich über ein Telefon bemerkbar zu machen. Für die Eltern stand ein separates Zimmer mit Bett zur Verfügung.

5. Fragebögen und Vorbereitung

Vor jeder Sitzung gaben die Teilnehmer an, wie müde sie sich fühlten (Stanford Sleepiness Scale; *Hoddes, Zarcone, Smythe, Phillips, Dement, 1973* - siehe Anhang), und wie ihre Stimmung in dem Moment war (Positive and negative effect schedule PANAS; *Watson, Clark, Tellegen, 1988* – siehe Anhang). Diese dienten alle als Kontrollvariablen, um eine eventuelle Beeinflussung der Ergebnisse oder eventuelle Störfaktoren zu erfassen. Außerdem erfolgte die

Erfassung der Aufmerksamkeit und Vigilanz anhand des psychomotorischen Vigilanztestes (PVT). Dies sollte den Nachweis gewährleisten, dass die Kinder die Bewertung aktiv und aufmerksam bearbeiteten. Hier schauten die Kinder auf einen schwarzen Bildschirm mit roten Nullen. Sobald die Zahlen anfangen hochzuzählen, mussten die Kinder möglichst schnell die Leertaste drücken [41]. Um festzustellen wie groß die Motivation der Kinder war, gaben sie an wie viel Lust sie auf die Bewertung der Bilder hatten. Je höher der Wert (maximal 5), desto größer die Motivation.

Während des Experimentes wurden Elektroden für EEG (Fz F3 F4 Pz P3 P4 Cz C3 C4, zwei Erdungen G1 G2, zwei Referenzen auf dem Mastoid R1 R2) und EOG (A1 A2) zur Erfassung der Gehirnaktivität verwendet (s. Abb. 9). Die Elektroden waren verbunden mit einem BrainAmp® Verstärker von Brain Products (BrainAmp, Brain Products, Germany). Zur Messung der Herzfrequenz wurden zwei Elektroden (K1 K2, siehe Abbildung 9) auf der Brust angebracht; zur Aufzeichnung der Hautleitfähigkeit zwei Elektroden (S1 S2) an der linken Hand. Während des Schlafens wurden zusätzlich zwei Elektroden für ein EMG (M1 M2) angelegt.

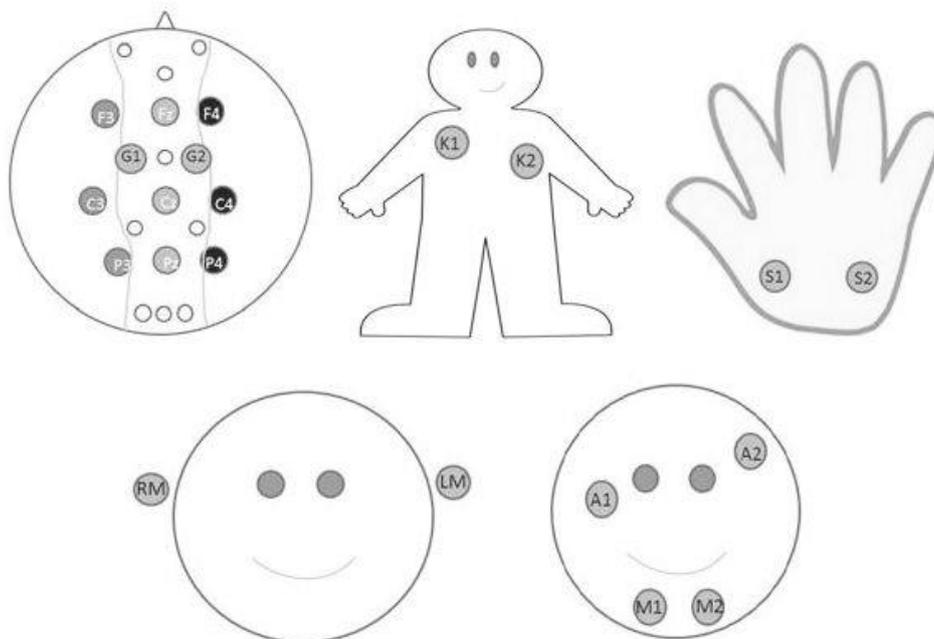


Abbildung 10: Elektrodenplatzierung

6. Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte anhand von Excel und SPSS. Die Auswertung der Daten per MatLab und BrainVisionAnalyzer 2.0.

Um darzustellen, wie viele der Bilder die Kinder richtig wiedererkannten, wurden die Daten mit Hilfe eines spezifischen MatLab Skriptes ausgewertet. Dann wurde anhand der Mittelwerte verglichen. Eine Unterscheidung erfolgte zwischen Schlaf/Wach und Negativ/Neutral. Außerdem wurde unterschieden zwischen ‚Treffern‘, welches die als korrekt alten wiedererkannten Bilder waren, und ‚Korrekte Ablehnung‘, welches die als korrekt neuen erkannten Bilder waren. Die eigentliche Auswertung dieser Wiedererkennung (‚Korrekte Ablehnung‘) entstand somit aus Werten, die wie folgt berechnet wurden:

$$\frac{\text{Anzahl der richtig wiedererkannten alten Bilder}}{\text{Gesamtanzahl alte Bilder}} \text{ (,Treffer')} \\ - \frac{\text{Anzahl der falsch (als alt erkannten) neuen Bilder}}{\text{Gesamtanzahl neue Bilder}} \text{ (,Falscher Alarm')} \\ = \text{,Korrekte Ablehnung'}$$

Dies sollte bei der Auswertung einen gewissen Fehler verhindern, der dadurch entstehen könnte, dass die Kinder, z.B. aus Langeweile, immer wieder angeben, dass sie die Bilder kennen würden.

Für die Auswertung der Herzfrequenz wurden im EKG jeweils Segmente von einer Länge von 7,5 Sekunden gewählt. Diese Segmente enthielten 1,5 Sekunden vor Erscheinen des Triggerbildes und sechs Sekunden danach. Um die Herzfrequenz festzustellen, wurden die Abstände der R-Zacken im EKG (in Millisekunden) gemessen und als RR-Intervall bezeichnet.

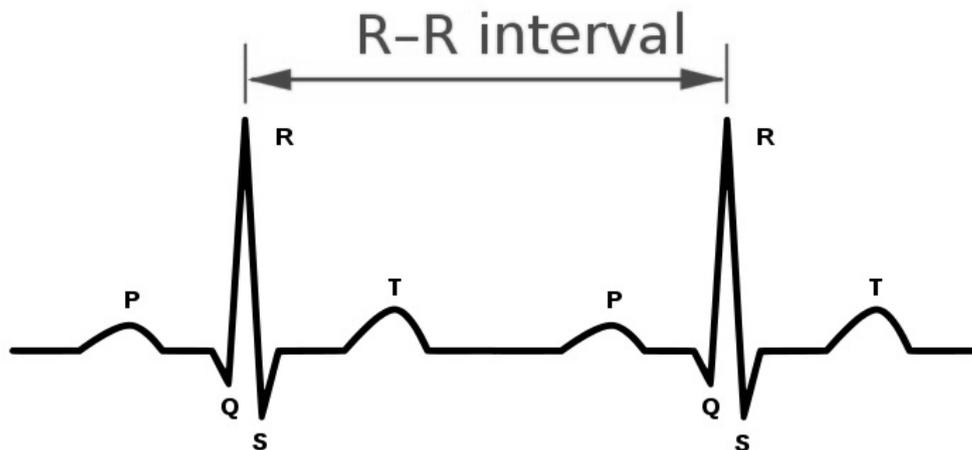


Abbildung 11: EKG R-R Intervall [<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ECG-RRinterval.svg>]

Dies erfolgte mit Hilfe von BrainVision Analyzer 2.0., mit dem die R-Zacken erkannt wurden. Eine Kontrolle der ausgewählten Segmente und Aussortieren von Artefakten erfolgte per Hand. Anschließend wurde mit einem spezifischen MatLab Skript die Differenz des mittleren RR-Intervalls vor und des maximalen RR-Intervalls nach dem Triggerbild errechnet. Diese errechnete Differenz soll für die Herzfrequenzdezeleration stehen.

Sowohl die Wiedererkennung als auch die Herzfrequenzdezeleration wurden anhand einer Varianzanalyse (‘repeated-measures ANOVA’) ausgewertet. Diese vergleicht Mittelwerte, kann aber zusätzlich noch den Zusammenhang einer unabhängigen Variable sichtbar machen. Somit kann ein eventueller Effekt dieser Variablen statistisch nachgewiesen werden. In unserem Fall gab es mehrere unabhängige Variablen: Schlaf (im Gegensatz zur Wachsituation) und die Emotion (negativ im Gegensatz zu neutral). Es wurde verglichen, ob es einen Unterschied bei Wiedererkennung und Herzfrequenzdezeleration gibt, wenn die Teilnehmer eine Nacht zwischen den Sitzungen schliefen. Außerdem wurde verglichen, ob es einen Unterschied bei Wiedererkennung und Herzfrequenzdezeleration bei dem Anblick von negativen im Gegensatz zu neutralen Bildern gibt. Beide Vergleiche, zu Emotionen und Schlaf, wurden in der gleichen Analyse mit dem gleichen Datenmodell dargestellt.

IV. Ergebnisse

1. Versuchspersonen

Die Studie wurde mit insgesamt 23 Kindern durchgeführt. Ein Kind wurde ausgeschlossen, da es im Verhaltensfragebogen (CBCL) einen Wert über 70 hatte. Zwei Kinder brachen das Experiment direkt nach der Eingewöhnungsnacht ab, da sie nicht so gut in der fremden Umgebung schlafen konnten. Zwei Kinder wurden ausgeschlossen, da sie die Aufgabe nicht richtig bearbeiteten (anhand der Daten war zu sehen, dass sie eine Zeit lang immer den gleichen Bewertungsbereich auswählten). Aufgrund technischer Probleme sind die Daten von drei Teilnehmern nur eingeschränkt zu verwenden.

Deshalb konnten insgesamt 15 Kinder in die Auswertung eingeschlossen werden. Davon waren 8 weiblich und 7 männlich. Das mittlere Alter der Probanden lag bei 9,3 ($\pm 1,1$ SD) Jahren.

2. Wiedererkennung

Tabelle 2: Wiedererkennung Rohwerte, Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (SD)

<i>Code</i>	<i>Wach negativ</i>	<i>Wach neutral</i>	<i>Schlaf negativ</i>	<i>Schlaf neutral</i>
112	0,6806	0,6528	0,8194	0,7778
114	0,7778	0,7361	0,8333	0,8611
116	0,8333	0,8472	0,875	0,9167
117	0,8194	0,8056	0,9028	0,8333
118	0,5972	0,4583	0,7639	0,6806
119	0,5278	0,4444	0,7917	0,8194
120	0,4861	0,3333	0,5556	0,5417
123	0,5694	0,6667	0,8472	0,9167
127	0,7222	0,5694	0,6806	0,7361
211	0,8194	0,7778	0,9028	0,8194
212	0,8889	0,7639	0,8889	0,7639
213	0,8056	0,7917	0,9028	0,9167
214	0,8472	0,6398	0,7919	0,6806
215	0,63	0,45	0,4	0,46
217	0,9167	0,7917	0,75	0,6806
MW	0,72810667	0,64858	0,78039333	0,76030667
SD	0,13751505	0,16172116	0,14169987	0,13463849

Tabelle 3: ANOVA Varianzanalyse Wiedererkennung

	<i>F (1,14)</i>	<i>Signifikanz</i>
Schlaf-Wach	6,684	0,022
Negativ-Neutral	9,663	0,008
Schlaf-Wach * Negativ-Neutral	9,919	0,020

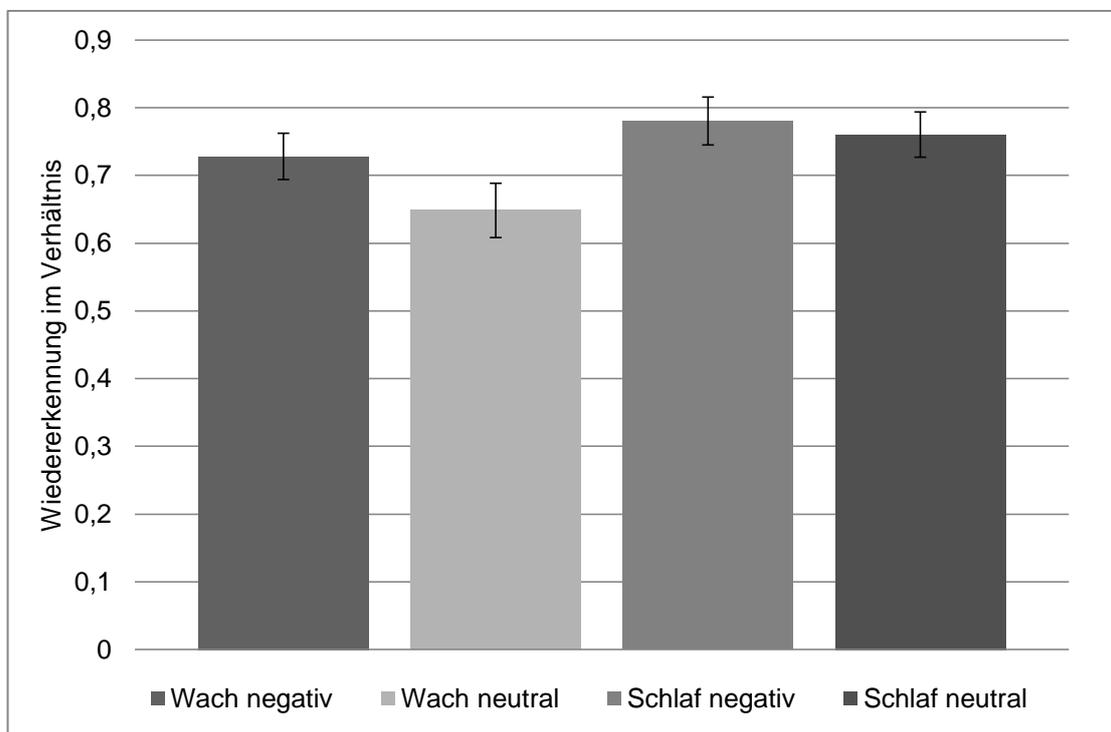


Abbildung 12: Mittelwerte mit Standardfehler - Wiedererkennung

Es gab einen signifikanten Einfluss von Schlaf auf die Wiedererkennung von Bildern ($F(1,14)=6,92$, $p=0,02$).

Im Durchschnitt war die Wiedererkennung nach einer Nacht Schlaf besser als am Wochtag, sowohl für negative (Schlaf: $MW=0,78$, $SD=0,14$; Wach: $MW=0,73$, $SD=0,14$), als auch für neutrale Bilder (Schlaf: $MW=0,76$, $SD=0,13$; Wach: $MW=0,65$, $SD=0,16$).

Die negativen Bilder wurden sowohl am Schlaf-, als auch am Wochtag, tendenziell besser wiedererkannt (Mittelwerte und Standardabweichungen siehe Tabelle 2). Bei genauerem Betrachten und nach Ausführen eines T-Testes für gepaarte Stichproben war dieser Unterschied allerdings nur in der Wachgruppe ($t(14)=3,66$, $p=0,003$) signifikant zwischen negativen und neutralen Stimuli.

3. Herzfrequenzdezeleration

Tabelle 4: Herzfrequenzdezeleration Rohwerte, Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (SD)

Code	Wach				Schlaf			
	Alt		Neu		Alt		Neu	
	Negative Treffer	Neutrale Treffer	Negative Korrekte Ablehnung	Neutral Korrekte Ablehnung	Negative Treffer	Neutrale Treffer	Negativ Korrekte Ablehnung	Neutral Korrekte Ablehnung
112	77,24	75	81,96	87	63,43	45,87	30,33	28,57
114	62,67	69,53	79,92	61,64	102,48	75,21	119,77	116
116	89,22	68,65	133,6	78,39	146,6	164,18	150,28	137,87
117	53,72	49,69	57,57	54,12	66,45	64,41	68,65	74,88
118	96,42	89,06	106,23	119,22	69,96	49,1	104,65	40,33
119	108,61	95,68	104,21	105,52	154,84	106,98	248,5	156,48
120	68,18	102,9	58,39	33,04	85,44	115,79	82,57	63,77
123	62,33	60,49	38,52	49,26	65,45	69,35	73,68	74
127	164,24	189,15	217,73	207,51	113,17	98,91	98,04	129,1
211	104,2	107,82	131,84	124,48	103,52	88,4	113,25	75,72
212	46,48	36,52	58,13	46,57	62,6	45,05	96,69	72,65
213	108,69	97,46	136,24	120,97	121,04	106,09	113,63	111,65
214	147,25	199,63	194,63	172,55	143,85	132,49	140,29	140,74
215	137,15	129,77	134,52	208,2	58,85	71,98	44,14	77,71
217	103,37	92,35	89,8	99,86	104,56	81,22	126,45	55,78
MW	95,32	97,58	108,219	104,555	97,483	87,669	107,395	90,35
SD	34,912	45,984	50,993	55,922	33,301	33,662	51,287	38,912

Beim Vergleichen der Mittelwerte gab es im Durchschnitt eine Tendenz dazu, dass die Herzfrequenzdezeleration bei neu gesehenen Bildern größer war als bei alten (siehe Tabelle 4).

Tabelle 5: ANOVA Varianzanalyse Herzfrequenzdezeleration

	<i>F (1,14)</i>	<i>Signifikanz</i>
Schlaf-Wach	0,231	0,638
Negativ-Neutral	2,933	0,109
Treffer-Korrekte Ablehnung	3,682	0,076
Schlaf-Wach * Negativ-Neutral	3,760	0,073
Schlaf-Wach * Treffer-Korrekte Ablehnung	0,217	0,649
Negativ-Neutral * Treffer-Korrekte Ablehnung	1,139	0,304
Schlaf-Wach * Negativ-Neutral * Treffer-Korrekte Ablehnung	0,011	0,919

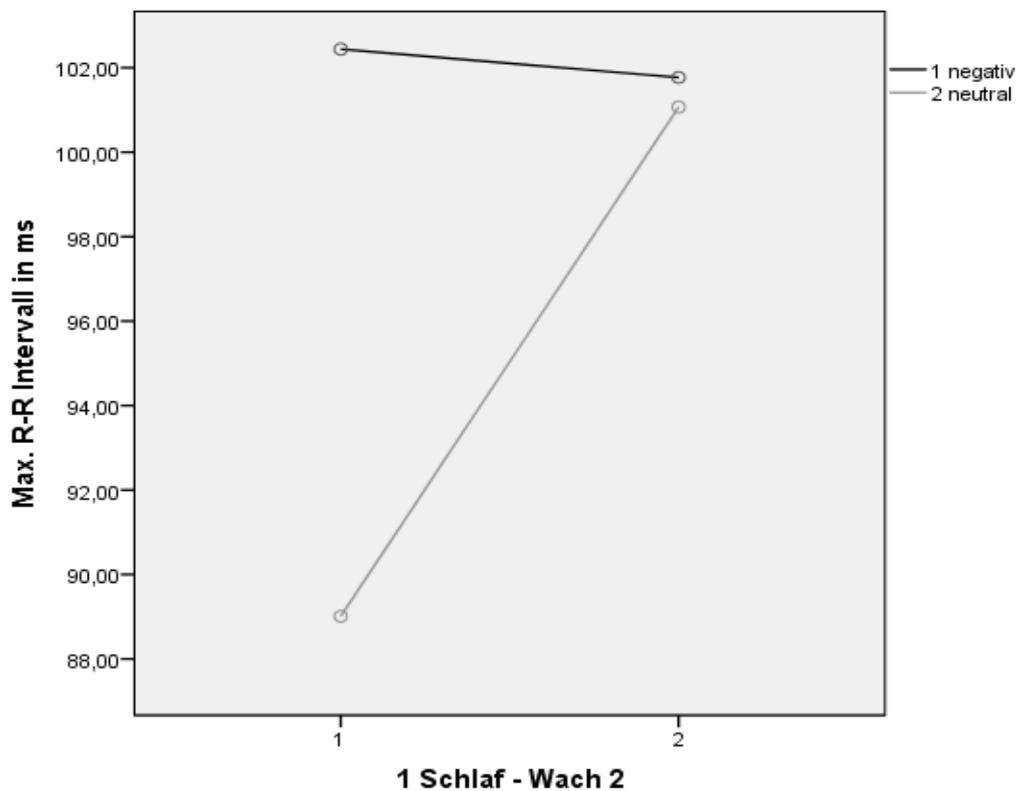


Abbildung 13: Interaktion Herzfrequenzdezeleration Schlaf-Wach*Negativ-Neutral

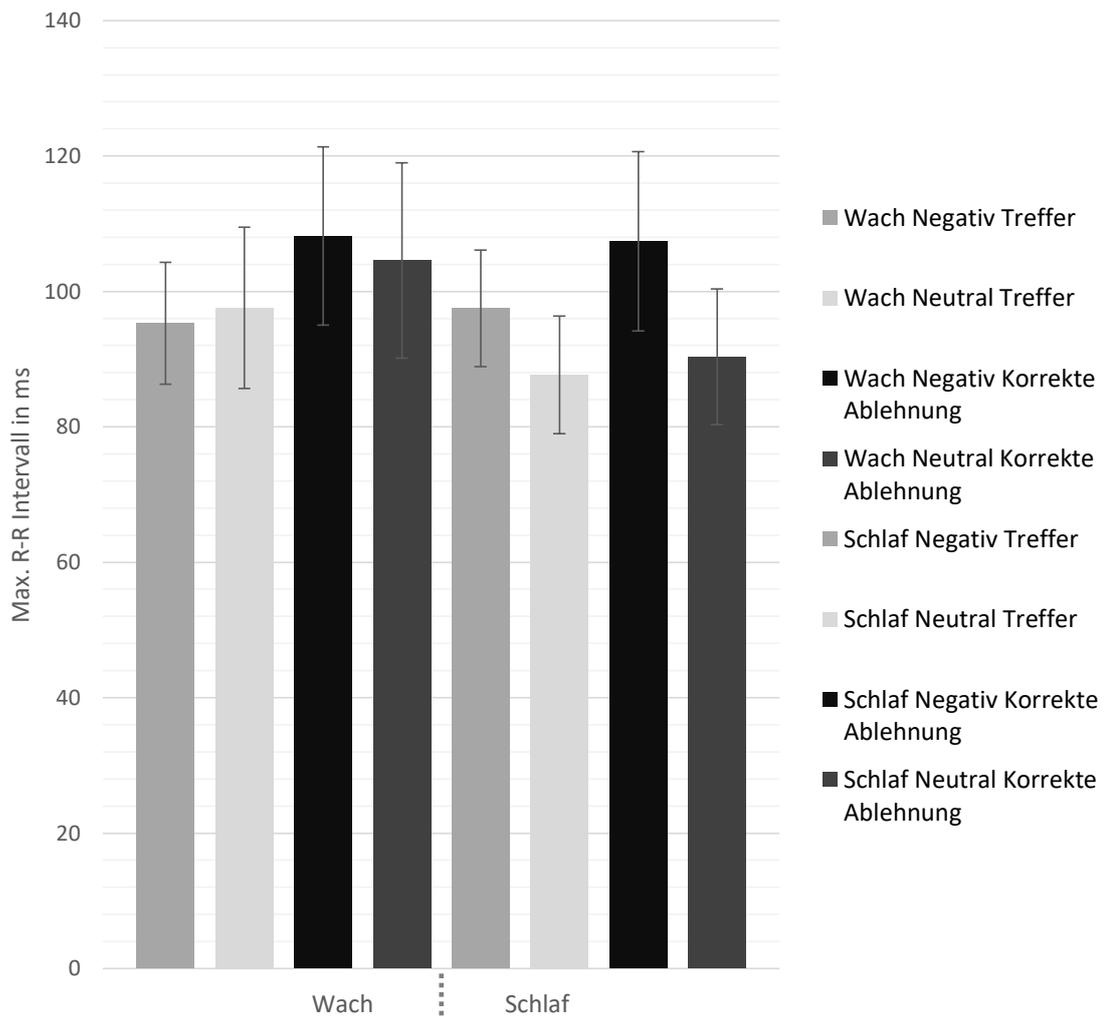


Abbildung 14: Herzfrequenzdezeleration im Vergleich

Beachte: Je größer das R-R Intervall, desto größer die Dezeleration

Es zeigte sich keine signifikante Interaktion zwischen Schlaf und Reaktion der Herzfrequenz ($F(1,14)=0,01$, $p=0,92$). Es konnte lediglich eine schwache Tendenz zu einem Unterschied der körperlichen Reaktion auf neutrale und negative Bilder beobachtet werden, allerdings nur nach einer Nacht Schlaf. Dies war unabhängig davon ob es neue oder alte Bilder waren (s. Abb. 12: Interaktion).

4. Kontrollvariablen

Diese Variablen sollten gewährleisten, dass der jeweils aktuelle Zustand der Kinder keinen Einfluss auf die Ergebnisse hatte.

Eventuelle Störfaktoren, zum Beispiel schlechte Stimmung oder Müdigkeit, bei der Bewertung der Bilder wurden anhand nachfolgender Parameter bewertet. Es wurde jeweils zwischen den ersten Sitzungen (Enkodieren), und zwischen den Wiedererkennungssitzungen getestet, ob sich ein signifikanter Unterschied zeigte. Dies erfolgte anhand eines T-Tests für verbundene Stichproben. Das Signifikanzniveau lag bei $p < 0,05$. Wenn $p > 0,05$, galt der Unterschied als nicht signifikant.

- Motivation

Sowohl zwischen den ersten Sitzungen, als auch bei den Wiedererkennungssitzungen gab es keinen signifikanten Unterschied ($p = 0,55$ und $p = 0,49$) zwischen Wach- und Schlaftag

Tabelle 6: Vergleich Motivation zwischen Schlaf- und Wachsitzen

	<i>Mittelwerte (±Standard- abweichung)</i>		<i>Mittelwerte (±Standard- abweichung)</i>	<i>t-Wert</i>	<i>Signi- fikanz</i>
Motivation Schlaf Enkodieren	4,27 (±0,70)	Motivation Wach Enkodieren	4,07 (±1,28)	0,612	0,550
Motivation Schlaf Wieder- erkennung	3,93 (±0,88)	Motivation Wach Wieder- erkennung	3,73 (±1,34)	0,716	0,486

- Stimmung (PANAS)

Anhand eines Fragebogens durften die Kinder vor jeder Sitzung angeben, wie sie sich in dem Moment fühlten. Dies erfolgte anhand des PANAS (positive and negative affect schedule – siehe Anhang VII 2). Je höher der Wert (maximal 5), desto intensiver das Gefühl. Sowohl beim positiven, als auch beim negativen Teil des Fragebogens gab es zwischen der ersten Sitzung am Schlaf- und der ersten

Sitzung am Wochtag keinen signifikanten Unterschied ($p= 0,12$ und $p= 0,84$). Zwischen den Wiedererkennungssitzungen am Wach- und am Schlaftag, gab es beim negativen Teil des Fragebogens ebenfalls keinen signifikanten Unterschied ($p= 0,33$). Im Gegensatz dazu konnte beim positiven Teil des Fragebogens ein Unterschied festgestellt werden ($p= 0,02$). Die Kinder gaben im Durchschnitt an, vor der Wiedererkennungssitzung am Schlaftag etwas positiver gelaunt gewesen zu sein als am Wochtag.

Tabelle 7: Vergleich Stimmung (PANAS) zwischen Schlaf- und Wachsitzen

	<i>Mittelwerte (\pmStandard- abweichung)</i>		<i>Mittelwerte (\pmStandard- abweichung)</i>	<i>t-Wert</i>	<i>Signi- fikanz</i>
Positiv Schlaf Enkodieren	29,53 ($\pm 9,45$)	Positiv Wach Enkodieren	26,60 ($\pm 9,01$)	1,648	0,122
Positiv Schlaf Wieder- erkennung	28,67 ($\pm 8,89$)	Positiv Wach Wieder- erkennung	24,67 ($\pm 7,83$)	2,532	0,024
Negativ Schlaf Enkodieren	10,53 ($\pm 1,06$)	Negativ Wach Enkodieren	10,60 ($\pm 1,18$)	-0,211	0,836
Negativ Schlaf Wieder- erkennung	10,13 ($\pm 0,52$)	Negativ Wach Wieder- erkennung	10,33 ($\pm 0,61$)	-1,000	0,334

Um bei diesem Ergebnis einen Einfluss der positiven Stimmung zu widerlegen, wurden die Daten des PANAS und die Daten der Herzfrequenzdeceleration und der Wiedererkennung miteinander korreliert. Hierbei konnte kein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden. Alle p -Werte waren größer 0,1. Somit erwarten wir, dass positive Stimmung keinen nennenswerten Einfluss auf unsere Ergebnisse hatte.

- Schläfrigkeit (SSS)

Die Bewertung der Schläfrigkeit erfolgte auch vor jeder Sitzung anhand der Stanford Sleepiness Scale (siehe Anhang VII 1). Je höher der Wert (maximal 8), desto schläfriger der Teilnehmer. Sowohl zwischen den ersten Sitzungen, als auch bei den Wiedererkennungssitzungen gab es keinen signifikanten Unterschied ($p= 0,52$ und $p= 0,77$) zwischen Wach- und Schlaftag.

Tabelle 8: Vergleich Schläfrigkeit zwischen Schlaf- und Wachsitzungen

	<i>Mittelwerte (±Standard- abweichung)</i>		<i>Mittelwerte (±Standard- abweichung)</i>	<i>t-Wert</i>	<i>Signi- fikanz</i>
SSS Schlaf Enkodieren	2,47 (±1,19)	SSS Wach Enkodieren	2,73 (±1,28)	-0,654	0,524
SSS Schlaf Wieder- erkennung	2,20 (±1,08)	SSS Wach Wieder- erkennung	2,33 (±0,98)	-0,299	0,769

- Aufmerksamkeit und Wachsamkeit (PVT)

Zwischen den ersten Sitzungen am Schlaf- und Wachttag gab es keinen signifikanten Unterschied ($p= 0,90$). Bei den Wiedererkennungssitzungen war auch kein signifikanter Unterschied feststellbar ($p= 0,35$).

Tabelle 9: Vergleich Aufmerksamkeit zwischen Schlaf- und Wachsitzungen

	<i>Mittelwerte (±Standard- abweichung)</i>		<i>Mittelwerte (±Standard- abweichung)</i>	<i>t-Wert</i>	<i>Signi- fikanz</i>
PVT Schlaf Enkodieren	415,86 (±68,28)	PVT Wach Enkodieren	413,88 (±59,19)	0,125	0,902
PVT Schlaf Wieder- erkennung	400,53 (±61,45)	PVT Wach Wieder- erkennung	415,10 (±55,10)	-0,967	0,350

V. Diskussion

Mit dieser Studie sollte gezeigt werden, wie Kinder auf emotionale Bilder reagieren, und ob diese Reaktion beim zweiten Kontakt anders abläuft. Außerdem bestand die Fragestellung, ob es einen Unterschied zwischen negativen und neutralen Stimuli gibt, und ob Schlaf dieses komplexe System der Gedächtnisverarbeitung beeinflusst.

Wir konnten zeigen, dass es generell einen positiven Einfluss von Schlaf auf die Wiedererkennung von Bildern gab, das heißt im Allgemeinen verbessert sich das Gedächtnis nach einer Nacht Schlaf. Entgegen unseren Erwartungen entsprachen allerdings die Ergebnisse beim Vergleich zwischen negativen und neutralen Stimuli. Die negativen Stimuli wurden - im Vergleich zu neutralen - nur nach einer Wachperiode signifikant besser verankert, nicht nach einer Schlaf-Periode.

Was die Herzfrequenzdezeleration betrifft, so gab es eine Tendenz, dass diese bei neu gesehenen Bildern höher war als bei alten. Auch der Unterschied, der zwischen neutralen und negativen Bildern konnte nach einer Schlaf-Periode beobachtet werden konnte, zeigte nur eine schwache Tendenz. Dieser war unabhängig davon, ob es neue oder alte Bilder waren.

Bei der Auswahl der Studienteilnehmer gab es strikte Einschlusskriterien. Es durften nur gesunde Kinder im Alter von 8 bis 11 Jahren teilnehmen. Anhand von anerkannten wissenschaftlichen Fragebögen und validierten Tests wurde gewährleistet, dass die Kinder keine psychologischen Auffälligkeiten aufwiesen und sich in einer adäquaten Entwicklungsstufe befanden. Der konsequente Ausschluss von Teilnehmern, die nicht den Vorgaben entsprachen, war die Folge. Es bestand ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen weiblichen und männlichen Teilnehmern.

Weiterhin wurden die Kinder ununterbrochen betreut und unterstützt, so dass eventuelle Unklarheiten beim Bearbeiten der Aufgaben oder Unwohlsein quasi ausgeschlossen werden konnten.

Um auszuschließen, dass die ungewohnte Umgebung beim Schlafen ein Störfaktor sein könnte, wurde eine Eingewöhnungsnacht durchgeführt, in der die Kinder sich in Ruhe und ohne Druck an Umgebung und Ablauf gewöhnen konnten.

Alle Teilnehmer hatten die gleichen Bedingungen, absolvierten alles im selben Zimmer. Auch der Versuchsablauf war bei allen Teilnehmern gleich, und sie erhielten die gleichen Instruktionen. Die Abstände zwischen den Sitzungen betragen immer ca. zehn Stunden.

Durch die vielen Fragebögen und Tests vor der eigentlichen Aufgabe sollten Störfaktoren wie schlechte Stimmung oder Müdigkeit ausgeschlossen werden. Hier konnte in den meisten Fällen kein signifikanter Unterschied zwischen Schlaf- und Wachwiedererkennungssitzung festgestellt werden. Ein Kritikpunkt könnte lediglich sein, dass die Kinder im Durchschnitt bei der Wiedererkennungssitzung am Schlaftag etwas positiver gelaunt waren. Ein signifikanter Einfluss von positiver Stimmung konnte aber durch Korrelation nicht nachgewiesen werden.

Mögliche Fehlerquellen beim Kleben der EKG-Elektroden können durch kompetente Mitarbeiter des Labors und gewissenhafte Kontrolle dieser - anhand von einheitlich erstellten Vorgaben speziell für dieses Experiment - außer Acht gelassen werden. Wenn eine Elektrode verrutschte oder sogar abfiel, wurde dies im Protokoll vermerkt, und die Elektrode sofort ersetzt.

Die Auswertung der Daten wurde, nach Bearbeitung durch die spezifischen Skripte der Computerprogramme, manuell überprüft und gegebenenfalls korrigiert.

In Bezug auf die Literatur konnten wir Folgendes zeigen:

Bezüglich der Erinnerung hatte Cunningham [9] festgestellt, dass sowohl negative und neutrale Stimuli nach einer Nacht Schlaf besser wiedererkannt wurden. Dies konnten wir bei den Kindern in unserer Studie bestätigen.

Andere [42] konnte zeigen, dass emotionale Bilder besser wiedererkannt werden also neutrale, und dass Schlafentzug diesen Unterschied noch vergrößern kann. Somit kann angenommen werden, dass die Verankerung im Gedächtnis besser ist, wenn der Inhalt stärker (in unserem Fall negativer) emotional belastet ist, und dass Schlaf eine große Rolle bei der Verarbeitung des Gedächtnisses spielt.

Weitere Untersuchungen [43] konnten zeigen, dass es nicht nur darauf ankommt, dass wir schlafen, sondern auch wie wir schlafen. Es wurde beschrieben, dass nach einer REM-Schlaf-reichen Nacht die Wiedererkennung von emotionalen Bildern deutlich besser war als nach einer SWS-reichen Nacht. Da Kinder deutlich mehr REM-Schlaf-Phasen durchmachen als Erwachsene, könnte man somit erwarten, dass bei ihnen der Effekt auf emotionale Inhalte eindrücklicher zu sehen ist.

Einen spezifischen Effekt auf emotionale Inhalte konnten wir allerdings – wie viele andere ([24], [44], [45], [46]) - nicht zeigen. Hier drängt sich das erste Mal die Frage nach einer Beeinflussung durch die Tageszeit aus, in der die Enkodierung und Wiedererkennung stattfanden.

Was die physiologische Reaktion betrifft, hatte unter anderem McManis [13] herausgefunden, dass bei negativen Bildern eine höhere Herzfrequenzdezeleration vorhanden war als bei neutralen.

Eine Erklärung könnte sein, dass stärker emotional belastete Situationen oder Reize mit einer stärkeren physiologischen Reaktion zusammenhängen. Der Ursprung dafür liegt wahrscheinlich in der Evolution, ist aber natürlich auch heute noch überlebenswichtig. Die Alarmreaktion des Körpers muss natürlich stärker ausfallen, je gefährlicher oder bedrohlicher der Reiz ist.

Wir konnten dies nur teilweise beobachten. Bei uns gab es eine schwache Interaktion zwischen Schlaf und Emotion insofern, dass nach einer Nacht Schlaf der Unterschied der Herzfrequenzdezeleration zwischen negativen und neutralen

Stimuli größer war als der Unterschied zwischen negativ und neutral nach einer Wach-Periode. Dies war allerdings unabhängig von der eigentlichen Erinnerung, also ob es alte oder neue Bilder waren.

Walker [22] und Cunningham [9] hatten einen abschwächenden Effekt von Schlaf auf die körperliche Reaktion beschrieben. Dies könnte damit zusammenhängen, dass der Körper eventuell auf neue Reize stärker reagieren könnte als auf welche, die er schon einmal gesehen und verarbeitet hat. Die physiologische Reaktion des Körpers könnte bei schon bekannten Bildern abgeschwächt ablaufen, da es eventuell eine gewisse Gewöhnung gibt, bzw. die Informationen zu dem spezifischen Stimulus schon verarbeitet abgerufen werden können. Dieser Effekt konnte auch schon von anderen beobachtet werden [47]. Pace-Schott et al. [8] sahen allerdings, dass es nach einem 120-minütigem Nickerchen keine Gewöhnung der Herzfrequenz an schon gesehene negative Bilder gab, nach einer Wachperiode konnte dagegen eine Gewöhnung beobachtet werden.

In einem anderen Messansatz mit ähnlichen Daten konnte auch ein Effekt auf die physiologische Reaktion des Körpers beschrieben werden. Bolinger [48] beschreibt, dass Schlaf bei Kindern die emotionale Reaktion im Rahmen der Herzfrequenzdezeleration verstärkt. Zusätzlich scheint nun auch hier die Tageszeit, zu der die Bewertung stattfindet, eine Rolle zu spielen. Bei alleiniger Betrachtung der Enkodierungssitzungen zeigte sich ein größerer Unterschied zwischen der Reaktion auf negative Bilder im Gegensatz zu neutralen in der Wachsitzung – also schon beim alleinigen ersten Betrachten der Bilder.

Somit drängt sich ein weiterer Verdacht auf, dass die alleinige Tageszeit eine große Rolle bei der physiologischen Reaktion auf emotionale Bilder spielt.

Diesen Effekt sollte meine Arbeit weiter untersuchen, in dem mit meiner Auswertung ein Vergleich geschaffen wurde, der die Reaktion auf noch nicht gesehene Bilder mit den alten (konsolidierten) vergleichen sollte. Bei meiner Auswertung gab es nach einer Nacht Schlaf einen größeren Unterschied zwischen der Reaktion auf neutrale und negative Bilder als nach einer Wach-

Periode. Auf die negativen Bilder reagierten die Kinder mit einer höheren Herzfrequenzdezeleration als auf neutrale Bilder. Somit sehen wir auch hier, dass die körperliche Reaktion durchaus durch einem circadianen Effekt beeinflusst werden könnte. Morgens reagieren die Kinder eventuell stärker auf emotionale Reize, als am Abend. Es ist bekannt ([49]), dass die cardiale Reaktion stark abhängig von der Tageszeit ist. Durch die Müdigkeit, die gegen frühen Nachmittag kommt [49], könnte die Reaktion am Wochtag – also abends - abgeschwächt werden. Auch Molgaard [7] beschreibt eine Veränderung der parasympathischen Aktivität nachts und einen starken Anstieg dieser am frühen Morgen.

Zusätzlich ist die Herzfrequenzdezeleration eine autonome Antwort des Körpers, die nur schwer aktiv zu beeinflussen ist. Es wurde aber beobachtet, dass Schlaf dieses autonome System sehr wohl intensiv beeinflussen kann [50]. Auch nach einem kurzen Mittagsschlaf wurde beobachtet, dass allein die parasympathische Aktivität im Rahmen der Herzfrequenzvariabilität größer wird [51]. Somit können wir nicht sicher sagen, ob Schlaf nur die autonome Reaktion an sich beeinflusst oder wirklich das emotionale Gedächtnis.

McManis et al. [13] beschreibt, dass Kinder und Jugendliche emotionale Stimuli ähnlich bewerteten wie Erwachsene. Man stellte bei Kindern auch einen Unterschied zwischen den Geschlechtern fest. Mädchen reagierten generell stärker auf negative Eindrücke, was eine höhere EDA zeigte. Bei der Herzfrequenzdezeleration fanden sich keine Unterschiede. Gleichzeitig bewerteten Mädchen neutrale Bilder im Allgemeinen positiver als es Jungs taten. Zusammenfassend kann man sagen, dass männliche Kinder auf aversive Reize eher aufmerksam reagieren. Im Gegensatz dazu weisen Mädchen eher eine defensive Reaktion auf.

Die Auswertung der eigentlichen Bewertung unserer Kinder erfolgte an anderer Stelle im Rahmen einer psychologischen Master-Arbeit.

Künftiger Forschungsbedarf

Wir konnten mit unseren Forschungsergebnissen teilweise den Stand der Forschung unterstützen, teilweise aber auch widersprüchliches beobachten. Deshalb wäre es wichtig noch mehr Kinder für unser Experiment zu gewinnen, um unsere bisherigen Ergebnisse weiter belegen bzw. korrigieren zu können. Das Studienmodell läuft parallel auch mit Erwachsenen, und ist somit schon sehr gut für Vergleiche einsetzbar. Es wäre auch interessant die Unterschiede zu Kindern mit ADHS (Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitätssyndrom) oder die Reaktion von anders psychisch erkrankten Menschen zu beobachten. Außerdem wäre es interessant, eine Studie zu entwerfen, die den Einfluss von circadianer Rhythmik beseitigen könnte, und somit einen klaren Blick auf den alleinigen Effekt durch Schlaf zu gewinnen.

VI. Zusammenfassung

Die Fragestellung dieser Arbeit war, wie Schlaf bei Kindern das emotionale Gedächtnis und die damit verbundene körperliche Reaktion beeinflusst. Erkenntnisse über die Verarbeitung von emotionalen Inhalten bei Kindern können Berufsgruppen, die mit Kindern arbeiten, unterstützen. Auch psychologische Therapieansätze bei Störungen von traumatischen Erlebnissen können durch solches Wissen optimiert werden.

Dafür sammelten wir Daten von 20 Kindern im Alter von 8 bis 11 Jahren, die alle unter denselben Rahmenbedingungen Bilder nach ihrem Empfinden bewerten sollten (Enkodieren). Nach 10 Stunden erfolgte eine erneute Bewertung der alten Bilder (Wiedererkennen). Zusätzlich wurden bei dieser zweiten Sitzung neue Bilder gezeigt, die ebenfalls bewertet wurden. Gleichzeitig sollten die Kinder angeben, ob sie die Bilder wiedererkannten oder nicht. Währenddessen wurden physiologische Parameter mit Hilfe von EKG gemessen. Jedes Kind absolvierte die Aufgabe in zwei Bedingungen: Zwischen jedem Enkodieren und Wiedererkennen lagen 10 Stunden, in denen die Kinder einmal tagsüber wach blieben (Wachbedingung), das andere Mal nachts schliefen (Schlafbedingung).

Wir konnten zeigen, dass es generell einen positiven Einfluss von Schlaf auf die Wiedererkennung von Bildern gibt, d.h. Bilder wurden in der Schlafbedingung besser erinnert als in der Wachbedingung. Den erwarteten schlafspezifischen Effekt auf emotionale Stimuli konnten wir allerdings nicht zeigen.

Die negativen Stimuli wurden nur nach einer Wachperiode signifikant besser verankert als die neutralen. Nach einer Schlaf-Periode war der Unterschied nicht signifikant.

Die körperliche Reaktion wurde anhand der Herzfrequenzdeceleration gemessen, da sich diese als guter Parameter etabliert hat. Diese zeichnet sich durch einen Abfall der Herzfrequenz für wenige Sekunden nach Betrachten des Bildes aus.

Bei den Wiedererkennungssitzungen (jeweils einmal abends bei der Wachsituation und einmal morgens bei der Schlafsitzung) wurde jeweils die Reaktion auf schon gesehene Bilder mit der Reaktion auf neu gezeigte Bilder (jeweils negativ und neutral) verglichen.

Schlaf an sich beeinflusste die physiologische Reaktion (hier im Rahmen der Herzfrequenzdeceleration) unabhängig vom Gedächtnis. Es gab nur eine schwache Tendenz, dass die Herzfrequenzdeceleration bei neu gesehenen Bildern größer war als bei alten.

Auch der Unterschied, der zwischen neutralen und negativen Bildern nach einer Schlaf-Periode beobachtet werden konnte, zeigte nur eine schwache Tendenz. Dieser war unabhängig davon ob es neue oder alte Bilder waren.

Insgesamt konnte ein positiver Effekt von Schlaf auf Gedächtnis beobachtet werden.

Außerdem führte Schlaf zu einem größeren Unterschied der physiologischen Reaktion zwischen neutralen und negativen Bildern, unabhängig davon ob die Bilder schon gesehen wurden oder nicht.

Somit gehen wir von einem verstärkenden Effekt von Schlaf auf die physiologische Reaktion aus. Die circadiane Rhythmik des Körpers scheint allerdings auch einen Einfluss auf die physiologische Reaktion des Körpers auf emotionale Stimuli zu haben.

VII. Anhang

1. SSS - Stanford-Schläfrigkeits-Skala

(Nach Hoddes, Zarcone, Smythe, Phillips, Dement, 1973)

Im Folgenden soll der Grad der Schläfrigkeit (wie wach fühlen Sie sich?) erhoben werden:

Kreuzen Sie bitte das entsprechende Kästchen an.

Schläfrigkeitsgrad	Punktwert
Ich fühle mich aktiv, lebhaft, aufmerksam oder sehr wach	1
Ich kann konzentriert arbeiten, habe aber kein Leistungshoch	2
Ich fühle mich wach, entspannt und aufnahmefähig aber nicht voll konzentriert	3
Ich fühle mich irgendwie träge	4
Ich fühle mich träge, verlangsamt, und könnte mich hinlegen	5
Ich fühle mich schläfrig, benebelt, kämpfe gegen die Müdigkeit und würde mich lieber hinlegen	6
Ich bin kurz vor dem Einschlafen und habe bereits Traumdeutungen	7
Ich schlafe	8

2. PANAS - Positive and negative affect schedule

(nach Watson, Clark, Tellegen, 1988)

Dieser Fragebogen enthält eine Reihe von Wörtern, die unterschiedliche Gefühle und Empfindungen beschreiben. Lesen Sie jedes Wort und tragen dann in die Skala neben jedem Wort die **Intensität** ein. Sie haben die Möglichkeit zwischen fünf Abstufungen zu wählen.

Geben Sie bitte an, wie Sie sich **gerade jetzt** fühlen.

	Gar nicht	ein bisschen	einigermaßen	erheblich	äußerst
1. aktiv	1	2	3	4	5
2. bekümmert	1	2	3	4	5
3. interessiert	1	2	3	4	5
4. freudig erregt	1	2	3	4	5
5. verärgert	1	2	3	4	5
6. stark	1	2	3	4	5
7. schuldig	1	2	3	4	5
8. erschrocken	1	2	3	4	5
9. feindselig	1	2	3	4	5
10. angeregt	1	2	3	4	5
11. stolz	1	2	3	4	5
12. gereizt	1	2	3	4	5
13. begeistert	1	2	3	4	5
14. beschämt	1	2	3	4	5
15. wach	1	2	3	4	5
16. nervös	1	2	3	4	5
17. entschlossen	1	2	3	4	5
18. aufmerksam	1	2	3	4	5
19. durcheinander	1	2	3	4	5
20. ängstlich	1	2	3	4	5

Motivation

Wie viel Lust haben Sie, die Aufgaben zu machen?

Gar keine Lust wenig Lust ein bisschen viel Lust große Lust

3. Digit Span – Zahlen nachsprechen

Version 2 (HAWIK); Abbruchkriterium: Wenn beide Versuche einer Aufgabe nicht gelöst wurden oder falsch waren.

<u>VORWÄRTS</u>				Punkte (0 - 2)
1. Versuch		2. Versuch		
2.	2 – 9		4 – 6	
3.	3 – 8 – 6		6 – 1 – 2	
4.	3 – 4 – 1 – 7		6 – 1 – 5 – 8	
5.	8 – 4 – 2 – 3 – 9		5 – 2 – 1 – 8 – 6	
6.	3 – 8 – 9 – 1 – 7 – 4		7 – 9 – 6 – 4 – 8 – 3	
7.	5 – 1 – 7 – 4 – 2 – 3 – 8		9 – 8 – 5 – 2 – 1 – 6 – 3	
8.	1 – 8 – 4 – 5 – 9 – 7 – 6 – 3		2 – 9 – 7 – 6 – 3 – 1 – 5 – 4	
9.	5 – 3 – 8 – 7 – 1 – 2 – 4 – 6 – 9		4 – 2 – 6 – 9 – 1 – 7 – 8 – 3 – 5	
Rohwertsumme ZN-V (Max. = 16)				<input type="text"/>
Längste Zahlenspanne LZ-V (Max. = 9)				<input type="text"/>

<u>RÜCKWÄRTS</u>				Punkte (0 - 2)
1. Versuch		2. Versuch		
Bsp.	8 – 2		5 – 6	
2.	3 – 5		6 – 4	
3.	5 – 7 – 4		2 – 5 – 9	
4.	7 – 2 – 9 – 6		8 – 4 – 9 – 3	
5.	4 – 1 – 3 – 5 – 7		9 – 7 – 8 – 5 – 2	
6.	1 – 6 – 5 – 2 – 9 – 8		3 – 6 – 7 – 1 – 9 – 4	
7.	8 – 5 – 9 – 2 – 3 – 4 – 6		4 – 5 – 7 – 9 – 2 – 8 – 1	
8.	6 – 9 – 1 – 7 – 3 – 2 – 5 – 8		3 – 1 – 7 – 9 – 5 – 4 – 8 – 2	
Rohwertsumme ZN-R (Max. = 14)				<input type="text"/>
Längste Zahlenspanne (Max. = 8)				<input type="text"/>
Gesamtrohwert ZN-V + ZN-R (Max. = 30)				<input type="text"/>

4. Probandenfragebogen

Code	
Allgemeine Informationen	
Geschlecht:	
Alter:	
Schulklasse:	
Muttersprache:	

- 1) Nimmst Du Medikamente?
Wenn ja, welche?
- 2) Bist Du Links- oder Rechtshänder?
- 3) Schaust du gern Fernsehen/Filme?
Wenn ja, welche Fernsehsendungen/Filme?
- 4) Spielst Du regelmäßig Computerspiele?
Wenn ja, welche und wie oft/wie lange?
- 5) Hast Du eine Sehschwäche (z.B. Farbenblindheit)?
- 6) Hast Du irgendwelche körperlichen oder psychischen Erkrankungen?
Wenn ja, welche?
- 7) Leidest Du unter Schlafstörungen?
- 8) Gehst Du zu regelmäßigen Zeiten schlafen und stehst wieder auf?
Wann?
- 9) Hast Du in nächster Zeit Prüfungen oder sonstige stressige Ereignisse?
Wenn ja, wann?
- 10) Müssen wir irgendetwas Besonderes über Dich wissen?

5. Elternfragebogen

Datum	Code
-------	------

Elternfragebogen

Die folgenden Fragen helfen uns, einen allgemeinen Überblick über den Gesundheitszustand und das Schlafverhalten Ihres Kindes zu bekommen. Bitte füllen Sie den vorliegenden Fragebogen aus, indem Sie die zutreffenden Antworten ankreuzen und an den entsprechenden Stellen die Angaben ergänzen.

Wenn Sie Fragen haben oder etwas nicht verstehen, wenden Sie sich an den Versuchsleiter.

1. Angaben zum Kind

Geburtsdatum	
Geschlecht	<input type="checkbox"/> weiblich <input type="checkbox"/> männlich
Aktuelle Schule	<input type="checkbox"/> Grundschule <input type="checkbox"/> Hauptschule <input type="checkbox"/> Realschule <input type="checkbox"/> Gesamtschule <input type="checkbox"/> Gymnasium <input type="checkbox"/> andere

2. Angaben zu den Eltern

Schulabschluss der Mutter	
Schulabschluss des Vaters	

3. Aktueller Gesundheitszustand Ihres Kindes

Gewicht: _____ kg

Körpergröße: _____ cm

			Wenn ja,
Wurde Ihr Kind in den letzten 7 Tagen geimpft?	<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Ja	Welche:
Sonstige akute Erkrankungen?	<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Ja	Welche:

4. Grunderkrankungen Ihres Kindes

Liegt oder lag bei Ihrem Kind eine der folgenden Grunderkrankungen vor?

Wenn „ja“ bitte den Zeitraum angeben			
Asthma bronchiale	<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Ja	
Häufiges Husten	<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Ja	
Adipositas (starkes Übergewicht)	<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Ja	
Vergrößerte Tonsillen (Mandeln)	<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Ja	
Kontakttonsillen (Gaumen- und Rachenmandeln berühren sich)	<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Ja	
Vergrößerte Adenoide (Polypen)	<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Ja	
Häufig Bauchschmerzen	<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Ja	
Choanalatresie oder Choanalstenose der Nase (Verschluss oder Verengung der hinteren Nasenöffnung)	<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Ja	
Häufiges Verschlucken	<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Ja	
Oft unklares Fieber	<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Ja	
Chronische Infektion der oberen Atemwege	<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Ja	
Große Zunge und /oder unvollständiger Mundschluss	<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Ja	
Trichterbrust oder Kielbrust (krankhafte Veränderung des Brustkorbs)	<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Ja	
Skoliose (Seitenverbiegung der Wirbelsäule)	<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Ja	
Gaumenspalte (Fehlbildung der Mundpartie)	<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Ja	
Herzfehler	<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Ja	
Andere akute oder chronische Erkrankungen (z.B. Syndrom); bitte beschreiben	<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Ja	

5. Schlafverhalten Ihres Kindes

Kommt Ihr Kind gut zur Ruhe, wenn es ins Bett gehen soll?	
Beschwert sich Ihr Kind über Alpträume? Wie oft?	
Schlafwandelt Ihr Kind? Wie oft?	
Sonstige Bemerkungen:	

6. Sonstiges

Schaut Ihr Kind gern Fernsehen?	
Gefallen Ihrem Kind gewalttätige Bücher/Spiele/Filme?	
Gefallen Ihrem Kind furchterregende Bücher/Spiele/Filme?	
Sonstige Bemerkungen:	

VIELEN DANK!!!



6. Informationen für Kinder

Liebe Kinder,

im Alltag begegnen uns allen die verschiedensten Situationen, die ganz unterschiedliche Gefühle hervorrufen können. Unser Gehirn zeigt bestimmte Aktivitäten, während wir verschiedene Gefühle erleben. Wir wollen genauer verstehen wie diese Aktivierung funktioniert und ob Schlaf uns hilft, diese Gefühle zu akzeptieren und zu bearbeiten.

Und dafür wollen wir Euch um Eure Hilfe bitten!

Wir werden euch verschiedene Bilder zeigen. Diese Bilder sollt ihr dann bewerten, je nachdem wie ihr euch während der Betrachtung der Bilder gefühlt habt, und wie stark diese Gefühle waren. Überlege nicht lange, sondern entscheide dich spontan, welches der Männchen deinem Gefühl am ehesten entspricht. Unter den Bildern sind alltägliche Fotos (zum Beispiel ein Handy), positive Fotos (ein lachendes Kind), und negative Fotos (zum Beispiel eine tote Ziege), bei deren Betrachtung ihr eventuell Freude, Überraschung, Wut, Trauer, Angst oder Schmerz empfinden werdet. Es geht einzig und allein um EURE Gefühle. Es gibt keine falschen Antworten, und wir werden keinem Fremden weitergeben, was ihr uns erzählt. Falls ihr euch nicht sicher seid, ob ihr mitmachen wollt, dürft ihr auch gerne erst einmal ein paar Beispiel-Bilder anschauen.

Da wir im Schlaflabor arbeiten, interessiert es uns vor allem wie sich Schlaf auf eure Gefühle auswirkt. Deshalb dürft ihr das gleiche Experiment zweimal machen. Das eine Mal werdet ihr abends zu uns kommen, die Bilder bewerten, dann eine Nacht bei uns schlafen, morgens wieder Bilder bewerten, und uns sagen, ob ihr manche davon wiedererkennt (Schlafgruppe). Das andere Mal werdet ihr morgens um ca. 8Uhr kommen und die Bilder-Aufgabe machen, dann einen ganz normalen Tag verbringen, und abends um ca. 19Uhr wieder bei uns die Bilder bewerten, und angeben, ob ihr manche davon wiedererkennt (Wachgruppe). Ob ihr zuerst in der Wach- oder Schlafgruppe seid, werden wir zufällig festlegen. Dazwischen werden 2 bis 4 Wochen sein.

Da wir auch an der Aktivität des Gehirns während euren Gefühlen interessiert sind, werden wir während des Experiments eure Gehirnaktivität mit einem speziellen Gerät messen. Wir werden dazu Elektroden mit ein bisschen Gel und Klebeband auf eurem Körper anbringen. Die Elektroden selbst können euch nicht wehtun, nur die Entfernung des Klebebands schmerzt etwas (wie beim Abziehen eines Pflasters). Die Elektroden bleiben auf eurem Körper während ihr die Bilder anschaut.

Da wir auch an der Aktivität des Gehirns während des Schlafs interessiert sind, werden wir diese mit Hilfe der Elektroden auf eurem Körper auch messen, während ihr schlaft. Außerdem bekommt ihr Elektroden auf die Brust, und welche an die Hand.

„Schlaf“-Tag: (alles ungefähre Uhrzeiten)

19:00 Uhr	Ankunft
19:30 Uhr	Nummer Spiel & Kolibri Spiel
19:45 Uhr	Anbringen der EEG-Elektroden
20:30 Uhr	Bewerten von Bildern
21:05 Uhr	Schlafen
8:00 Uhr	Aufstehen
8:15 Uhr	Frühstück
8:45 Uhr	Bewerten von Bildern
9:30 Uhr	Elektroden entfernen
9:50 Uhr	Abschied



„Wach“-Tag:

8:00 Uhr	Ankunft
8:30 Uhr	Anbringen der EEG-Elektroden
8:45 Uhr	Bewerten von Bildern
9:20 Uhr	Elektroden entfernen
9:40 Uhr	Abschied
-----	Actiwatch tragen (siehe unten)-----
19:00 Uhr	Ankunft
19:15 Uhr	Anbringen von EEG-Elektroden
20:00 Uhr	Bewerten von Bildern
20:45 Uhr	Elektroden entfernen
21:05 Uhr	Abschied



Vor dem Bewerten der Bilder bekommt ihr jeweils einen Fragebogen von uns, in dem ihr angeben dürft wie ihr euch fühlt, und wie müde ihr seid. Außerdem dürft ihr am Wach-Tag eine Uhr (Actiwatch) tragen, die eure Aktivität aufzeichnet, damit wir wissen, ob ihr an dem Tag eventuell ein Nickerchen gemacht habt.

Falls ihr euch während des Experiments unwohl fühlt, könnt ihr uns jeder Zeit Bescheid geben. Wir sind die ganze Zeit persönlich in der Nähe und kümmern uns um euch. Es besteht natürlich auch die Möglichkeit das Experiment jederzeit abzubrechen, wenn ihr nicht mehr teilnehmen wollt. Falls ihr Fragen habt, könntet ihr zu jeder Zeit einfach bei der Studienleiterin fragen. Außer den Gutscheinen und dem Geld, gibt es für euch keinen direkten Nutzen aus eurer Teilnahme, aber ihr helft uns den Zusammenhang zwischen Hirn, Emotionen und Schlaf zu verstehen.

Insgesamt werden bei dieser Studie etwa 30 Kinder teilnehmen. Die Teilnahme ist freiwillig, das heißt ihr könnt selbst entscheiden, ob Ihr mitmachen wollt. Bitte schreibt Euren Namen und das Datum auf dieses Blatt und kreuzt an, ob ihr mitmachen möchtet oder nicht.

Ja, ich will mitmachen. Datum _____

Nein, ich will lieber nicht mitmachen. Name _____

7. Telefonprotokoll

1. Einleitung

- Vorstellung
 - Name
 - Uni Tübingen Kinderschlaflabor
 - Erwähnen, woher man Kontaktdaten hat (Sie haben schon mal an einer Studie teilgenommen oder waren interessiert)
 - Studie über Schlaf und emotionale Reaktion bei Kindern
 - 1 Nacht im Schlaflabor, 1 normaler Tag mit einem Termin morgens und abends
 - Teilnehmergeld: 150 Euro
- Haben Sie gerade Zeit?
- Dauer des Gesprächs ca. 10-15min

2. Kontaktdaten

- Name: _____
- Name des Kindes: _____
- Alter des Kindes: _____
- Telefonnummer: _____
- Handynummer: _____
- Email-Adresse: _____
- Anschrift: _____
- Wodurch sind Sie auf uns aufmerksam geworden? (*entfällt, wenn aus Datenbank*)
 - Aushang Schule/Elternbrief Sonstiges: _____
- Einrichtung: _____

3. Info's zur Studie

- Schlaf und emotionale Reaktivität
- Schlaf hat positiven Effekt auf Gedächtnis, gibt es auch einen Effekt auf das emotionale Gedächtnis/die Reaktion?
- Untersucht wird der Einfluss des nächtlichen Schlafs auf die emotionale Reaktion bei Kindern
- Untersuchung beinhaltet eine Bewertung von emotionalen Bildern sowie die Aufzeichnung während des Schlafes von Gehirnaktivität mittels EEG, Herzfrequenz mittels EKG, mittels EOG und Hautaktivität mittels EDA
- Die Untersuchung findet bei uns im Institut statt
- **Bewerten von Bildern:** Es werden emotionale Bilder gezeigt, die dann nach Intensität und Empfinden bewertet werden. Es werden auch negativ

emotionale Bilder gezeigt (Trauer, Wut, Angst, Schmerz) (auf Nachfrage: Bsp.: weinendes Kind, Kriegsbilder, tote Tiere). Diese Bilder wurden auch schon in anderen Studien eingesetzt, und sind unbedenklich.

- EEG: Aufzeichnung mit kleinem Messgerät - besteht aus mehreren Elektroden, die körpereigene elektrische Signale aufzeichnen. Diese werden am Kopf, um die Augen und am Kinn angebracht.
- EKG: Elektroden an der Brust
- EOG: Elektroden neben den Augen
- EDA: Elektroden an der Hand
- **Ablauf:** 3 Termine
 - 1. Termin (abends): Bewerten von Bildern; über Nacht EEG-Messung bei uns im Schlaflabor; erneutes Bewerten von Bildern
 - 2. Termin (an einem anderen Tag morgens): Bewerten von Bildern
 - 3. Termin (abends am selben Tag): erneutes Bewerten von Bildern

4. Allgemeine Angaben zum Kind

- Geburtsdatum: _____
- Geschlecht: weiblich männlich
- Händigkeit: rechts links

5. Gesundheit und Schlafverhalten des Kindes

- 1) Hat Ihr Kind Allergien? (*nachfragen:* Pflaster?) ja nein
Wenn ja, welche? _____
- 2) Wurde Ihr Kind zu früh geboren? ja nein
- 3) Ist die Sehstärke normal oder korrigiert (mit Brille/Kontaktlinsen)? ja nein
- 4) Sind bei Ihrem Kind Vorerkrankungen bekannt? ja nein
(**ADHS**, Lernstörungen, neurologische Erkrankungen, psychische Erkrankungen)
Wenn ja, welche? _____
- 5) Hat Ihr Kind physische Behinderungen? ja nein
Wenn ja, welche? _____
- 6) Hat Ihr Kind Probleme mit der Atmung? ja nein
Wenn ja, welche? _____
- 7) Bekommt Ihr Kind Medikamente? ja nein
Wenn ja, welche? _____
- 8) Hatte Ihr Kind vor kurzem eine Operation? ja nein

9) Ist eine Leseschwäche in der Familie bekannt? ja nein weiß nicht

Kommentar

10) Ist eine Rechenschwäche in der Familie bekannt? ja nein weiß nicht

Kommentar

11) Wie viele Stunden schläft Ihr Kind durchschnittlich in der Nacht? ca. _____ h

12) Schläft Ihr Kind üblicherweise auch tagsüber? ja nein

Wenn ja, wann und wie lange? _____

13) Zu welcher Uhrzeit geht Ihr Kind abends normalerweise ins Bett? _____ Uhr

14) Wie lang benötigt Ihr Kind durchschnittlich zum nächtlichen Einschlafen?

Ca. __h __min

15) Schläft Ihr Kind die Nacht durch? ja nein sehr unterschiedlich

Wenn nein, wie häufig wird es nachts wach? Ungefähr _____ mal pro Nacht

6. Terminvergabe

Beachten:

- *normale Zu-Bett-Geh-Zeit und Aufwachzeit*
- *2. Termin über Nacht im Institut (ca. 19Uhr-9Uhr)*
- *3. Termin an einem Morgen (ca. 8 Uhr) und am Abend am selben Tag (ca.19 Uhr)*
 - 1. Termin (abends): Bewerten von Bildern; über Nacht EEG-Messung bei uns im Schlaflabor; erneutes Bewerten von Bildern
 - 2. Termin (an einem anderen Tag morgens): Bewerten von Bildern
 - 3. Termin (abends am selben Tag): erneutes Bewerten von Bildern

	Datum	Uhrzeit	Kommentar
1. Termin			
2. Termin			
3. Termin			

7. Verabschiedung

In den nächsten Tagen werden Sie noch ein paar schriftliche Informationen zur Studie zugeschickt bekommen, die Sie sich in Ruhe anschauen können.

Bedanken!

VIII. Literaturverzeichnis

1. Gerrig, R.J., P.G. Zimbardo, and R. Graf, *Psychologie*. 18., aktualis. Aufl., [Nachdr.] ed. ps psychologie. 2008, München [u.a.]: Pearson Studium. 830.
2. Banziger, T., D. Grandjean, and K.R. Scherer, *Emotion recognition from expressions in face, voice, and body: the Multimodal Emotion Recognition Test (MERT)*. *Emotion*, 2009. 9(5): p. 691-704.
3. Hamann, S., *Mapping discrete and dimensional emotions onto the brain: controversies and consensus*. *Trends in Cognitive Sciences*, 2012. 16(9): p. 458-466.
4. James-Lange-Theorie. Available from: <https://de.wikipedia.org/wiki/James-Lange-Theorie>.
5. Camras, L.A., et al., *Production of emotional facial expressions in European American, Japanese, and Chinese infants*. *Dev Psychol*, 1998. 34(4): p. 616-28.
6. Levenson, R.W., et al., *Emotion and autonomic nervous system activity in the Minangkabau of west Sumatra*. *J Pers Soc Psychol*, 1992. 62(6): p. 972-88.
7. Molgaard, H., K.E. Sorensen, and P. Bjerregaard, *Circadian variation and influence of risk factors on heart rate variability in healthy subjects*. *Am J Cardiol*, 1991. 68(8): p. 777-84.
8. Pace-Schott, E.F., et al., *Napping promotes inter-session habituation to emotional stimuli*. *Neurobiol Learn Mem*, 2011. 95(1): p. 24-36.
9. Cunningham, T.J., et al., *Psychophysiological arousal at encoding leads to reduced reactivity but enhanced emotional memory following sleep*. *Neurobiol Learn Mem*, 2014. 114: p. 155-64.
10. Bradley, M.M. and P.J. Lang, *Affective reactions to acoustic stimuli*. *Psychophysiology*, 2000. 37(2): p. 204-15.
11. Cheng, T.H. and C.G. Tsai, *Female Listeners' Autonomic Responses to Dramatic Shifts Between Loud and Soft Music/Sound Passages: A Study of Heavy Metal Songs*. *Front Psychol*, 2016. 7: p. 182.
12. Erlich, N., O.V. Lipp, and V. Slaughter, *Of hissing snakes and angry voices: human infants are differentially responsive to evolutionary fear-relevant sounds*. *Dev Sci*, 2013. 16(6): p. 894-904.
13. McManis, M.H., et al., *Emotional reactions in children: verbal, physiological, and behavioral responses to affective pictures*. *Psychophysiology*, 2001. 38(2): p. 222-31.
14. Park, G. and J.F. Thayer, *From the heart to the mind: cardiac vagal tone modulates top-down and bottom-up visual perception and attention to emotional stimuli*. *Front Psychol*, 2014. 5: p. 278.
15. Wagner, U., S. Gais, and J. Born, *Emotional memory formation is enhanced across sleep intervals with high amounts of rapid eye movement sleep*. *Learn Mem*, 2001. 8(2): p. 112-9.
16. Inostroza, M. and J. Born, *Sleep for preserving and transforming episodic memory*. *Annu Rev Neurosci*, 2013. 36: p. 79-102.
17. Pessoa, L., *On the relationship between emotion and cognition*. *Nat Rev Neurosci*, 2008. 9(2): p. 148-58.

18. Richardson, M.P., B.A. Strange, and R.J. Dolan, *Encoding of emotional memories depends on amygdala and hippocampus and their interactions*. Nat Neurosci, 2004. 7(3): p. 278-85.
19. Pare, D., D.R. Collins, and J.G. Pelletier, *Amygdala oscillations and the consolidation of emotional memories*. Trends Cogn Sci, 2002. 6(7): p. 306-314.
20. Diekelmann, S. and J. Born, *The memory function of sleep*. Nat Rev Neurosci, 2010. 11(2): p. 114-26.
21. Prehn-Kristensen, A., et al., *Sleep promotes consolidation of emotional memory in healthy children but not in children with attention-deficit hyperactivity disorder*. PLoS One, 2013. 8(5): p. e65098.
22. Walker, M.P., *The role of sleep in cognition and emotion*. Ann N Y Acad Sci, 2009. 1156: p. 168-97.
23. van der Helm, E., et al., *REM sleep depotentiates amygdala activity to previous emotional experiences*. Curr Biol, 2011. 21(23): p. 2029-32.
24. Baran, B., et al., *Processing of emotional reactivity and emotional memory over sleep*. J Neurosci, 2012. 32(3): p. 1035-42.
25. Werner, G.G., et al., *Pre- to postsleep change in psychophysiological reactivity to emotional films: Late-night REM sleep is associated with attenuated emotional processing*. Psychophysiology, 2015. 52(6): p. 813-25.
26. Feld, G.B., et al., *Central Nervous Insulin Signaling in Sleep-Associated Memory Formation and Neuroendocrine Regulation*. Neuropsychopharmacology, 2016. 41(6): p. 1540-50.
27. Tononi, G. and C. Cirelli, *Sleep function and synaptic homeostasis*. Sleep Med Rev, 2006. 10(1): p. 49-62.
28. Huber, R. and J. Born, *Sleep, synaptic connectivity, and hippocampal memory during early development*. Trends Cogn Sci, 2014. 18(3): p. 141-52.
29. Besedovsky, L., T. Lange, and J. Born, *Sleep and immune function*. Pflugers Arch, 2012. 463(1): p. 121-37.
30. Westermann, J., et al., *System consolidation during sleep - a common principle underlying psychological and immunological memory formation*. Trends Neurosci, 2015. 38(10): p. 585-97.
31. Anujou, K., et al., *Relationship between short sleep duration and cardiovascular risk factors in a multi-ethnic cohort - the helius study*. Sleep Med, 2015. 16(12): p. 1482-8.
32. Prehn-Kristensen, A., et al., *Sleep in children enhances preferentially emotional declarative but not procedural memories*. J Exp Child Psychol, 2009. 104(1): p. 132-9.
33. Iglowstein, I., et al., *Sleep duration from infancy to adolescence: reference values and generational trends*. Pediatrics, 2003. 111(2): p. 302-7.
34. Vyazovskiy, V.V., et al., *Sleep homeostasis and cortical synchronization: II. A local field potential study of sleep slow waves in the rat*. Sleep, 2007. 30(12): p. 1631-42.
35. Wilhelm, I., A. Prehn-Kristensen, and J. Born, *Sleep-dependent memory consolidation--what can be learnt from children?* Neurosci Biobehav Rev, 2012. 36(7): p. 1718-28.

36. Chauvette, S., J. Seigneur, and I. Timofeev, *Sleep oscillations in the thalamocortical system induce long-term neuronal plasticity*. *Neuron*, 2012. 75(6): p. 1105-13.
37. Campbell, I.G., et al., *Sex, puberty, and the timing of sleep EEG measured adolescent brain maturation*. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2012. 109(15): p. 5740-3.
38. Kinder, H.-W.-I.f.; Available from: https://de.wikipedia.org/wiki/Hamburg-Wechsler-Intelligenztest_f%C3%BCr_Kinder.
39. Span, M.; Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Memory_span.
40. Bermeitinger, C., *Lexikon der Psychologie*. Vol. 18. 2014, Bern: Verlag Hogrefe Verlag.
41. Task, P.V.; Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Psychomotor_vigilance_task.
42. Atienza, M. and J.L. Cantero, *Modulatory effects of emotion and sleep on recollection and familiarity*. *J Sleep Res*, 2008. 17(3): p. 285-94.
43. Groch, S., et al., *The role of REM sleep in the processing of emotional memories: evidence from behavior and event-related potentials*. *Neurobiol Learn Mem*, 2013. 99: p. 1-9.
44. McKeon, S., E.F. Pace-Schott, and R.M. Spencer, *Interaction of sleep and emotional content on the production of false memories*. *PLoS One*, 2012. 7(11): p. e49353.
45. Cellini, N., et al., *Sleep before and after learning promotes the consolidation of both neutral and emotional information regardless of REM presence*. *Neurobiol Learn Mem*, 2016. 133: p. 136-144.
46. Cairney, S.A., et al., *Complementary roles of slow-wave sleep and rapid eye movement sleep in emotional memory consolidation*. *Cereb Cortex*, 2015. 25(6): p. 1565-75.
47. Averill, J.R., et al., *Habituation to complex emotional stimuli*. *J Abnorm Psychol*, 1972. 80(1): p. 20-8.
48. Bolinger, E., J. Born, and K. Zinke, *Sleep divergently affects cognitive and automatic emotional response in children*. *Neuropsychologia*, 2018. 117: p. 84-91.
49. Mavjee, V. and J.A. Horne, *Boredom effects on sleepiness/alertness in the early afternoon vs. early evening and interactions with warm ambient temperature*. *Br J Psychol*, 1994. 85 (Pt 3): p. 317-33.
50. Brandenberger, G., et al., *Inverse coupling between ultradian oscillations in delta wave activity and heart rate variability during sleep*. *Clin Neurophysiol*, 2001. 112(6): p. 992-6.
51. Takahashi, M., H. Fukuda, and H. Arito, *Brief naps during post-lunch rest: effects on alertness, performance, and autonomic balance*. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 1998. 78(2): p. 93-8.

IX. Erklärung zum Eigenanteil

Die Konzeption der Studie erfolgte durch Professor Dr. Jan Born und Elaina Bolinger (M.Sc) und Dr. Katharina Zinke.

Sämtliche Versuche wurden nach Einarbeitung durch Elaina Bolinger von mir eigenständig, Angelika Lehrmann (studentische Hilfskraft) und Lilliam Hernandez-Reyes (Master-Studentin der Psychologie) durchgeführt.

Die statistische Auswertung erfolgte eigenständig durch mich. Bei Fragestellungen wurde ich von Elaina Bolinger, Dr. Katharina Zinke und Prof. Dr. Jan Born beraten.

Die Interpretation der Ergebnisse erfolgte nach Rücksprache mit Elaina Bolinger, Dr. Katharina Zinke und Prof. Dr. Jan Born.

Die Literaturrecherche erfolgte ausschließlich durch mich.

Ich versichere, das gesamte Manuskript selbständig verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.

Cristin Clar

X. Danksagung

Vor allem danke ich Herrn Professor Dr. Jan Born für die Möglichkeit meine Doktorarbeit im Kinderschlaflabor zu bearbeiten.

Sehr herzlich danke ich Elaina Bolinger, die mich ausführlich und kompetent anleitete, und über die ganze Zeit für Unterstützung zur Verfügung stand.

Auch danke ich Angelika Lehrmann und Lilliam Hernandez-Reyes für ihre tatkräftige Unterstützung bei der Durchführung der Experimente und Betreuung der Kinder.

Ein weiterer Dank geht an die Deutsche Forschungsgemeinschaft, die das Projekt finanziell unterstützte.

Ein großer Dank geht vor allem an alle Kinder, die mitgemacht haben, und mit denen ich eine lehrreiche, intensive und schöne Zeit verbracht habe.

XI. Lebenslauf

Wurde in der elektronischen Version entfernt