

Aus der Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie und –psychotherapie  
des Zentrums für Integrative Psychiatrie (ZIP)  
(Direktorin: Fr. Prof. Dr. Dr. Lioba Baving)  
im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel  
an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

## **Der Einfluss von Schlaf und Belohnung auf die Konsolidierung deklarativer Gedächtnisinhalte: Vergleich von Kindern und Erwachsenen**

Inauguraldissertation  
zur  
Erlangung der Doktorwürde der Medizin  
der Medizinischen Fakultät  
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von  
**Annie Böhmig**  
aus Braunschweig

Kiel 2018

1. Berichterstatter: PD Dr. rer. nat. Dipl.-Psych. Dr. Alexander Prehn-Kristensen

2. Berichterstatter: Prof. Dr. Matthias Laudes

Tag der mündlichen Prüfung: 01.03.2019

zum Druck genehmigt, Kiel, den 18.12.2019

gez.:

(Vorsitzender der Prüfungskommission)

# Inhalt

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | Einleitung.....  | 1  |
| 1.1   | Einführung.....  | 1  |
| 1.2   | Schlaf.....  | 2  |
| 1.3   | Gedächtnis.....  | 3  |
| 1.4   | Schlaf und die Gedächtnisfunktion .....  | 5  |
| 1.5   | Emotionen, Schlaf und die Gedächtnisfunktion.....  | 6  |
| 1.6   | Ableitung der Fragestellung .....  | 7  |
| 2     | Methoden.....  | 8  |
| 2.1   | Beschreibung der Stichprobe .....  | 8  |
| 2.2   | Material .....   | 10 |
| 2.2.1 | Diagnostik.....  | 10 |
| 2.2.2 | Gedächtnisparadigma .....  | 11 |
| 2.2.3 | Kontrolle weiterer Parameter .....   | 15 |
| 2.3   | Versuchsablauf.....  | 16 |
| 2.4   | Operationalisierung der Variablen.....   | 18 |
| 3     | Ergebnisse .....   | 20 |
| 3.1   | Erwachsenenstichprobe .....  | 20 |
| 3.2   | Gegenüberstellung der Kinderstichprobe (Juliane Schult, 2013) und der erhobenen<br>Erwachsenenstichprobe ..... | 23 |
| 3.3   | Müdigkeit und Schlaf.....  | 28 |
| 3.4   | Emotionalität und Belohnungsaussicht.....  | 29 |
| 4     | Diskussion.....  | 32 |
| 5     | Zusammenfassung.....   | 39 |
| 6     | Literaturverzeichnis.....  | 40 |
| 7     | Danksagung .....   | 43 |
| 8     | Referenz .....   | 44 |
| 9     | Anhang (Ethikvotum, Telefoncheckliste, Abend-/Morgenprotokoll, Tabellen).....                                  | 45 |

## **Abkürzungen**

|          |  |
|----------|--|
| ANOVA    | Analysis of Variance (Varianzanalyse)                    |
| CFT 20-R | Culture Faire Intelligenztest Revised Version            |
| DCS      | Diagnostikum für Cerebralschädigung                      |
| E        | Erwachsene   |
| EEG      | Elektroenzephalographie                                  |
| fMRT     | Funktionelle Magnetresonanztomographie                   |
| IQ       | Intelligenzquotient                                      |
| K        | Kinder   |
| M        | Mittelwert   |
| PFC      | Prefrontal Cortex  |
| R0       | Bildpaare mit niedriger Belohnungsaussicht (Punktwert 5) |
| R1       | Bildpaare mit hoher Belohnungsaussicht (Punktwert 25)    |
| REM      | Rapid Eye Movement                                       |
| SAM      | Self-Assessment Manikin                                  |
| SEM      | Standardfehler des Mittelwerts                           |
| SO       | Slow Oscillations (langsame Wellen)                      |
| SWS      | Slow Wave Sleep  |
| VTA      | Ventral Tegmental Area                                   |

# 1 Einleitung

## 1.1 Einführung

„Das Buch unters Kopfkissen legen“, diesen Rat hört vermutlich jeder im Laufe seines Lebens einmal, wenn er vor einer Prüfung steht. Die Idee vom positiven Einfluss des Schlafes auf die Gedächtnisfunktion ist in der Bevölkerung verbreitet und konnte auch auf wissenschaftlicher Ebene wiederholt in Studien nachgewiesen werden.

Kinder lernen auffällig schnell. Seien es die Meilensteine der Entwicklung wie Laufen und Sprechen, das schulische Lernen oder auch die Anpassung an neue Lebensumstände, Kinder weisen in jeglicher Art des Lernens eine Effizienz auf, die man als Erwachsener oft beneidet. Im Wissen um den positiven Schlafeffekt auf die Gedächtnisfunktion folgt die Frage, ob zwischen dem höheren Schlafbedarf, sowie der von der adulten Form abweichenden Schlafstruktur von Kindern und ihrem Lernerfolg ein Zusammenhang besteht. Trotz dieser naheliegenden Annahme ist die Studienlage zum Einfluss von Schlaf auf die Gedächtnisfunktion bei Kindern erstaunlich begrenzt. Ein positiver Schlafeffekt auf deklarative Lerninhalte wurde in den letzten Jahren erstmals für Kinder nachgewiesen, der direkte Vergleich zwischen Erwachsenen und Kindern ist noch wenig untersucht.

Manche Dinge lernt man leichter als andere. Einen Einflussfaktor auf die Gedächtnisfunktion stellt die (Zukunfts-)Relevanz der Lerninhalte dar. Diese kann beispielsweise durch negative oder positive Emotionen wie Angst oder Belohnungsaussicht gesteigert werden, welche wiederum die Gedächtnisfestigung im Schlaf zu fördern scheinen.

Juliane Schult untersuchte 2013 anhand einer Stichprobe von Kindern den Einfluss der beiden Faktoren Schlaf und Belohnungsaussicht auf die deklarative Gedächtnisfunktion. Um festzustellen, ob sich diese Faktoren bei Kindern stärker als bei Erwachsenen auswirken, wird in der vorliegenden Studie dasselbe Paradigma mit einer Erwachsenenstichprobe durchgeführt und die Daten beider Altersgruppen miteinander verglichen.

## 1.2 Schlaf

Der Schlaf wird nach seinen unterschiedlichen elektrophysiologischen Korrelaten in verschiedene Stadien eingeteilt. Die von Rechtschaffen und Kales 1968 etablierten Stadien wurden 2007 von der American Academy of Sleep Medicine überarbeitet (Iber et al.). Sie unterscheiden zwischen REM- und Non-REM-Schlaf. Dabei wird der Non-REM-Schlaf nochmals in N1, N2 und N3 unterteilt. Im Laufe der durchschlafenen Nacht werden REM- und Non-REM-Schlaf im Wechsel durchlaufen, wobei in der ersten Hälfte der Non-REM-Schlaf überwiegt, in der zweiten Hälfte der REM-Schlaf (Rasch und Born 2013). Abbildung 1 zeigt ein typisches Hypnogramm.

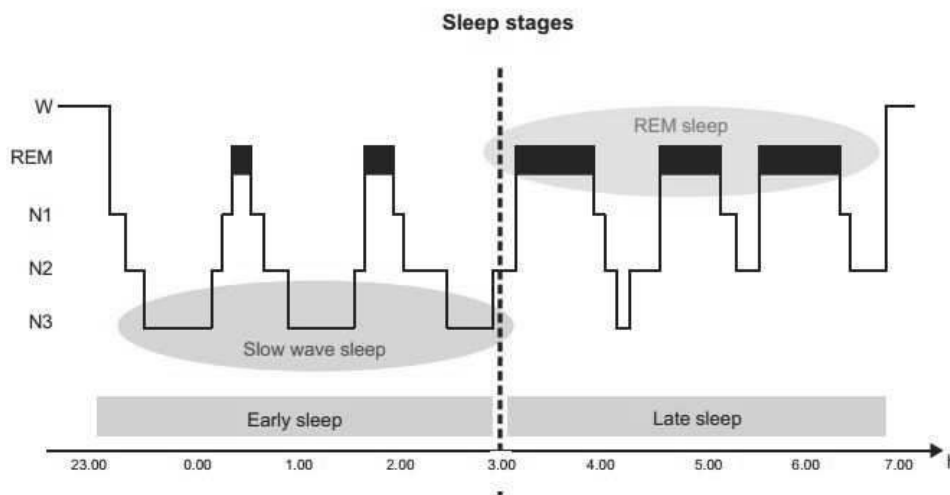
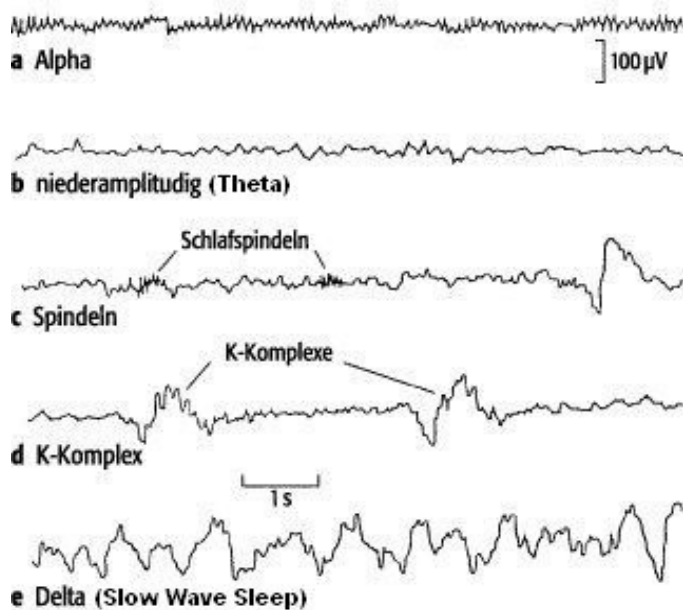


Abbildung 1: Schlafstadien in einem Hypnogramm (modifiziert aus: Rasch und Born, 2013; S. 682)

Der REM-Schlaf geht mit Wellen niedriger Spannung und hoher Frequenz im EEG einher. Es handelt sich dabei um Theta-, Alpha- und Betawellen (siehe Abb. 2 a-b).

Der Non-REM-Schlaf hingegen ist gekennzeichnet durch EEG-Wellen mit hoher Spannung und niedriger Frequenz (s. Abb. 2 c-e). N1 beinhaltet vorwiegend Theta-Wellen und repräsentiert die Übergangsphase vom Wach- zum Schlafzustand. Bei N2 kommen K-Komplexe und Schlafspindeln hinzu, man spricht von einem stabilen Schlaf. N3 steht schließlich für den Tiefschlaf (Slow Wave Sleep, SWS), dieser ist gekennzeichnet durch Deltawellen (0,5 bis 2 Hz) mit einem großen Anteil an langsamen Oszillationen <1 Hz (Slow Oscillations, SO).

Kinder weichen in ihrer Schlafstruktur in mehreren Parametern von der adulten ab. Die Schlafdauer, gemessen als Total Sleep Time (TST), ist länger und der prozentuale Anteil von sowohl REM-Schlaf als auch Slow Wave Sleep ist höher als bei Erwachsenen, die Anteile an N1 und N2 hingegen sind niedriger (Ohayon et al. 2004, Kahn et al. 1996). Dabei erreicht der Slow Wave Sleep ein Maximum um das zehnte Lebensjahr und sinkt während der Adoleszenz stark ab (Huber und Born 2014, Jenni und Carskadon 2004).



**Abbildung 2: EEG-Ableitungen im Schlaf**  
(aus: <http://www.spektrum.de/lexika/images/neuro/f3f930.jpg>,  
zuletzt aktualisiert 2001, zuletzt geprüft 13.12.2016)

### 1.3 Gedächtnis

Das Gedächtnis wird nach zwei Kriterien unterteilt. Zum einen zeitlich in Kurzzeit- und Langzeitgedächtnis, zum anderen inhaltlich in deklaratives und non-deklaratives (prozedurales) Gedächtnis.

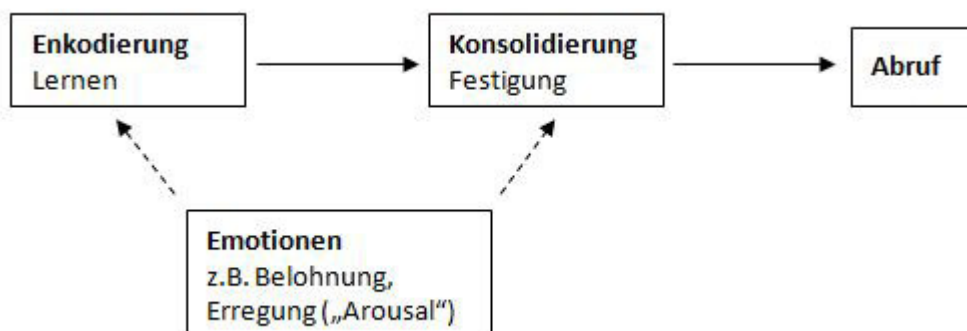
Das deklarative Gedächtnis beinhaltet bewusstes Wissen wie Fakten und episodische Ereignisse, während das prozedurale Gedächtnis eher unbewusstes Wissen wie Handlungsabläufe, Assoziationen oder Konditionierung speichert (Zola-Morgan und Squire 1993). Im Folgenden soll auf die für diese Arbeit relevante Funktion des deklarativen Gedächtnisses eingegangen werden.

Die mnestische Funktion wird in drei Phasen eingeteilt: die Enkodierung (Einprägen), die Konsolidierung (Behalten) und den Abruf der gelernten Inhalte.

Auf neuronaler Ebene löst während der Enkodierung ein Reiz ein spezifisches Erregungsmuster („Gedächtnisspur“) im Gehirn aus, welches zunächst schwach sein kann. Die Konsolidierung beschreibt den Prozess der Festigung dieser zunächst fragilen Gedächtnisspur einer neuen Information in ein dauerhaftes Engramm durch Integration in bereits vorhandenes Wissen, also durch Einbindung der Gedächtnisspur in bestehende neuronale Netzwerke (Rösler 2011). An dieser Festigung ist maßgeblich das mesolimbische System mit dem Hippocampus und dem präfrontalen Cortex beteiligt (s. Abb. 3). Dabei wird das der neuen Information entsprechende neuronale Erregungsmuster wiederholt abgespielt, bis es durch Anpassungen auf molekularer Ebene zur

längerfristigen oder dauerhaften Speicherung im Neocortex kommt (Milner et al. 1998, Eichenbaum 2000). Dieser Prozess führt nicht nur zur Speicherung, sondern auch zur Abstraktion und Generalisierung der Erinnerung, welche dadurch zunehmend unabhängig von spezifischen Kontexten anwendbar ist.

McGaugh (2013) beschreibt die Gedächtniskonsolidierung als formbaren Prozess, wobei durch die Emotionalität der zu verarbeitenden Information deren Transfer in das Langzeitgedächtnis positiv beeinflusst werden kann (siehe auch Wagner et al. 2001). Abbildung 3 stellt den deklarativen Gedächtnisprozess und den Einfluss der Emotionalität schematisch da.

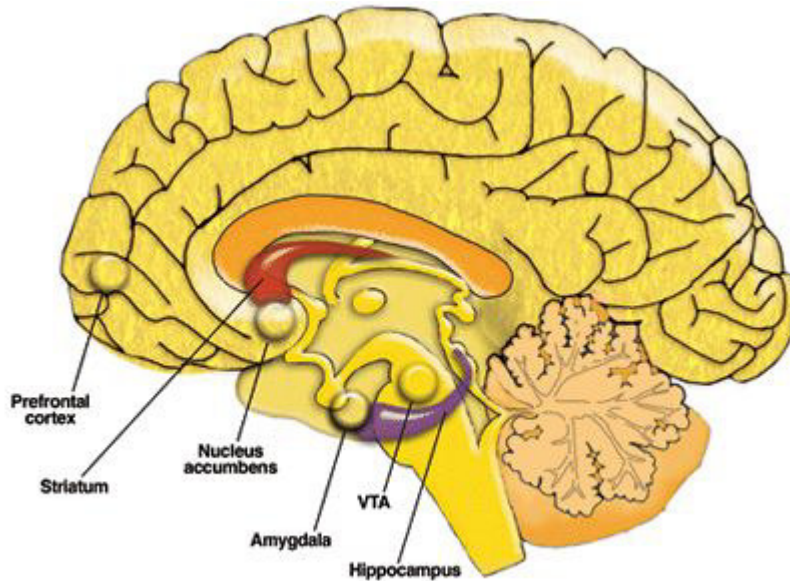


**Abbildung 3: Deklarativer Gedächtnisprozess und Einfluss der Emotionalität.** Die emotionale Wertung der Lerninhalte durch beispielsweise Belohnung (Aktivierung dopaminergener Neurone des mesolimbischen Systems) oder emotionaler Erregung (Aktivierung noradrenerger Neurone und der Amygdala) führt zu einer Stärkung der Enkodierung und Konsolidierung.

Auf neuronaler Ebene spielen dabei die Amygdala und das mesolimbische System eine Schlüsselrolle. Die entsprechenden Strukturen sind in Abbildung 4 dargestellt. Die Amygdala ist unter anderem für die emotionale Bewertung neuer Informationen zuständig. Ihre Aktivierung bei emotionaler Erregung (Arousal) ermöglicht eine selektive Festigung emotional signifikanter (salienter) Erinnerungen (McGaugh 2003 und 2013). Beispielsweise zeigten Liu et al. (2008) eine Verbesserung der Gedächtnisleistung durch die Induktion von positivem oder negativem Arousal kurz nach der Enkodierung.

Das mesolimbische System, bestehend aus dopaminergen Verbindungen des ventralen Tegmentums (ventral tegmental area, VTA) zu multiplen umliegenden Strukturen (u.a. Nucleus Accumbens, Striatum, PFC, Amygdala und Hippocampus) wird durch positive Emotionen aktiviert (Olds und Milner 1954, Perogamvros und Schwartz 2012). Eine gemeinsame Aktivierung mit hippocampalen Strukturen während der Konsolidierung wird für eine Stärkung belohnungsassoziierter Gedächtnisinhalte verantwortlich gemacht (Wittmann et al. 2005, Shigemune et al. 2014). Adcock et al. (2006) zeigten eine solche Stärkung beispielsweise anhand von monetärer Belohnungsaussicht.





**Abbildung 4: Das mesolimbische System**

(aus: [http://pubs.niaaa.nih.gov/publications/arh314/images/03\\_01.gif](http://pubs.niaaa.nih.gov/publications/arh314/images/03_01.gif), zuletzt aktualisiert am 08.04.2009, zuletzt geprüft am 13.12.2016)

## 1.4 Schlaf und die Gedächtnisfunktion

Der Schlaf bietet optimale Bedingungen für die Verarbeitung der vielen neuen Informationen, die uns über den Tag begegnen. Indem sich das Gehirn in dieser Phase über spezielle Mechanismen weitestgehend von neuem Input (und Output) abschottet, kann es ungestört Inhalte wiederholen, sortieren und integrieren (Rösler 2011).

Verhaltensdaten bestätigen die Stärkung der Konsolidierung von deklarativen Gedächtnisinhalten im Schlaf für Erwachsene (Walker und Stickgold 2006, Ellenbogen et al. 2006).

Neben diesen Verhaltensdaten wird zunehmend die Rolle der einzelnen Schlafphasen in der Gedächtniskonsolidierung mithilfe von EEG-Ableitungen untersucht.

Peigneux et al. zeigten 2004, dass sich hippocampale Aktivierungsmuster im EEG, die bei virtueller Begehung einer neuen Umgebung beobachtet wurden, während des Slow Wave Sleeps wiederholten. Während des Tiefschlafs scheinen die Slow Waves den Übergang neuer Inhalte vom „Zwischenspeicher“ im Hippocampus zum „Langzeitspeicher“ in den Neokortex zu fördern (Marshall et al. 2004, Steriade und Timofeev 2003) und stärken dabei vorwiegend die Festigung deklarativer Inhalte (Gais und Born 2004). Auch die Funktion von Schlafspindeln in diesem Prozess wird diskutiert (Huber und Born 2014, Maski 2015).

Der REM-Schlaf wird vornehmlich mit der Konsolidierung prozeduraler Inhalte diskutiert und scheint zudem in der Verknüpfung von Lerninhalten mit emotionalen Reizen eine wichtige Rolle zu spielen (Laureys et al. 2001, Nishida et al. 2009, Saletin et al. 2012).

Auch bei Kindern (8 bis 11 Jahre) wurde ein positiver Einfluss von Schlaf auf die deklarative Gedächtnisfunktion nachgewiesen (Wilhelm et al. 2012, Henderson et al. 2012, Backhaus et al. 2008). Die Rolle des Slow Wave Sleeps bei der deklarativen Gedächtniskonsolidierung von Erwachsenen (Marshall 2004, Peigneux et al. 2004, Steriade und Timofeev 2003) und die längere Gesamtschlafdauer bei Kindern, welche vor allem aus einer größeren Menge an SWS resultiert (Huber und Born 2014), legen nahe, dass Kinder bei der deklarativen Gedächtniskonsolidierung sogar mehr als Erwachsene vom Schlaf profitieren könnten. Nachdem Wilhelm et al. 2008 anhand einer 2D-Bildlokalisationsaufgabe einen zunächst einen vergleichbaren Einfluss des Schlafes bei Kindern und Erwachsenen feststellten, konnten Wilhelm et al. 2013 mit einem anderen Paradigma schließlich einen solchen Vorteil von Kindern gegenüber Erwachsenen feststellen. Dabei sollte anhand einer impliziten Lernaufgabe ein zugrunde liegendes explizites Muster aufgedeckt werden. Die Kinder profitierten dabei mehr von einer durchschlafenen Nacht als die Erwachsenen.

### **1.5 Emotionen, Schlaf und die Gedächtnisfunktion**

Der Schlaf festigt nicht wahllos alle neuen Gedächtnisinhalte, sondern stärkt insbesondere solche mit Zukunftsrelevanz und emotionaler Bewertung (Saletin et al. 2011, van Dongen et al. 2012). Man spricht auch von der „Salienz“, also der Bedeutsamkeit der Informationen.

Im Vergleich von neutralen und emotionalen Lerninhalten profitiert insbesondere die Konsolidierung der emotionalen Inhalte vom Schlaf im Vergleich zu einer Wachphase (Wagner et al. 2001, Hu et al. 2006). Man erklärt sich diesen Effekt durch die Aktivierung emotionaler Zentren wie der Amygdala, welche während des Schlafes dann zu einer verstärkten Reaktivierung und Prozessierung der emotionalen Information führt (Diekelmann et al. 2009, Shigemune et al. 2014).

In Anbetracht pädagogischer und soziologischer Alltagsrelevanz ist neben negativ emotionaler Erregung auch der Einfluss von Belohnungsaussicht auf die Gedächtnisfunktion von Bedeutung.

Wie oben (siehe 1.3) beschrieben, führt Belohnungsaussicht mit der Aktivierung mesolimbischer Strukturen zu einer verbesserten Konsolidierung. Perogamvros und Schwartz (2012) sehen auch hierbei einen Zusammenhang mit einer verstärkten Reaktivierung im Schlaf.

Um den Einfluss der Salienz auf die Konsolidierung getrennt von ihrem Einfluss auf die Enkodierung betrachten zu können, beschrieben McGaugh et al. (2000) eine Induktion von Salienz nach der Enkodierung. Ihren Probanden wurde also erst nach dem Lernen die Zukunftsrelevanz der Lerninhalte mitgeteilt. Dabei zeigte sich eine verbesserte Gedächtnisleistung der nachträglich für relevant erklärten Inhalte. Wilhelm et al. (2011) und van Dongen et al. (2012) zeigten, dass bei

deklarativen Lernaufgaben eine nachträgliche Induktion von Zukunftsrelevanz auch den positiven Schlafeffekt auf die Gedächtnisleistung vergrößerte.

Der Einfluss von Emotionen auf die kindliche Gedächtnisfunktion ist bislang wenig untersucht. Es wird angenommen, dass Kinder von dem Zusammenspiel von Schlaf und Salienz besonders profitieren. Sie weisen eine höhere Gesamtschlafdauer und mehr SWS auf (Ohayon et al. 2004, Kahn et al. 1996), welcher bei Erwachsenen die deklarative Gedächtnisfunktion stärkt (Marshall 2004, Peigneux et al. 2004, Steriade und Timofeev 2003). Da der Schlaf insbesondere emotionale Inhalte stärkt (Wagner et al. 2001, Hu et al. 2006), könnten Kinder hier besonders von ihrem längeren Schlaf profitieren. Prehn-Kristensen et al. untersuchten 2009 bei 10 bis 13-Jährigen das Wiedererkennen von neutralen und negativ emotionalen Bildern über eine Schlaf- und eine Wachphase. Dabei zeigten sich ein positiver Schlafeffekt sowie eine bessere Konsolidierung der negativ emotionalen Bilder. Weiterhin verglichen sie 2013 die Gedächtnisleistung für das Wiedererkennen negativ emotionaler Bilder (Erkennen „alt“ vs. „neu“) von Kindern und Erwachsenen. Kinder profitierten bei der Gedächtniskonsolidierung dabei tatsächlich mehr vom Schlaf als Erwachsene.

Schult untersuchte 2013 den Effekt von Belohnungsaussicht auf die Gedächtniskonsolidierung bei Kindern. Dabei sollten Kinder zwischen 9 und 11 Jahren in einem computerbasierten Memo-Spiel die Lokalisation von Bildpaaren auswendig lernen und erfuhren hinterher (in Anlehnung an v. Dongen, s. oben), welche Paare beim Abruf hoch belohnt würden und welche gering. Dabei verbesserte eine durchschlafene Nacht vornehmlich die Erinnerung an diese höher belohnten Bildpaare, die Konsolidierung der restlichen Paare unterschied sich kaum zwischen Wach- und Schlafphase.

### **1.6 Ableitung der Fragestellung**

Anhand der Zusammenhänge zwischen Schlaf, Emotionen und der Gedächtnisfunktion wird vermutet, dass Kinder aufgrund ihrer Schlafdauer und ihrer Schlafstruktur insbesondere bei der Konsolidierung emotionaler Gedächtnisinhalte mehr von einer durchschlafenen Nacht profitieren als Erwachsene. Wie oben beschrieben konnte dies bereits für negative Emotionen nachgewiesen werden.

Die Studie von Schult (2013) hat den Effekt von positiven Emotionen auf die schlafabhängige Gedächtniskonsolidierung von Kindern anhand von verschieden hoher Belohnungsaussicht nachgewiesen. Offen bleibt, ob dieser Effekt vergleichbar ist mit dem der Erwachsenen, oder ob sich auch hier ein größerer Effekt bei Kindern zeigt. Für einen Vergleich soll das von Schult verwendete Paradigma mit einer Erwachsenenstichprobe durchgeführt werden und folgende Fragestellung untersucht werden: Fördert der Schlaf bei Kindern die Konsolidierung belohnter Gedächtnisinhalte stärker als bei Erwachsenen?

## 2 Methoden

### 2.1 Beschreibung der Stichprobe

Die Versuchsdaten von 16 gesunden Kindern, acht Jungen und acht Mädchen zwischen 8 und 11 Jahren, lagen vor (Studie durchgeführt 2013 von Juliane Schult).

Gesucht wurden gesunde Männer und Frauen im Alter von 20-30 Jahren. Die untere Altersbegrenzung wurde gewählt, um im Gegensatz zu den Kindern Probanden mit ausgereifter Schlafstruktur zu untersuchen. Die obere Begrenzung von 30 Jahren wurde gewählt, um den Kindern eine möglichst homogene Gruppe gegenüber zu stellen. Es erfolgte die Rekrutierung einer Stichprobe von 16 gesunden Erwachsenen im ausgeglichenen Geschlechterverhältnis, welche vergleichbare Mittelwerte des Merkmales „altersabhängiger IQ“ zur Kinderstichprobe aufwies.

Die Akquise der Probanden erfolgte durch Aushänge in der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel sowie in Lebensmittelgeschäften in Kiel-Brunswik und Umgebung.

Wie bei der Kinderstichprobe wurden zum Ausschluss von Störungen im Schlaf- und Aufmerksamkeitsverhalten sowie einer zerebralen Schädigung verschiedene diagnostische Tests durchgeführt, die im Kapitel Material näher beschrieben sind. Es folgt Tabelle 1 mit den wichtigsten Stichprobenmerkmalen und Ausschlusskriterien (Cut-offs).

**Tabelle 1: Diagnostische Tests und Ausschlusskriterien (Cut-offs) der Stichprobe**

| Diagnostischer Test                                      | Cut-off                           |
|--|-----------------------------------|
| <b>Erwachsene</b>  |                                   |
| Grundintelligenztest Skala 2 (CFT 20-R), Testteil 1, min | IQ<85 oder IQ>130                 |
| Diagnosticum für Cerebralschädigung (DCS)                | Prozentrang ≤16                   |
| Symptom Checklist-90-Revised (SCL-90-R)                  | ≥62                               |
| Pittsburgh Schlafqualitätsindex (PSQI)                   | ≥5                                |
| ADHS-Selbstbeurteilungsskala (ADHS-SB)                   | ≥15                               |
| Wender Utah Rating Scale – dt. Kurzform (WURS-K)         | ≥30                               |
| <b>Kinder (Studie Juliane Schult 2013)</b>               |                                   |
| Grundintelligenztest Skala 2 (CFT 20-R), Testteil 1, min | IQ<85 oder IQ>130                 |
| Diagnosticum für Cerebralschädigung (DCS)                | Prozentrang ≤16                   |
| Pubertal Development Scale (Petersen et al, 1988)        | Fortgeschrittene Pubertät         |
| Child Behavior Checklist (AG Deutsche CBC, 1998)         | Gesamtwert≥60, Syndromskalen t≥67 |
| Sleep Self Report (Schwerdtle et al, 2010)               | Summenwert≥25                     |

## Methoden

Für eine genauere Beschreibung des diagnostischen Vorgehens bei der Kinderstichprobe wird auf die Arbeit von Juliane Schult verwiesen.

Für die festgelegte Stichprobengröße von 8 Männern und 8 Frauen wurden insgesamt 40 Probanden per Telefon kontaktiert, von denen 15 Personen nach einem Telefoninterview ausgeschlossen wurden. Es handelte sich dabei um 6 Männer und 9 Frauen, zum Ausschluss führten 6x chronische Erkrankungen, 3x Störungen im Schlafverhalten, 2x Leistungsprobleme, 2x Wohnen in zu weiter Entfernung, 1x Alter über 30 Jahre sowie 1x Drogenabusus. 25 Probanden wurden zur Diagnostik in das Zentrum für Integrative Psychiatrie (ZIP) geladen. Nach der Diagnostik kam es zum Ausschluss von 5 Männern und 8 Frauen, 1x wegen Terminversäumnis, 7x wegen Auffälligkeiten in den diagnostischen Tests (3x PSQI, 3x ADHS-SB, 2x DCS, 1x WURS-k, 1x CFT-R). Die Testergebnisse sind in Tabelle 2 beschrieben. Nach Ausschluss eines männlichen Probanden in der Versuchsphase wegen Krankheit wurde ein weiterer rekrutiert.

**Tabelle 2: Beschreibung der Stichproben** (je n=16) unter Angabe der Spannweite (Range), der Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD): Alter und diagnostische Tests

|  | Range     | M     | SD   |
|--|-----------|-------|------|
| <b>Erwachsene</b>                          |           |       |      |
| Alter bei Diagnostik                       | 21.3-29.6 | 24.8  | 2.4  |
| IQ *                                       | 85-120    | 106.3 | 9.5  |
| DCS-Prozentrang                            | 29-100    | 61.25 | 23.5 |
| SCL-90-R (PSDI)                            | 33-58     | 43.3  | 7.1  |
| PSQI-Summenwert                            | 1-4       | 2.7   | 1    |
| ADHS-SB-Summenwert                         | 0-11      | 5     | 3.4  |
| WURS-K-Summenwert                          | 1-28      | 10.4  | 8.4  |
| <b>Kinder (Studie Juliane Schult 2013)</b> |           |       |      |
| Alter bei Diagnostik                       | 8.4-11.6  | 9.8   | 1.2  |
| IQ*  | 85-119    | 107.7 | 10.0 |
| DCS-Prozentrang                            | 16.7-93.3 | 52.6  | 23.3 |
| Pubertal Development Scale                 | 1-3       | 1.3   | 0.6  |
| Sleep-Self-Report Summenwert               | 19-24     | 21.8  | 1.8  |
| Child Behavior Checklist Gesamtwert        | 30-59     | 43.9  | 7.5  |

\* kein signifikanter Unterschied (Kinder vs. Erwachsene) im Merkmal IQ ( $p=.719$ ) und DCS ( $p=.301$ )

## 2.2 Material

### 2.2.1 Diagnostik

Um eine in allen relevanten Bereichen normgerechte Probandengruppe zu erstellen, wurden diagnostische Verfahren zum Ausschluss von chronischen Erkrankungen, Störungen im Schlaf- und Aufmerksamkeitsverhalten sowie einer erhöhten psychischen Belastung ausgewählt.

Im Folgenden werden die diagnostischen Materialien in chronologischer Reihenfolge vorgestellt. Eigens entwickelte Fragebögen befinden sich im Anhang, für geläufige Tests wird auf die Quellen verwiesen.

Telefoncheckliste (siehe Anhang 2): Ein selbstentwickelter Fragebogen für das erste Telefon-Interview. Es werden u.a. persönliche Daten sowie das persönliche Schlafverhalten, chronische Erkrankungen und Medikationen erfragt.

Diagnosticum für Cerebralschädigung (Weidlich, Lamberti und Hartje 2001): Ein Test zum Ausschluss grober Defizite der figuralen Gedächtnisfunktion. Dabei werden dem Probanden neun Strichfiguren vorgezeigt, von denen er anschließend die behaltene mithilfe von fünf Holzstäbchen rekonstruieren soll. Es erfolgen maximal sechs Durchläufe, in denen der Proband sich steigern kann. Ein Prozentrang von  $\leq 16$  führte zum Ausschluss aus der Studie.

Culture Fair Intelligence Test (revised version) CFT 20-R (Weiß 2008): Es wird die Grundintelligenz anhand von figuralen und formal-logischen Aufgaben ermittelt, die innerhalb einer bestimmten Zeit durchgeführt werden müssen und sich in ihrem Schwierigkeitsgrad steigern. Der Test ist in zwei gleichartige Abschnitte unterteilt, von denen hier nur der erste Teil verwendet wurde ohne Testzeitverlängerung. Zum Ausschluss führte ein IQ  $\leq 85$  bzw.  $\geq 130$ , um einerseits das problemlose Verständnis der Aufgaben zu sichern und andererseits Einflüsse von Hochbegabung auszuschließen.

Symptom-Checklist 90-R (Derogatis 1994): Erfragt anhand von 90 Fragen die individuelle psychische Belastung eines Patienten. Jede Frage kann anhand einer fünfstufigen Skala von „überhaupt nicht“ bis „sehr stark“ beantwortet werden, wobei neun Skalen, u.a. Somatisierung und Depressivität, sowie drei Globalscores ausgewertet werden. Zum Ausschluss führte ein erhöhter PSDI (Positive Symptom Distress Index)  $\geq 62$ .

Pittsburgher Schlafqualitäts Index (Buysse et al. 1989): Ein Test zur Einschätzung der Schlafqualität. Erfasst wird dabei der Zeitraum der letzten vier Wochen. In die quantitative Bewertung fließen 18 Items, unter anderem zur Schlafqualität und Schlafgewohnheiten sowie zur Tagesmüdigkeit. Zum Ausschluss führten Werte  $\geq 5$ .

ADHS Selbstbeurteilungsskala und Wender Utah Rating Scale (beide Rösler et al. 2008): Die Tests dienen der Diagnostik von ADHS im Erwachsenenalter. Die ADHS-SB beurteilt dabei den aktuellen Zustand, die WURS-K retrospektiv Auffälligkeiten in der Kindheit. Die Fragen dienen der Selbstbeurteilung in Merkmalen, welche den Diagnosekriterien der DSM-IV und ICD-10 angepasst sind. Zum Ausschluss führte ein Summenwert von  $\geq 15$  (ADHS-SB) bzw.  $\geq 30$  (WURS-K).

### **2.2.2 Gedächtnisparadigma**

Es wurde das von Juliane Schult verwendete Gedächtnisparadigma übernommen und ein möglichst identischer Versuchsablauf der Gruppen „Kinder“ und „Erwachsene“ angestrebt.

Bei dem Paradigma handelt es sich um ein computer-basiertes „Memo-Spiel“ mit einer zweidimensionalen Bildlokalisationsaufgabe. Nacheinander werden vom Probanden eine Lerneinheit, ein Retentionsintervall und eine Abfrage durchlaufen. Dabei soll die Lokalisation von 18 Bildpaaren in einer 6x6-Matrix so gut wie möglich gelernt und wiedergegeben werden. Bei den Bildern handelt es sich um Alltagsgegenstände und Tiermotive.

Ein Punktesystem versieht die Hälfte der Bildpaare mit dem fiktiven Zahlenwert „25“, die andere Hälfte mit dem Wert „5“. Den Probanden wurde bei Erreichen einer hohen Punktzahl ein Spielzeug (Kinder, Studie Juliane Schult 2013) bzw. ein Geldbonus über 50€ (Erwachsene) in Aussicht gestellt. Somit stieg die Belohnungsaussicht der Bildpaare mit dem Wert „25“ (genannt R1 für hohe Relevanz gegenüber R0 für niedrige Relevanz). Diese Differenzierung ermöglichte den Vergleich der Konsolidierung von Lerninhalten mit niedriger Belohnungsaussicht gegenüber solcher mit hoher Belohnungsaussicht.

Um durch die Punktwerte nur die Gedächtniskonsolidierung und nicht die Enkodierung (das Lernen) zu beeinflussen, wurden sie erst nach Erlernen der Lokalisationen offengelegt.

Zum Vergleich der Gedächtnisverarbeitung während einer Wach- und einer Schlafphase durchlief jeder Proband zwei Versionen des Memo-Spiels. Eine in einer Wachbedingung, bei der er morgens die Position der Kartenpaare lernte und diese abends wiedergeben sollte und eine Version in der Schlafbedingung, in der er abends die Bildpositionen lernte und sie morgens wiedergeben sollte. Dabei wurden die Reihenfolge der Spiel-Versionen sowie der Beginn der Konsolidierungsbedingung (Schlaf oder Wach) innerhalb der Probanden ausbalanciert.

Abbildung 5 stellt den Ablauf des Paradigmas schematisch dar.

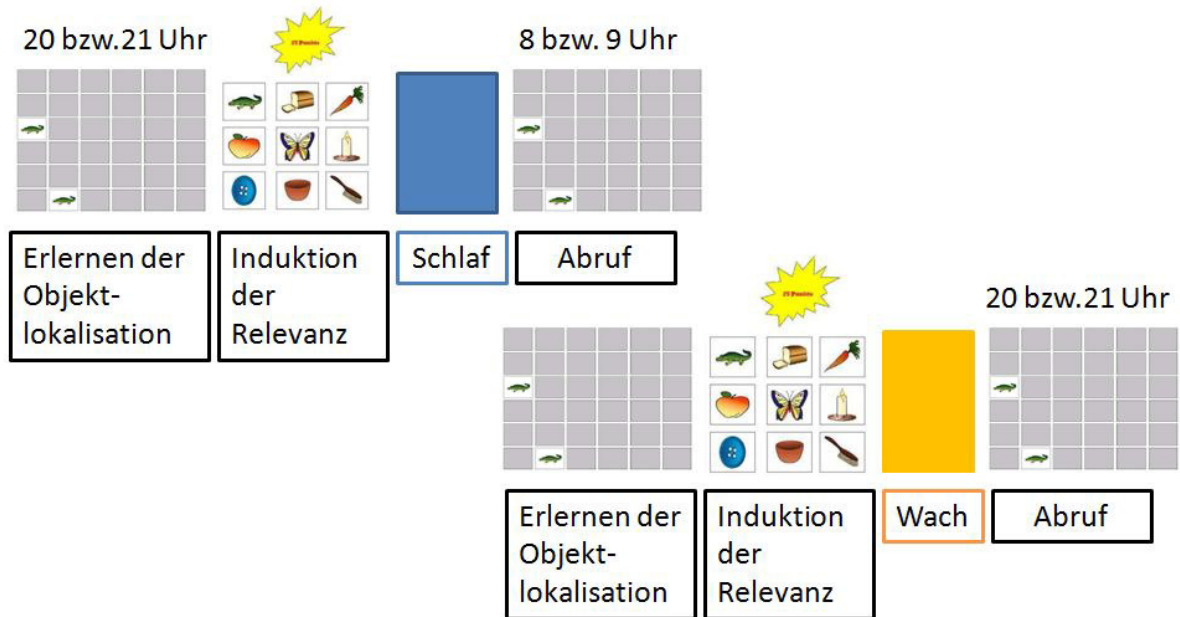


Abb. 5: Versuchsablauf Memospiel (Kinder: 8 und 20 Uhr, Erwachsene 9 und 21 Uhr)

Zur Wiedergabe des Paradigmas diente ein Notebook (HP ProBook, Bildschirm 15,5“) und die Software E-Prime 2.0. Getestet wurde um 9 bzw. 21 Uhr an einem ruhigen Arbeitsplatz in der Wohnung des Probanden. Es existieren zwei Bildversionen, die von den Probanden in ausgeglichener Verteilung in der Schlaf- und Wachbedingung durchlaufen wurden. Zwischen den Bedingungen wurde ein Intervall von mindestens zwei Wochen eingehalten, um eine inhaltliche Überlagerung zu vermeiden.

Das Programm startete mit Instruktionen zum Spiel und einem exemplarischen Beispiel mit lediglich zwei Bildpaaren. Es folgten weitere Instruktionen zum Ablauf und die Ankündigung über unterschiedliche Wertigkeiten der Bildpaare. Nachdem aufgetretene Fragen geklärt wurden begann die Lernphase. Dabei wurden zunächst alle Bildpaare gleichzeitig für einen beliebig langen Zeitraum präsentiert (siehe Abb.6).



## Methoden

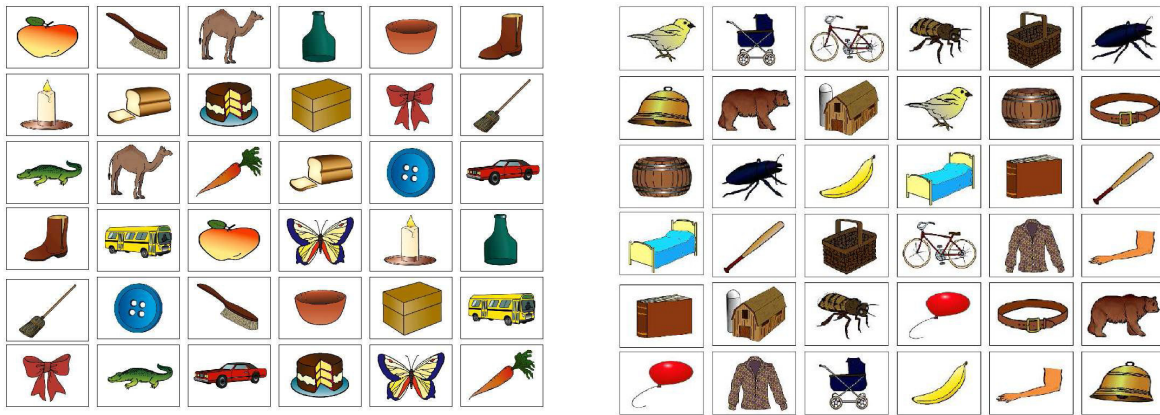


Abb. 6: Darbietung aller Bildpaare, Version 1 (links) und 2 (rechts)

Es folgte die Darbietung der einzelnen Paare nacheinander in zwei Durchläufen, wobei das Programm erst eine Karte aufgedeckte und nach einer Sekunde die zweite für weitere drei Sekunden (siehe Abb. 7). Der Proband wurde instruiert, sich bei dieser passiven Beobachtung die Lokalisation der nacheinander vom Computer aufgedeckten Bildpaare genau einzuprägen.

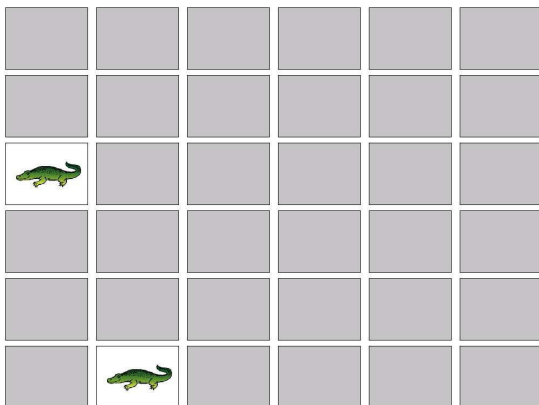


Abb. 7: Darbietung eines einzelnen Bildpaares (Bsp. aus Version 1)

Zuletzt wurden erneut alle Bildpaare gleichzeitig (wie Abb. 5) für eine beliebige Zeit präsentiert, bis der Proband die Abfrage starten wollte. Bei der Abfrage wurde stets ein Bild des Paares angezeigt und der Proband sollte das zweite Bild per Mausclick lokalisieren. Bei korrekter Angabe erschien ein Haken, bei falscher Angabe ein Kreuz bevor das Bild eingeblendet wurde (siehe Abb. 8).

## Methoden

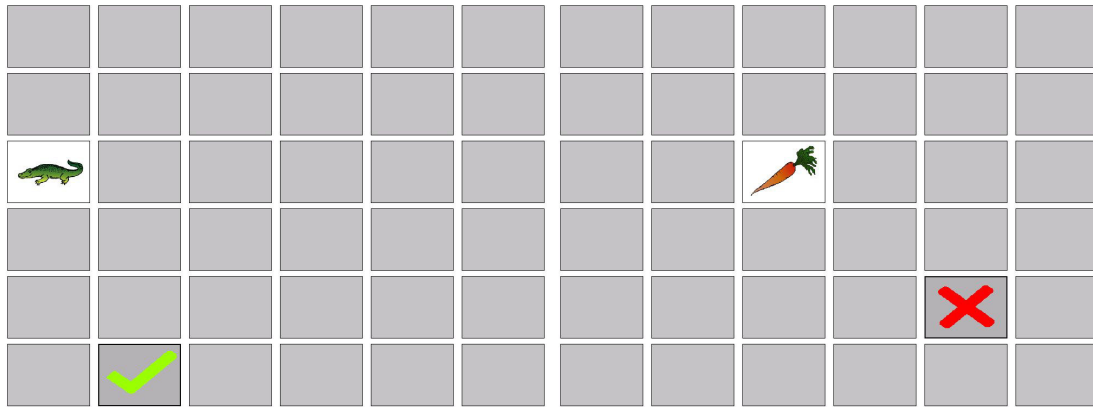


Abb. 8: Bildpaar richtig bzw. falsch lokalisiert (Bsp. aus Version 1)

Nach Durchlaufen aller 18 Bildpaare errechnete das Programm die Anzahl korrekt lokalisierter Bildpaare. Bei über 14 korrekt lokalisierten Bildpaaren endete das Memo-Spiel mit einem Glückwunsch an den Probanden. Bei unter 14 Bildpaaren (<75%) erschienen nochmals alle Bildpaare gleichzeitig, bis der Proband einen neuen Versuch starten wollte. Diese Abfolge wurde solange wiederholt, bis der Proband mindestens 14 der 18 Bildpaare korrekt lokalisierte.

Nach dem Lokalisationslernen erfolgte die Induktion der Relevanz anhand Erlernens verschiedener Punktwerte der Bildpaare. Dabei wurden dem Probanden nach Instruktion des Ablaufs alle 18 Motive, nach Punktwert sortiert, präsentiert (siehe Abb. 9).

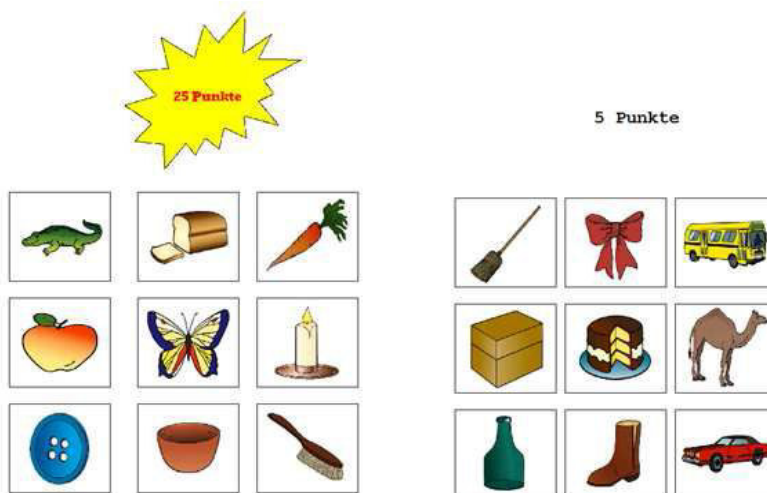
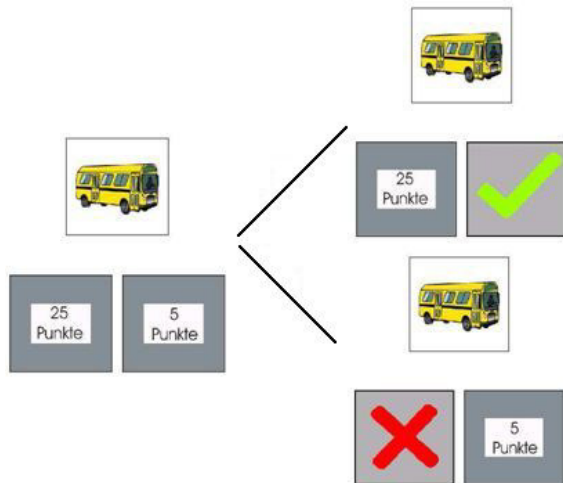


Abbildung 9: Darstellung der Motive sortiert nach Punktwert, Version 1

Wenn der Proband meinte, alle Motive zuordnen zu können, startete er den Abruf. Dabei wurde ihm nacheinander je ein Motiv präsentiert, welches er per Mausklick seinem Punktwert zuordnen sollte (siehe. Abb. 10).



**Abb. 10: Abfrage des Punktwertes mit korrekter bzw. falscher Antwort (Bsp. aus Version 1)**

Nach Abfrage der Punktwerte aller 18 Motive errechnete das Programm die Anzahl der korrekt zugeordneten Motive. Wenn alle 18 korrekt zugeordnet waren, erschien eine Gratulation an den Probanden und das Programm endete. Bei fehlerhaft zugeordneten Motiven wurde die Zuordnung nochmals beliebig lange präsentiert, bis der Proband einen neuen Versuch starten wollte. Es wurden so viele Durchgänge durchgeführt, bis der Proband alle 18 Motive der korrekten Punktzahl zuordnete.

Nach einem 12-stündigen Retentionsintervall, welches jeder Proband einmal über Tag (im Wachzustand) und einmal über Nacht (im gewohnten Schlafrythmus) durchlief, erfolgte die erneute Abfrage. Dabei wurde dem Proband wie nach dem Lerndurchgang ein Bild jeden Paares präsentiert mit der Aufforderung, per Mausklick das zweite zu lokalisieren. Es gab nur einen Versuch. Nach Durchlaufen aller Bildpaare wurde die Anzahl der korrekt lokalisierten Paare angezeigt und das Programm beendet.

### 2.2.3 Kontrolle weiterer Parameter

Self-Assessment Manikin „SAM“ (nach Bradley und Lang 1994, siehe auch Anhang 3): Es werden die drei Dimensionen Freude, Erregung und Dominanz anhand von Piktogrammen wiedergegeben. Für diese Studie wurde der SAM zu zwei Zeitpunkten verwendet. Einmal zur Abfrage des Allgemeinbefindens vor jeder Testung (Lernen und Abfrage), um mögliche Störinflüsse, wie z.B.

große emotionale Erregung, zu detektieren. Ein zweites Mal wurden die Dimensionen Freude und Erregung bei Präsentation der einzelnen Bildmotive nach dem Lernen abgefragt. Letzteres diente der Kontrolle, ob die Motive der Kartenpaare eventuell eine individuelle emotionale Wertung der Probanden erhielten, welche von den Punktwerten dissoziieren könnte (auch als „Manipulationscheck“ bezeichnet).

Abend- bzw. Morgenprotokoll (siehe Anhang 3): Selbstentwickelte Fragebögen u.a. zum Befinden des Probanden, zum Schlafverhalten, zur subjektiven Müdigkeit (anhand einer visuellen Skala von 0 bis 1) sowie zur Einnahme von Medikamenten. Diese Dokumentation ermöglichte die Detektion von Störquellen und wenn nötig auch den Ausschluss eines Probanden, falls beispielsweise kein normaler Schlaf gewährleistet wurde bzw. fälschlicherweise in der Wachbedingung geschlafen wurde. Bei der Kinderstichprobe wurde eine leicht abweichende Version verwendet.

Aktigraph (Atrappe)\*: Es handelt sich um einen Detektor am Handgelenk, der normalerweise die Bewegungen eines Probanden und somit Schlafmuster registriert und speichert. Damit sollte die Compliance der Probanden erhöht werden, während der Testung nicht vom gewöhnlichen Schlafrhythmus abzuweichen. In dieser Studie wurde aus ökonomischen Gründen lediglich eine Attrappe verwendet, es wurden keine Daten aufgezeichnet.

Kontrolle der Punktwerte\*: Bei der Abfrage wurde die Wertigkeit (R1=25 Punkte, R0=5 Punkte) der einzelnen Bildpaare abgefragt um zu kontrollieren, ob diese dem Probanden noch präsent waren.

\*Durchführung nur bei der Erwachsenenstichprobe

### **2.3 Versuchsablauf**

Der Ablauf teilte sich grob in drei Phasen: Akquise, Diagnostik und Versuchsphase. Nach telefonischer Kontaktaufnahme fand die Diagnostik in der Kinder- und Jugendpsychiatrie des Zentrums für integrative Psychiatrie (ZIP) statt. Dabei wurden die Probanden zuerst über den Ablauf der Studie aufgeklärt und eine Einwilligungserklärung unterschrieben. Es folgte die Durchführung der Tests mit anschließender Auswertung, und bei Bestehen, eine Terminabsprache für die Versuchsphase. Der Versuch fand jeweils um 9 beziehungsweise 21 Uhr beim Probanden zu Hause statt. Zwischen beiden Bedingungen (Schlaf und Wach) wurde ein Intervall von mindestens zwei Wochen eingehalten, um eine inhaltliche Überlagerung der beiden Memo-Versionen zu vermeiden. Die Stichprobe wurde parallel von Isabelle Bär zu einer Fragestellung zum non-deklarativen Gedächtnis verwendet (medizinische Dissertation: „Entwicklungsabhängige Schlafkonsolidierung emotional relevanter impliziter Gedächtnisinhalte“, Einreichung 2017), welches jeweils vor dem Memo-Spiel stattfand.

## Methoden

Diagnostik und Datenerhebung wurden gemeinsam durchgeführt. Tabelle 3 stellt den Gesamtablauf der Studie in Übersicht dar.

**Tabelle 3: Darstellung des Versuchsablaufs der Erwachsenenstichprobe**

| <b>Ablauf</b>                        | <b>Durchführung</b>  |
|--------------------------------------|--|
| Akquise                              | Aushänge in Universitätsgebäuden und Einkaufsläden   |
| Telefoncheckliste                    | Aufnahme persönlicher Daten, Ausschluss chronischer Krankheiten  |
| Diagnostik<br>(im ZIP)               | Grundintelligenztest CFT 20-R, Diagnosticum für Cerebralschädigung, Symptom-Checklist 90-R, Pittsburger Schlafqualitäts Index, ADHS-Selbstbeurteilungsskala, Wender Utah Rating Scale<br><br>Außerdem: Absprache der Versuchstermine   |
| Versuch<br>(beim Probanden zu Hause) | Lernen<br><br>SAM, Abend- bzw. Morgenprotokoll, Gedächtnisparadigma: Lernen der Kartenpaare (erst der Lokalisationen, dann der Punktwerte), Manipulationscheck<br><br>Abruf<br><br>SAM, Abend- bzw. Morgenprotokoll, Gedächtnisparadigma: Abruf der Positionen der Kartenpaare (dabei verbale Abfrage der Punktwerte)<br><br>Letzte Einheit: Aushändigung der Quittung (50€ Aufwandsentschädigung) |
| Auswertung                           | Ermittlung der besten vier Probanden, Aushändigung von je 50€ Bonus  |

## 2.4 Operationalisierung der Variablen

Ziel der Arbeit ist die Überprüfung der Hypothese, dass der Schlaf bei Kindern einen größeren Einfluss auf die Konsolidierung von Gedächtnisinhalten als bei Erwachsenen hat und dass dieser Einfluss bei Belohnungsaussicht besonders groß ist. Eingebracht wurden dafür drei unabhängige und eine abhängige Variable.

Die erste unabhängige Variable beschreibt die Relevanz (Belohnungsaussicht) in zwei Ausprägungen. Dafür erhielt die Hälfte der Kartenpaare durch den Punktwert 25 eine hohe Relevanz (R1). Bei korrekter Wiedergabe wurden mehr Punkte erzielt und somit auch die monetäre Belohnung wahrscheinlicher. Die andere Hälfte erhielt durch den Wert 5 eine niedrige Relevanz (R0). Die Relevanz entspricht somit der unterschiedlichen Belohnungsaussicht der Gedächtnisinhalte.

Die zweite unabhängige Variable ist definiert als Konsolidierung, ebenfalls in zwei Ausprägungen. Die Probanden durchliefen je eine Schlafbedingung (S), bei der um 21 Uhr die Enkodierung stattfand und nach einer normal durchschlafenen Nacht um 9 Uhr der Abruf der Gedächtnisinhalte folgte, und eine Wachbedingung (W), bei der die Enkodierung um 9 Uhr erfolgte und der Abruf um 21 Uhr des selben Tages. Während dieses 12h-Intervalls durfte nicht geschlafen werden.

Durch die dritte unabhängige Variable erfolgt die Beschreibung des Alters, aufgeteilt in die beiden Stichproben Kinder (K, Studie Juliane Schult 2013) und Erwachsene (E).

Die abhängige Variable definiert die Gedächtnisleistung als Differenz der Anzahl korrekter Kartenpaare im Abruf und der Anzahl korrekter Kartenpaare im letzten Lerndurchgang („base-line korrigierte Gedächtnisleistung“). Wenn nicht alle Paare aus der letzten Lernrunde behalten wurden, ergibt sich folglich ein negativer Wert (Anzahl der vergessenen Paare). Die base-line-Korrektur wurde vorgenommen, um den individuellen Ausgangswert nach der Lerneinheit zu berücksichtigen und somit eine reine Betrachtung der Gedächtniskonsolidierung ohne Einfluss der Lernleistung zu ermöglichen. Wiedergegeben wird die Gedächtnisleistung je für R1 und R0, für S und W sowie für die beiden Stichproben K und E.

Die Haupthypothese lautet, dass der positive Effekt des Schlafes auf die Konsolidierung deklarativer Gedächtnisinhalte mit Belohnungskomponente bei Kindern größer ist als bei Erwachsenen. Gemessen wird dies anhand des emotionalen Gedächtnisbias, welcher die Differenz aus der Gedächtnisleistung der höher und niedriger belohnten Gedächtnisinhalte bezeichnet (Gedächtnisleistung R1 – Gedächtnisleistung R0). Ein positiver Wert entspricht einer besseren Konsolidierung der höher belohnten Bildpaare, ein negativer Wert entspricht einer besseren Konsolidierung niedriger belohnten Bildpaare.

## Methoden

Um den Schlafeffekt messen zu können, wird die Differenz aus dem emotionalen Gedächtnisbias der Schlaf- und Wachkonsolidierung gebildet und anschließend zwischen beiden Altersgruppen verglichen.

H0: emotionaler Gedächtnisbias Schlaf – Wach Kinder  $\leq$  Erwachsene

H1: emotionaler Gedächtnisbias Schlaf – Wach Kinder  $>$  Erwachsene

Diese Hypothese wird mit einer mehrfaktoriellen Varianzanalyse (2 x 2 x 2 ANOVA) mit den Innersubjektfaktoren KONSOLIDIERUNG (Schlaf vs. Wach), BELOHNUNGSAUSSICHT (hoch vs. niedrig) und dem Zwischensubjektfaktor GRUPPE (Kinder vs. Erwachsene) überprüft. Es wird eine signifikante 3-fach-Interaktion erwartet, die anhand von T-Tests aufgelöst werden soll.

Die statistische Auswertung sowie die Erstellung von Graphen erfolgte mithilfe der Programme SPSS Version 24 ([www.spss.com](http://www.spss.com)) und Microsoft Office Excel 2007 ([www.microsoft.com](http://www.microsoft.com)).

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Erwachsenenstichprobe

Tabelle 4 beschreibt die deskriptive Statistik des Memo-Spiels der Erwachsenen, angegeben als Anzahl korrekt lokalisierter Bildpaare. Aufgeführt werden die Ergebnisse von Lernen und Abruf insgesamt sowie aufgeteilt in Bildpaare mit hoher Belohnungsaussicht (R1) und niedriger Belohnungsaussicht (R0). Anschließend ist die Gedächtnisleistung als Differenz korrekt lokalisierter Bildpaare am Ende der Lernphase und korrekt lokalisierter Bildpaare beim Abruf. Da die Probanden einen Teil der gelernten Bildpaare vergaßen, ergibt sie ein negativer Wert, die Anzahl vergessener Bildpaare.

**Tabelle 4: Ergebnisse des Memo-Spiels (Anzahl korrekt lokalisierter Bildpaare) der Erwachsenenstudie.** Angegeben ist der Mittelwert (Standardfehler des Mittelwerts). R1=Bildpaare mit hoher Belohnungsaussicht, R0=Bildpaare mit niedriger Belohnungsaussicht, Abruf-Lernen=Gedächtnisleistung als Anzahl vergessener Bildpaare.

| Erwachsene (SEM)                             |               |                     |
|--|---------------|---------------------|
| <b>Wach</b>                                  |               |                     |
| Lernen                                       | gesamt        | 15.81 (0.30)        |
|  | R1            | 7.50 (0.20)         |
|  | R0            | 8.31 (0.19)         |
| Abruf  | gesamt        | 13.06 (0.85)        |
|  | R1            | 5.69 (0.55)         |
|  | R0            | 7.38 (0.40)         |
| <b>Gedächtnisleistung<br/>(Abruf-Lernen)</b> | <b>gesamt</b> | <b>-2.75 (0.75)</b> |
|  | <b>R1</b>     | <b>-1.81 (0.48)</b> |
|  | <b>R0</b>     | <b>-0.94 (0.41)</b> |
| <b>Schlaf</b>                                |               |                     |
| Lernen                                       | gesamt        | 15.19 (0.22)        |
|  | R1            | 7.38 (0.25)         |
|  | R0            | 7.81 (0.18)         |
| Abruf  | gesamt        | 13.75 (0.74)        |
|  | R1            | 6.50 (0.51)         |
|  | R0            | 7.25 (0.38)         |
| <b>Gedächtnisleistung<br/>(Abruf-Lernen)</b> | <b>gesamt</b> | <b>-1.44 (0.70)</b> |
|  | <b>R1</b>     | <b>-0.88 (0.40)</b> |
|  | <b>R0</b>     | <b>-0.56 (0.35)</b> |



## Ergebnisse

Im Mittel wurden in der Wachkonsolidierung in der letzten Lernrunde 15.81 (SEM: 0.30) von 18 Bildpaaren korrekt lokalisiert und beim noch Abruf 13.06 (SEM: 0.85). Es wurden am Ende der Lernphase 88% (15.81 aus 18) Bildpaare korrekt lokalisiert und nach 12 Stunden noch 73% (13.06 aus 18). Die Gedächtnisleistung als Differenz der Beiden liegt in der Wachkonsolidierung bei 2.75 (SEM: 0.75) vergessenen Bildpaaren. Dies entspricht einer Konsolidierungsquote von 83% (13.06 aus 15.81). Aufgeteilt nach der Höhe der Belohnungsaussicht wurden in der Wachkonsolidierung im Mittel 7.50 (SEM: 0.20) von 9 Bildpaaren aus R1 (hohe Belohnungsaussicht) am Ende der Lernphase korrekt lokalisiert und 8.31 (SEM: 0.19) von 9 Bildpaaren aus R0 (niedrige Belohnungsaussicht). Es wurden am Ende der Lernphase also 83% der Bildpaare aus R1 und 92% der Bildpaare aus R0 korrekt lokalisiert. Beim Abruf wurden noch 5.69 (SEM: 0.55) Bildpaare aus R1 und 7.38 (SEM: 0.40) Bildpaare aus R0 korrekt lokalisiert. Es ergibt sich eine Konsolidierungsquote von 76% (5.69 aus 7.5 für R1 und 89% (7.38 aus 8.31) für R0 in der Wachphase entspricht. Zusammengefasst wurden in der Wachphase im Mittel 2.75 Bildpaare innerhalb der Konsolidierungsintervalls von 12 Stunden vergessen, wobei die Konsolidierungsquote der Bildpaare mit niedriger Belohnungsaussicht (R0) entgegen Erwartens mit 89% deutlich über der Konsolidierungsquote der Bildpaare mit hoher Belohnungsaussicht lag (76%).

Im Mittel wurden in der Schlafkonsolidierung in der letzten Lernrunde 15.19 (SEM: 0.22) von 18 Bildpaaren korrekt lokalisiert und beim noch Abruf 13.75 (SEM: 0.74). Es wurden am Ende der Lernphase 84% (15.19 aus 18) Bildpaare korrekt lokalisiert und nach 12 Stunden noch 76% (13.75 aus 18). Die Gedächtnisleistung als Differenz der Beiden liegt in der Schlafkonsolidierung bei 1.44 (SEM: 0.70) vergessenen Bildpaaren. Dies entspricht einer Konsolidierungsquote von 86% (13.75 aus 15.19). Aufgeteilt nach der Höhe der Belohnungsaussicht wurden in der Schlafkonsolidierung im Mittel 7.38 (SEM: 0.25) von 9 Bildpaaren aus R1 (hohe Belohnungsaussicht) am Ende der Lernphase korrekt lokalisiert und 7.81 (SEM: 0.18) von 9 Bildpaaren aus R0 (niedrige Belohnungsaussicht). Es wurden am Ende der Lernphase also 82% der Bildpaare aus R1 und 87% der Bildpaare aus R0 korrekt lokalisiert. Beim Abruf wurden noch 6.50 (SEM: 0.51) Bildpaare aus R1 und 7.25 (SEM: 0.38) Bildpaare aus R0 korrekt lokalisiert. Es ergibt sich eine Konsolidierungsquote von 88% (6.50 aus 7.38 für R1 und 93% (7.25 aus 7.81) für R0 in der Schlafphase entspricht. Zusammengefasst wurden in der Schlafphase im Mittel 1.44 Bildpaare innerhalb der Konsolidierungsintervalls von 12 Stunden vergessen, wobei die Konsolidierungsquote der Bildpaare mit niedriger Belohnungsaussicht (R0) mit 88% nahe an der Konsolidierungsquote der Bildpaare mit hoher Belohnungsaussicht lag (93%).

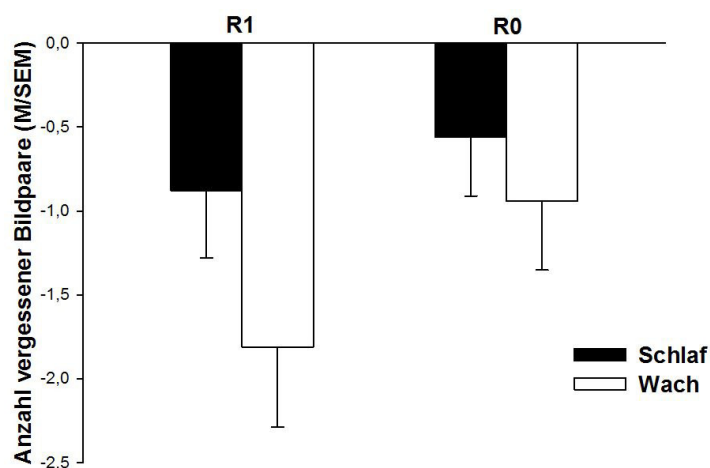
## Ergebnisse

Tabelle 5 zeigt die paarigen T-Tests zur statistischen Gegenüberstellung der Gedächtnisleistung für die Bildpaare mit hoher und niedriger Belohnungsaussicht sowie die Gedächtnisleistung der Wachkonsolidierung gegenüber der Schlafkonsolidierung. Keine der Gegenüberstellungen weist einen signifikanten Unterschied auf ( $p \geq .092$ ).

**Tabelle 5: Ergebnisse der paarigen T-Tests der Effekte KONSOLIDIERUNG und BELOHNUNGSAUSSICHT.** Angegeben sind der t- und p-Wert(2-seitig). R1= hochbelohnt, R0= niedrigbelohnt.

|                                  | t     | p    |
|----------------------------------|-------|------|
| <b>Erwachsene</b>                |       |      |
| KONSOLIDIERUNG (Schlaf vs. Wach) |       |      |
| R1                               | 1.80  | .092 |
| R0                               | 0.70  | .497 |
| BELOHNUNGSAUSSICHT (R1 vs. R0)   |       |      |
| Schlaf                           | -1.00 | .333 |
| Wach                             | -1.75 | .100 |

Abbildung 11 führt die Gedächtnisleistung der Erwachsenenstichprobe graphisch auf. Es sind zwar Unterschiede insbesondere für die Konsolidierung der Bildpaare mit hoher Belohnungsaussicht (R1) zwischen Schlaf- und Wachkonsolidierung (nach dem Schlaf mehr Bildpaare korrekt lokalisiert als nach der Wachphase), dieser Unterschied erreicht mit  $p = 0.92$  jedoch keine Signifikanz. Der Einfluss von der unterschiedlichen Belohnungsaussicht der Bildpaare (R1 vs. R0) blieb wider Erwartens sowohl in der Schlaf- als auch in der Wachkonsolidierung gering ( $p \geq .10$ )



**Abbildung 11: Graphische Darstellung der Gedächtnisleistung der Erwachsenen (n=16).** M=Mittelwert, SEM=Standardfehler des Mittelwerts, R1=hohe Belohnungsaussicht, R0=niedrige Belohnungsaussicht

### 3.2 Gegenüberstellung der Kinderstichprobe (Juliane Schult, 2013) und der erhobenen Erwachsenenstichprobe

Zum Vergleich der Gedächtnisleistung unter Einfluss von Schlaf und Belohnungsanreiz zwischen Kindern und Erwachsenen wurden die eigens erfassten Daten aus der Erwachsenenstichprobe mit den Daten der Kinderstichprobe von Juliane Schult aus dem Jahr 2013 gegenübergestellt. Die deskriptive Statistik der Ergebnisse des Memo-Spiels beider Stichproben ist in Tabelle 6 gegenübergestellt.

**Tabelle 6: Ergebnisse des Memo-Spiels (Anzahl korrekt lokalisierter Bildpaare) der Erwachsenenstichprobe gegenübergestellt der Kinderstichprobe. Daten der Kinder entnommen aus Schult (2013).** Angegeben ist der Mittelwert (Standardfehler des Mittelwerts). R1=Bildpaare mit hoher Belohnungsaussicht, R0=Bildpaare mit niedriger Belohnungsaussicht, Abruf-Lernen=Gedächtnisleistung als Anzahl vergessener Bildpaare. Vergleich Kinder vs. Erwachsene mit t- und p-Wert (2-seitig).

|  |               | Kinder (SEM)        | Erwachsene (SEM)    | t            | p           |
|--|---------------|---------------------|---------------------|--------------|-------------|
| <b>Wach</b>                                  |               |                     |                     |              |             |
| Lernen                                       | gesamt        | 14.87 (0.27)        | 15.81 (0.30)        | 2.29         | .029        |
|  | R1            | 7.25 (0.23)         | 7.50 (0.20)         | 0.81         | .426        |
|  | R0            | 7.63 (0.26)         | 8.31 (0.19)         | 2.12         | .043        |
| Abruf  | gesamt        | 12.50 (0.59)        | 13.06 (0.85)        | 0.53         | .598        |
|  | R1            | 5.44 (0.38)         | 5.69 (0.55)         | 0.367        | .717        |
|  | R0            | 7.06 (0.30)         | 7.38 (0.40)         | 0.61         | .546        |
| <b>Gedächtnisleistung<br/>(Abruf-Lernen)</b> | <b>gesamt</b> | <b>-2.38 (0.52)</b> | <b>-2.75 (0.75)</b> | <b>-0.40</b> | <b>.691</b> |
|  | <b>R1</b>     | <b>-1.81 (0.37)</b> | <b>-1.81 (0.48)</b> | <b>0</b>     | <b>1</b>    |
|  | <b>R0</b>     | <b>-0.56 (0.29)</b> | <b>-0.94 (0.41)</b> | <b>-0.73</b> | <b>.470</b> |
| <b>Schlaf</b>                                |               |                     |                     |              |             |
| Lernen                                       | gesamt        | 14.75 (0.25)        | 15.19 (0.22)        | 1.29         | .206        |
|  | R1            | 6.62 (0.24)         | 7.38 (0.25)         | 2.14         | .041        |
|  | R0            | 8.13 (0.18)         | 7.81 (0.18)         | -1.20        | .238        |
| Abruf  | gesamt        | 13.50 (0.43)        | 13.75 (0.74)        | 0.29         | .777        |
|  | R1            | 6.13 (0.30)         | 6.50 (0.51)         | 0.62         | .541        |
|  | R0            | 7.37 (0.33)         | 7.25 (0.38)         | -0.24        | .809        |
| <b>Gedächtnisleistung<br/>(Abruf-Lernen)</b> | <b>gesamt</b> | <b>-1.25 (0.46)</b> | <b>-1.44 (0.70)</b> | <b>-0.22</b> | <b>.828</b> |
|  | <b>R1</b>     | <b>-0.50 (0.29)</b> | <b>-0.88 (0.40)</b> | <b>-0.74</b> | <b>.466</b> |
|  | <b>R0</b>     | <b>-0.75 (0.32)</b> | <b>-0.56 (0.35)</b> | <b>0.39</b>  | <b>.703</b> |

Die Überprüfung der Haupthypothese mittels ANOVA (auch dargestellt in Tabelle A1, siehe Anhang 4) ergab, dass die vermutete Dreifachinteraktion KONSOLIDIERUNG x BELOHNUNGSAUSSICHT x

GRUPPE die Signifikanz verfehlte [ $F(1,30)= 1.39, p= .248$ ]. Hingegen zeigten sich die Haupteffekte KONSOLIDIERUNG [ $F(1,30)= 4.44, p= 0.44$ ] und BELOHNUNGSAUSSICHT [ $F(1,30)= 6.74, p= .014$ ] sowie die Interaktion KONSOLIDIERUNG x BELOHNUNGSAUSSICHT [ $F(1,30)= 6.72, p= .015$ ] als signifikant. Der Haupteffekt GRUPPE wurde nicht signifikant [ $F(1,30)= 0.17, p= .683$ ].

### 3.2.1 Haupthypothese

Es wurde vermutet, dass der Schlaf bei der Kinderstichprobe (Juliane Schult, 2013) die Konsolidierung belohnter Gedächtnisinhalte stärker fördert als bei der neu erhobenen Erwachsenenstichprobe. Dafür wurde der emotionale Bias (Differenz aus Gedächtnisleistung R1 und R0) bestimmt und die Differenz aus den Werten der Schlaf- und der Wachkonsolidierung gebildet (Tab. 7). Wie beschrieben verfehlte die Dreifachinteraktion KONSOLIDIERUNG x BELOHNUNGSAUSSICHT x GRUPPE in der ANOVA die Signifikanz [ $F(1,30)= 1.39, p= .248$ ], sodass die Haupthypothese verworfen werden muss.

**Tabelle 7: Interaktion aus Konsolidierung und Belohnungsaussicht (emotionaler Bias Schlaf – emotionaler Bias Wach), Kinderstichprobe und Erwachsenenstichprobe im Vergleich;** angegeben ist der Mittelwert der Gedächtnisleistung mit dem Standardfehler des Mittelwerts (SEM); Schlaf=Schlafkonsolidierung, Wach=Wachkonsolidierung, Differenz=Schlaf-Wach, Gesamt=Erwachsene und Kinder; Vergleich Schlaf vs. Wach mit t- und p-Wert (2-seitig). Daten der Kinderstichprobe entnommen aus Schult (2013)

|            | Schlaf (SEM) | Wach (SEM)   | Differenz (SEM) | t    | p    |
|------------|--------------|--------------|-----------------|------|------|
| Gesamt     | -0.03 (0.26) | -1.06 (0.32) | 1.03 (0.40)     | 2.58 | .015 |
| Kinder     | 0.25 (0.40)  | -1.25 (0.40) | 1.50 (0.59)     | 2.57 | .021 |
| Erwachsene | -0.31 (0.31) | -0.88 (0.50) | 0.56 (0.54)     | 1.04 | .314 |

Trotz mangelnder Signifikanz erfolgt eine explorative Überprüfung der Haupthypothese. Im Gruppenvergleich der Gedächtnisleistung mittels T-Test unabhängiger Stichproben konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden ( $p \geq .466$ , siehe Tab. 6).

Die 2-fach Interaktion zwischen den Faktoren BELOHNUNGSAUSSICHT x KONSOLIDIERUNG geht wie erwartet vor allem auf die Kinderstichprobe von Juliane Schult (2013) zurück (s. Abb. 12): In der Kinderstichprobe wurden höher belohnte Bildpaare in der Schlafbedingung besser erinnert als in der Wachbedingung [ $t(15)= 2.37, p= .031$ ]. Bei niedrigbelohnten Paaren findet sich ein solcher Unterschied nicht [ $t(15)= -0.55, p= .594$ ]. In der Wachbedingung hingegen finden sich eine schlechtere Erinnerungsleistung der höher belohnten gegenüber der niedrigbelohnten Bildpaare [ $t(15)= -3.10, p= .007$ ].

Hingegen erreichen die Einzelvergleiche innerhalb der neu erhobenen Erwachsenenstichprobe wie oben beschrieben keine Signifikanz ( $p \geq .092$ , siehe Abb. 11). Somit deuten die Daten zumindest an,

## Ergebnisse

dass der Einfluss des Schlafes auf die Konsolidierung hochbelohnter Gedächtnisinhalte bei Kindern größer ist als dies bei Erwachsenen der Fall ist.

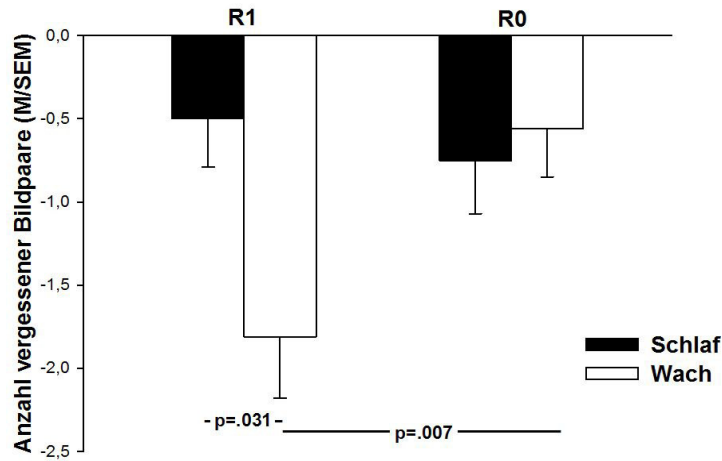


Abbildung 12: Graphische Darstellung der Gedächtnisleistung der Kinder (n=16), Studie Juliane Schult (2013). M=Mittelwert, SEM=Standardfehler des Mittelwerts, R1=hohe Belohnungsaussicht, R0=niedrige Belohnungsaussicht

### 3.2.2 Haupteffekt der Konsolidierung (über beide Stichproben)

Der signifikante Haupteffekt KONSOLIDIERUNG [ $F(1,30)= 4.44$ ,  $p= 0.044$ ] zeigt auf, dass die Gedächtnisleistung über die eigene Erwachsenenstichprobe und die Kinderstichprobe (Schult, 2013) in der Schlafbedingung ( $M= -1.34$ ,  $SEM= 0.42$ ) den Gedächtnisleistungen in der Wachbedingung ( $M= -2.56$ ,  $SEM= 0.46$ ) überlegen waren (siehe Abb. 13).

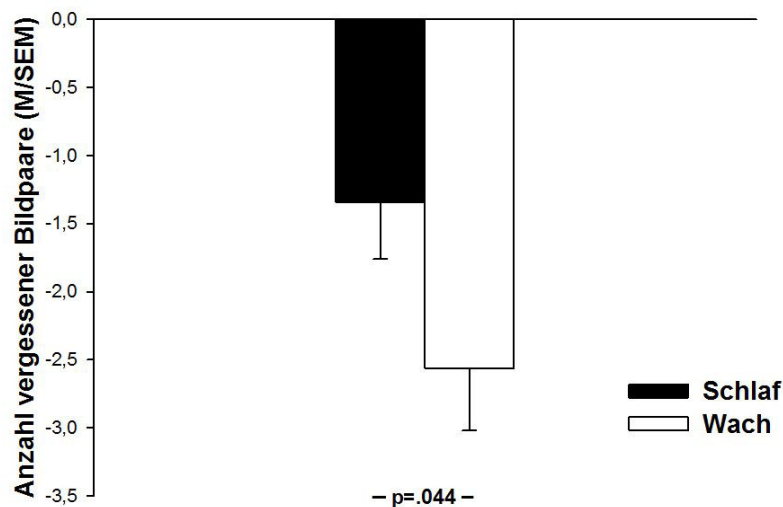
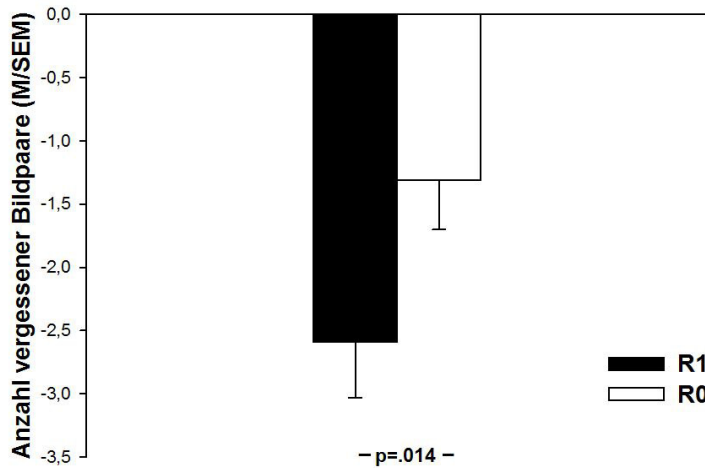


Abbildung 13: Effekt der Konsolidierung in der Gesamtgruppe (K+E, n=32). M=Mittelwert, SEM=Standardfehler des Mittelwerts. Daten der Kinderstichprobe aus Schult (2013)

### 3.2.3 Haupteffekt der Belohnungsaussicht (über beide Stichproben)

Auch der Haupteffekt BELOHNUNGSAUSSICHT wurde signifikant [ $F(1,30)= 6.74$ ,  $p= .014$ ]. Dieser Haupteffekt weist darauf hin, dass die Gedächtnisleistung über die eigene Erwachsenenstichprobe und die Kinderstichprobe (Schult, 2013) bei höher belohnten Inhalten (R1;  $M= -2.59$ ,  $SEM= 0.44$ ) den Leistungen bei niedrig belohnten Inhalten (R0;  $M= -1.31$ ,  $SEM= 0.39$ ) unterlegen war (siehe Abb. 14).



**Abbildung 14: Effekt der Belohnungsaussicht in der Gesamtgruppe (K+E, n=32).** M=Mittelwert, SEM=Standardfehler des Mittelwerts, R1=hohe Belohnungsaussicht, R0=niedrige Belohnungsaussicht. Daten der Kinderstichprobe aus Schult (2013)

**Interaktion zwischen den Faktoren Belohnungsaussicht und Konsolidierungsbedingung (über beide Stichproben)**

Die Interaktion BELOHNUNGSAUSSICHT x KONSOLIDIERUNG wurde über die eigene Erwachsenenstichprobe und die Kinderstichprobe (Schult, 2013) signifikant [ $F(1,30)= 6.72, p= 0.15$ ]. Eine Auflösung der Interaktion zeigte, dass in der Schlafbedingung im Vergleich zur Wachbedingung hochbelohnte Paare besser erinnert wurden [ $t(31)= 3, p= .005$ , siehe auch Abb. 15]. Interessanterweise wurden in der Wachbedingung deutlich mehr hochbelohnte Paare vergessen als niedrigbelohnte [ $t(31)= -3.35, p= .002$ ].

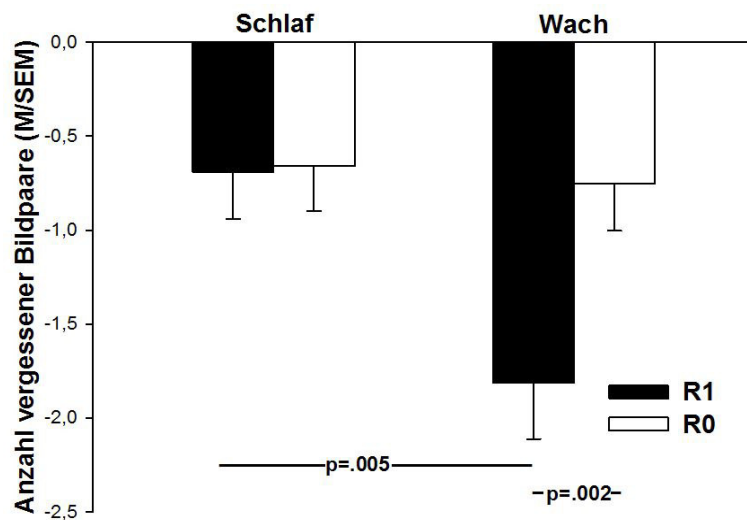


Abbildung 15: Vergleich des Effektes der Belohnungsaussicht in der Schlaf- und der Wachkonsolidierung in der Gesamtgruppe (K+E, n=32). M=Mittelwert, SEM=Standardfehler des Mittelwerts, R1=hohe Belohnungsaussicht, R0=niedrige Belohnungsaussicht. Daten der Kinderstichprobe aus Schult (2013)

### 3.3 Müdigkeit und Schlaf

Die subjektive Müdigkeit der Probanden wurde bei jeder Sitzung abgefragt, die Ergebnisse finden sich in Tabelle 8. Aufgrund des Stichprobenvergleiches werden die Daten der Kinderstichprobe von Schult (2013) hier mit aufgeführt. Die Auswertung der Müdigkeitseinschätzung erfolgte mithilfe einer 3-faktoriellen ANOVA mit den Innersubjektfaktoren KONSOLIDIERUNG (Schlaf vs. wach) und SESSION (Lernen vs. Abruf) sowie dem Zwischengruppenfaktor GRUPPE (Kinder vs. Erwachsene; siehe auch Anhang 4, Tab. A3). Es zeigt sich dabei lediglich ein Haupteffekt für den Faktor KONSOLIDIERUNG [ $F(1,30) = 4.80, p = .037$ ], der aufzeigte, dass die Teilnehmer in der Wachbedingung angaben, müder zu sein als in der Schlafkonsolidierung. Alle weiteren ANOVA-Effekte wurden nicht signifikant ( $p \geq .3$ ). Auch in der Gegenüberstellung der Kinder- und Erwachsenenstichproben konnten keine signifikanten Unterschiede in der Müdigkeit festgestellt werden ( $p \geq .241$ ).

**Tabelle 8: Subjektive Müdigkeit (Skala 0 bis 1).** Angegeben ist der Mittelwert (Standardfehler des Mittelwerts) der Konsolidierung (Schlaf, Wach) und der Tageszeit (morgens, abends) für beide Gruppen (Kinder und Erwachsene). Vergleich Kinder vs. Erwachsene t- und p-Wert (2-seitig). Daten der Kinderstichprobe aus Schult (2013).

|                  | Kinder (SEM)       | Erwachsene (SEM)   | T    | P    |
|------------------|--------------------|--------------------|------|------|
| <b>Wach</b>      |                    |                    |      |      |
| <b>gesamt</b>    | <b>0.62 (0.05)</b> | <b>0.67 (0.03)</b> | 0.74 | .466 |
| Lernen (morgens) | 0.63 (0.07)        | 0.69 (0.04)        | 1.04 | .309 |
| Abruf (abends)   | 0.62 (0.06)        | 0.65 (0.06)        | 0.24 | .813 |
| <b>Schlaf</b>    |                    |                    |      |      |
| <b>gesamt</b>    | <b>0.56 (0.04)</b> | <b>0.61 (0.03)</b> | 0.80 | .428 |
| Lernen (abends)  | 0.60 (0.06)        | 0.61 (0.05)        | 0.16 | .873 |
| Abruf (morgens)  | 0.52 (0.06)        | 0.60 (0.04)        | 1.20 | .241 |

Es handelt sich um eine visuelle Skala von „sehr wach“ (0) bis „sehr müde“ (1)

Ebenfalls anhand des Abend- bzw. Morgenprotokolls konnte die Schlafzeit (Total Sleep Time, in Stunden) der Probanden vor und während des Durchlaufens des Gedächtnisparadigmas ermittelt und verglichen werden. Es ergab sich eine durchschnittlich längere Schlafzeit der Kinder im Vergleich zu den Erwachsenen [ $t(15) = 0.807, p < .001$ ]. Die Schlafdauer betrug zwischen 7.9 und 9.9 Stunden bei den Kindern, zwischen 6.3 und 8.9 Stunden bei den Erwachsenen (Kinder  $M = 8.91$  mit  $SEM = 0.14$ , Erwachsene  $M = 7.47$  mit  $SEM = 0.14$ ).



### 3.4 Emotionalität und Belohnungsaussicht

Bei jeder Sitzung wurde anhand eines Self-Assessment-Manikins (SAM) das **subjektive Befinden** der Probanden in den Dimensionen Valenz (unglücklich - glücklich), Arousal (aufgeregt - entspannt) und Dominanz (fremdbestimmt - selbstbestimmt) abgefragt (Tab. 9). Auch hier werden die Daten der Kinderstichprobe von Schult (2013) der Erwachsenenstichprobe gegenübergestellt.

**Tabelle 9: Subjektives Befinden in den Dimensionen „Valenz“, „Arousal“ und „Dominanz“** Angegeben ist der Mittelwert (Standardfehler des Mittelwerts) der Konsolidierung (Schlaf, Wach) und der Tageszeit (morgens, abends) für beide Gruppen (Kinder und Erwachsene). Vergleich Kinder vs. Erwachsene t- und p-Wert (2-seitig). Daten der Kinderstichprobe aus Schult (2013)

|                  | Kinder (SEM) | Erwachsene (SEM) | t     | P    |
|------------------|--------------|------------------|-------|------|
| <b>VALENZ</b>    |              |                  |       |      |
| <b>Wach</b>      |              |                  |       |      |
| Gesamt           | 2.50 (0.32)  | 1.31 (0.32)      | 2.97  | .006 |
| Lernen (morgens) | 2.25 (0.37)  | 1.38 (0.41)      | 1.59  | .122 |
| Abruf (abends)   | 2.75 (0.23)  | 1.25 (0.34)      | 3.67  | .001 |
| <b>Schlaf</b>    |              |                  |       |      |
| Gesamt           | 1.84 (0.35)  | 1.41 (0.28)      | 0.96  | .343 |
| Lernen (abends)  | 2.00 (0.43)  | 1.81 (0.31)      | 0.36  | .725 |
| Abruf (morgens)  | 1.69 (0.40)  | 1.00 (0.37)      | 1.28  | .211 |
| <b>AROUSAL</b>   |              |                  |       |      |
| <b>Wach</b>      |              |                  |       |      |
| Gesamt           | 5.16 (0.40)  | 4.50 (0.37)      | 1.19  | .245 |
| Lernen (morgens) | 4.88 (0.54)  | 4.44 (0.52)      | 1.22  | .233 |
| Abruf (abends)   | 4.69 (0.55)  | 4.44 (0.51)      | 0.58  | .565 |
| <b>Schlaf</b>    |              |                  |       |      |
| Gesamt           | 5.22 (0.48)  | 4.56 (0.36)      | 1.10  | .281 |
| Lernen (abends)  | 5.69 (0.51)  | 5.00 (0.42)      | 1.05  | .303 |
| Abruf (morgens)  | 4.75 (0.53)  | 4.13 (0.41)      | 0.94  | .356 |
| <b>DOMINANZ</b>  |              |                  |       |      |
| <b>Wach</b>      |              |                  |       |      |
| Gesamt           | 1.22 (0.40)  | 1.56 (0.33)      | -0.66 | .515 |
| Lernen (morgens) | 1.25 (0.37)  | 1.50 (0.34)      | -0.68 | .504 |
| Abruf (abends)   | 1.44 (0.36)  | 1.50 (0.33)      | -0.50 | .624 |
| <b>Schlaf</b>    |              |                  |       |      |
| Gesamt           | 0.94 (0.39)  | 1.34 (0.32)      | -0.80 | .430 |
| Lernen (abends)  | 0.75 (0.43)  | 1.50 (0.34)      | -1.36 | .184 |
| Abruf (morgens)  | 1.13 (0.41)  | 1.19 (0.34)      | -0.12 | .907 |

Es handelt sich um piktographische Skalen von -4 bis +4 für „Valenz“ (unglücklich – glücklich) und „Dominanz“ (fremdbestimmt – selbstbestimmt) bzw. von 1 bis 9 für „Arousal“ (entspannt - aufgeregt)

## Ergebnisse

Die varianzanalytische Auswertung mit den Faktoren KONSOLIDIERUNG, TAGESZEIT und GRUPPE ergab für die Angaben auf der Skala „Valenz“ einen Haupteffekt GRUPPE [ $F(1,30)= 5.24, p= .029$ ] sowie eine Interaktion zwischen allen drei Faktoren [ $F(1,30)= 4.65, p= .039$ ], andere ANOVA-Effekte wurden nicht signifikant (siehe Anhang 4, Tab. A4). Die Auflösung der 3-fach Interaktion zeigte, dass sich Kinder im Vergleich zu Erwachsenen nur am Abend in der Wachbedingung glücklicher einschätzen [ $t(30)= 2.97, p= .006$ ]. Weitere Einzelvergleiche dieser 3-fach Interaktion wurden nicht signifikant (siehe auch Tab. 9).

In den Dimensionen „Arousal“ ( $p \geq .06$ ) und „Dominanz“ ( $p \geq .135$ ) ergaben sich keine signifikanten Haupteffekte oder Interaktionen, insbesondere nicht unter Einbezug des Faktors GRUPPE ( $p \geq .1$ ; siehe Anhang 4, Tab. A4).

Zudem wurde protokolliert, ob Probanden Fehlverhalten aufwiesen (u.a. Schlafen während der Wachbedingung, Drogenkonsum) sowie ob äußere Gegebenheiten auftraten, die die Ergebnisse verfälschen könnten (außergewöhnliche Ereignisse, Krankheit, etc.). Laut Protokoll hielten sich alle Probanden an die Verhaltensanweisung.

Mit dem „**Manipulationscheck**“ wurde nach dem Lernen der Belohnungsaussicht anhand eines Self-Assessment-Manikins (SAM) mit den Dimensionen Valenz (unglücklich - glücklich) und Arousal (aufgeregt - entspannt) überprüft, was der Proband bei Anblick jedes Bildmotivs empfand. Dadurch sollte ermittelt werden, ob andere Einflüsse auf die emotionale Relevanz mit der Punktwertigkeit interagierten (Tab. 10). Auch hier werden die Daten der Kinderstichprobe von Schult (2013) der Erwachsenenstichprobe gegenübergestellt.

**Tabelle 10: Manipulationscheck: Subjektives Empfinden beim Anblick der Bildmotive in den Dimensionen „Valenz“ und „Arousal“.** Angegeben ist der Mittelwert (Standardfehler des Mittelwerts) für Bildpaare von R1 (hohe Belohnungsaussicht) und R0 (niedrige Belohnungsaussicht) für beide Gruppen (Kinder und Erwachsene). Vergleich Kinder vs. Erwachsene t- und p-Wert (2-seitig). Daten der Kinderstichprobe aus Schult (2013)

|                | Kinder (SEM) | Erwachsene (SEM) | T    | p    |
|----------------|--------------|------------------|------|------|
| <b>VALENZ</b>  |              |                  |      |      |
| R1             | 1.74 (0.20)  | 1.23 (0.20)      | 1.80 | .083 |
| R0             | 1.35 (0.23)  | 0.69 (0.17)      | 2.39 | .023 |
| <b>AROUSAL</b> |              |                  |      |      |
| R1             | 4.92 (0.29)  | 4.40 (0.28)      | 1.26 | .217 |
| R0             | 5.29 (0.24)  | 4.56 (0.31)      | 1.89 | .069 |

Es handelt sich um piktographische Skalen von -4 bis +4 für „Valenz“ (unglücklich – glücklich) bzw. von 1 bis 9 für „Arousal“ (entspannt - aufgeregt)

## Ergebnisse

Die varianzanalytische Auswertung ergab, dass höher belohnte Bildmotive über beide Stichproben auf der Skala „Valenz“ höhere Werte erzielten als die niedrig belohnten [ $F(1,30)= 10.6, p= .003$ ]. Zudem bewerteten die Kinder im Vergleich zu den Erwachsenen die Bildmotive unabhängig des Belohnungswertes mit einer höheren Valenz [ $F(1,30)=6.01, p= .020$ ]. Weitere Effekte wurden nicht signifikant (siehe Anhang 4, Tab. A5).

Beim Arousal zeigte sich ein gegenläufiger Effekt der Belohnungsaussicht: Niedrig belohnte Bildmotive wurden in der Gesamtgruppe als „erregender“ eingestuft [ $F(1,30)= 5.91, p= .021$ ]. Hier wurde zwischen den Gruppen kein signifikanter Unterschied festgestellt [ $F(1,30)= 2.65, p= .114$ ].

Nach Durchführung der Kinderstichprobe stellte sich die Frage, ob die verschiedene Belohnungsaussicht der Bildpaare von den Probanden erinnert wurde. Daraufhin wurde bei der Erwachsenenstichprobe beim Abruf eine **Abfrage der Punktwerte** durchgeführt.

Im Mittel wurden 0.78 von 18 Bildpaaren (4.3%) einem falschen Punktwert und somit einer falschen Belohnungsaussicht zugeordnet (Schlaf  $M=0.25$  mit  $SEM=0.11$ , Wach  $M=1.31$  mit  $SEM=0.43$ ). Im Vergleich wurden in der Wachkonsolidierung signifikant mehr Punktwerte falsch zugeordnet als in der Schlafkonsolidierung [ $t(15) = 2.51, p= .024$ ].

## 4 Diskussion

Bei der Konsolidierung deklarativer Lerninhalte profitieren wir vom Schlaf (Walker und Stickgold 2006, Ellenbogen et al. 2006) und zwar insbesondere vom Tiefschlaf mit seinem Slow Wave Sleep (Plihal und Born 1997 und 1999, Rasch und Born 2013). Die Verbesserung der Gedächtnisleistung durch eine Schlaf- gegenüber einer Wachphase zeigt sich vor allem bei emotionalen Inhalten (Wagner et al. 2001, Hu et al. 2006, van Dongen et al. 2012). Erste Vergleiche zwischen Kindern und Erwachsenen lassen annehmen, dass dieser Effekt bei Kindern durch ihren längeren Schlaf, welcher anteilig vor allem mehr Slow Wave Sleep enthält (Ohayon et al. 2004, Huber und Born 2014), noch größer sein könnte (Prenn-Kristensen et al. 2013, Wilhelm et al. 2013). Nachdem Prenn-Kristensen et al. 2013 einen solchen Vergleich zwischen Kindern und Erwachsenen anhand von negativ emotionalen Inhalten untersuchte, folgte nun die Untersuchung in Form von Lerninhalten mit unterschiedlicher Belohnungsaussicht. Es wurde erwartet, dass die Kinderstichprobe von Schult (2013) bei der Gedächtniskonsolidierung insbesondere hochbelohnter Gedächtnisinhalte stärker von einer Schlafphase profitieren als die neu erhobene Erwachsenenstichprobe.

Der Einfluss von Belohnung und Schlaf wurde anhand des emotionalen Bias in der Schlaf- gegenüber der Wachkonsolidierung untersucht. Statistisch fiel dieser Einfluss bei den Erwachsenen wider Erwarten nicht kleiner aus als bei den Kindern. Jedoch wurde bei der Erwachsenenstichprobe im Gegensatz zu der Kinderstichprobe keine verstärkte Konsolidierung höher belohnter Inhalte über die Schlafphase nachgewiesen. Dieses Ergebnis kann zumindest als weiterer Hinweis gesehen werden, dass der Schlafeffekt auf die Gedächtniskonsolidierung bei Erwachsenen weniger stark ausgeprägt ist als bei Kindern.

In der Gesamtgruppe wurde die Gedächtnisleistung einerseits durch die unterschiedlich hohe Belohnung und andererseits durch die Konsolidierungsbedingung beeinflusst. Dabei konnte wie erwartet ein positiver Schlafeffekt festgestellt werden, der bereits vielfach für Erwachsenen (u.a. Ellenbogen et al. 2006, Diekelmann et al. 2011, Saletin und Walker 2011) und auch für Kinder (Wilhelm et al. 2012, Henderson et al. 2012, Backhaus et al. 2008) nachgewiesen wurde.

Weiterhin wurde erwartet, dass die Induktion einer höheren Belohnungsaussicht zu einer verbesserten Gedächtnisleistung führen würde. Hier stellte sich jedoch ein gegensätzlicher Effekt ein: geringer belohnte Bildpaare wurden, über beide Konsolidierungsbedingungen betrachtet, besser erinnert. Dieser unerwartete negative Effekt der höheren Belohnungsaussicht wird an späterer Stelle diskutiert.

Zunächst sollen mögliche Störfaktoren sowie Limitationen des Paradigmas besprochen werden, die die Ergebnisse beeinflusst bzw. beschränkt haben könnten.

Müdigkeit kann kognitive, emotionale und motivationale Prozesse beeinträchtigen (Killgore 2010) und wurde deshalb anhand einer subjektiven Müdigkeitsskala abgefragt. Dabei konnten zwischen Kindern und Erwachsenen keine Unterschiede festgestellt werden. Zwischen den Konsolidierungsbedingungen zeigte sich eine größere Müdigkeit in der Wachkonsolidierung. Dies könnte einen negativen Einfluss auf die Aufmerksamkeit und die Gedächtnisleistung in der Wachkonsolidierung bewirkt haben. Da dieser Störfaktor bei Kindern und Erwachsenen gleichermaßen auftrat, kann er bei dem Vergleich der Altersgruppen weitgehend außer Acht gelassen werden.

Grundlage für die angenommenen Vorteile der Kinder gegenüber der Erwachsenen war, dass die Kinder länger schlafen. Dies wurde anhand der subjektiven Angaben zur Schlafdauer bestätigt.

Die unterschiedlich hohe Belohnungsaussicht sollte die Salienz der Informationen bei den Probanden triggern. Um dies zu überprüfen, wurde den Probanden nach der Enkodierung und dem Lernen der Punktwerte jedes Bildmotiv präsentiert und ihre Befindlichkeit anhand des Self-Assessment-Manikins in den Dimensionen „Valenz“ (Freude) und „Arousal“ (Erregung) abgefragt. Bildpaare mit der höheren Belohnungsaussicht wurden mit einer höheren Valenz bewertet, es wurde bei den Probanden wie beabsichtigt eine positive Emotion zu diesen Bildpaaren erzeugt. In der Dimension „Arousal“ zeigte sich allerdings ein entgegengesetzter Effekt: Die Bildpaare mit hoher Belohnungsaussicht wurden als weniger erregend eingestuft als solche mit niedriger Belohnungsaussicht.

Die Herkunft dieser Diskrepanz zwischen Valenz und Arousal bleibt offen. Ein Gedanke ist, dass die Probanden die Bildpaare durch die niedrige Belohnungsaussicht als überflüssigen Lernaufwand und somit als frustrierend, also negativ erregend, empfunden haben. Abgesehen von der Herkunft ist vor allem die Frage der Auswirkung auf die Konsolidierung von Bedeutung. Das Paradigma wurde ausgewählt mit dem Ziel, den Einfluss von Belohnungsaussicht und Schlaf auf die Gedächtniskonsolidierung zu überprüfen. Belohnungsaussicht triggert im Mittelhirn (VTA, Substantia nigra) die Aktivierung von dopaminergen Neuronen (Wittmann et al. 2005, Rösler 2011) und stärkt die Gedächtniskonsolidierung und den Übergang ins Langzeitgedächtnis (Wittmann et al. 2005, Adcock et al. 2006). Die mit den höheren Punktwerten assoziierte höhere Valenz wird auf die höhere Belohnungsaussicht zurückgeführt und sollte somit diese Effekte auf die Konsolidierung ausgelöst haben, insbesondere im Schlaf (Pennartz et al. 2004, Fischer und Born 2009).

## Diskussion

Der Effekt von emotionalem Arousal führt im Gehirn zum Anstieg der Aktivität noradrenerger Neurone und der Amygdala, deren fördernder Einfluss auf die Gedächtniskonsolidierung, insbesondere im REM-Schlaf, mehrfach beschrieben wurden (Adolphs et al. 1997, Wagner und Born 2001, Nishida et al. 2009, McGaugh et al. 2013). Da die Probanden die Bildpaare mit niedriger Belohnungsaussicht als erregender empfanden als solche mit hoher, hatte dies vermutlich einen fördernden Einfluss auf deren Gedächtniskonsolidierung und es ist von einem Störeffekt auszugehen, welcher die Konsolidierung von hoch belohnten Inhalten abgeschwächt und die von niedrig belohnten gestärkt haben könnte.

Weiterhin wurde untersucht, ob die unterschiedliche Belohnungsaussicht der Bildpaare vergessen oder verwechselt wurde. Um dies zu überprüfen, wurden die Erwachsenen beim Abruf nach der Wertigkeit der Bildpaare gefragt. Bei der Kinderstichprobe war eine solche Abfrage nicht durchgeführt worden. Bei den Erwachsenen fiel auf, dass in der Wachkonsolidierung deutlich mehr Bildpaare falsch zugeordnet wurden als in der Schlafkonsolidierung. Auch wenn es sich im Mittel um einen kleinen Effekt handelt, ist er dennoch im Konsens der Theorie einzuordnen, dass der Schlaf im Gegensatz zum Wachzustand saliente Informationen selektiv festigt und verknüpft (Hu et al. 2006, Diekelmann et al. 2009).

Bei Betrachtung der Gedächtnisleistung fallen die geringen Unterschiede der korrekt lokalisierten Bildpaare zwischen letztem Abruf beim Lernen (Baseline) und dem Abruf 12h später auf. Von den insgesamt 18 zu lernenden Bildpaaren wurden über beide Konsolidierungen im Durchschnitt lediglich 1.96 Bildpaare vergessen. Sophie Kühne, die 2014 mit demselben Paradigma arbeitete, äußerte den Verdacht eines Deckeneffektes: Die Teilnehmer vergaßen so wenige Bildpaare, dass es schwierig wird, in der geringen Spannbreite der Ergebnisse den Einfluss von Alter oder Konsolidierungsbedingung zu untersuchen. Die Aufgabe erscheint zu leicht. Das Ziel bei der Entwicklung des Paradigmas war, eine Aufgabe zu schaffen, die schwer genug ist um die Probanden herauszufordern und andererseits nicht zu schwer ist, damit sie kindgerecht bleibt und die jungen Teilnehmer nicht überfordert. Da sich die Kinder von ihrer Lernleistung insgesamt wenig von den Erwachsenen unterschieden, könnte in Zukunft eine Erschwerung der Lernaufgabe durch beispielsweise einige Bildpaare mehr diesen Deckeneffekt möglicherweise verkleinern, ohne die Kinder zu überfordern.

Um den Einfluss von Schlaf und Emotionen auf die Gedächtnisleistung vergleichen zu können, sollten die Ausgangsbedingungen für beide Altersgruppen möglichst vergleichbar sein. Ein Kind hat natürlich einen viel kleineren Erfahrungsschatz, auf den es beim Lernen zurückgreifen kann. Mit diesem Problem beschäftigten sich Huber et al. (2014). Nach vergleichbaren Schlafeffekten bei Kindern und

Erwachsenen unter Durchführung einer deklarativen Gedächtnisaufgabe mit Wortpaaren erstellten sie deshalb ein Paradigma, in dem Kinder und Erwachsene auf einen möglichst gleichwertigen Erfahrungsschatz zurückgreifen konnten. Dabei musste bei einer impliziten, also unbewussten, seriellen Reaktionszeit-Aufgabe ein explizites Muster aufgedeckt werden. Tatsächlich zeigte sich hier bei den Kindern ein größerer Schlafeffekt auf die Konsolidierung als bei den Erwachsenen. Bei dem vorliegenden Gedächtnisparadigma handelt es sich um eine Bildlokalisationsaufgabe, bei der die Erwachsenen einen höheren Erfahrungswert aufweisen als die Kinder. Es muss folglich berücksichtigt werden, dass die Erwachsenen einen Teil ihres möglicherweise geringeren Schlafeffektes durch eine effektivere Lernstrategie kompensiert haben könnten.

Das Alter der Kinder wurde von Juliane Schult auf 8 bis 11 Jahre festgelegt. Wie beschrieben fördert insbesondere der Slow Wave Sleep die deklarative Gedächtniskonsolidierung (Steriade und Timofeev 2003, Gais et al. 2004, Marshall et al. 2006). Der Anteil des SWS an der Gesamtschlafdauer um das zehnte Lebensjahr sein Maximum (Huber und Born 2014). Folglich müsste die Kindergruppe unserer Studie mit dem Alter von 8 bis 11 Jahren einen hohen Schlafeffekt aufweisen. Allerdings handelt es sich um eine auf Verhaltensdaten begrenzte Studie, sodass ein höherer SWS-Anteil der Kinder zwar vermutet wird, aber aus ökonomischen Gründen nicht anhand von EEG-Ableitungen nachgewiesen wurde. Laut Ohayon et al. (2004) sinkt der SWS-Anteil, aber auch der REM-Schlaf im adulten Leben kontinuierlich. Während dem SWS eine besondere Stärkung deklarativer Inhalte zugeschrieben wird, scheint der REM-Schlaf eine wichtige Rolle für die Festigung emotionaler Inhalte zu spielen (Wagner und Born 2001, Nishida et al. 2009). Da diese Studie deklarative Inhalte mit emotionaler Wertung (Belohnung) beinhaltet, wäre eine Folgestudie interessant, die einerseits anhand von EEG-Ableitungen die tatsächlichen Anteile der einzelnen Schlafstadien bestimmt und die andererseits als Vergleichsgruppe ältere Erwachsene miteinbezieht, welche in ihrer Schlafstruktur sowohl im SWS als auch im REM-Schlaf noch mehr von der kindlichen abweichen. Eventuell würden so größere Differenzen des Einflusses von Schlaf auf die Gedächtnisfunktion von Kindern und Erwachsenen aufgedeckt werden.

Der Belohnungsanreiz wurde bei Kindern und Erwachsenen unterschiedlich gestaltet. Kinder durften sich ein Spielzeug aussuchen, welches sie bei guter Leistung bekommen würden, wobei letztlich jedes Kind ein Spielzeug erhielt. Die vier besten Erwachsenen erhielten einen Geldbonus. Es sollte damit für beide Altersgruppen ein Anreiz gesetzt werden, möglichst viele Punkte durch korrekte Bildlokalisationen insbesondere der hochbelohnten Bildpaare zu sammeln. Ob der Anreiz beider Altersgruppen dabei vergleichbar hoch war, ist schwer nachweisbar. Nicht nur zwischen den Altersgruppen, sondern auch innerhalb dieser kann die Aussicht auf ein Spielzeug beziehungsweise eine monetäre Belohnung unterschiedlich anspornend sein. Selbst wenn hier durch eine subjektive Abfrage des Belohnungsanreizes und eine entsprechende individuelle Anpassung der Belohnung ein

Ausgleich versucht würde, so spielt doch auch die Stimmung der Probanden während der Testung mit hinein. Somit ist es bei etwas individuellem und dynamischem wie dem Belohnungsempfinden wahrscheinlich kaum möglich, identische Voraussetzungen für alle Probanden zu schaffen. Bei der Frage nach der Alltagsrelevanz der Studienergebnisse sollte dies jedoch kein Problem sein, da die alltäglichen Belohnungsanreize, seien sie schulisch, privat oder im Arbeitswesen, sicher auch interindividuell unterschiedlich sind.

Eine vermehrte Konsolidierung niedrig belohnter Bildpaare durch ein höheres Arousal sowie ein genereller Deckeneffekt und auch ein Erfahrungsvorteil der Erwachsenen könnten zu einer Abschwächung der Effekte durch Belohnung, Konsolidierungsbedingung und Alter geführt haben. Allerdings erklären diese Limitationen des Paradigmas nicht die Umkehrung des Belohnungseffektes in der Wachkonsolidierung in eine Labilisierung der Informationen.

Der emotionale Bias fiel in der Wachkonsolidierung wider Erwarten höher aus als in der Schlafkonsolidierung und dies kam insbesondere durch die hohe Vergessensrate von hoch belohnten Bildpaaren in der Wachphase zustande. Dies lässt einen Labilisierungseffekt der hoch belohnten Inhalte in der Wachphase vermuten, welcher dem Stabilisierungseffekt in der Schlafphase überwiegt. Die Beobachtung einer Labilisierung relevanter Inhalte im Wachzustand wurde auch von van Dongen et al. (2012) beschrieben, welche ähnlich wie die vorliegende Studie mit einer 2D-Bildlokalisationsaufgabe arbeiteten. Auch in dieser Arbeit, welche ein Paradigma mit der Wiedererkennung negativ emotionaler und neutraler Bilder verwendete, wurden die emotionalen Bilder über die Schlafphase besser, über die Wachphase jedoch schlechter erinnert als die neutralen Bilder. Diekmann et al. (2011) untersuchten den Effekt einer geruchs-getriggerten Reaktivierung des Gelernten, welche in der Wachphase zu einer Verschlechterung der Gedächtniskonsolidierung führte, im Schlaf zu einer Verbesserung. Erklärungen für diesen „Labilisierungseffekt“ sahen van Dongen und Robertson (je 2012) in einer höheren Interferenz der zu Lernenden salienten Informationen mit anderen kognitiven Prozessen während des Tages. Je mehr sich der Proband das Enkodierte tagsüber in Erinnerung ruft, desto anfälliger wird es scheinbar für Interferenzen mit anderen Informationen, die gleichzeitig verarbeitet werden. Gerade bei einer visuellen Gedächtnisaufgabe mit Alltagsgegenständen als Motiven scheint diese Erklärung plausibel. Im Gegensatz dazu ermöglicht der Schlaf eine Offline-Verarbeitung des Gelernten ohne Interferenz von außen, bei der die Reaktivierung der Lerninhalte zu einer ungestörten Festigung und Integration in vorhandene neuronale Netzwerke führt (Rösler 2011).

Die Labilisierung der Bildpaare mit hoher Belohnungsaussicht über den Tag war so groß, dass insgesamt über die Wach- und Schlafkonsolidierung hinweg die Bildpaare mit niedriger Belohnungsaussicht besser erinnert wurden. Die Kinder vergaßen über den Tag mehr als dreimal



soviele Bildpaare mit hohem Punktwert als über Nacht, die Erwachsenen in etwa doppelt so viele. Diekelmann et al. (2011) wiesen nach, dass der Schlafeffekt auf die Gedächtniskonsolidierung am größten ist, wenn dieser innerhalb von drei Stunden nach der Enkodierung eintritt. Bei den Probanden gingen die Kinder in der Schlafkonsolidierung durchschnittlich schneller nach dem Lernen ins Bett als die Erwachsenen. Dies könnte den Schlafeffekt bei den Erwachsenen verringert haben. Zudem ist diese Beobachtung von hoher Alltagsrelevanz: Wenn Erwachsene und insbesondere Kinder die am Vormittag (beispielsweise in der Schule) gelernten, wichtigen Informationen durch Interferenz labilisieren und auch der Schlafeffekt mit wachsendem Abstand zwischen Lernen und Schlaf sinkt, was bedeutet das dann für unseren Alltag? Wie viel kann beispielsweise durch eine anschließend durchschlafene Nacht nach morgendlichem Lernen wieder „aufgeholt“ werden? Wie verhält es sich dann mit der längerfristigen Konsolidierung hoch- und niedrig salienter Informationen? Diese Fragen sollten weiter untersucht werden, beispielsweise durch ein Paradigma, welches die Gedächtnisleistung morgendlichen Lernens nach der nächsten Nacht sowie längerfristig (etwa eine Woche später) erneut überprüft.

Der große Einfluss der Labilisierung durch Belohnungsaussicht im Wachzustand stellt die Stabilisierung im Schlaf sowie die untersuchten Unterschiede zwischen Kindern und Erwachsenen in den Schatten. Wie beschrieben konnte ein positiver Schlafeffekt über die Gesamtgruppe festgestellt werden. Beim genaueren Hinschauen hängt dieser Effekt mit der besseren Konsolidierung hoch belohnter Inhalte bei den Kindern zusammen. Für Inhalte mit niedriger Belohnungsaussicht findet sich kein Effekt der Konsolidierungsbedingung. Die Annahme eines positiven Schlafeffektes konnte demnach für hochbelohnte Inhalte bestätigt werden und fiel auch bei den Kindern auf deskriptiver Ebene etwas größer aus als bei den Erwachsenen. Offen bleibt, warum bei den Erwachsenen kein positiver Schlafeffekt nachgewiesen werden konnte. Dies könnte teilweise auf die oben beschriebenen Limitationen des Paradigmas zurückzuführen sein, kann aber auch als Hinweis für einen gegenüber den Kindern schwächeren Einfluss des Schlafes auf die Konsolidierung gesehen werden.

Auch wenn auf die Kernfrage der Arbeit, ob Kinder beim Lernen mehr von Belohnungsaussicht und Schlaf profitieren als Erwachsene, keine eindeutige Antwort gefunden wurde, zeigte sich zumindest eine solche Tendenz. Insgesamt unterstreichen die Ergebnisse den konträren Einfluss von Schlaf- und Wachphasen auf die Festigung von insbesondere emotionalen Lerninhalten. Der Labilisierungseffekt am Tag, den auch Diekelmann et al. (2011) und van Dongen et al. (2012) feststellten, steht dabei dem Stabilisierungseffekt des Schlafes gegenüber und übertrifft ihn in dieser Studie sogar. Bei der großen Alltagsrelevanz dieses Effektes (Schule, Lernstrategien) wäre eine weitere Untersuchung, insbesondere welchen Einfluss eine durchschlafene Nacht nach morgendlichem Lernen hat und ob

## Diskussion

der Labilisierungseffekt dadurch wieder aufgehoben wird, aufschlussreich. Auch für den Zusammenhang von Lern- und Schlafstörungen sind diese Effekte zu beachten (z.B. ADHS, siehe Prehn-Kristensen et al. 2013).

## 5 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde der Einfluss von Schlaf und Belohnung auf die Gedächtniskonsolidierung deklarativer Inhalte von Erwachsenen und Kindern verglichen. Vermutet wurde, dass der positive Schlafeffekt bei Kindern aufgrund ihrer Schlafstruktur größer sein müsste als bei Erwachsenen. Die Untersuchungsdaten von 16 gesunden Kindern lagen bereits vor, es wurden 16 gesunde Erwachsene untersucht und die Daten verglichen. Als Paradigma diente ein computerbasiertes Memo-Spiel, bei dem die Lokalisation von 18 Bildpaaren gelernt und nach 12 Stunden abgerufen wurde. Die Hälfte der 18 Bildpaare erhielt nach dem Lokalisationslernen einen hohen Punktwert, die andere einen niedrigen. Durch sammeln der Punkte konnten die Kinder ein Spielzeug erlangen, die Erwachsenen eine monetäre Belohnung, sodass die Punktwerte einer unterschiedlich hohen Belohnungsaussicht entsprachen. Jeder Proband durchlief zwei Versionen des Memo-Spiels und durchlief eine Konsolidierungsphase im Schlaf (über eine Nacht) und eine Konsolidierungsphase im Wachzustand (über einen Tag). Gemessen wurde die baseline-korrigierte Gedächtnisleistung anhand der Anzahl der vergessenen Bildpaare beim Abruf im Vergleich zum letzten Lerndurchlauf. Dabei konnte die Konsolidierung in der Schlaf- und Wachphase sowie der Gedächtnisinhalte mit hoher oder niedriger Belohnungsaussicht verglichen werden.

Es wurde erwartet, dass Erwachsene weniger vom Schlaf profitieren als Kinder, insbesondere bei Inhalten mit hoher Belohnungsaussicht. Die Kombination aus hoher Belohnungsaussicht und Schlaf zeigte jedoch in beiden Altersgruppen eine vergleichbare Auswirkung auf die Gedächtnisleistung. Ein allgemeiner positiver Schlafeffekt, welcher bei der Kinderstichprobe nachgewiesen wurde, blieb bei der Erwachsenenstichprobe aus.

Auch wenn dieses Ergebnis durch Limitationen des Paradigmas wie der größeren Lernerfahrung der Erwachsenen, einem möglichen Deckeneffekt sowie einer höheren emotionalen Erregung durch niedriger belohnte Bildpaare beeinflusst worden sein könnte, kann es dennoch als Hinweis für einen bei Erwachsenen gegenüber Kindern schwächeren Einfluss des Schlafes auf die Konsolidierung gesehen werden. Hier wäre eine Weiterentwicklung wünschenswert, zum Beispiel mit einer schwereren Lernaufgabe und mit Zuhilfenahme von EEG-Ableitungen.

Als auffälliges Nebenergebnis wurden über beide Altersgruppen in der Wachbedingung Bildpaare mit hoher Belohnungsaussicht deutlich schlechter erinnert als solche mit niedriger Belohnungsaussicht. Ähnliches wurde bereits in anderen Studien beobachtet und wirft Fragen zur Interferenz neuer Informationen untereinander auf. Diese scheint insbesondere hoch relevante Inhalte zu betreffen und unterstreicht letztlich die Funktion der Offline-Verarbeitung im Schlaf. Hier wäre es interessant und auch von hoher Alltagsrelevanz weiterzuverfolgen, welchen Einfluss eine durchgeschlafene Nacht nach morgendlichem Lernen hat und ob der Effekt dadurch wieder aufgehoben wird.

## 6 Literaturverzeichnis

- Adcock, R. A.; Thangavel, A.; Whitfield-Gabrieli, S.; Knutson, B.; Gabrieli, John D E (2006): Reward-motivated learning: mesolimbic activation precedes memory formation. In: *Neuron* 50 (3), S. 507–517. DOI: 10.1016/j.neuron.2006.03.036.
- Adolphs, R.; Cahill, L.; Schul, R.; Babinsky, R. (1997): Impaired declarative memory for emotional material following bilateral amygdala damage in humans. In: *Learning & Memory* 4 (3), S. 291–300. DOI: 10.1101/lm.4.3.291.
- Backhaus, J.; Hoeckesfeld, R.; Born, J.; Hohagen, F.; Junghanns, K. (2008): Immediate as well as delayed post learning sleep but not wakefulness enhances declarative memory consolidation in children. In: *Neurobiology of learning and memory* 89 (1), S. 76–80. DOI: 10.1016/j.nlm.2007.08.010.
- Bradley, M. M., Lang, P. J. (1994): Measuring emotion: The self-assessment manikin and the semantic differential. In: *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 25 (1), S. 49-59.
- Buysse, D. J.; Reynolds, C F 3rd; Monk, T. H.; Berman, S. R.; Kupfer, D. J. (1989): The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research. In: *Psychiatry research* 28 (2), S. 193–213.
- Derogatis, L. R. (1992): SCL-90-R, administration, scoring & procedures manual-II for the R(evised) version and other instruments of the psychopathology rating scale series. Townson: *Clinical Psychometric Research Incorporated*.
- Diekelmann, S.; Wilhelm, I.; Born, J. (2009): The whats and whens of sleep-dependent memory consolidation. In: *Sleep Med Rev* 13 (5), S. 309–321. DOI: 10.1016/j.smr.2008.08.002.
- Diekelmann, S.; Buchel, C.; Born, J.; Rasch, B. (2011): Labile or stable: opposing consequences for memory when reactivated during waking and sleep. In: *Nat Neurosci* 14 (3), S. 381–386. DOI: 10.1038/nn.2744.
- Eichenbaum, H. (2000): A cortical-hippocampal system for declarative memory. In: *Nature reviews. Neuroscience* 1 (1), S. 41–50. DOI: 10.1038/35036213.
- Ellenbogen, J. M.; Payne, J. D.; Stickgold, R. (2006): The role of sleep in declarative memory consolidation: passive, permissive, active or none? In: *Curr Opin Neurobiol* 16 (6), S. 716–722. DOI: 10.1016/j.conb.2006.10.006.
- Fischer, S.; Born, J. (2009): Anticipated reward enhances offline learning during sleep. In: *J Exp Psychol Learn Mem Cogn* 35 (6), S. 1586–1593. DOI: 10.1037/a0017256.
- Gais, S.; Born, J. (2004): Declarative memory consolidation: mechanisms acting during human sleep. In: *Learning & memory (Cold Spring Harbor, N.Y.)* 11 (6), S. 679–685. DOI: 10.1101/lm.80504.
- Henderson, L. M.; Weighall, A. R.; Brown, H.; Gareth Gaskell, M. (2012): Consolidation of vocabulary is associated with sleep in children. In: *Developmental science* 15 (5), S. 674–687. DOI: 10.1111/j.1467-7687.2012.01172.x.
- Hu, P.; Stylos-Allan, M.; Walker, M. P. (2006): Sleep facilitates consolidation of emotional declarative memory. In: *Psychol Sci* 17 (10), S. 891–898. DOI: 10.1111/j.1467-9280.2006.01799.x.
- Huber, R.; Born, J. (2014): Sleep, synaptic connectivity, and hippocampal memory during early development. In: *Trends in cognitive sciences* 18 (3), S. 141–152. DOI: 10.1016/j.tics.2013.12.005.
- Iber, C., Ancoli-Israel, S., Chesson, A. & Quan, S. F. for the American Academy of Sleep Medicine (2007): The AASM manual for the scoring of sleep and associated events: Rules, terminology and technical specifications (1st ed.). Westchester, IL: American Academy of Sleep Medicine.
- Jenni, O. G.; Carskadon, M. A. (2004): Spectral analysis of the sleep electroencephalogram during adolescence. In: *Sleep* 27 (4), S. 774–783.
- Kahn, A.; Dan, B.; Groswasser, J.; Franco, P.; Sottiaux, M. (1996): Normal sleep architecture in infants and children. In: *Journal of clinical neurophysiology : official publication of the American Electroencephalographic Society* 13 (3), S. 184–197.
- Killgore, W. D. S. (2010): Effects of sleep deprivation on cognition. In: *Progress in brain research* 185, S. 105–129. DOI: 10.1016/B978-0-444-53702-7.00007-5.

## Literaturverzeichnis

- Kühne, S. (2014): Der Einfluss von Schlaf und Belohnung auf die Gedächtniskonsolidierung bei Kindern. Diplomarbeit an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Psychologie.
- Laureys, S.; Peigneux, P.; Phillips, C.; Fuchs, S.; Degueldre, C.; Aerts, J. et al. (2001): Experience-dependent changes in cerebral functional connectivity during human rapid eye movement sleep. In: *Neuroscience* 105 (3), S. 521–525.
- Liu, D. L.; Graham, S.; Zorawski, M. (2008): Enhanced selective memory consolidation following post-learning pleasant and aversive arousal. In: *Neurobiology of learning and memory* 89 (1), S. 36–46. DOI: 10.1016/j.nlm.2007.09.001.
- Maski, K. P. (2015): Sleep-Dependent Memory Consolidation in Children. In: *Seminars in pediatric neurology* 22 (2), S. 130–134. DOI: 10.1016/j.spn.2015.03.008.
- McGaugh, J. L. (2000): Memory--a century of consolidation. In: *Science* 287 (5451), S. 248–251.
- McGaugh, J. L. (2004): The amygdala modulates the consolidation of memories of emotionally arousing experiences. In: *Annual review of neuroscience* 27, S. 1–28. DOI: 10.1146/annurev.neuro.27.070203.144157.
- McGaugh, J. L. (2013): Making lasting memories: remembering the significant. In: *Proc Natl AcadSci U S A* 110 Suppl 2, S. 10402–10407. DOI: 10.1073/pnas.1301209110.
- Marshall, L. (2004): Transcranial Direct Current Stimulation during Sleep Improves Declarative Memory. In: *Journal of Neuroscience* 24 (44), S. 9985–9992. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.2725-04.2004.
- Milner, B.; Squire, L. R.; Kandel, E. R. (1998): Cognitive neuroscience and the study of memory. In: *Neuron* 20 (3), S. 445–468.
- Nishida, M.; Pearsall, J.; Buckner, R. L.; Walker, M. P. (2009): REM sleep, prefrontal theta, and the consolidation of human emotional memory. In: *Cerebral cortex (New York, N.Y. : 1991)* 19 (5), S. 1158–1166. DOI: 10.1093/cercor/bhn155.
- Ohayon, M. M.; Carskadon, M. A.; Guilleminault, C.; Vitiello, M. V. (2004): Meta-analysis of quantitative sleep parameters from childhood to old age in healthy individuals: developing normative sleep values across the human lifespan. In: *Sleep* 27 (7), S. 1255–1273.
- Olds, J.; Milner, P. (1954): Positive reinforcement produced by electrical stimulation of septal area and other regions of rat brain. In: *Journal of comparative and physiological psychology* 47 (6), S. 419–427.
- Peigneux, P.; Laureys, S.; Fuchs, S.; Collette, F.; Perrin, F.; Reggers, J. et al. (2004): Are spatial memories strengthened in the human hippocampus during slow wave sleep? In: *Neuron* 44 (3), S. 535–545. DOI: 10.1016/j.neuron.2004.10.007.
- Pennartz, C. M. A.; Lee, E.; Verheul, J.; Lipa, P.; Barnes, C. A.; McNaughton, B. L. (2004): The ventral striatum in off-line processing: ensemble reactivation during sleep and modulation by hippocampal ripples. In: *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience* 24 (29), S. 6446–6456. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.0575-04.2004.
- Perogamvros, L.; Schwartz, S. (2012): The roles of the reward system in sleep and dreaming. In: *Neuroscience and biobehavioral reviews* 36 (8), S. 1934–1951. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2012.05.010.
- Plihal, W.; Born, J. (1997): Effects of early and late nocturnal sleep on declarative and procedural memory. In: *J CognNeurosci* 9 (4), S. 534–547. DOI: 10.1162/jocn.1997.9.4.534.
- Plihal, W.; Born, J. (1999): Effects of early and late nocturnal sleep on priming and spatial memory. In: *Psychophysiology* 36 (5), S. 571–582.
- Prehn-Kristensen, A.; Göder, R.; Chirobeja, S.; Bressmann, I.; Ferstl, R.; Baving, L. (2009): Sleep in children enhances preferentially emotional declarative but not procedural memories. In: *Journal of experimental child psychology* 104 (1), S. 132–139. DOI: 10.1016/j.jecp.2009.01.005.
- Prehn-Kristensen, A.; Munz, M.; Molzow, I.; Wilhelm, I.; Wiesner, C. D.; Baving, L. (2013): Sleep promotes consolidation of emotional memory in healthy children but not in children with attention-deficit hyperactivity disorder. In: *PLoS One* 8 (5), S. e65098. DOI: 10.1371/journal.pone.0065098.
- Rasch, B.; Born, J. (2013): About sleep's role in memory. In: *Physiological reviews* 93 (2), S. 681–766. DOI: 10.1152/physrev.00032.2012.
- Robertson, E. M. (2012): New insights in human memory interference and consolidation. In: *Currentbiology : CB* 22 (2), S. R66–71. DOI: 10.1016/j.cub.2011.11.051.

## Literaturverzeichnis

- Rösler, F. (2011): Psychophysiologie der Kognition. Eine Einführung in die Kognitive Neurowissenschaft. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag; Imprint: Spektrum Akademischer Verlag.
- Rösler, M., Retz-Junginger, P., Retz, W. & Stieglitz, R.-D. (2008): HASE – Homburger ADHS-Skalen für Erwachsene. Göttingen: Hogrefe.
- Saletin, J. M.; Goldstein, A. N.; Walker, M. P. (2011): The role of sleep in directed forgetting and remembering of human memories. In: *Cereb Cortex* 21 (11), S. 2534–2541. DOI: 10.1093/cercor/bhr034.
- Saletin, J. M.; Walker, M. P. (2012): Nocturnal mnemonics: sleep and hippocampal memory processing. In: *Front Neuro3*, S. 59. DOI: 10.3389/fneur.2012.00059.
- Schult, J. (2013): Untersuchung des Einflusses von Schlaf auf die Konsolidierung emotional relevanter Gedächtnisinhalte bei Kindern. Diplomarbeit an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Psychologie.
- Shigemune, Y.; Tsukiura, T.; Kambara, T.; Kawashima, R. (2014): Remembering with gains and losses: effects of monetary reward and punishment on successful encoding activation of source memories. In: *Cerebral cortex (New York, N.Y. : 1991)* 24 (5), S. 1319–1331. DOI: 10.1093/cercor/bhs415.
- Steriade, M.; Timofeev, I. (2003): Neuronal plasticity in thalamocortical networks during sleep and waking oscillations. In: *Neuron* 37 (4), S. 563–576.
- Van Dongen, Eelco V; Thielen, J.-W.; Takashima, A.; Barth, M.; Fernandez, G. (2012): Sleep supports selective retention of associative memories based on relevance for future utilization. In: *PLoS One* 7 (8), S. e43426. DOI: 10.1371/journal.pone.0043426.
- Wagner, U.; Gais, S.; Born, J. (2001): Emotional memory formation is enhanced across sleep intervals with high amounts of rapid eye movement sleep. In: *Learn Mem* 8 (2), S. 112–119. DOI: 10.1101/lm.36801.
- Walker, M. P.; Stickgold, R. (2006): Sleep, memory, and plasticity. In: *Annual review of psychology* 57, S. 139–166. DOI: 10.1146/annurev.psych.56.091103.070307.
- Weidlich, S., Lamberti, G. (2001): DCS – Diagnosticum für Cerebralschädigung. Ein visueller Lern- und Gedächtnistest: Nach F. Hillers: Handanweisung (4., erweiterte und ergänzte Aufl.). Bern: Huber.
- Weiß, R. H. (2006): Grundintelligenztest Skala 2 - Revision - (CFT 20-R). Göttingen: Hogrefe.
- Wilhelm, I.; Diekelmann, S.; Born, J. (2008): Sleep in children improves memory performance on declarative but not procedural tasks. In: *Learn Mem* 15 (5), S. 373–377. DOI: 10.1101/lm.803708.
- Wilhelm, I. (2011): Sleep-dependent memory consolidation in children. Inauguraldissertation zur Erlangung der Doktorwürde der Universität zu Lübeck Aus der Medizinischen Fakultät. Dissertation. Universität zu Lübeck, Lübeck. Institut für Neuroendokrinologie. Online verfügbar unter [www.students.informatik.uni-luebeck.de/zhb/ediss1046.pdf](http://www.students.informatik.uni-luebeck.de/zhb/ediss1046.pdf).
- Wilhelm, I.; Prehn-Kristensen, A.; Born, J. (2012): Sleep-dependent memory consolidation--what can be learnt from children? In: *NeurosciBiobehav Rev* 36 (7), S. 1718–1728. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2012.03.002.
- Wilhelm, I.; Rose, M.; Imhof, K. I.; Rasch, B.; Buchel, C.; Born, J. (2013): The sleeping child outplays the adult's capacity to convert implicit into explicit knowledge. In: *Nature neuroscience* 16 (4), S. 391–393. DOI: 10.1038/nn.3343.
- Wittmann, B. C.; Schott, B. H.; Guderian, S.; Frey, J. U.; Heinze, H.-J.; Düzel, E. (2005): Reward-related FMRI activation of dopaminergic midbrain is associated with enhanced hippocampus-dependent long-term memory formation. In: *Neuron* 45 (3), S. 459–467. DOI: 10.1016/j.neuron.2005.01.010.
- Zola-Morgan, S.; Squire, L. R. (1993): Neuroanatomy of memory. In: *Annu Rev Neurosci* 16, S. 547–563. DOI: 10.1146/annurev.ne.16.030193.002555.

## **7 Danksagung**

Zunächst möchte ich mich bei Frau Prof. Dr. Dr. Lioba Baving für die Möglichkeit zur Promotion an ihrem Lehrstuhl bedanken.

Mein Dank gilt auch der Projektgruppe Psychophysiologische Forschung, insbesondere PD Dr. Alexander Prehn-Kristensen für die stetige und konstruktive Betreuung sowie Frau Petra Schneckenburger für die geduldige Einarbeitung und die tatkräftige Unterstützung.

Weiterhin möchte ich mich ganz herzlich bei Isabelle Bär für die reibungslos gute Zusammenarbeit an der Probandengruppe bedanken und bei Juliane Schult für die Bereitstellung ihrer Daten aus der Kinderstudie.

## 8 Referenz

1. Prehn-Kristensen, A., Böhmig, A., Wiesner, C.D., Pedersen, A., Baving, A. (2016). Der Einfluss von Schlaf auf das Behalten von belohnten Gedächtnisinhalten bei Kindern und Erwachsenen. In Schlarb, A.A., Paditz, E. (Hrsg.): *Baustelle Kinderschlaf – Aktuelle Kinderschlafmedizin* (S. 12-15). Dresden: kleanthes.
2. Prehn-Kristensen, A., Böhmig, A., Schult, J. , Pedersen, A., Wiesner, C.D. and Baving, L. (2018). Does Sleep Help Prevent Forgetting Rewarded Memory Representations in Children and Adults? *Front. Psychol.* 9:924. doi: 10.3389/fpsyg.2018.00924



## 9 Anhang



Universitäts-Kinderklinik · Schwanenweg 20 · 24105 Kiel

Dr. Alexander Prehn-Kristensen  
Zentrum für Integrative Psychiatrie  
ZiP gGmbH, Campus Kiel  
Niemannsweg 147  
24105 Kiel

Postadresse:  
Arnold-Heller-Straße 3 / Haus 9  
D-24105 Kiel

Telefon 0431 / 597-1809  
Telefax 0431 / 597-5333  
ethikcomm@email.uni-kiel.de

Datum:

9.2.2015

**AZ.:** D 525/14 (bitte stets angeben)  
**Studienplan:** **Schlaf und Belohnungslernen bei gesunden Kindern und Erwachsenen**  
Anschreiben vom 25. November 2014; Studienprotokoll, Basisformular für einen Ethik-Antrag vom 25. November 2014; Teilnehmerinformation; Elterninformation; Kinderinformation; Einverständniserklärung; Einverständniserklärung Datenschutz / weitere Kontaktierung; Einverständniserklärung Eltern; Einverständniserklärung Datenschutz / weitere Kontaktierung Eltern; Rekrutierungsaushang Erwachsene und Kinder

**Studienleiter und Antragsteller:** Dr. Alexander Prehn-Kristensen, ZiP gGmbH, Kiel  
**Erst-Antrag vom:** 25. November 2014 (Eingang: 28. November 2014)  
**Überarbeitung vom:** 30. Januar 2015 (Eingang: 4. Februar 2015)  
Revidiertes Studienprotokoll, Revidierte Informationen und Einwilligungserklärungen, Revidierter Rekrutierungsaushang Erwachsene und Kinder

Sehr geehrter Herr Dr. Prehn-Kristensen,

wir bestätigen den Eingang des obengenannten Antrages zur Beratung gemäß § 15 Berufsordnung (BO) der Ärztekammer Schleswig-Holstein.

Nach Durchsicht der Unterlagen durch die Geschäftsstelle und durch mich als Vorsitzenden der Ethik-Kommission bestehen gegen die Durchführung der Studie nunmehr keine berufsethischen und berufsrechtlichen Bedenken.

**Die im Folgenden aufgeführten Hinweise müssen beachtet werden:**

1. Es wird darauf hingewiesen, dass künftige Änderungen der Studie der Ethik-Kommission anzuzeigen sind und gegebenenfalls eine erneute Beratung erforderlich machen.
2. Die ethische und rechtliche Verantwortung für die Durchführung dieser Studie verbleibt beim Projektleiter und den an der Studie teilnehmenden Mitarbeitern.
3. Die Ethik-Kommission weist darauf hin, dass für eventuell in Zukunft weitere teilnehmende Zentren eine berufsrechtliche Beratung bei der jeweils für sie zuständigen Ethik-Kommission erforderlich ist.

## Anhang1: Ethikvotum

4. Gemäß Deklaration von Helsinki **muss** die Studie vor Beginn der Rekrutierung in einer öffentlich zugänglichen Datenbank registriert werden. Wir empfehlen die Registrierung im Deutschen Register für Klinische Studien ([www.drks.de](http://www.drks.de)).

5. Gemäß Deklaration von Helsinki **muss** der Ethik-Kommission nach Studienende ein Abschlussbericht vorgelegt werden, der eine Zusammenfassung der Ergebnisse und Schlussfolgerungen der Studie enthält.

Mit freundlichen kollegialen Grüßen

  
Prof. Dr. med. H. M. Mehdorn  
Vorsitzender der Ethik-Kommission

  
Dr. med. Christine Glinicke  
Geschäftsführung der Ethik-Kommission

## Anhang 2: Telefoncheckliste

Telefon-Checkliste\_Studie 16c

Datum

Vp-Nr.  
(Blattstift)

Kontakt durch: \_\_\_\_\_

Name: \_\_\_\_\_

Adresse: \_\_\_\_\_ Telefonnummer: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Handynummer: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Email: \_\_\_\_\_

Geb.-Datum: \_\_\_\_\_ Alter: \_\_\_\_\_ (20-30 Jahre) Geschlecht: \_\_\_\_\_

Schulabschluss und Studienfach/ Tätigkeit: \_\_\_\_\_

Leistungsprobleme:  ja welche? \_\_\_\_\_  nein

Probleme Motorik:  ja welche? \_\_\_\_\_  nein

Soz./emot. Probleme:  ja welche? \_\_\_\_\_  nein

(Verhaltensauffälligkeiten, psychische Auffälligkeiten/Störungen, traumatische Erlebnisse)

Bestand vorheriger Kontakt zur Beratungsstelle/ The rape ut?  ja beschreibe: \_\_\_\_\_

nein

Symptome/Diagnose: \_\_\_\_\_  
(Suizidalität, Borderline)

Geburtsgewicht\*\*:\_ca. \_\_\_\_\_  
(Ausschluss < 1500gr)

### Ist der Teilnehmer gesund?

Akute Erkrankungen  ja, welche? \_\_\_\_\_  nein

Chronische Erkrankungen?  ja welche? \_\_\_\_\_  nein

(neurologisch: Kopfverletzungen, Gehirnerschütterung, Hirntumor, Wahrnehmungsstörungen; hormonell: Schilddrüse, immunologisch: Allergien)

### Zurzeit Medikamente/ Drogen/Alkohol / Zigaretten?

nein

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

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

Schlafprobleme:  ja welche? \_\_\_\_\_  nein

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

Schlafgewohnheiten? Aufstehen \_\_\_\_\_ Uhr Einschlafen \_\_\_\_\_ Uhr regelm. Mittagsschlaf? \_\_\_\_\_ Uhr  
(mind. 4x/ Woche)

Benötigt Brille? \*\*\*  ja  nein Hat Rot-Grün-Schwäche?  ja  nein

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

Gibt es noch irgendetwas, was dagegen sprechen könnte, dass Sie an der Untersuchung teilnehmen?

\_\_\_\_\_

Datum für Rückruf: \_\_\_\_\_ Uhrzeit: \_\_\_\_\_

Bemerkungen:

\*\*\* Brille/ Kontaktlinsen mitbringen

## Anhang 3: Abend-/Morgenprotokoll

### ABEND/MORGENPROTOKOLLE

#### WICHTIG: UNBEDINGT VOR DER ERSTBEARBEITUNG LESEN

In jedem grauen Feld finden Sie eine Frage. Diese Frage beantworten Sie, indem Sie einerseits die erfragte Angabe machen, andererseits, indem Sie die für Sie passende Antwortvorgabe ankreuzen. Ein Beispiel, in dem beide Fälle zusammenkommen sieht dann so aus:

|  |               |                   |           |               |           |
|--|---------------|-------------------|-----------|---------------|-----------|
| <b>Wie lange haben Sie insgesamt geschlafen?</b> |               | ca. 7 Std. 30Min. |           |               |           |
| <b>War dies für Sie vergleichsweise ...</b>      |               |                   |           |               |           |
| sehr lang  | ziemlich lang | eher lang<br>x    | eher kurz | ziemlich kurz | sehr kurz |

Im Sinne einer Aufwandsersparnis für Sie haben wir den Fragebogen so konstruiert, dass Sie Eintragungen jeweils nur vornehmen müssen, wenn die jeweilige Fragestellung Sie auch betrifft. Wenn Sie also beispielsweise tagsüber nicht geraucht haben, machen Sie bei der entsprechenden Frage einfach keinen Vermerk.

Mit Ausnahme der abendlichen Zu-Bett-Gehzeit und des morgendlichen Aufwachens und Aufstehens (hier benötigen wir die Uhrzeit!) sind wir an ihrer subjektiven Einschätzung von Zeiträumen interessiert, beispielsweise also an Ihrer subjektiven Einschätzung der nächtlichen Gesamtschlafzeit in Stunden und Minuten und an Ihrer Bewertung dieser Zeitspanne als kurz, mittel oder lang.

Sollten Sie Probleme bei der Bearbeitung unserer Abend/Morgenprotokolle haben, wenden Sie sich bitte vertrauensvoll an uns! Wir danken Ihnen für Ihre gewissenhafte Mitarbeit!

---

# Anhang 3: Abend-/Morgenprotokoll

## I. ABENDPROTOKOLL

1. **Wie fühlen Sie sich jetzt?** ➤ 

|          |                   |               |                  |                      |             |
|----------|-------------------|---------------|------------------|----------------------|-------------|
| bedrückt | ziemlich bedrückt | eher bedrückt | eher unbeschwert | ziemlich unbeschwert | unbeschwert |
|----------|-------------------|---------------|------------------|----------------------|-------------|

**Wie fühlen Sie sich jetzt?** ➤ 

|      |               |           |             |                 |        |
|------|---------------|-----------|-------------|-----------------|--------|
| matt | ziemlich matt | eher matt | eher frisch | ziemlich frisch | frisch |
|------|---------------|-----------|-------------|-----------------|--------|

**Wie fühlen Sie sich jetzt?** ➤ 

|            |                     |                 |                |                    |           |
|------------|---------------------|-----------------|----------------|--------------------|-----------|
| angespannt | ziemlich angespannt | eher angespannt | eher entspannt | ziemlich entspannt | entspannt |
|------------|---------------------|-----------------|----------------|--------------------|-----------|

2. **Wie war heute Ihre durchschnittliche Leistungsfähigkeit?** ➤ 

|     |              |          |               |                   |          |
|-----|--------------|----------|---------------|-------------------|----------|
| gut | ziemlich gut | eher gut | eher schlecht | ziemlich schlecht | schlecht |
|-----|--------------|----------|---------------|-------------------|----------|

3. **Haben Sie sich heute müde oder erschöpft gefühlt?** *Wenn ja:*

|                |               |           |                     |                    |                |
|----------------|---------------|-----------|---------------------|--------------------|----------------|
| ein wenig müde | ziemlich müde | sehr müde | ein wenig erschöpft | ziemlich erschöpft | sehr erschöpft |
|----------------|---------------|-----------|---------------------|--------------------|----------------|

4. **Haben Sie heute tagsüber geschlafen?** *Wenn ja:*

|                             |   |                 |   |                     |
|-----------------------------|---|-----------------|---|---------------------|
| <b>Wie lange insgesamt?</b> | ➤ | <b>Wie oft?</b> | ➤ | <b>Wann?</b>        |
| ca. Min.                    |   | mal             |   | __:__ Uhr __:__ Uhr |

5. **Hat es für Sie heute besonders starke Belastungen gegeben?** *Wenn ja:*

|                    |                 |                  |
|--------------------|-----------------|------------------|
| körperlicher Natur | geistiger Natur | seelischer Natur |
|--------------------|-----------------|------------------|

6. **Haben Sie in den letzten 4 Stunden Genußmittel zu sich genommen?**

| <i>Wenn ja: Welche?</i> | <i>Wieviel?</i> | <i>War dies für Sie vergleichsweise...</i> |        |      |
|-------------------------|-----------------|--|--------|------|
| Kaffee oder schw. Tee   | ___ Tassen      | wenig                                      | normal | viel |
| Coca-Cola               | ___ Gläser      |  |        |      |
| Bier (0,2 l)            | ___ Gläser      | wenig                                      | normal | viel |
| Wein oder Sekt (0,1 l)  | ___ Gläser      |  |        |      |
| Spirituosen (2 cl)      | ___ Gläser      |  |        |      |
| Zigaretten              | ___ Stück       | wenig                                      | normal | viel |
| Zigarren oder Pfeifen   | ___ Stück       |  |        |      |

7. **Wann sind Sie gestern zu Bett gegangen?**

\_\_:\_\_ Uhr

**Wann sind Sie heute morgen aufgestanden?**

\_\_:\_\_ Uhr

8. **Hat sich heute irgendetwas Außergewöhnliches ereignet, teilen Sie es uns bitte in Ihren Worten mit:**

### Anhang 3: Abend-/Morgenprotokoll

Bitte beantworten Sie die folgende Frage, indem Sie einen **senkrechten Strich** auf die Linie setzen.

Wie müde/wach fühlen Sie sich jetzt?

sehr müde |-----| sehr wach

Haben Sie gestern/heute Medikamente eingenommen?

Nein  Ja

Wenn ja:

Welche? \_\_\_\_\_

Wann? \_\_\_\_\_

Warum? \_\_\_\_\_

## II. MORGENPROTOKOLL

9. **Wie fühlen Sie sich jetzt?** ➤

|          |                   |               |                  |                      |             |
|----------|-------------------|---------------|------------------|----------------------|-------------|
| bedrückt | ziemlich bedrückt | eher bedrückt | eher unbeschwert | ziemlich unbeschwert | unbeschwert |
|----------|-------------------|---------------|------------------|----------------------|-------------|

**Wie fühlen Sie sich jetzt?** ➤

|      |               |           |             |                 |        |
|------|---------------|-----------|-------------|-----------------|--------|
| matt | ziemlich matt | eher matt | eher frisch | ziemlich frisch | frisch |
|------|---------------|-----------|-------------|-----------------|--------|

**Wie fühlen Sie sich jetzt?** ➤

|            |                     |                 |                |                    |           |
|------------|---------------------|-----------------|----------------|--------------------|-----------|
| angespannt | ziemlich angespannt | eher angespannt | eher entspannt | ziemlich entspannt | entspannt |
|------------|---------------------|-----------------|----------------|--------------------|-----------|

10. **Wie erholsam war Ihr Schlaf?** ➤

|               |                   |                      |               |                    |
|---------------|-------------------|----------------------|---------------|--------------------|
| sehr erholsam | ziemlich erholsam | mittelmäßig erholsam | kaum erholsam | gar nicht erholsam |
|---------------|-------------------|----------------------|---------------|--------------------|

11. **Wie lange waren Sie abends im Bett, bevor Sie versuchten zu schlafen (Licht löschen)?** ca. Std. Min.

12. **Wie lange hat es anschließend gedauert, bis Sie einschliefen?** ca. Std. Min.

**War dies für Sie vergleichsweise...**

|           |      |        |      |           |
|-----------|------|--------|------|-----------|
| sehr kurz | kurz | normal | lang | sehr lang |
|-----------|------|--------|------|-----------|

|                      |
|----------------------|
| sofort eingeschlafen |
| gar nicht geschlafen |

13. **Waren Sie nachts wach?** *Wenn ja:*

|                             |   |  |   |  |
|-----------------------------|---|--|---|--|
| <b>Wie oft?</b>             | ➤ | <b>War dies für Sie vergleichsweise...</b> | ➤ | <b>Sind Sie währenddessen vorwiegend...</b>    |
| ca. Mal                     |   | selten normal häufig                       |   | aufge-<br>standen<br>im Bett<br>ge-<br>blieben |
| <b>Wie lange insgesamt?</b> | ➤ | <b>War dies für Sie vergleichsweise...</b> |   |  |
| ca. Std. Min.               |   | kurz normal lang                           |   |  |

14. **Sofern Sie schlecht geschlafen haben, woran hat es dann gelegen? (mehrfaches Ankreuzen möglich)**

|                      |                   |                         |                                 |
|----------------------|-------------------|-------------------------|---------------------------------|
| persönliche Probleme | Schmerzen         | Geräusche/Lärm          | körperliche Missempfindungen    |
| berufliche Probleme  | Herzbeschwerden   | fremde Schlafumgebung   | konnte nicht aufhören zu denken |
| ich hatte geträumt   | Atembeschwerden   | Hunger oder Durst       | Beschäftigung mit Banalitäten   |
| innere Unruhe        | starkes Schwitzen | ich musste zur Toilette | weiß ich nicht                  |
| Sonstiges            |                   |                         |                                 |

15. **Haben Sie nachts geträumt?** *Wenn ja:* viel mittel wenig ➤ angenehm neutral unangenehm

16. **Wann sind Sie endgültig aufgewacht?** \_\_\_\_:\_\_\_\_ Uhr ➤

|                              |   |                                 |
|------------------------------|---|---------------------------------|
| <b>Wurden Sie zuletzt...</b> | ➤ | <b>Empfanden Sie das als...</b> |
| von alleine wach geweckt     |   | zu früh genau richtig zu spät   |

17. **Wie lange haben Sie insgesamt geschlafen?** ca. Std. Min.

**War dies für Sie vergleichsweise...**

|           |               |           |           |               |           |
|-----------|---------------|-----------|-----------|---------------|-----------|
| sehr lang | ziemlich lang | eher lang | eher kurz | ziemlich kurz | sehr kurz |
|-----------|---------------|-----------|-----------|---------------|-----------|

18. **Wann sind Sie heute morgen endgültig aufgestanden?** \_\_\_\_:\_\_\_\_ Uhr

19. **Haben Sie, seit Sie gestern morgen aufgestanden sind, bis jetzt (auch nachts) Medikamente genommen?**

|                |       |       |       |       |       |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Präparat ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| Dosis .....    | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| Uhrzeit .....  | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |



### Anhang 3: Abend-/Morgenprotokoll

Bitte beantworten Sie die folgende Frage, indem Sie einen **senkrechten Strich** auf die Linie setzen.

Wie müde/wach fühlen Sie sich jetzt?

\_\_\_\_\_

sehr müde  sehr wach

Haben Sie gestern/heute Medikamente oder Drogen eingenommen?

Nein  Ja

Wenn ja:

Welche? \_\_\_\_\_

Wann? \_\_\_\_\_

Warum? \_\_\_\_\_

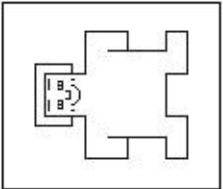
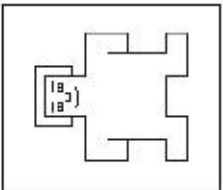
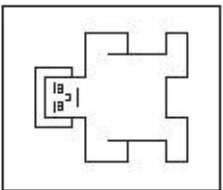
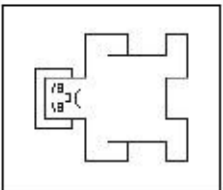
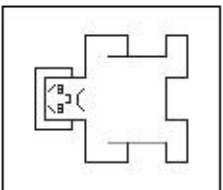
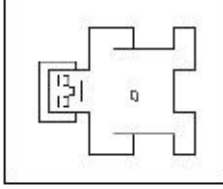
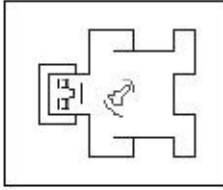
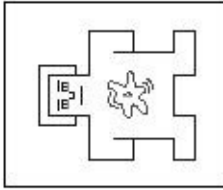
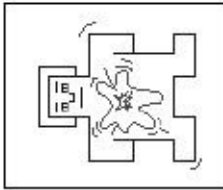
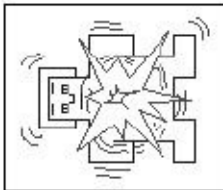
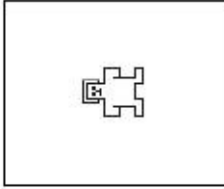
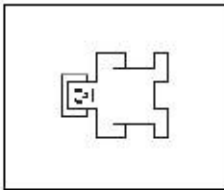
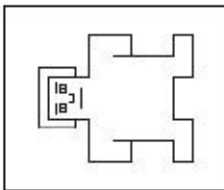
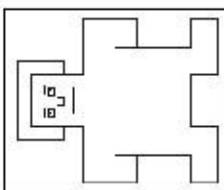
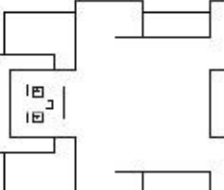
1. Wann sind Sie gestern abend zu Bett gegangen? \_\_\_\_\_

2. Wann haben Sie das Licht gelöscht, um zu schlafen? \_\_\_\_\_

3. Wann sind Sie heute morgen aufgewacht und haben das Licht angemacht? \_\_\_\_\_

### Anhang 3: Abend-/Morgenprotokoll

Bitte kreuzen Sie in jeder Reihe die Figur an, die am besten darstellt, wie Sie sich im Moment fühlen.

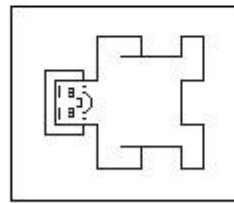
|   |  |  |   |  |  |  |
|---|--|--|---|--|--|--|
| <p><b>völlig</b><br/>glücklich<br/>erfreut<br/>zufrieden<br/>optimistisch</p>                                     | <br><input type="checkbox"/>  | <br><input type="checkbox"/>  | <br><input type="checkbox"/>  | <br><input type="checkbox"/>  | <br><input type="checkbox"/>  | <p><b>völlig</b><br/>unglücklich<br/>genervt<br/>unzufrieden<br/>traurig<br/>verzweifelt</p>                                   |
| <p><b>völlig</b><br/>entspannt<br/>ruhig<br/>schwerfällig<br/>träge<br/>schläfrig<br/>unerregt</p>                | <br><input type="checkbox"/>  | <br><input type="checkbox"/>  | <br><input type="checkbox"/>  | <br><input type="checkbox"/>  | <br><input type="checkbox"/>  | <p><b>völlig</b><br/>angeregt<br/>rasend<br/>nervös<br/>hellwach<br/>erregt</p>  |
| <p><b>völlig</b><br/>fremdbestimmt<br/>beeinflusst<br/>umsorgt<br/>eingeschüchtert<br/>geführt<br/>unterlegen</p> | <br><input type="checkbox"/> | <br><input type="checkbox"/> | <br><input type="checkbox"/> | <br><input type="checkbox"/> | <br><input type="checkbox"/> | <p><b>völlig</b><br/>einflussreich<br/>alles unter<br/>Kontrolle<br/>selbstbestimmt<br/>bedeutsam<br/>dominant<br/>autonom</p> |

Neutral

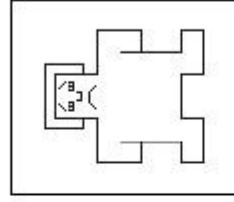
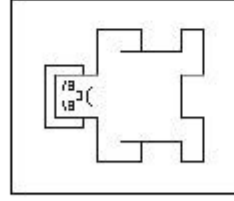
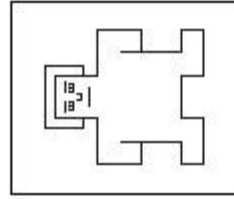
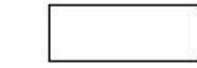
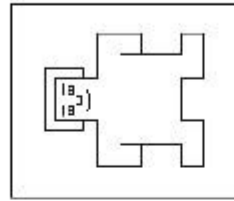
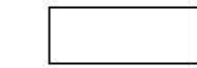
Neutral

### Anhang 3: Abend-/Morgenprotokoll

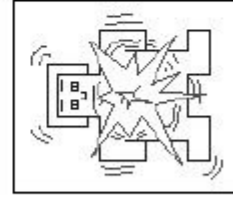
Bitte zeige in jeder Reihe die Figur an, die am besten darstellt, wie Du Dich jetzt gerade im Moment fühlst, wenn du die Memo-Karte betrachtest.



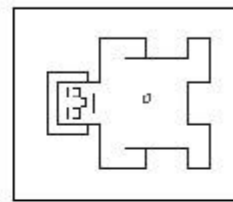
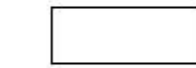
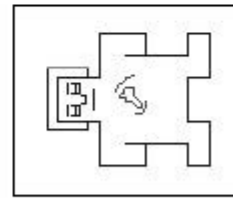
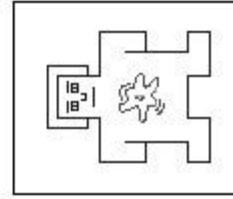
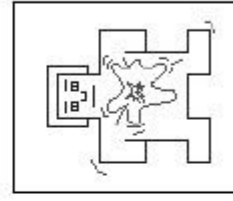
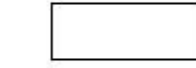
völlig  
glücklich  
erfreut  
zufrieden  
optimistisch



völlig  
unglücklich  
genervt  
unzufrieden  
traurig  
verzweifelt



völlig  
angeregt  
rasend  
nervös  
hellwach  
erregt



völlig  
entspannt  
ruhig  
schwerfällig  
träge  
schläfrig  
unerregt

## Anhang 4: Tabellen

**Tabelle A1: Mehrfaktorielle ANOVA der abhängigen Variable „Gedächtnisleistung“** mit den Innersubjektfaktoren KONSOLIDIERUNG (Schlaf vs. Wach) und BELOHNUNGSAUSSICHT (R1 vs. R0) sowie dem Zwischensubjektfaktor GRUPPE (Kinder vs. Erwachsene). Es werden die F-Werte der Teststatistik sowie p (2-seitig) angegeben. Daten der Kinderstichprobe aus Schult (2013)

|  | F    | p    |
|--|------|------|
| KONSOLIDIERUNG                           | 4.44 | .044 |
| KONSOLIDIERUNG*GRUPPE                    | 0.03 | .872 |
| BELOHNUNGSAUSSICHT                       | 6.74 | .014 |
| BELOHNUNGSAUSSICHT*GRUPPE                | 0.05 | .825 |
| KONSOLIDIERUNG*BELOHNUNGSAUSSICHT        | 6.72 | .015 |
| KONSOLIDIERUNG*BELOHNUNGSAUSSICHT*GRUPPE | 1.39 | .248 |
| GRUPPE                                   | 0.17 | .683 |

**Tabelle A2: Ergebnisse der paarigen T-Tests der Effekte KONSOLIDIERUNG und BELOHNUNGSAUSSICHT.**

Diese werden einzeln für die Altersgruppen berechnet, angegeben sind der t- und p-Wert(2-seitig). R1= hochbelohnt, R0= niedrigbelohnt. Daten der Kinderstichprobe aus Schult (2013)

|                                  | t     | p    |
|----------------------------------|-------|------|
| <b>Kinder</b>                    |       |      |
| KONSOLIDIERUNG (Schlaf vs. Wach) |       |      |
| R1                               | 2.37  | .031 |
| R0                               | -0.55 | .594 |
| BELOHNUNGSAUSSICHT(R1 vs. R0)    |       |      |
| Schlaf                           | 0.62  | .544 |
| Wach                             | -3.10 | .007 |
| <b>Erwachsene</b>                |       |      |
| KONSOLIDIERUNG (Schlaf vs. Wach) |       |      |
| R1                               | 1.80  | .092 |
| R0                               | 0.70  | .497 |
| BELOHNUNGSAUSSICHT (R1 vs. R0)   |       |      |
| Schlaf                           | -1.00 | .333 |
| Wach                             | -1.75 | .100 |

**Tabelle A3: Mehrfaktorielle ANOVA der abhängigen Variable „Müdigkeit“** mit den Innersubjektfaktoren KONSOLIDIERUNG (Schlaf vs. Wach) und TAGESZEIT (morgens vs. abends) sowie dem Zwischensubjektfaktor GRUPPE (Kinder vs. Erwachsene). Es werden die F-Werte der Teststatistik sowie p (2-seitig) angegeben. Daten der Kinderstichprobe aus Schult (2013)

|                                 | F    | P    |
|---------------------------------|------|------|
| KONSOLIDIERUNG                  | 4.80 | .036 |
| KONSOLIDIERUNG*GRUPPE           | 0.03 | .953 |
| TAGESZEIT                       | 0.33 | .569 |
| TAGESZEIT*GRUPPE                | 1.06 | .312 |
| KONSOLIDIERUNG*TAGESZEIT        | 1.42 | .243 |
| KONSOLIDIERUNG*TAGESZEIT*GRUPPE | 0.07 | .793 |
| GRUPPE                          | 0.71 | .405 |

## Anhang 4: Tabellen

**Tabelle A4: Mehrfaktorielle ANOVA der abhängigen Variablen „Valenz“, „Arousal“ und „Dominanz“** mit den Innersubjektfaktoren KONSOLIDIERUNG (Schlaf vs. Wach) und TAGESZEIT (morgens vs. abends) sowie dem Zwischensubjektfaktor GRUPPE (Kinder vs. Erwachsene). Es werden die F-Werte der Teststatistik sowie p (2-seitig) angegeben. Daten der Kinderstichprobe aus Schult (2013)

|                                 | F    | P    |
|---------------------------------|------|------|
| <b>Valenz</b>                   |      |      |
| KONSOLIDIERUNG                  | 1.38 | .249 |
| KONSOLIDIERUNG*GRUPPE           | 2.46 | .128 |
| TAGESZEIT                       | 2.39 | .133 |
| TAGESZEIT*GRUPPE                | 0.02 | .898 |
| KONSOLIDIERUNG*TAGESZEIT        | 2.07 | .161 |
| KONSOLIDIERUNG*TAGESZEIT*GRUPPE | 4.65 | .039 |
| GRUPPE                          | 5.24 | .029 |
| <b>Arousal</b>                  |      |      |
| KONSOLIDIERUNG                  | 0.05 | .833 |
| KONSOLIDIERUNG*GRUPPE           | 0    | 1    |
| TAGESZEIT                       | 1.43 | .241 |
| TAGESZEIT*GRUPPE                | 0.16 | .693 |
| KONSOLIDIERUNG*TAGESZEIT        | 3.83 | .06  |
| KONSOLIDIERUNG*TAGESZEIT*GRUPPE | 0.15 | .698 |
| GRUPPE                          | 1.75 | .195 |
| <b>Dominanz</b>                 |      |      |
| KONSOLIDIERUNG                  | 1.23 | .277 |
| KONSOLIDIERUNG*GRUPPE           | 0.02 | .891 |
| TAGESZEIT                       | 0.03 | .857 |
| TAGESZEIT*GRUPPE                | 0.53 | .474 |
| KONSOLIDIERUNG*TAGESZEIT        | 0    | 1    |
| KONSOLIDIERUNG*TAGESZEIT*GRUPPE | 2.36 | .135 |
| GRUPPE                          | 0.66 | .424 |

Es handelt sich um piktographische Skalen von -4 bis +4 für „Valenz“ (unglücklich – glücklich) und „Dominanz“ (fremdbestimmt – selbstbestimmt) bzw. von 1 bis 9 für „Arousal“ (entspannt - aufgeregt)

**Tabelle A5: Manipulationscheck: Mehrfaktorielle ANOVA der abhängigen Variablen „Valenz“ und „Arousal“** mit dem Innersubjektfaktor BELOHNUNGSAUSSICHT (R1 vs. R0) und dem Zwischensubjektfaktor GRUPPE (Kinder vs. Erwachsene). Es werden die F-Werte der Teststatistik sowie p (2-seitig) angegeben. Daten der Kinderstichprobe aus Schult (2013)

|                            | F    | P    |
|----------------------------|------|------|
| <b>Valenz</b>              |      |      |
| BELOHNUNGSAUSSICHT         | 10.6 | .003 |
| BELOHNUNGSAUSSICHT *GRUPPE | 0.43 | .516 |
| GRUPPE                     | 6.01 | .020 |
| <b>Arousal</b>             |      |      |
| BELOHNUNGSAUSSICHT         | 5.91 | .021 |
| BELOHNUNGSAUSSICHT *GRUPPE | 1    | .325 |
| GRUPPE                     | 2.65 | .114 |

Es handelt sich um piktographische Skalen von -4 bis +4 für „Valenz“ (unglücklich – glücklich) bzw. von 1 bis 9 für „Arousal“ (entspannt - aufgeregt)