

Aus der Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie und –psychotherapie  
(Direktor: Prof. Dr. Dr. Lioba Baving)  
im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel  
an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

**Einfluss von Schlaf auf das Geruchsgedächtnis bei Kindern und Erwachsenen**

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

vorgelegt von

**Eva Christina Bauhofer**

aus Böblingen

Kiel, 2016

1. Berichterstatter	PD Dr. rer. nat. Dipl.-Psych. Alexander Prehn-Kristensen Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie und -psychotherapie
2. Berichterstatter	Prof. Dr. Thorsten Bartsch Klinik für Neurologie
Tag der mündlichen Prüfung	18.05.2017
Zum Druck genehmigt, Kiel, den	18.05.2017

gez.: Prof. Dr. Ralf Baron  
(Vorsitzender der Prüfungskommission)

## Inhaltsverzeichnis

I. Einleitung .....	1
1. Gedächtnis .....	1
2. Schlaf .....	2
a. Funktionen .....	2
b. Schlafstadien .....	2
c. Ontogenese .....	4
3. Gedächtnis und Schlaf .....	4
a. Allgemeine Zusammenhänge .....	4
b. Zusammenhänge zwischen Gedächtnis und Schlaf im Vergleich zwischen Kindern und Erwachsenen .....	6
4. Das olfaktorische System .....	8
a. Physiologie und Neuroanatomie des olfaktorischen Systems .....	8
b. Plastizität im olfaktorischen System .....	11
c. Implizites Geruchsgedächtnis .....	12
d. Gerüche und Schlaf .....	13
(a) Tierstudien .....	13
(b) Studien an Menschen .....	15
(c) Schlafabhängigkeit inzidentell enkodierter impliziter Geruchsgedächtnisinhalte .....	16
5. Zusammenfassung der Studienlage und Hypothesenbildung .....	17
II. Methoden .....	18
1. Stichprobe .....	18
a. Stichprobe der Kinder .....	18
b. Stichprobe der Erwachsenen .....	20
2. Diagnostik .....	21
a. Überprüfung der Eingangsvoraussetzungen .....	21
(a) Child Behavior Checklist (CBCL) .....	21
(b) Children's Sleep Habits Questionnaire (CSHQ-DE) .....	22
(c) Sleep Self Report .....	23
(d) Pubertal Development Scale .....	24
(e) Geruchsdiskriminationstest .....	25
b. Kontrollvariable .....	25
(a) Morgen- und Abendprotokolle .....	25
(b) Aktigraphie, SOMNOWatch .....	26
(c) Self-Assessment Manikin (SAM) .....	27
c. Ethische Aspekte .....	29
3. Paradigma zur Erfassung der abhängigen Variablen .....	29
a. Geruchsrekognitionsaufgabe .....	29
b. University of Pennsylvania Smell Identification Test (UPSIT) .....	29
4. Durchführung .....	32
a. Diagnostik .....	32

b. Lernen.....	33
c. Abruf.....	34
5. Auswertung .....	35
III. Ergebnisse .....	36
1. Schlafdauer .....	36
2. Rekognitionsleistungen .....	36
a. Vergleich zwischen Schlaf- und Wachkonsolidierungsgruppe bei Kindern.....	36
b. Vergleich zwischen Schlaf- und Wachkonsolidierungsgruppe bei Erwachsenen .....	37
c. Vergleich der Kinder und Erwachsenen .....	37
3. Geruchsbewertung .....	39
a. Geruchsbewertung der Kinder .....	39
b. Geruchsbewertung der Erwachsenen .....	40
c. Geruchsbewertung im Vergleich zwischen Kindern und Erwachsenen.....	40
4. Subjektive Einschätzung der Bekanntheit .....	42
5. Manipulationscheck.....	44
6. Kontrollvariable.....	45
7. Entwicklung einer weiterführenden Studie im expliziten Design .....	45
IV. Diskussion .....	47
V. Zusammenfassung .....	55
VI. Literaturverzeichnis .....	57
VII. Danksagung.....	66
IX. Anhänge.....	69
X. Akademischer Lebenslauf .....	70

## **I. Einleitung**

„Erstmal eine Nacht über etwas schlafen“, Gelerntes zur Prüfung eines Problems abzurufen und in einem zusätzlichen Schritt gar galant zu einer Lösung zu verknüpfen soll nach einer ruhigen Nacht viel ebener erscheinen. Schon lange werden enge Zusammenhänge zwischen Gedächtnis und Schlaf vermutet und erforscht.

### **1. Gedächtnis**

Das Gedächtnis ist Grundlage der Fähigkeit, Informationen aufzunehmen, zu speichern und zu einem späteren Zeitpunkt wieder abzurufen. Zusammenfassend wird hierzu ein Stimulus über ein Sinnesorgan aufgenommen und für weniger als eine Sekunde im sensorischen Gedächtnis (Ultrakurzzeitspeicher) gespeichert. Durch Wiederholung kann diese Information in den Kurzzeitspeicher gelangen und dort für Sekunden bis Minuten erhalten bleiben. Aufarbeitung oder Wiederholung ermöglichen schließlich den Übergang der Information ins Langzeitgedächtnis (s. dazu auch 1.4.b „Plastizität im olfaktorischen System“). Hier werden Informationen für Tage bis Jahre gespeichert. In dieser Arbeit steht das Langzeitgedächtnis im Fokus, sodass der Begriff des „Langzeitgedächtnisses“ mit dem des „Gedächtnisses“ im Folgenden gleichbedeutend verwendet wird.

Das Gedächtnis wird nach Modus der zu speichernden Informationen in das deklarative (explizite) und das nicht-deklarative (implizite) Gedächtnis unterteilt (Kandel et al., 2014; McClelland et al., 1995; Stickgold, 2005). Das deklarative Gedächtnis arbeitet hippocampus-abhängig. Es beinhaltet das episodische, hauptsächlich autobiografisch belegte, und das semantische Gedächtnis, welches Welt- und Faktenwissen aufnimmt (Stickgold, 2005; Tulving, 1985). Weitgehend ohne temporo-mediale Strukturen arbeitet hingegen das nicht-deklarative Gedächtnis, welches vor allem prozedurale und motorische Abläufe abspeichert. Perzeptuelles Lernen, Priming, Habituation sowie Lernen durch klassische Konditionierung werden ebenfalls dem impliziten Gedächtnis zugeschrieben. Oft lassen sich die beiden Systeme jedoch aufgrund von Interaktionen beim Lernen bestimmter Aufgaben nicht strikt voneinander trennen (Rasch & Born, 2013).

Bezüge zu Gedächtnisprozessen im olfaktorischen System werden zu einem späteren Zeitpunkt erläutert (s. dazu Kapitel 1.4 „Das olfaktorische System“).

Das Lernen erfolgt in drei Stufen, beginnend mit der „Enkodierung“. Hierbei wird ein Stimulus wahrgenommen und ein zunächst noch labiles Engramm, eine Gedächtnisspur, angelegt. Beim folgenden „Konsolidieren“ wird diese Spur mittels plastischer, molekularer Veränderungen stabilisiert (s. dazu Kapitel 1.4.b „Plastizität im olfaktorischen System“) und die Information in bereits bestehende Netzwerke eingeflochten. Zuletzt kann bei Erfolg das Gelernte zu einem beliebigen Zeitpunkt „abgerufen“ werden. (Rasch & Born, 2013; van Kesteren et al., 2012).

Es wird vermutet, dass diese Schritte für das implizite Gedächtnis bereits in den ersten Lebenswochen, eventuell gar in den ersten Lebenstagen durchlaufen werden. Das explizite Gedächtnis nimmt ab dem sechsten Lebensmonat in Bezug auf semantische Erinnerungen seine Arbeit auf. Episodische Erinnerungen werden erst ab Ende des zweiten Lebensjahres erfolgreich abgespeichert und sind zugriffsbereit (Knopf et al., 2011).

## **2. Schlaf**

Schlaf ist ein essenzieller, natürlicher und reversibler Zustand verminderten Bewusstseins, nach dessen Bedeutung und Funktion Wissenschaftler seit Langem auf der Suche sind.

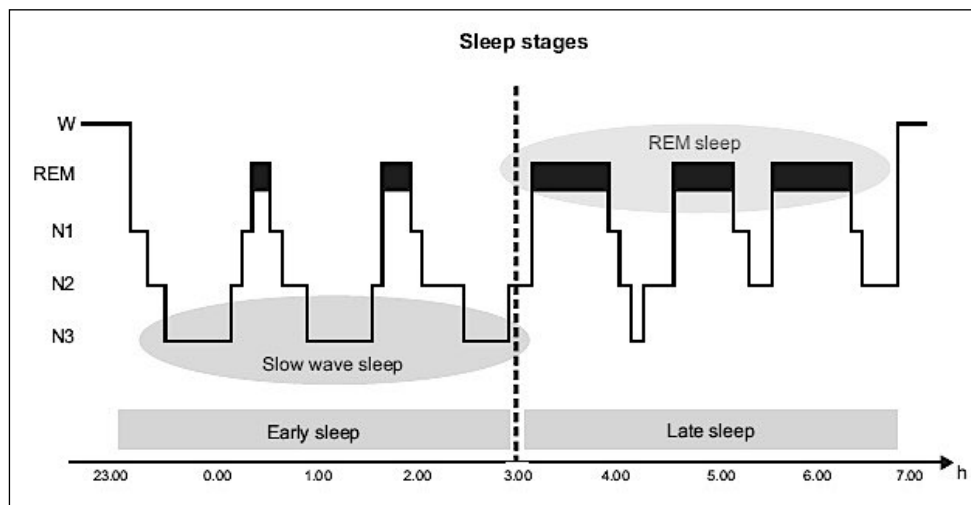
### **a. Funktionen**

Neben dem Effekt des Energiesparens ist Schlaf für viele weitere Abläufe im menschlichen Körper von entscheidender homöostatischer Bedeutung. Ihm wird beispielsweise stärkende Wirkung auf Metabolismus und Stoffwechselprozesse (Knutson et al., 2007) sowie immunologische Levels (Lange et al., 2010) zugeschrieben. Darüber hinaus ist Schlaf Hauptakteur in der synaptischen Homöostase und Plastizität und steht damit in engem Zusammenhang mit der Gedächtnisbildung (Shanahan & Gottfried, 2014; Abel et al., 2013).

### **b. Schlafstadien**

Anhand der EEG-Aktivität unterteilt man Schlaf in verschiedene Schlafstadien, die während der Nacht zyklisch durchlaufen werden. Hierbei lassen sich der sogenannte

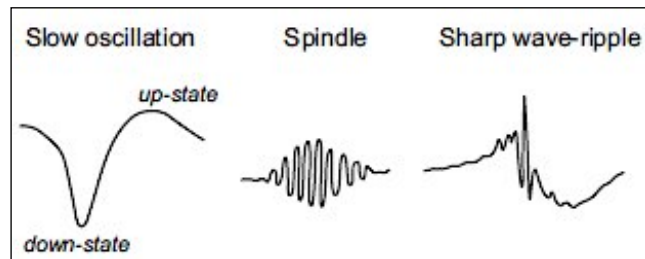
Non-REM-Schlaf und der REM (Rapid Eye Movement)-Schlaf voneinander unterscheiden (s. Abb. 1).



**Abbildung 1:** Schematischer Ablauf der Schlafphasen von 23 Uhr bis 7 Uhr: Beginnend mit dem Wachzustand (W) werden die einzelnen Schlafphasen des Non-REM-Schlafes sowie der REM-Schlaf während der Nacht zyklisch durchlaufen. In der ersten Nachthälfte dominiert der Non-REM-Schlaf, in der zweiten der REM-Schlaf. Als Slow Wave Sleep werden die beiden tiefen Schlafstadien (N3) des Non-REM-Schlafes bezeichnet. (Bild aus „About sleep’s role in memory“, Rasch & Born, 2013)

Der Non-REM-Schlaf ist in der ersten Nachthälfte besonders dominant. Er wird nach der American Academy of Sleep Medicine (AASM) als Stadium N weiter untergliedert in das Schlafstadium N1, dessen Thetawellen mit 4-7 Hz oszillieren, das Schlafstadium N2 mit Thetawellen, Schlafspindeln und K-Komplexen im EEG sowie die Tiefschlafstadien 3 und 4 (als N3 zusammengefasst), die auch als Slow Wave Sleep (SWS) bezeichnet werden (AASM-Manual, 2008). Für dieses Schlafstadium N3 typisch sind langsame (0,8 Hz), hoch-amplitudige Oszillationen mit sogenannten „Up-States“ (im Zustand der Membrandepolarisation) und „Down-States“ (im Zustand der Membranhyperpolarisation) (s. Abb. 2) (Massimini et al., 2004; Murphy et al., 2009; Luczak et al., 2007). Zudem treten im SWS durch hemmende Rückkopplung entstehende, thalamocorticale Spindeln mit 10-15 Hz auf. Sie sind Zeichen der Wahrnehmungshemmung von Umgebungsreizen mit Schlaf stabilisierendem Effekt. Ebenfalls im Tiefschlaf zu beobachtende hippocampale Sharp Wave Ripple Events (SPW-Rs) lassen sich als Wiederholung von im Wachzustand erlernten Gedächtnisinhalten interpretieren (Eschenko et al., 2008; Diekelmann & Born, 2010; Axmacher et al., 2008) (s. Abb 2).

Der REM-Schlaf (auch Traumschlaf) ist als sogenannter „paradoxe Schlaf“ durch niedrig-amplitudige 4-8 Hz schnelle Wellen im EEG sowie Muskelatonie und schwere Erweckbarkeit des Schlafenden gekennzeichnet. Seine Intensität nimmt in der zweiten Nachthälfte zu.



**Abbildung 2:** Darstellung der Feldpotentiale während des SWS: Typisch sind vor allem die neocorticalen langsamen Oszillationen (slow oscillations) mit ca. 0,8Hz; thalamocorticale Spindeln (10-15Hz) und hippocampale Sharp Wave Ripples treten ebenfalls auf. (Bild aus „About sleep’s role in memory“, Rasch & Born, 2013)

### c. Ontogenese

Die Schlafstruktur verändert sich im Laufe des Lebens deutlich, insbesondere in den ersten beiden Lebensdekaden (McLaughlin & Williams, 2009).

In den ersten zwei Lebensjahren lässt sich bereits eine kontinuierliche Abnahme von totaler Schlafzeit und REM-Schlaf-Anteil bei gleichzeitiger Zunahme der Dauer von Wachphasen im Tagesverlauf und Schlafstadien 1 und 2 während des Schlafens (Louis et al., 1997) verzeichnen. Der SWS zeigt in dieser Zeit noch eine hohe Stabilität bezüglich seines prozentualen Anteils.

In der Entwicklung von Kleinkindern zu Erwachsenen setzen sich diese Verschiebungen fort. Erwachsene weisen im Gegensatz zu Kindern eine verringerte Schlafdauer und -effizienz auf, sowie eine anhaltende prozentuale Abnahme von Slow Wave Sleep- und REM-Schlaf-Phasen. Der prozentuale Anteil an SWS korreliert also negativ mit dem Alter. Die Schlafstadien 1 und 2 nehmen hingegen prozentual weiter zu (Ohayon et al., 2004).

## 3. Gedächtnis und Schlaf

### a. Allgemeine Zusammenhänge

Dem Schlaf werden in Bezug auf die Gedächtnisbildung verschiedene Funktionen zugesprochen: Durch verminderte retroaktive Interferenz während des Schlafens wird



die Konsolidierung aller Gedächtnissysteme vereinfacht und gestärkt (Ellenbogen et al., 2006; Jenkins & Dallenbach, 1924).

Eine weitere Hypothese stellt die Bedeutung der synaptischen Homöostase durch eine Readjustierung der Synapsen mit Downscaling wenig verwendeter und einer Betonung viel genutzter Zellkontakte in den Mittelpunkt. So sollen neue Kapazitäten für das Enkodieren im folgenden Wachzustand entstehen (Tononi & Cirelli, 2003; Horn et al., 1998a/b).

Aktueller und weithin akzeptierter Ansatz in Bezug auf die Funktionsweise des deklarativen Gedächtnisses ist die Aktiv-System-Konsolidierungstheorie (Born & Wilhelm, 2011), die aktive Vorgänge im Schlaf vermutet (Stickgold, 2005; Born et al., 2006; Marshall & Born, 2007). Deklarative Inhalte gelangen nach Enkodierung in den Hippocampus (Kurzzeitspeicher). Im Schlaf, insbesondere im SWS, werden - im EEG als Slow Wave Ripple Events gekennzeichnet (Buszaki, 1989; Eschenko et al., 2008; Ji & Wilson 2007; O'Neill et al., 2010) - die Erinnerungen wiederholt reaktiviert (Ramadan et al., 2009; Eschenko et al., 2008). Sie werden schließlich rückverteilt in neocorticale Strukturen des Langzeitspeichers unter Integration der Informationen in präexistente neuronale Netzwerke. Dabei zeigen sie ein dem der Enkodierung entsprechendes Entladungsmuster (Wilson & McNaughton, 1994; Lee & Wilson, 2002). Die Anzahl der in den hippocampalen Pyramidenzellen der CA3 Region (Buszaki, 1986) generierten SPW-Rs ist dabei mit dem gemessenen Erinnerungsvermögen korreliert (Ramadan et al., 2009; Barnes & Wilson, 2014). Hier scheint sich also die synaptische Plastizität während der Konsolidierung im EEG darzustellen (Buszaki, 1989). Dem SWS wird daher eine große Bedeutung für die Gedächtnisfunktion, insbesondere bezüglich des Vorgangs der Konsolidierung, zugeschrieben (Rasch & Born, 2013; Marshall & Born, 2007; Wilhelm et al., 2012).

Die langsamen Oszillationen (slow waves) des SWS entstehen im präfrontalen, orbitofrontalen Neocortex und bewegen sich in antero-posteriorer Richtung fort (Massimini et al.; 2004, Murphy et al., 2009).

## **b. Zusammenhänge zwischen Gedächtnis und Schlaf im Vergleich zwischen Kindern und Erwachsenen**

In diversen Studien konnten Unterschiede in der Konsolidierung der verschiedenen Gedächtnissysteme (deklarativ/nicht-deklarativ) zwischen Kindern und Erwachsenen gezeigt werden, insbesondere bezüglich ihrer Abhängigkeit vom Schlaf (Wilhelm et al., 2012):

Um die Abhängigkeit der Enkodierung und/oder der Konsolidierung vom Schlaf zu untersuchen, werden Testungen oft in Form von Rekognitionsparadigmen in zwei Gruppen durchgeführt, von denen eine nach (morgendlicher) Enkodierung tagsüber wach bleibt (Wachbedingung), während die andere Gruppe nach dem (abendlichen) Lernen schläft (Schlafbedingung).

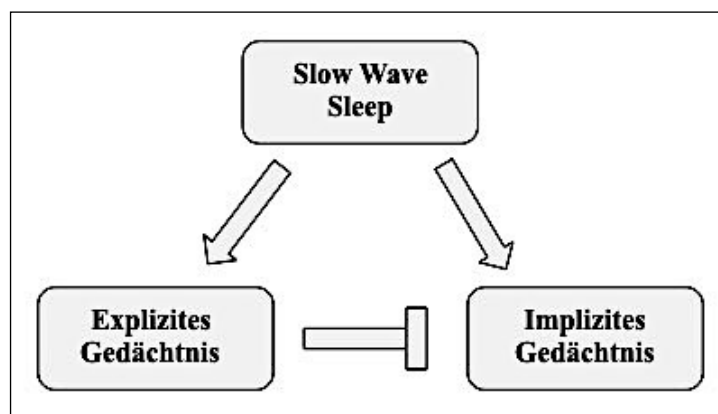
Erwachsene profitieren sowohl bei deklarativen (Diekelmann et al., 2009; Stickgold, 2005; Rasch et al., 2007; Marshall et al., 2006; Jenkins & Dallenbach, 1924; Peigneux et al., 2001) als auch prozeduralen (nicht-deklarativen) Aufgabenstellungen (Fischer et al., 2007; Albouy et al., 2008; Wilhelm et al., 2012; Plihal & Born, 1997) deutlich vom Schlaf. Kinder hingegen erzielen nur bei deklarativen Aufgaben bessere Gedächtnisleistungen in der Schlaf- als in der Wachbedingung (Backhaus et al., 2008). Bei der Rekognition nach prozeduralen Tests bleibt im Gegensatz dazu der zu erwartende Vorteil durch den Schlaf aus (Prehn-Kristensen et al., 2009; Wilhelm et al., 2008).

Eine mögliche Erklärung sind die bei Kindern noch weniger ausgeprägten Erfahrungsnetzwerke und Schemata zur Aufgabenlösung, in die neu Erlerntes im Schlaf integriert werden kann (Stickgold & Walker, 2013; Wilhelm et al., 2012; Lewis & Durrant, 2011).

In einer Studie an jungen Singvögeln beobachteten Deregnaucourt und Kollegen diese beim Erlernen des Gesanges, einem prozeduralen, nicht-deklarativen Gedächtnisvorgang. Nach dem Schlaf zeigten die Jungvögel eine sehr variable und ungenaue Performance der Lieder und erreichten ihr Performancelevel des Vortages erst nach langem Üben wieder (Deregnaucourt et al., 2005). Über einen dreimonatigen Zeitraum aber betrachtet, lieferten letztlich jene Vögel mit den anfangs schlechtesten Lernerfolgen nach dem Schlaf die besten Ergebnisse, sodass diese vorläufige schlafabhängige Verschlechterung als Teil des Lernprozesses zu bewerten ist.

Erwachsene Vögel, die bis zum Zeitpunkt der Testung in akustischer Isolation gelebt hatten, lernten die Gesänge im Gegensatz zu den Jungtieren ohne zwischenzeitliche schlafabhängige Verschlechterung. Diese sowie die vorliegende Studie weisen deutlich auf einen abweichenden Effekt der kindlichen Offline-Konsolidierung von derer der Erwachsenen in Bezug auf das implizite Gedächtnis hin.

Wie bereits erwähnt, unterscheiden sich Kinder und Erwachsene wesentlich in ihrer Schlafstruktur: Zum einen schlafen Erwachsene in der Regel insgesamt weniger als Kinder. Zum anderen verbringen Kinder anteilig mehr Zeit im SWS (Campbell & Feinberg, 2009; Ohayon et al., 2004; McLaughlin & Williams, 2009). Da der SWS insbesondere die Konsolidierung deklarativer/expliziter Gedächtnisinhalte während des Schlafes fördert, kann eine durch starke Interaktion expliziter und impliziter/prozeduraler Gedächtnissysteme entstehende Hemmung der prozeduralen Anteile vermutet werden (s. Abb. 3) (Fischer et al., 2007; Fletcher et al., 2005; Poldrack et al., 2001; Stefaniak et al., 2008; Albouy et al., 2008, Wilhelm et al., 2008; Brown & Robertsen, 2007a/b). Im Sinne antagonistischer Prozesse während der schlafabhängigen Konsolidierung würde der Schlaf durch Hervorheben der Speicherung der expliziten Anteile einer Aufgabe das Lernen der prozeduralen Abläufe erschweren oder verhindern (Wagner et al., 2004).



**Abbildung 3:** Vom SWS profitiert insbesondere die Konsolidierung deklarativer/expliciter Gedächtnisinhalte. Durch anteilig deutlich mehr SWS bei Kindern kommt es durch die selektive Förderung des deklarativen/expliciten Gedächtnisses zur Hemmung der Konsolidierung nicht-deklarativer/impliziter Gedächtnisinhalte. (Bild: eigene Darstellung)

Die Form der Enkodierung (explizit versus implizit) scheint demnach für die Auswirkung des SWS auf die Konsolidierung des Gelernten von entscheidender

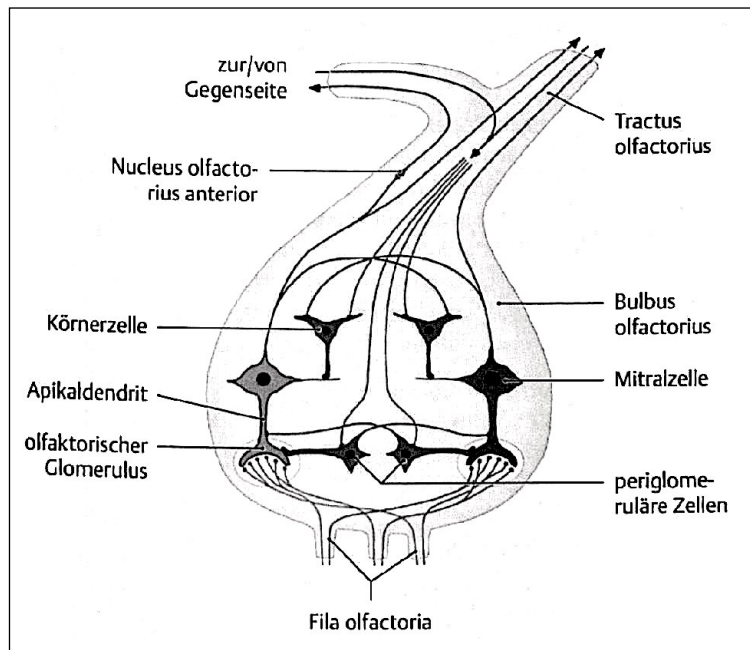
Bedeutung zu sein. Dies kommt aufgrund der anteilig so viel längeren SWS-Phasen in der kindlichen Schlafstruktur besonders zum Tragen.

#### **4. Das olfaktorische System**

Da in der vorliegenden Studie der Geruchssinn das zentrale Element für die Untersuchung des Gedächtnisses darstellt, soll im Folgenden in das olfaktorische System, das Geruchsgedächtnis sowie die Einflüsse des Zusammenspiels von Gerüchen und Schlaf auf explizites und implizites Gedächtnis eingeführt werden.

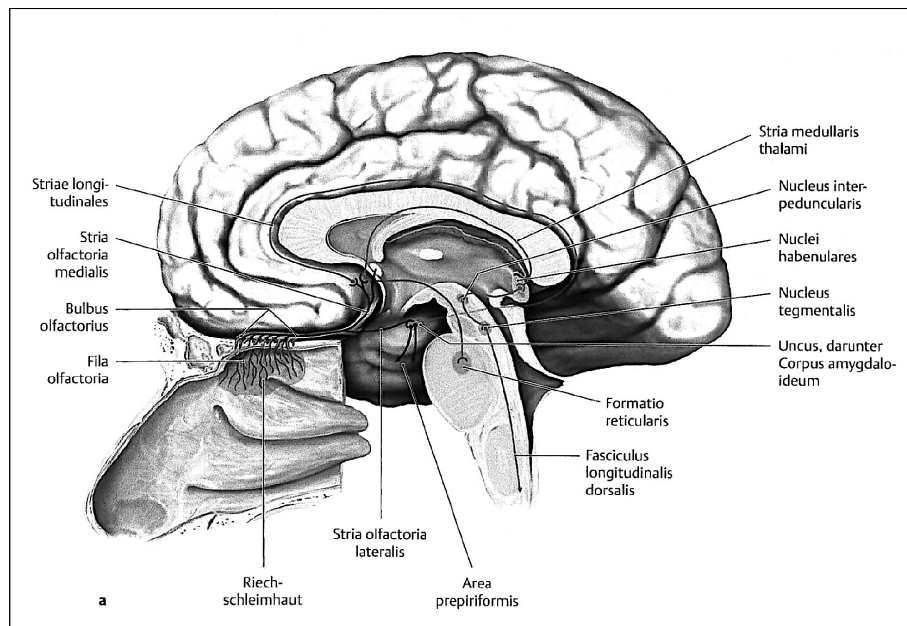
##### **a. Physiologie und Neuroanatomie des olfaktorischen Systems**

Das olfaktorische System ist ein chemischer Sinn, dessen primäre Sinneszellen in der Nasenschleimhaut sitzen. Diese Epithelzellen exprimieren jeweils einen Typ eines Rezeptormoleküls. Bindet ein entsprechender Riechstoff mithilfe von „odorant binding proteins“ an den G-Protein-gekoppelten Rezeptor, entsteht via intrazellulärer Signalkaskade ein Aktionspotenzial, welches über die Fila olfactoria durch die Lamina cribrosa nach intrakraniell und dort in einen der paarig angelegten Bulbi olfactorii fortgeleitet wird (s. Abb. 5). Hier konvergieren die Signale von bis zu 1000 Sinneszellen desselben Rezeptortyps in den sogenannten „Glomerula“ (Mombaerts, 2001). Je ein Glomerulum als Empfänger eines Rezeptorsignals bildet nun eine Synapse mit einer glutaminergen Mitralzelle, welche schließlich Verbindungen in höhere Hirnregionen unterhält (s.u.) (Schünke et al., 2009; Wilson et al., 2004). Juxtaglomeruläre GABAerge Interneurone wie periglomeruläre Zellen und Körnerzellen sorgen durch laterale Inhibition für Kontrastverstärkung und bilden gleichzeitig als Eingangsort für zentrifugale modulierende Inputs aus höheren Hirnregionen einen Ort beginnender Reizverarbeitung (Wilson et al., 2004) (s. Abb. 4).



**Abbildung 4:** Aufbau der Verschaltungen im Bulbus olfactorius. Die afferenten Fila olfactoria bilden in den Glomerula des Bulbus olfactorius Synapsen mit den Mitralzellen aus. Deren Axone vereinigen sich anschließend zum Tractus olfactorius und dienen der Weiterleitung der Signale in den olfaktorischen Cortex sowie weitere höhere Hirngebiete. Durch hemmende periglomeruläre und Körnerzellen wird die Kontrastbildung im Bulbus olfactorius verstärkt. (Bild aus „Prometheus, Lernetlas der Anatomie; Kopf, Hals und Neuroanatomie“, Schünke et al., 2009)

Als Tractus olfactorius ziehen die Axone der Mitralzellen im Sulcus olfactorius an der Unterseite des Frontalhirns nach dorsal, bis sich dieser im sogenannten Trigonum olfactorium vor der Substantia perforata anterior in drei Äste aufteilt (Schünke et al., 2009; Albrecht & Wiesmann, 2006): Nun verlaufen zum Einen Faserbahnen zum primären olfaktorischen Cortex, der sich aus dem anterioren olfaktorischen Cortex, dem Tuberculum olfactorium und dem anterioren piriformen Cortex zusammensetzt (Mouly & Sullivan, 2010). Dabei müsste der Bulbus olfactorius als Teil des Telencephalons neuroanatomisch korrekt als primärer Cortex angeführt werden (Albrecht & Wiesmann, 2006). Zum Anderen besteht über Projektionen zur Amygdala sowie zum entorhinalen Cortex als Eingang zur hippocampalen Formation eine einzigartige direkte Verbindung der Mitralzellen zum limbischen System (Gottfried, 2006; Wilson et al., 2004; Savic, 2002) (s. Abb. 5). Viele der primär erreichten Areale projizieren im Sinne eines Feedback-Mechanismus in den Bulbus olfactorius zurück.



**Abbildung 5:** Olfaktorisches System im Mediansagittalschnitt: Aus dem Bulbus olfactorius zieht ein Teil der Axone der Mitralzellen zur Area prepiriformis, der primären Riechrinde. Zusätzlich ziehen Fasern zum Corpus amygdaloideum sowie zu den Gyri semilunaris und ambiens. Zudem werden viele weitere Anteile des limbischen Systems erreicht. Eine primäre Verschaltung im Thalamus entfällt im olfaktorischen System. (Bild aus „Prometheus, Lernetlas der Anatomie; Kopf, Hals und Neuroanatomie“, Schünke et al., 2009)

Vom primären olfaktorischen Cortex aus werden die Informationen in den sekundären olfaktorischen Cortex fortgeleitet. Hierzu zählen der orbitofrontale Cortex, Teile des limbischen Systems (Hippocampus, Gyrus cinguli, Insula, u.a.), das ventrale Striatum sowie das Pallidum, der Hypothalamus und auch der Thalamus (Albrecht & Wiesmann, 2006). Die enge Verbindung zum limbischen System bildet die Grundlage für geruchs-basierte(s) Emotionen, Verhalten und Erinnerungen (Herz & Engen 1996; Larsson & Willander, 2009; Herz, 2009).

Im orbitofrontalen Cortex werden die Informationen zudem mit denen anderer Sinnesqualitäten zusammengeführt und integriert. Von zentraler Bedeutung ist, dass die meisten Projektionsbahnen des olfaktorischen Systems thalamus-unabhängig verlaufen (Shanahan & Gottfried, 2014), sodass die Verarbeitung vieler geruchs-basierter Informationen primär ohne „thalamisches gating“ möglich ist.

Studien mittels funktioneller Magnetresonanztomografie bestätigen diesen Aufbau für das humane olfaktorische System (Weisman et al., 2001; Levy et al., 1997; Wang et al., 2005).

### *Proust-Phänomen*

In seinem Roman „Auf der Suche nach der verlorenen Zeit“ beschreibt Marcel Proust (1871-1922) einen Effekt, eine Volksweisheit, die sich aus eben jenem Aufbau des Geruchssystems ergibt. Sein Protagonist wird durch den Duft eines Gebäckstückes von Erinnerungen übermannt, denn Gerüche zählen zu den stärksten mnestischen Reizen. Durch die direkte Fortleitung ins limbische System unter Auslassen eines „thalamischen gating“ triggern sie autobiografische Erinnerungen und beeinflussen beispielsweise Hunger, Müdigkeit, Sexualverhalten oder Sympathie noch bevor ein Geruch bewusst wahrgenommen wird (Larsson & Willander, 2009).

### **b. Plastizität im olfaktorischen System**

Das olfaktorische System ist bereits ab der Geburt funktionstüchtig und insbesondere bei Tieren überlebenswichtig (Mouly & Sullivan, 2010; Chalouhi et al., 2005, Doty, 1986). Dennoch finden laufend erfahrungsabhängige plastische neuronale Veränderungen als Ausdruck des Lernens neuer Gerüche und der Gedächtnisbildung statt (Barnes & Wilson, 2014). Die Eigenschaft von Synapsen, Neuronen und Hirnarealen, sich in Abhängigkeit der Intensität ihrer Verwendung anpassend zu verändern, nennt man Plastizität. Dabei kann es zur Verstärkung der synaptischen Übertragung (Potenzierung) oder zur Abschwächung derselben (Depression) kommen. Im olfaktorischen System findet Plastizität im gesamten Pathway des Signals statt (Barnes & Wilson, 2014).

### *Kurzzeitplastizität*

Unter Kurzzeitplastizität versteht man die Änderung der Übertragungsrates an Synapsen für wenige Millisekunden bis Minuten. Durch präsynaptische Regulation der Transmitterfreisetzung, insbesondere durch juxtaglomeruläre Neurone, kommt es im Bulbus olfactorius schnell zu einem Remodeling lokaler neuronaler Kreise, zur Dämpfung des afferenten Input und so zur Adaptation an wiederholte oder längerfristig andauernde Stimulation durch einen Geruch (Wilson et al., 2004).

### *Langzeitplastizität*

Für die Ausbildung neuer Gedächtnisspuren ist die Langzeitpotenzierung von entscheidender Bedeutung. Physiologische Grundlage hierfür bildet die Erhöhung der

intrazellulären Kalziumionen-Konzentration glutaminerger Postsynapsen. Hochfrequente präsynaptische Reizung führt zu einer erhöhten Glutamatausschüttung, in deren Folge es zur Ladungsabstoßung der die Kanalpore der postsynaptische NMDA-Rezeptoren blockierenden Magnesiumionen kommt. So öffnen nun nicht nur spannungsabhängige AMPA-Rezeptoren bei Depolarisation, sondern auch rezeptorgesteuerte NMDA-Rezeptoren, sodass erhöhter Kalziumeinstrom ermöglicht wird (Deetjen et al., 2005). Diese physiologischen Veränderungen sorgen durch die verbesserte synaptische Übertragung für eine Aufnahme von Informationen in das Langzeitgedächtnis.

Olfaktorische Rezeptorneurone, Mitralzellen sowie die Neurone des piriformen Cortex sind glutaminerg und somit zur Langzeitpotenzierung fähig (Deetjen et al., 2005).

Darüber hinaus modulieren nicht-olfaktorische Inputs die Langzeitplastizität. Dazu gehören unter anderem Einflüsse von Neurotransmittern, deren Konzentrationen auf die Speicherung neuer Gedächtnisinhalte einwirken können (Barnes & Wilson, 2014; Rasch & Born, 2013). So konnte gezeigt werden, dass eine während des NREM-Schlafes verstärkte Noradrenalin-Aktivität, ausgehend vom Locus coeruleus, wesentlich zur offline-Konsolidierung des Geruchsgedächtnisses beiträgt (Gais et al., 2011).

Abgesehen von synaptischer existieren weitere Formen von Plastizität. So wird beispielsweise eine geruchsinduzierte selektive Steuerung des Überlebens neu generierter Körnerzellen in den Glomerula vermutet, die eine Stärkung der Erinnerung und der Diskrimination der neu erlernten Gerüche nach sich ziehen soll (Wilson et al., 2004).

Da in der hier vorliegenden Arbeit das implizite Geruchsgedächtnis im Vordergrund steht, soll es an dieser Stelle kurz beschrieben werden.

### **c. Implizites Geruchsgedächtnis**

Das implizite Gedächtnis besteht, wie bereits beschrieben, aus verschiedenen Qualitäten. Dazu gehört neben prozeduralen Aufgaben und der klassischen Konditionierung auch die Habituation, die in Bezug auf das olfaktorische System besonders ausgeprägt ist. Durch Adaptation der olfaktorischen Rezeptorneurone, der Mitralzellen und der Neurone des piriformen Cortex kommt es bei lang dauernder oder



wiederholter Reizung mit demselben Duftstoff zur Gewöhnung. Die Erregbarkeit durch eben diesen Reiz ist gedämpft. Durch eine Veränderung des Geruches oder der Situation kann es jederzeit zur Dishabituation und zum Zurückerlangen der Antwortbereitschaft des zentralen olfaktorischen Systems kommen. Wichtiger Mediator ist in diesem Zusammenhang der Neurotransmitter Noradrenalin aus dem Locus coeruleus. Seine bei gesteigertem Arousal erhöhte Konzentration blockiert die synaptische Depression von Mitralzellen und piriformen Cortexneuronen und verhindert die Habituation.

#### **d. Gerüche und Schlaf**

##### **(a) Tierstudien**

Studien, vorzugsweise an Ratten, zeigten bereits einige Zusammenhänge zwischen olfaktorischem System, Gedächtnis und Schlaf.

Im Slow Wave Sleep (SWS) kommt es, wie auch in anderen Sinnessystemen, zu einer Protektion vor externaler Interferenz (Shanahan & Gottfried, 2014).

Lässt sich während der Wach- bzw. ihnen entsprechender Fast-Wave-Phasen bei anästhesierten Ratten durch Geruchsdarbietung eine erhöhte Single-Unit-Aktivität (mittels Mikroelektrodensystem gemessene, elektrische Erregung eines einzelnen Neurons) im primären olfaktorischen Cortex ableiten, findet sich dabei im SWS keine Veränderung des EEG. Das Aktivitätsmuster im Bulbus olfactorius bleibt durch den Wechsel von Wach- zu Schlafzustand unverändert. Dies spricht für ein schlafabhängiges Gating von Geruchsverarbeitung im piriformen Cortex ähnlich dem Gating im Thalamus (Murakami et al., 2005).

Wilson et al. konnten in einer Studie an urethan-anästhesierten Ratten erfahrungsabhängige neuronale Veränderungen im primären olfaktorischen Cortex nachweisen. Der Versuchsaufbau beinhaltete eine Messung der Single-Unit-Aktivität und lokaler Feldpotentiale im anterioren piriformen Cortex im Slow Wave Sleep vor Darbietung eines Geruches, eine Geruchsexposition im wachheitsähnlichen Fast-Wave-Status und eine folgende Messung im sich anschließenden SWS. Im post-expositionellen Schlaf konnten so spontane Entladungen der piriformen Cortexneurone dargestellt werden, deren Muster in zeitgeraffter Version dem des Lernens zuvor entsprach (Wilson et al., 2010).

In einer weiteren Untersuchung zeigte sich eine verringerte Kohärenz der Aktivitäten im anterioren piriformen Cortex und dem Bulbus olfactorius während des SWS. Dagegen steigt im Schlaf die Aktivitätenkohärenz von piriformem Cortex und Hippocampus und Amygdala. Dies weist auf eine verstärkte Interaktion von Neocortex und limbischem System in Phasen des SWS bei verringertem afferenten Input hin (Wilson & Yan, 2010).

Wie bereits oben erwähnt, werden im Hippocampus während des SWS nach einer Lernaufgabe sogenannte Sharp Wave Ripple Events (SPW-Rs) beobachtet (Eschenko et al., 2008), deren Anzahl mit der anschließend gemessenen Gedächtnisleistung (Rekognition) korreliert. Nun ist der piriforme Cortex mit seinem hohen phylogenetischen Alter und seinem dreischichtigen Aufbau dem Hippocampus sehr ähnlich, sodass auch hier solche SPW-Rs vermutet wurden. Tatsächlich konnten im anterioren piriformen Cortex schießlich vom Hippocampus unabhängig generierte SPW-Rs gesehen werden (Manabe et al., 2011; Narikiyo et al., 2014). Diese werden auch „Olfactory cortex sharp waves“ (OC-SPWs) genannt und mögen für die Reorganisation des zentralen olfaktorischen Systems nach einer Lernaufgabe von Bedeutung sein. Im SWS treten synchron mit diesen OC-SPWs auch im Bulbus olfactorius Sharp Waves auf, indizierend, dass es so zu hierarchischem Einfluss aus dem Neocortex auf den Bulbus kommt. Ein Zusammenhang dieser OC-SPWs mit der oben angesprochenen Induktion der Apoptose von Körnerzellen im Bulbus olfactorius wird vermutet (Manabe et al., 2011).

Ähnlich wie in thalamocorticalen Systemen kommt es im olfaktorischen System zu einem „turning inward“ während des SWS. Während der piriforme Cortex im Slow Wave Sleep weniger mit dem Bulbus olfactorius kommuniziert als im Wachzustand, ist sein Signalaustausch mit dem Hippocampus und der Amygdala nun deutlich erhöht (Barnes & Wilson, 2014a; Wilson & Yan, 2010; Barnes et al., 2011). Die Sensitivität für afferente Reize ist herunter reguliert (Barnes & Wilson, 2014a; Carskadon & Herz, 2004) und intracorticale assoziative Faserbahnen sind stattdessen verstärkt aktiv, sodass die Vermutung von Reaktivierungen zuletzt aktivierter Synapsen und somit einer Stärkung der Konsolidierung neu erlernter Gerüche naheliegend ist. Aufbau und

Funktionsweise des olfaktorischen Gedächtnisses sind also der des weiter oben beschriebenen hippocampus-abhängigen deklarativen Gedächtnissystems sehr ähnlich.

### **(b) Studien an Menschen**

Untersuchungen des *deklarativen Gedächtnisses* zeigten einen Einfluss von Geruchssignalen während des Lernens und Schlafens auf den Lernerfolg. In einer visuo-spatialen Objektlokalisierungsaufgabe in einer Studie von Rasch et al. lernten die Probanden unter Exposition gegenüber einem Rosenduft, während die Kontrollgruppe ohne Geruchsdarbietung lernte. Im folgenden SWS wurde der Probandengruppe erneut der Rosenduft dargeboten, vor dem Hintergrund einer möglichen Verstärkung der Konsolidierung der Lernaufgabe durch diesen Reiz. Tatsächlich ließ sich für sie eine im Vergleich mit der Kontrollgruppe deutlich bessere Rekognition nach dem Schlaf verzeichnen (Rasch et al., 2007; Rhim et al., 2014). In einer komplementären Studie zeigte sich im funktionellen MRT während der Geruchsexposition im Schlaf eine erhöhte Aktivität im Hippocampus im Gegensatz zu wachen geruchsexponierten Probanden. Dies kann als Hinweis auf hippocampale Reaktivierungen und ablaufende Speicherung des Gelernten während des Schlafes gedeutet werden, unterstützt durch die messbar bessere Erinnerungsperformance beim Abruf.

Solche das Gedächtnis unterstützenden Gerüche stabilisieren bei Darbietung im Schlaf durch die Induktion von Reaktivierungen nachweislich deklarative Gedächtnisspuren und erhöhen die Resistenz vor folgender Interferenz. Werden Reaktivierungen jedoch im Wachzustand angeregt, destabilisieren sie die Erinnerungen (Diekelmann et al., 2011).

Neben diesen Studien, die Gerüche als Lernkontext und Trigger zur Reaktivierung von Lernsituationen nutzen, gibt es eine Untersuchung, in der das explizite Lernen von Gerüchen im Vordergrund steht. In einer Geruchsrekognitionsaufgabe erforschten Steffen Gais und Kollegen den Einfluss noradrenerger Aktivität während des SWS auf die Rekognitionsleistung ihrer Probanden. Grundlage war die Erkenntnis, dass der Locus coeruleus als noradrenerge Quelle des Gehirns während des SWS nach Lernepisoden intermittierend aktiv ist. Im Zuge der Studie wurde mittels zentralnervös wirksamer Medikamente der Noradrenalin-Spiegel während des Schlafens zwischen

Lern- und Abrufsituation gesenkt beziehungsweise erhöht. Es bestätigte sich die Annahme, dass eine reduzierte kortikale Noradrenalin-Konzentration zu einer schlechteren Wiedererkennung der Gerüche im Abruf führt, während ein erhöhter noradrenerger Spiegel während des Schlafes folgerichtig die Rekognitionsleistung verbessert (Gais et al., 2011).

Von Hauner et al. wurde das *implizite/emotionale Gedächtnis* anhand eines Angstkonditionierungsparadigmas in An-/Abwesenheit eines Geruches während der Konditionierung untersucht. Im post-konditionellen SWS wurden die Probanden dem Geruch reexponiert und ihre Angstreaktion gemessen. Während es in der ersten Hälfte des SWS noch zu einer starken Angstreaktion kam, nahm diese in der zweiten Hälfte deutlich an Intensität ab. Im folgenden Wachzustand zeigte sich bei erneuter Angstaufgabe nun eine stark reduzierte Angstreaktion im Gegensatz zu jener vor dem Schlafen. Demnach fördert eine Reexposition gegenüber einem mit einem Angststimulus verbundenen Geruch im SWS die Angstlöschung. Diese stellt sich im fMRT als erniedrigte Aktivität im limbischen System und eine Reorganisation amygdalischer Kreise dar (Hauner et al., 2013).

### **(c) Schlafabhängigkeit inzidentell enkodierter impliziter Geruchsgedächtnisinhalte**

Bei den oben erwähnten Studien lernten die Probanden stets intentional. Diese Enkodierungsform wird eher dem expliziten Gedächtnis zugerechnet (Herz et al., 2012; Frank et al., 2011). Ob sich das bei inzidentellem Studiendesign zu testende implizite Gedächtnis für Gerüche schlafabhängig verbessert, untersuchte K. Lotzkat in ihrer Diplomarbeit im Fach Psychologie (in Vorbereitung) in einem inzidentellen Geruchsrekognitionsparadigma.

Zur Überprüfung der Hypothese „Schlaf fördert das basale Geruchsgedächtnis bei Menschen“ wurden 34 gesunde, erwachsene Männer zwischen 20 und 30 Jahren getestet. Die Probanden wurden in eine Schlafgruppe, die abends lernte, nachts unter gewohnten Bedingungen zuhause schlief und morgens zum Abruf kam, sowie eine Wachgruppe, die entsprechend morgens lernte, tagsüber wach blieb und abends zum Abruf zurückkehrte, zufällig eingeteilt.

Die Lerneinheit bestand aus zehn Target-Gerüchen, die von den Probanden jeweils

hinsichtlich Intensität, Valenz und Bekanntheit bewertet werden sollten. Um ein deklaratives „Label-Lernen“ zu vermeiden, wurden weder Zahlen/Anzahlen noch Assoziationen erfragt oder kommentiert.

Im Abruf wurden den Probanden dann 20 Gerüche vorgelegt. Die zehn Target-Gerüche sollten unter den zehn Distraktor-Gerüchen wiedererkannt werden.

Hierbei erzielte die Schlafgruppe im Abruf eine signifikant höhere Accuracy als die Wachgruppe, sodass K. Lotzkat in ihrer Studie zeigen konnte, dass Schlaf die Konsolidierung inzidentell und somit implizit enkodierter Gerüche bei Erwachsenen fördert (Lotzkat et al., in Vorbereitung).

## **5. Zusammenfassung der Studienlage und Hypothesenbildung**

*Erwachsene* profitieren bezüglich ihrer Gedächtnisleistung sowohl bei intentionaler deklarativer als auch prozeduraler Aufgabenstellung vom Schlaf. Ebenso fördert Schlaf das inzidentelle, implizite Lernen von Gerüchen bei Erwachsenen.

*Kinder* hingegen zeigen nach dem Schlafen verbesserte deklarative, jedoch schlechtere prozedurale Gedächtnisleistungen und weisen damit eine deutlich von der Enkodierungsform abhängige Auswirkung des Schlafes auf die Gedächtnisleistung auf. Wirkt sich die Hemmung prozeduraler Konsolidierung durch das im SWS verstärkt geförderte deklarative Gedächtnis auch auf das inzidentelle Lernen von Gerüchen bei Kindern aus? Auf diese Frage bieten bisherige Studien noch keine Antwort.

Folgende Hypothese stellten wir vor dem Hintergrund der aktuell verfügbaren Studienlage unter Annahme antagonistischer Prozesse während der schlafabhängigen Konsolidierung von expliziten und impliziten Gedächtnisinhalten auf: *Bei der Konsolidierung inzidentell, implizit enkodierter Gerüche profitieren Kinder nicht von dem auf das Lernen folgenden Schlaf.*

Der SWS fördert bei Kindern das deklarative Lernen von Gerüchen und führt so zu einem Ausbleiben der Konsolidierung der nicht-deklarativen Inhalte des Geruchsgedächtnisses.

Zur Überprüfung dieser Hypothese entwickelten wir die hier vorliegende Studie, deren Versuchsaufbau im sich anschließenden Methodenteil eingehend erläutert werden soll.

## **II. Methoden**

Zur Prüfung dieser Hypothese wurde die im folgenden Abschnitt beschriebene Studie entwickelt. Analog zur oben genannten Studie von Lotzkat et al. an erwachsenen Probanden soll ein inzidentelles Geruchsrekognitionsparadigma mit Kindern in Schlaf- und Wachbedingung durchgeführt werden, um einen Vergleich der beiden Altersklassen in Bezug auf die Schlafabhängigkeit der Konsolidierung der Gerüche zu ermöglichen. Dafür ist der Versuchsaufbau für die Untersuchung der Kinder möglichst nah an den für die erwachsenen Probanden angelehnt. Lediglich Uhrzeiten und Fragebögen zur Überprüfung der Eingangsvoraussetzungen weichen ab.

### **1. Stichprobe**

#### **a. Stichprobe der Kinder**

Zu einem ersten Termin eingeladen wurden zunächst 37 männliche Probanden zwischen acht und 12 Jahren. Entlang einer Telefon-Checkliste (s. Anhang 1) konnten bereits in einem ersten Gespräch mit den Eltern gesundheitliche, sozial-emotionale, motorische und schulische Probleme sowie psychologisch/psychiatrische Auffälligkeiten der Kinder erfragt und auffällige Kinder von der Studie ausgeschlossen werden. Ebenso wurden Kinder, die nach Selbstauskunft der Eltern bereits eine bekannte beeinträchtigte Riechfähigkeit oder Schlafschwierigkeiten aufwiesen, nicht aufgenommen. Weiterführende validierte diagnostische Fragebögen und Tests zur Prüfung der Erfüllung der Teilnahme Kriterien entschieden letztlich über eine Aufnahme in die Studie. Die Probanden wurden mittels Aushängen in Kieler Grundschulen, Kinderarztpraxen, Bibliotheken und anderen öffentlichen Orten sowie aus der Datenbank der Forschungsabteilung der Kinder- und Jugendpsychiatrie des ZIP Kiel rekrutiert.

Um Probanden mit Verhaltensauffälligkeiten, Schlafstörungen, fortgeschrittenem Pubertätsstatus und/oder beeinträchtigter Geruchsdiskriminationsfähigkeit sicher erkennen und ausschließen zu können, wurden Eltern- und Selbstreportfragebögen vorgelegt sowie ein Geruchsdiskriminationstest durchgeführt. Sie werden untenstehend im Abschnitt 2.2 „Diagnostik“ näher erläutert.

Nach sieben Ausschlüssen (Fehler in der Testung (2x), Überschreiten diagnostischer Grenzwerte (3x), Korrektur Bekanntheit (s.u., 2x)) bildeten letztendlich 30 gesunde, präpubertäre Jungen im Alter zwischen acht und 12 Jahren die Schlaf- bzw. Wachkonsolidierungsgruppe (jeweils à 15 Probanden). Die Einteilung in Schlaf- und Wachgruppe erfolgte randomisiert und nach Alter parallelisiert [Schlaf: M = 10,66 Jahre; Wach: M = 10,42 Jahre;  $p = ,696$ ] (s. Tab. 1). Das mittlere Alter der Kinder der Schlaf bzw. Wachgruppe bei Testung betrug 128 bzw. 125 Monate.

	Schlafgruppe	Wachgruppe
n	15	15
Mittelwert	128	125
Range	95-100	110-153
T-Test Sign. (2-seitig)	,696	

**Tabelle 1:** Alter der Kinder in Monaten zum Zeitpunkt der Testung für Schlaf- und Wachgruppe sowie im Vergleich.

Hinsichtlich der Fragebogenergebnisse der Child Behavior Checklist (CBCL, Döpfner et al., 1994; s.u.) [Schlaf: M = 44,93, SD = 8,62; Wach: M = 43,2, SD = 7,52; Schlaf vs. Wach:  $t(28) = ,59$ ,  $p = ,56$ ], des Children's Sleep Habits Questionnaire (CSHQ-DE, Schlarb et al., 2010; Owens et al., 2000; s.u.) [Schlaf: M = 38,53, SD = 2,72; Wach: M = 38,93, SD = 2,79;  $t(28) = ,4$ ,  $p = ,7$ ] und der Pubertal Development Scale (PDS, Petersen et al., 1988; Watzlawik, 2009; s.u.) [Schlaf: M = 3,27, SD = ,59; Wach: M = 3,07, SD = ,26;  $t(28) = 1,2$ ,  $p = ,242$ ] unterschieden sich die Gruppen ebenfalls nicht signifikant (s. dazu auch Tab. 2 und für den Vergleich mit den Erwachsenen Tab. 3). Für den Self Sleep Report (SSR, Schwerdtle et al., 2010; s.u.) zeigt sich ein signifikanter Unterschied zwischen der Schlaf- und der Wachgruppe der Kinder [Schlaf: M = 24,93, SD = ,23; Wach: M = 24,27, SD = ,88;  $t(28) = 2,8$ ,  $p = ,009$ ]. Die Mittelwerte beider Gruppen liegen gemessen an der von 23 bis 69 Punkten reichenden Skala dicht beieinander.

abhängige Variable	Konsolidierung	M (SD; SEM)	Range	T-Test, Sign. (2-seitig)
CBCL	Schlafgruppe	44,93 (8,62; 2,23)	31 - 63 Punkte	,562
	Wachgruppe	43,2 (7,52; 1,94)	30 - 55 Punkte	
CSHQ-DE	Schlafgruppe	38,53 (2,72; 0,7)	34 - 42 Punkte	,694
	Wachgruppe	38,93 (2,79; 0,72)	33 - 44 Punkte	
SSR	Schlafgruppe	24,93 (0,26; 0,07)	24 - 25 Punkte	,009
	Wachgruppe	24,27 (0,88; 0,23)	23 - 25 Punkte	
PDS	Schlafgruppe	3,27 (0,59; 0,15)	3 - 5 Punkte	,242
	Wachgruppe	3,07 (0,26; 0,07)	3 - 4 Punkte	

**Tabelle 2:** Vergleich der Fragebogenergebnisse von Schlaf- und Wachkonsolidierungsgruppe der Kinder.

### b. Stichprobe der Erwachsenen

Bei den erwachsenen Probanden nahmen initial 34 männliche Studenten an der Studie teil. Alle waren nach Selbstauskunft Nicht-Raucher, konsumierten weder Drogen noch übermäßig viel Alkohol und waren keine Schichtarbeiter. Sie hatten keine chronischen, physischen oder psychiatrischen Erkrankungen (SCL90-R, Cut-Off: Global Severity Index  $t > 63$ , Derogatis, 1992), sowie Schlafstörungen (Pittsburgh Sleep Quality Index, PSQI, Cut-Off  $> 5$ , Buysse et al., 1989) oder bereits bekannte Riechstörungen (Selbstreport).

Letztlich wurden 30 männliche Probanden zwischen 20 und 30 Jahren [ $M = 25,4$ ;  $SEM = 0,51$ ] in die Studie eingeschlossen. Wach- und Schlafgruppe (jeweils  $n = 15$ ) unterschieden sich hinsichtlich Alter [ $p = ,779$ ], SCL90-R-Scores [ $p > ,7$ ] und PSQI-Score [ $p = ,668$ ] nicht (s. auch Tab. 3).



	Kinder			Erwachsene		
	Schlafgruppe M (SEM)	Wachgruppe M (SEM)	Schlaf vs. Wach p-Wert	Schlafgruppe M (SEM)	Wachgruppe M (SEM)	Schlaf vs. Wach p-Wert
Alter (in Jahren)	10,7 (0,4)	10,4 (0,32)	,696	25,6 (0,68)	25,3 (0,78)	,779
Psychiatr. Symptome (CBCL bzw SCL)	44,9 (2,2)	43,2 (1,9)	,562	45,1 (1,6)	44,9 (1,4)	,951
Schlafverhalten (CSHQ bzw. PSQI)	38,5 (2,7)	38,9 (2,8)	,694	3,1 (0,39)	2,9 (0,25)	,668
Schlafdauer (in Std.)	8,9 (0,23)	/	/	7,8 (0,27)	/	/

**Tabelle 3:** Aufstellung von Alter, Diagnostikergebnissen und gemessener Schlafdauer (gemessen mittels Aktigraphie in der Schlafgruppe).

## 2. Diagnostik

### a. Überprüfung der Eingangsvoraussetzungen

#### (a) Child Behavior Checklist (CBCL)

Mögliche psychiatrische Auffälligkeiten von Kindern und Jugendlichen zwischen vier und 18 Jahren können mit der Child Behavior Checklist (CBCL/4-18) von Achenbach (1991) erfasst werden (Döpfner et al., 1994). Mittels dieses Elternfragebogens werden die Bereiche „Kompetenzen“, „Verhaltensauffälligkeiten“, „emotionale Auffälligkeiten“ und „körperliche Beschwerden“ für den Zeitraum der letzten sechs Monate abgefragt. Hierbei werden die Kompetenzen der Kinder in wenigen Fragen über Talent und Zeitaufwand in Bezug auf Sport, Hobbies und Pflichten, über soziale Kompetenzen im Umgang mit Freunden, Eltern und Geschwistern sowie über Schulleistungen erhoben. In einem Freitext können die Eltern positive Eigenschaften ihrer Kinder hervorheben, aber auch über Sorgen berichten. Ein zweiter Teil der CBCL besteht aus 120 Fragen, die anhand einer dreistufigen Skala (0 = nicht zutreffend, 1 = etwas oder manchmal zutreffend, 3 = genau oder häufig zutreffend) zu beantworten sind (Döpfner et al., 1994). Die Auswertung der Punktwerte kann computergestützt erfolgen. Die Items erlauben eine Bewertung des Verhaltens der Kinder unterteilt in acht Syndromskalen. Die Skalen „sozialer Rückzug“, „körperliche Beschwerden“ und „Angst/Depressivität“ lassen sich zu den internalisierenden Störungen zusammenfassen, die Bereiche „delinquentes Verhalten“ und „aggressives Verhalten“ bilden externalisierende Störungen ab und die Syndromskalen „soziale Probleme“ und „schizoid/zwanghaft“ ergeben gemischte Verhaltensstörungen. Zusätzlich gibt die CBCL Auskunft über „Aufmerksamkeitsstörungen“ sowie bei unter Zwölfjährigen über „sexuelle Probleme“.

Für jede einzelne dieser eben genannten Skalen und die daraus resultierende Störung können Teilscores sowie für das allgemeine Problemverhalten ein Gesamtscore berechnet werden. Ein Gesamtpunktwert über 70 wird als klinisch auffällig bewertet (Döpfner et al., 1994). Für diese Studie wurde ein Cut-Off-Wert von 65 festgesetzt, um nur Kinder altersgemäßen Verhaltens in die Studie einzuschließen.

Eine gute Reliabilität und Validität für die hier verwendete deutsche Fassung der CBCL/4-18 wurde von Döpfner et al. nachgewiesen (Döpfner et al., 1994).

### **(b) Children's Sleep Habits Questionnaire (CSHQ-DE)**

Für eine Untersuchung der Auswirkungen des Schlafes auf das Gedächtnis sind ungestörtes Schlafverhalten und Abwesenheit jeder Art von Schlafstörung Grundvoraussetzung.

Der Children's Sleep Habits Questionnaire stellt ein valides und reliables Screeningverfahren zur Beurteilung des Schlafverhaltens und Aufdeckung von Schlafstörungen bei Kindern zwischen vier und zehn Jahren dar (Owens et al., 2000). Auch die hier verwendete deutsche Übersetzung (CSHQ-DE) wurde in einer Studie von Schlarb et al. als valide eingestuft (Schlarb et al., 2010). Es handelt sich beim CSHQ um einen retrospektiven Elternfragebogen über das Schlafverhalten des Kindes in einer zurückliegenden typischen Woche. Er beinhaltet 48 Fragen entlang der Kriterien der International Classification of Sleep Disorders (ICSD-2, American Academy of Sleep Medicine, 2005) zu den Themenbereichen Schlafenszeit, Einschlafverhalten, Schlafdauer, nächtliche Ängste, Parasomnien, nächtliches Erwachen, morgendliches Erwachen und Tagesmüdigkeit. 44 dieser Fragen werden anhand einer drei-Punkte-Skala bewertet, wobei hohe Punktzahlen auf eine Störung des Schlafverhaltens hindeuten. Diese Skala enthält die Antwortmöglichkeiten „gewöhnlich“ (5-7x/Woche), „manchmal“ (2-4x/Woche) und „selten“ (0-1x/Woche) sowie die Einschätzung dieses Items als problematisch („ja“, „nein“, „KA“). Weitere vier Fragen zur Tagesmüdigkeit sind mit den Antworten „nicht schläfrig“, „sehr schläfrig“, „schläft ein“ zu beantworten. Einige weitere Fragen erlauben letztlich einen guten Gesamteindruck des Schlafverhaltens des Kindes (Schlarb et al., 2010). In die Auswertung fließen 33 Items ein. Einen validen Cut-Off-Wert gibt es für die deutsche

Version bislang nicht (Schwerdtle et al., 2010). In der vorliegenden Studie lag er bei 45 Punkten im Gesamtscore.

### **(c) Sleep Self Report**

Der Sleep Self Report (SSR) ist ein Screeninginstrument zur Erfassung kindlicher Schlafstörungen entsprechend der Kriterien der ICSD-2 (ICSD-2, American Academy of Sleep Medicine, 2005). Als Fragebogen zur Selbstbeurteilung durch das Kind bildet er die Entsprechung des von den Eltern zu bearbeitenden Children's Sleep Habits Questionnaire (Schlarb et al., 2010) und wird ergänzend für ein möglichst umfassendes Aufdecken möglicher Schlafstörungen bei den Probanden in dieser Untersuchung eingesetzt.

Retrospektiv wird mittels SSR das Schlafverhalten von Kindern zwischen sieben und 12 Jahren abgefragt (Schwerdtle et al., 2010). Mit 26 Fragen zu den Themenbereichen „Zubettgehzeit“, „Schlafverhalten“ und „Tagesmüdigkeit“ korrelierend zu den Fragestellungen des CSHQ besteht besonders bei Schulkindern erst in der Kombination der Selbst- und Fremdeinschätzung durch Kind und Eltern ein umfassendes Instrument zur Beurteilung des Schlafverhaltens des Kindes (Owens et al., 2000). Die deutsche Version des SSR umfasst 26 Fragen, von denen 23 Items in den Gesamtscore Eingang finden. Die ersten drei Items dienen der Vervollständigung des klinischen Bildes und sind aufgrund des veränderten Antwortformats nicht Teil des Gesamtscores (Schwerdtle et al., 2010). Für die Antwortmöglichkeiten „gewöhnlich“ (5-7x/Woche), „manchmal“ (2-4x/Woche) und „selten“ (0-1x/Woche) werden jeweils ein bis drei Punkte vergeben, wobei hohe Werte stets einem auffälligen Schlafverhalten entsprechen. Die Mindestpunktzahl liegt folglich bei 23, die Höchstpunktzahl bei 69 Punkten. Seine maximale Sensitivität und Spezifität erreicht der Sleep Self Report bei einem Score von 25 Punkten. Dies bildete zum sicheren Ausschluss von Kindern mit Schlafstörungen zugleich den Grenzwert der aktuellen Studie. Als auffällig ist ein Punktwert von über 31 Punkten zu bewerten (Schwerdtle et al., 2010). Schwerdtle et al. konnten für den deutschsprachigen SSR in einer Studie 2010 „zufriedenstellende Testgütekriterien“ belegen (Schwerdtle et al., 2010).

#### **(d) Pubertal Development Scale**

Die Pubertät ist ein Zeitraum des Heranreifens und der Entwicklung eines Kindes zum Erwachsenen. Nur bei prä- oder erst beginnend pubertären Kindern kann von einem entwicklungsphysiologisch kindlichen Reifegrad ausgegangen werden. Insbesondere für diese Studie wichtige Veränderung ist die mit dem Erwachsenwerden veränderte Schlafstruktur.

Um einen Vergleich zwischen Kindern und Erwachsenen anstellen zu können, muss sichergestellt werden, dass es sich bei den zu testenden jungen Probanden um prä- oder allenfalls frühpubertäre Kinder handelt. Zur Feststellung des Reifegrades der Probanden wurde die Pubertal Development Scale herangezogen.

Die Pubertal Development Scale (Petersen et al., 1988) ist ein Testverfahren zur vereinfachten Erhebung des Pubertätsstatus anhand weniger somatischer Kriterien (Watzlawik, 2009). Medizinisch stellt das röntgenologische Knochenalter, gemessen am Erscheinen des Sesambeins der Hand, den Eintritt in die Pubertät dar. Nach in Speichel und Blut messbarem Anstieg der Sexualsteroidkonzentration prägen sich die phänotypischen Veränderungen aus. Bei Jungen nimmt zunächst das Hodenvolumen (>3ml) zu, es folgen Pubarche, Peniswachstum, Wachstumsschub und Stimmbruch (Gordner et al., 2012). Genitalwachstum (messbar mit Orchidometer) und Schambehaarung werden nach Tanner in fünf Entwicklungsstadien eingeteilt (Marshall & Tanner, 1970).

Die Pubertal Development Scale ermöglicht eine Einschätzung des pubertären Status von Jungen unter Verzicht auf schambesetzte oder invasive Untersuchungen und ist daher im Rahmen dieser Studie angemessen. Beschreibend wird der Entwicklungsstatus folgender dreier Indikatoren durch Eltern- oder Selbstauskunft abgefragt: Schambehaarung, Bartwuchs und Stimmbruch. Aus deren Entwicklungsfortschritt wird anschließend anhand eines Punktesystems ein Gesamtscore erstellt. Dieser lässt eine Einteilung in fünf Kategorien der Pubertätsentwicklung zu: „präpubertär“, „beginnende Pubertät“, „mitten in der Pubertät“, „fortgeschrittene Pubertät“ und „postpubertär“ (Petersen et al., 1988). In die Studie eingeschlossen wurden präpubertäre (Testergebnis: keine Entwicklung in einem der abgefragten Items) sowie beginnend pubertäre Jungen (Testergebnis: beginnende

Entwicklung in einem bis zwei oder fortgeschrittene Entwicklung in nur einem Indikator(en)) (Watzlawik, 2009). Die verwendete deutschsprachige Version der PDS wurde in einer Studie als positiv hinsichtlich Reliabilität und Validität bewertet (Watzlawik, 2009).

#### **(e) Geruchsdiskriminationstest**

Grundvoraussetzung für die Teilnahme an einer geruchsbasierten Studie ist ein intakter Geruchssinn.

Zur Überprüfung der Geruchsdiskriminationsfähigkeit wurde folgender Test herangezogen: Dem Probanden werden drei Stifte dargeboten, von denen nur einer intensiv nach Vanille duftet. Während der Darbietung der drei Stifte ist der Proband verblindet. Im Anschluss soll er den duftenden Stift identifizieren. Eine unbeeinträchtigte Geruchsdiskriminationsfähigkeit wird nur angenommen, wenn in drei Versuchen fehlerfrei der richtige Stift erkannt wird.

#### **b. Kontrollvariable**

##### **(a) Morgen- und Abendprotokolle**

Die Probanden sollen für sie jeweils normale Tage und Nächte vor und während der Testung verbringen, um Veränderungen des Ergebnisses durch ungewohnte äußere Einflüsse oder schlechten bzw. fehlenden Schlaf zu minimieren.

Um das Schlafverhalten und das Verhalten am Testungsvorabend beziehungsweise – tag rekonstruieren zu können, wird die Standardversion der Abend-/Morgenprotokolle der Deutschen Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin (DGSM) verwendet (s. Anhang 2). Die DGSM ist eine interdisziplinäre wissenschaftliche Gesellschaft mit dem Ziel der Erforschung von Schlaf sowie der Aus- und Weiterbildung im Bereich der Schlafmedizin, deren Arbeitsgruppen sich unter anderem mit der Erarbeitung wissenschaftlich fundierter „Schlafstagebücher [und Fragebögen] in der Diagnostik und Therapie von Schlafstörungen“ (Internetquelle, 2014) beschäftigen.

Das Abendprotokoll erfragt die aktuelle Gefühlslage (bedrückt/unbeschwert, matt/frisch, angespannt/entspannt) und bietet ähnlich einer Skala eine anzukreuzende Abstufung in z.B. „matt“, „ziemlich matt“, „eher matt“, „eher frisch“, „ziemlich

frisch“, „frisch“. Ähnlich skaliert werden Leistungsfähigkeit und Erschöpfungszustand abgefragt. Angaben über möglichen Tagschlaf und besondere Belastungen im Tagesverlauf folgen. Zudem wird der Verzehr insbesondere aufputschender Genussmittel dokumentiert.

Das Morgenprotokoll beinhaltet zusätzlich die Kategorien „time in bed“ (bevor Licht aus), die Schlaflatenz, die Einschlafdauer und nächtliches Erwachen, welche subjektiv beurteilt und in Bezug auf Häufigkeit und Dauer im Vergleich zu den meisten Nächten bewertet werden sollen. Ebenso werden Schlafqualität, Aufwachzeit und –umstände und die Schlafdauer betrachtet. Zuletzt wird die Einnahme von Medikamenten gelistet. Einschlaf- und Aufwachzeit sind die einzigen objektiv und exakt zu erhebenden Daten. In der vorliegenden Studie werden Abend- und Morgenprotokoll zu Beginn der zeitlich entsprechenden Testung (Lernen oder Abruf) gemeinsam mit den Kindern ausgefüllt. In der Bedingung der Schlafkonsolidierung werden die Angaben zum nächtlichen Schlafverhalten mittels Aktigraphie (s.u.) überprüft.

Die vollständig ausgefüllten Fragebögen ermöglichen einen guten Eindruck vom Schlafverhalten der Kinder sowie von den aktuellen Umständen in Bezug auf den Testungstag sowie die vorangegangene Nacht. Sie dienen als Kontrollvariablen und somit der Überprüfung möglicher umstandsbedingter Einfluss- oder Störfaktoren auf das Ergebnis der Accuracy.

### **(b) Aktigraphie, SOMNOwatch**

Als Dokumentation der Schlafenszeit sowie des Schlafverhaltens in der Konsolidierungsnacht der Schlafgruppe wurde eine Aktigraphie in Form der SOMNOwatch durchgeführt.

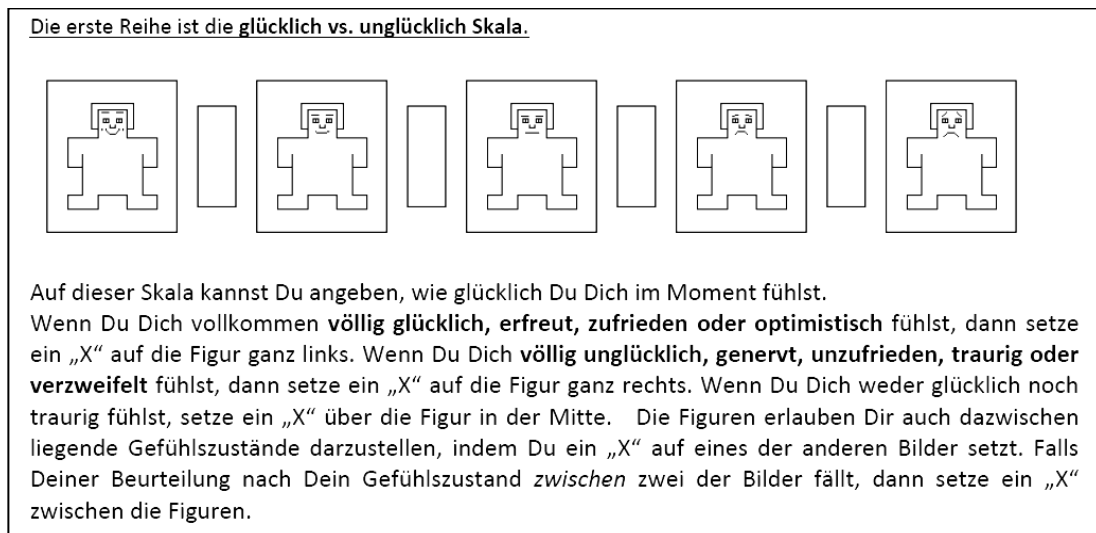
Eine Aktigraphie ermöglicht eine nicht-invasive Überwachung der Bewegungen, Körperlage und des Umgebungslichtes einer Versuchsperson. Das Aktometer wird dabei ähnlich einer Armbanduhr am Handgelenk getragen und ist für den Probanden in der Regel nicht störend. Durch Registrierung der Häufigkeit von Bewegungen ist es möglich, indirekt die Schlafdauer sowie die Uhrzeiten des Einschlafens und Aufwachens abzuschätzen. Ansicht und Auswertung der Aufzeichnungen können mittels entsprechender Computersoftware (DOMINOLight, Firma SOMNOmedics GmbH, 97236 Randersacker, Deutschland) erfolgen.

Es wurde hier der Aktigraph „SOMNOWatch™“ der Firma SOMNOmedics GmbH, (97236 Randersacker, Deutschland) verwendet. Dies ermöglicht die objektive Kontrolle der Schlafdauer sowie einen Eindruck von der Schlafqualität und lässt eine Beurteilung dieser Kriterien in Hinblick auf eine mögliche Beeinflussung des Ergebnisses der Rekognitionsleistung zu.

### **(c) Self-Assessment Manikin (SAM)**

Da die Darbietung von Gerüchen emotionale Reaktionen hervorrufen kann (Herz & Engen, 1996; Larsson & Willander, 2009; Herz, 2012), ist es sinnvoll, diese im Rahmen der Testung zu messen und festzuhalten. Um eine emotionale Reaktion zu erfassen, können der affektive Report des Probanden, seine physiologische Reaktion oder sein offensichtliches Verhalten zu Rate gezogen werden. Zur Messung des affektiven Reportes, also des inneren Gefühlsstatus des Probanden, müssen nach Wundt (Wundt, 1922) drei Hauptkategorien der Affektivität abgefragt werden, zu denen Lust, Spannung und Beruhigung gezählt werden. Empirisch daraus weiterentwickelt zeigten sich die Dimensionen Valenz (pleasure), Erregung (arousal) und Dominanz (dominance) als ausreichend zur Beschreibung einer affektiven Reaktion auf einen Stimulus (Bradley & Lang, 1994).

Der 1985 von Lang (Hodes et al., 1985) entwickelte Self-Assessment Manikin (SAM) ist ein non-verbales, grafisches Instrument zur Messung von Valenz, Arousal und Dominanz (s. Anhang 3). Im Querformat werden in drei Zeilen diese drei Dimensionen in jeweils fünf Bildern abgebildet (s. Abb. 6). Eine Wortliste zum ersten und letzten Bild jeder Zeile hebt den Inhalt und die Bedeutung der Bilder dieser Zeile/Dimension hervor und vereinfacht so deren Deutung. In der ersten Zeile ist die Dimension „Valenz“ abgebildet. Fühlt sich der Proband „völlig glücklich“, „erfreut“, „zufrieden“ oder „optimistisch“, so setzt er sein Kreuz auf die erste oder nahe der ersten lachenden Figur. Fühlt er sich „völlig unglücklich“, „genervt“, „unzufrieden“, „traurig“ oder „verzweifelt“, kreuzt er die letzte Figur an, deren Mundwinkel bildhaft nach unten hängen (s. Abb. 6).



**Abbildung 6:** Aufbau der bildhaften Darstellungen sowie der dazugehörigen Wortliste des Self-Assessment Manikin (SAM) am Beispiel der ersten Dimension „Valenz“.

Die Dimension „Arousal“ ist in der zweiten Zeile dargestellt. Eine müde Figur mit geschlossenen Augen soll völlige Entspannung, Ruhe, Schwerfälligkeit, Trägheit, Schläfrigkeit und Unaufgeregtheit bedeuten. Ihr Gegenstück am Ende der Zeile bildet eine innerlich explodierende „völlig angeregte“, „rasende“, „nervöse“, „hellwache“ oder „aufgeregte“ Figur.

„Dominanz“ als dritte Dimension ist durch die Größe der Figur verbildlicht. Eine kleine Figur entspricht völliger Fremdbestimmung. Sie steht für eine „beeinflusste“, „umsorgte“, „eingeschüchterte“, „geführte“ oder „unterlegene“ Person. Ihr Gegensatz ist die große „völlig einflussreiche“, „alles unter Kontrolle habende“, „selbstbestimmte“, „bedeutsame“, „dominante“ oder „autonome“ Figur.

Die fünf Figuren sowie die vier Kästen zwischen ihnen lassen sich als eine Neun-Punkt-Skala verstehen und bewerten (s. Abb. 6). Durch die non-verbale, bildhafte Darstellung und eine simple Aufgabenstellung ist der SAM für die Untersuchung von Kindern gut geeignet.

Der SAM wird in dieser Studie verwendet, um den Gefühlsstatus der Probanden vor der jeweiligen Testung zu dokumentieren sowie die Aufregung (Arousal) nach jeder Geruchsdarbietung als direkte affektive Reaktion auf den Stimulus zu messen und deren Einfluss auf das Ergebnis der Accuracy (s.u.) zu überprüfen.



### **c. Ethische Aspekte**

Weitere Voraussetzung neben Erfüllung der Diagnostikkriterien war nach umfassender Aufklärung der Eltern eine schriftliche Einverständniserklärung derer sowie des teilnehmenden Kindes.

Die Probanden wurden mit zehn Euro pro Sitzung in Form von CITTI®-Park-Gutscheinen belohnt. Die Fahrtkosten wurden den Eltern erstattet.

Die Studie wurde von der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel genehmigt (AZ: D 575/15).

## **3. Paradigma zur Erfassung der abhängigen Variablen**

### **a. Geruchsrekognitionsaufgabe**

Zur Untersuchung des Geruchsgedächtnisses werden häufig Rekognitionsparadigmata herangezogen. In dieser Studie legten wir den Probanden für das Lernen zehn Gerüche vor, die anhand von Neun-Punkt-Skalen bezüglich Intensität, positiver und negativer Valenz sowie ihrer Bekanntheit bewertet werden sollten. Nach einem zwölfstündigen Retentionsintervall sollten diese Targetgerüche anschließend unter zehn Distraktoren wiedererkannt werden (Alt/Neu-Rekognition). Zur Untersuchung des Einflusses des Schlafes auf das Geruchsgedächtnis gab es eine Schlafbedingung und eine Wachbedingung.

Als Stimulusmaterial wurden die Teststreifen eines Geruchsidentifikationstests (UPSIT – University of Pennsylvania Smell Identification Test, s. II, 3.a.) verwendet.

### **b. University of Pennsylvania Smell Identification Test (UPSIT)**

Der University of Pennsylvania Smell Identification Test (UPSIT) ist ein reliabler und valider, leicht durchführbarer Test zur Beurteilung der Funktion des Geruchssinnes von Menschen (Doty et al., 1984). Ein Testset besteht original aus vier Heften mit je zehn Seiten, von denen jede einen einzelnen mikroverkapselten Geruch in Form eines „Scratch and Sniff“-Streifens enthält. Mit dem angespitzten Bleistift können die Gerüche daraus freigesetzt werden. Sie sollen anschließend anhand vierer Antwortmöglichkeiten im Multiple-Choice-Format identifiziert werden. Vierzig Gerüche des alltäglichen Lebens aus den Themengebieten Nahrungsmittel, ungenießbare Non-Food-Gerüche, Früchte und Gewürze und Pflanzen werden dem

Probanden dazu dargeboten. Die Auswertung des Tests erfolgt durch den Vergleich der Anzahl richtig identifizierter Gerüche mit der Normstichprobe (Doty, 1995).

In der vorliegenden Studie fand der UPSIT Verwendung mit abgewandelter Zielsetzung. Nicht die Identifikation und die diagnostische Funktionsüberprüfung des Geruchssinns, sondern die Untersuchung des Geruchsgedächtnisses im Rekognitionsparadigma stand hier im Fokus.

#### *Auswahl der Items*

Für die geplante Geruchsrekognitionsaufgabe wurden zehn Targets und zehn Distraktoren aus den vorliegenden vierzig Gerüchen ausgewählt. In einer Vorstudie an Erwachsenen, durchgeführt von Kristin Lotzkat, waren die Gerüche auf zwei Sets à zwanzig Streifen aufgeteilt worden, gleichmäßig hinsichtlich Themenbereichen und Schwierigkeitsgrad in der Identifikation (Doty, 1995). Ebenso war die Zuordnung der Gerüche zu Target- und Distraktorgruppe im jeweiligen Set erfolgt.

Der Schwierigkeitsgrad in Bezug auf die Identifikation der Gerüche wird von Doty als Schwierigkeitsindex  $P_i$  angegeben, wobei  $P_i$  Werte zwischen null und 100 annehmen kann. Dieser Index entspricht dabei dem prozentualen Anteil der richtigen Antworten in Relation zur maximalen Anzahl korrekter Antworten für ein Item. Je höher der Wert für  $P_i$ , desto leichter ist der Geruch zu identifizieren.

Anschließend war mit sechs Probanden im Alter zwischen 17 und 50 Jahren im Within-Subject-Design und mit mindestens einwöchigem Abstand zwischen Schlaf- und Wachkonsolidierung die Rekognitionsaufgabe durchgeführt worden. Wie in der geplanten Studie waren die zehn Target-Gerüche während des Lernens beim ersten Termin präsentiert worden, ein zweiter Termin nach 12 Stunden hatte dem Abruf gedient, bei dem die zehn Targets unter den zehn neu hinzugefügten Distraktoren herausgefunden werden sollten.

Die am häufigsten sowie die am seltensten wiedererkannten Gerüche von Set 1 wurden daraufhin durch ihre Äquivalente aus Set 2 ersetzt. So lag letztendlich ein finales Geruchsset mit zwanzig Gerüchen mit einem mittleren Schweregrad bezogen auf die Identifizierbarkeit der Gerüche von 67,6  $MP_i$  (Doty, 1995) vor. Es beinhaltet jeweils vier Gerüche aus den Bereichen Nahrungsmittel und Non-Food sowie jeweils sechs Gerüche aus den Gebieten Frucht und Gewürz/Pflanzen. Zu Paaren zusammengefasst

wurden sie auf die Target- und Distraktorgruppe aufgeteilt. Bezüglich der Schwierigkeit in der Identifizierbarkeit wurden die Gerüche gleichmäßig auf die Targetgruppe mit 68,4 MPi und die Distraktorgruppe mit 66,8 MPi aufgeteilt, sodass die Gerüche beider Gruppen im Durchschnitt gleichermaßen schwer zu erkennen sind. Die Reihenfolge der Themengebiete sowie im Abruf der Targets/Non-Targets war unsystematisch (s. Tab. 4 und Anhang 5) und entsprach ebenso wie die Auswahl der Gerüche der Studie an Erwachsenen. Dies erleichtert den angestrebten Vergleich der Testungsergebnisse von Kindern und Erwachsenen.

<b>Geruchsset für den Abruf</b>				
Nummer	Geruch	Kategorie	Pi	Target / Distraktor
1	Zwiebel	Nahrungsmittel	67	Distraktor
2	Banane	Frucht	67	Target
3	Rauch	Non-Food	83	Target
4	Kokosnuss	Frucht	50	Distraktor
5	Früchtebonon	Nahrungsmittel	50	Target
6	Zedernholz	Gewürz/Pflanze	83	Distraktor
7	Leder	Non-Food	67	Distraktor
8	Apfelsine	Frucht	67	Target
9	Menthol	Gewürz/Pflanze	67	Distraktor
10	Apfel	Frucht	33	Target
11	Pizza	Nahrungsmittel	67	Target
12	Flieder	Gewürz/Pflanze	67	Target
13	Ananas	Frucht	83	Distraktor
14	Lackverdünner	Non-Food	50	Distraktor
15	Fichte	Gewürz/Pflanze	100	Target
16	Kaugummi	Nahrungsmittel	67	Distraktor
17	Zimt	Gewürz/Pflanze	67	Target
18	Benzin	Non-Food	83	Target
19	Kirsche	Frucht	67	Distraktor
20	Rose	Gewürz/Pflanze	67	Distraktor

**Tabelle 4:** Reihenfolge und Kategorisierung der verwendeten Geruchsproben im Abruf; Pi entspricht dem Schwierigkeitsgrad der Identifikation des Geruches und nimmt Werte von 0 (nicht identifizierbar) bis 100 (leicht identifizierbar) an.

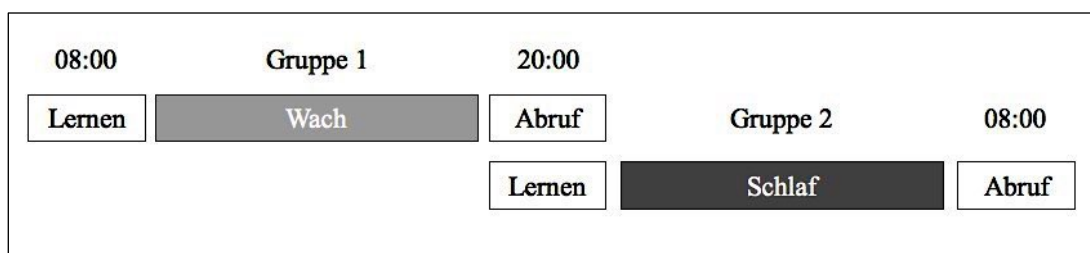
Um ein Rekognitionsparadigma ohne explizite Einflüsse auf das Gedächtnis zu konstruieren, wurden unter Erhalt der Felder mit den mikroverkapselten Gerüchen 8 x 2,5cm große Streifen aus den Heften herausgeschnitten. So sollte die Identifikation

anhand der Multiple-Choice-Frage und folglich ein mögliches deklaratives „Label-Lernen“ entfallen. Die Freisetzung der Gerüche erfolgte regelrecht.

#### 4. Durchführung

Zur Untersuchung des Geruchsgedächtnisses bei Kindern bei inzidentellem Enkodieren wurde die Studie unter der Coverstory „Tageszeitenabhängige Geruchsbewertung“ als verdeckte Geruchsrekognitionsaufgabe durchgeführt. Da die schlafbezogene Konsolidierung des Geruchsgedächtnisses gemessen werden sollte, wurden eine Schlaf- und eine Wachkonsolidierungsgruppe randomisiert und parallelisiert gebildet.

Nach Vorauswahl eines Probanden mittels Telefon-Checkliste wurde er zufällig einer der beiden Gruppen zugeordnet. Während die Schlafkonsolidierungsgruppe abends um 19 bzw. 20 Uhr lernte, zuhause unter gewohnten Bedingungen schlief und um 8 Uhr morgens zum Abruf kam, lernte die Wachkonsolidierungsgruppe um 8 bzw. 9 Uhr morgens, verbrachte einen gewöhnlichen Tag und erschien um 19 bzw. 20 Uhr zum zweiten Termin (s. Abb. 7). Beide Termine fanden in jedem Fall mit elf- bis zwölfstündigem Retentionsintervall und unter gleichbleibenden räumlichen Bedingungen in der Forschungsabteilung der Kinder- und Jugendpsychiatrie des ZIP Kiel statt.



**Abbildung 7:** Schema zum Ablauf der Testungen für Schlaf- und Wachkonsolidierungsgruppe. (Bild: eigene Darstellung)

##### a. Diagnostik

Nach kurzer Begrüßung und Erläuterung des groben Testungsablaufes für die Eltern, wurden diese zunächst gebeten, die oben genannten diagnostischen Elternfragebögen zu bearbeiten sowie eine Einverständniserklärung zu unterzeichnen.

Anschließend begann der erste Teil der Testung für den Probanden. Gemeinsam wurden der Self Sleep Report sowie je nach Tageszeit Morgen- bzw. Abendprotokoll bearbeitet und die Probanden füllten den Self-Assessment-Manikin (SAM) aus. So konnte zu Beginn jeder Testung ein umfassendes Bild der aktuellen Stimmung und Aufmerksamkeitsfähigkeit der Kinder gezeichnet werden. Nach der Erhebung von Stimmung und Schlafverhalten wurde zum Abschluss des diagnostischen Teils die Geruchsdiskriminationsfähigkeit, wie oben beschrieben, getestet.

### **b. Lernen**

Anschließend wurden dem mit einer Schlafmaske verblindeten Probanden zehn Geruchstreifen (s.o.), bereits regelkonform präpariert und freigerubbelt, einzeln im Abstand von mindestens 30 Sekunden zwischen Daumen und Zeigefinger in die Hand gegeben, die er selbstständig für etwa sieben Sekunden unter seiner Nase hin- und herführen sollte (für Reihenfolge s. Tab. 5 und Anhang 4). Der Proband trug dabei geruchsneutrale Einmal-Schutzhandschuhe (Peha-soft nitrile Fino, latexfrei, puderfrei; Paul Hartmann AG, 85922 Heidenheim, Germany).

Geruchsset für das Lernen			
Nummer	Geruch	Kategorie	Pi
1	Pizza	Nahrungsmittel	67
2	Apfelsine	Frucht	67
3	Früchtebonon	Nahrungsmittel	50
4	Fichte	Gewürz/Pflanze	100
5	Rauch	Non-Food	83
6	Apfel	Frucht	33
7	Zimt	Gewürz/Pflanze	67
8	Banane	Frucht	67
9	Benzin	Non-Food	83
10	Flieder	Gewürz/Pflanze	67

**Tabelle 5:** Reihenfolge und Kategorisierung der verwendeten Geruchsproben beim Lernen

Nach Rückgabe jedes einzelnen Streifens durfte die Schlafmaske entfernt werden, sodass der Proband die Neun-Punkt-Ratingskalen (s. Anhang 6) erkennen und den Geruch subjektiv hinsichtlich Intensität, Valenz und Bekanntheit sowie

geruchsbezogenem Arousal (SAM) bewerten konnte. Die Versuchsleiterin notierte dabei die Angaben als Zahlenwerte verdeckt auf dem Protokoll (s. Anhang 4).

Kindern der Schlafkonsolidierungsgruppe wurde nach dem Lernen zum Manipulationscheck eine SOMNOWatch zur Aktigraphie des Schlafverhaltens angelegt. Sie ermöglicht eine Übersicht über Schlafenszeiten und nächtliche Ruhe/Unruhe des Probanden.

Zuletzt wurde den Kindern ein erster Gutschein im Wert von zehn Euro ausgehändigt. Während des gesamten Lernens wurde die Nennung von Zahlen („Ich zeige dir heute zehn Gerüche“ oder „nur noch drei Gerüche“) vermieden. Der Fokus lag im Laufe der Testung stets auf der Bewertung der Gerüche. Kommentare zur Identifikation wurden ignoriert und Anmerkungen von Seiten der Versuchsleiterin minimiert. Da es sich nach Ansicht der Probanden um einen Versuch zur „tageszeitabhängigen Geruchsbewertung“ handelte, gab es keine explizite Lernaufgabe. Dies sollte ein implizites, inzidentelles Lernen ermöglichen.

### **c. Abruf**

Entsprechend der Tageszeit wurden auch im Abruf zunächst Abend- bzw. Morgenprotokoll und SAM abgefragt und gegebenenfalls die SOMNOWatch abgenommen. Die Riechfähigkeit wurde erneut überprüft.

Dann wurden dem Probanden 20 Gerüche, darunter zehn „alte“ Targets und zehn „neue“ Distraktoren, in der oben aufgeführten pseudorandomisierten Reihenfolge dargeboten (s. Tab. 4). Dabei wurde auch hier auf eine Abwechslung in der Reihenfolge zwischen den verschiedenen Kategorien der Gerüche sowie der Targets und Distraktoren geachtet. Die Darbietungsform und der Riechvorgang entsprachen denen des Lernens. In der Bewertung wurde nun zunächst die Rekognition geprüft. Dazu sollte der Proband angeben, ob der präsentierte Geruch alt oder neu sei. Die Sicherheit in Bezug auf diese Entscheidung sollte ebenfalls mit einem Punktwert zwischen null (nicht sicher) und acht (sehr sicher) entsprechend der im Anschluss zu bewertenden Items Intensität, Valenz und Bekanntheit sowie Arousal beurteilt werden (s. Anhang 7).

Nachdem alle 20 Gerüche bewertet worden waren, sollte der Proband noch angeben, ob er nach der ersten Sitzung noch einmal über die Gerüche nachgedacht (Wann? Wie? Wie lange?) und ob er eine Rekognitionsaufgabe vermutet habe.

Auch hier bildete die Übergabe des Gutscheins den Abschluss der Testung.

## 5. Auswertung

Die vorliegende Studie ist als in-between-Design angelegt. Die Kinder, wie auch zuvor die Erwachsenen, nahmen entweder als Probanden der Schlaf- oder der Wachgruppe teil. Da die Studienaufbauten der Erwachsenen- und der Kinderstudie sich sehr ähnlich sind und weitgehend überschneiden, ist ein Vergleich der Datensätze gut möglich. Im Abschnitt „Ergebnisse“ werden die von Lotzkat an erwachsenen Probanden erhobenen Daten zusammenfassend dargelegt und für den Vergleich mit den Kindern genutzt.

Die zur Auswertung verfügbaren abhängigen Variablen sind die Accuracy (Treffsicherheit), Intensität, positive und negative Valenz, Bekanntheit, Arousal und Antwortsicherheit („alt“/„neu“). Während die anderen Variablen bereits in Zahlenwerten vorlagen, musste die Accuracy als Zielgröße zur Messung der Rekognition zunächst errechnet werden. Dazu wurden nach einer Formel von Snodgrass & Corwin (Snodgrass & Corwin, 1988),

die „false alarms“ (fälschlicher Weise als „alt“ wiedererkannte Gerüche) von den „hits“ (korrekt wiedererkannte „alte“ Gerüche) subtrahiert.

Die gesammelten und gemessenen Daten wurden in die Software „Statistical Package for the Social Sciences“ (SPSS, Version 22) der Firma IBM eingepflegt und ausgewertet.

Für die Auswertung steht folgende statistische Hypothese im Fokus (s. Tab. 6):

$$H_0 : ( \mu_{11} - \mu_{12} ) \geq ( \mu_{21} - \mu_{22} )$$

$$H_1 : ( \mu_{11} - \mu_{12} ) < ( \mu_{21} - \mu_{22} )$$

		Konsolidierung	
		Schlafbedingung	Wachbedingung
Gruppe	Kinder	$\mu_{11}$	$\mu_{12}$
	Erwachsene	$\mu_{21}$	$\mu_{22}$

**Tabelle 6:** Bezeichnungen der Erwartungswerte

Die Nullhypothese  $H_0$  beschreibt in diesem Falle also die Annahme, dass die Differenz der Rekognitionsleistungen der Schlafgruppe der Kinder und deren Wachgruppe größer/gleich sei als entsprechend bei den Erwachsenen. Die Alternativhypothese  $H_1$  hingegen lässt eine geringere Differenz in der Accuracy zwischen Schlaf- und Wachbedingung bei Kindern erwarten als bei Erwachsenen. Das bedeutet, dass hier angenommen wird, dass bei Kindern der Schlafeffekt auf die Konsolidierung zwischen den Gruppen (aufgelöst mit T-Tests für abhängige Stichproben) einen geringeren Unterschied ergibt als bei Erwachsenen.

Diese Interaktion soll mittels 2x2 ANOVA mit den Zwischengruppenfaktoren KONSOLIDIERUNG und GRUPPE mit T-Tests für unabhängige Stichproben aufgelöst werden (s. Abschnitt III. „Ergebnisse“).

### **III. Ergebnisse**

#### **1. Schlafdauer**

Ein signifikanter Unterschied bezüglich der Schlafdauer zeigte sich zwischen der Schlafgruppe der Kinder im Vergleich zu derer der erwachsenen Probanden. Während die Kinder durchschnittlich eine Schlafdauer von 8,9 Stunden angaben, rangierten die Selbsteinschätzungen der Erwachsenen im Mittel bei 7,5 Stunden [Kinder:  $M = 8,9h$ ,  $SEM = 0,23$ , Range: 7,5-10h; Erwachsene:  $M = 7,5h$ ,  $SEM = 0,25$ , Range: 5,5-9,25h;  $t(28) = 4,0$ ,  $p < ,001$ ). Die kontrollierende Messung der Schlafdauer mittels Aktigrafie bestätigte die Angaben der Probanden [Schlafdauer: Kinder:  $M = 8,8h$ ,  $SEM = 0,27$ , Range: 7,5-10,3h; Erwachsene:  $M = 7,8h$ ,  $SEM = 0,27$ , Range: 5,5-9,5h;  $t(28) = 2,5$ ,  $p = ,019$ ] (s. auch Tab. 3).

Die aktigrafischen Messergebnisse verifizierten zudem die Aussagen der Probanden der Schlafgruppen, nachts geschlafen zu haben.

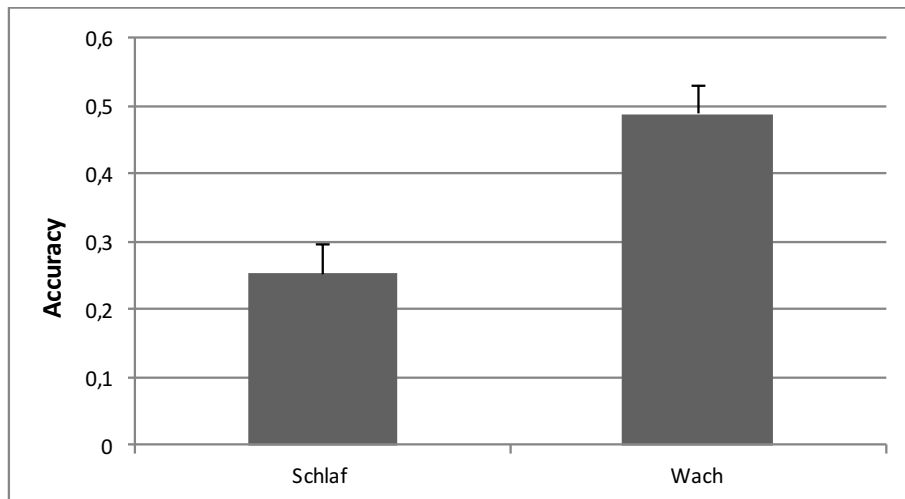
#### **2. Rekognitionsleistungen**

##### **a. Vergleich zwischen Schlaf- und Wachkonsolidierungsgruppe bei Kindern**

Wie der Vergleich der Abrufleistungen beider Kinder-Gruppen zeigte, erkannten die Kinder in der Schlafgruppe beim Abruf signifikant weniger Gerüche wieder als die



Kinder in der Wachgruppe [Schlaf:  $M = ,25$ ,  $SEM = ,06$ ; Wach:  $M = ,49$ ,  $SEM = ,04$ ; Schlaf vs. Wach:  $t(28) = 3,26$ ,  $p = ,003$ ] (s. Abb. 7). Der T-Test unabhängiger Stichproben ergab dabei einen p-Wert von  $p = ,003$ .



**Abbildung 7:** Mittelwerte der Accuracy bei Kindern (Wiedererkennung beim Abruf), wobei die Accuracy Werte von 0 bis 1 annehmen kann.

### **b. Vergleich zwischen Schlaf- und Wachkonsolidierungsgruppe bei Erwachsenen**

Wie bereits in der Diplomarbeit von Kristin Lotzkat (Lotzkat, in Vorbereitung) beschrieben, zeigten Erwachsene in der Schlafgruppe eine signifikant höhere Rekognition [ $M = ,06$ ,  $SEM = ,04$ ] als in der Wachgruppe [ $M = ,39$ ,  $SEM = ,06$ ; Schlaf vs. Wach:  $t(28) = 2,6$ ,  $p = ,016$ ].

### **c. Vergleich der Kinder und Erwachsenen**

Der Vergleich der Rekognitionsleistungen erfolgte mit Hilfe einer 2x2 ANOVA mit den Zwischengruppenfaktoren GRUPPE (Kinder vs. Erwachsene) und KONSOLIDIERUNG (Schlaf vs. Wach). Wie der Haupteffekt GRUPPE zeigte, erkannten Erwachsene [ $M = ,48$ ,  $SEM = ,04$ ] die Gerüche grundsätzlich besser als Kinder [ $M = ,37$ ,  $SEM = ,04$ ; Haupteffekt GRUPPE:  $F(1,56) = 4,66$ ,  $p = ,04$ ].

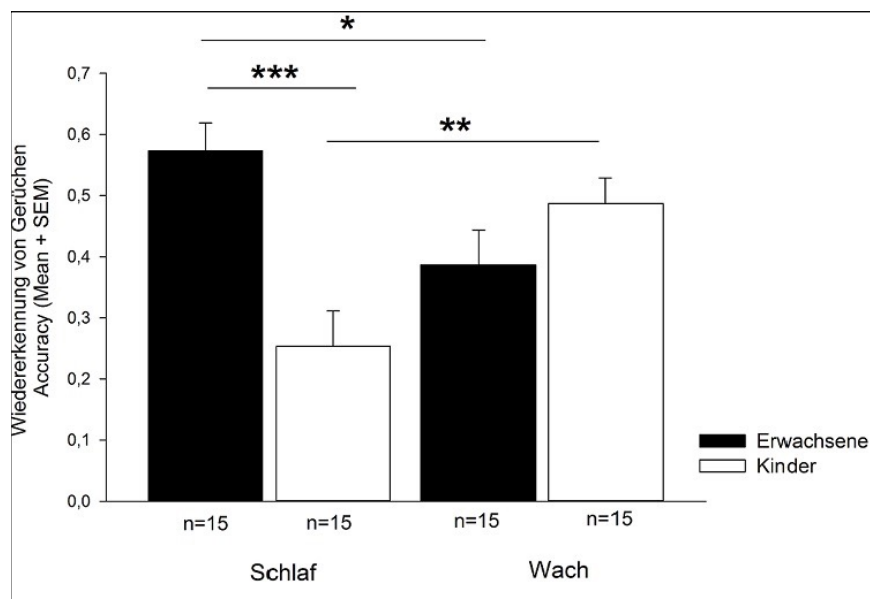
Für den Faktor KONSOLIDIERUNG ergab sich kein Haupteffekt [ $F(1,56) = 0,21$ ,  $p = ,649$ ]. Jedoch erreichte die Interaktion KONSOLIDIERUNG x GRUPPE statistische Signifikanz [ $F(1,56) = 16,982$ ,  $p < ,001$ ] (siehe dazu auch Tab. 7).

In Tabelle 7 sind die Werte der Accuracy in Abhängigkeit der Faktoren GRUPPE und

KONSOLIDIERUNG noch einmal dargestellt. Zusätzlich veranschaulicht Abbildung 9 die Zusammenhänge. Die Auflösung der Interaktion mittels T-Test für unabhängige Stichproben ergab, dass nur bei Erwachsenen eine signifikant bessere Wiedererkennungslleistung in der Schlafbedingung zu ermitteln ist [ $p = ,0157$ ], jedoch nicht bei Kindern. Sie schneiden in der Wachbedingung signifikant besser ab [ $p = ,003$ ]. Dabei bleibt der Unterschied zwischen den beiden Wachgruppen ohne Signifikanz [ $p = ,169$ ]. In der Schlafbedingung hingegen lässt sich ein hoch signifikant schlechteres Ergebnis in der Accuracy bei Kindern [ $p < ,001$ ] im Vergleich zu Erwachsenen feststellen (s. Abb. 8).

	Kinder M (SEM)	Erwachsene M (SEM)	Kinder vs. Erwachsene (p-Wert)
<b>Schlaf</b>	,25 ( ,06)	,57 ( ,05)	< ,001
<b>Wach</b>	,49 ( ,04)	,39 ( ,06)	,169
<b>Gesamt</b>	,37 ( ,04)	,48 ( ,04)	,035

**Tabelle 7:** Mittelwerte der Accuracy für Kinder (Schlafgruppe:  $n = 15$ ; Wachgruppe:  $n = 15$ ) und Erwachsene (Schlafgruppe:  $n = 15$ ; Schlafgruppe:  $n = 15$ ) in Schlaf- bzw. Wachgruppe und Vergleich derer mittels T-Test.



**Abbildung 8:** Darstellung der Mittelwerte der Accuracy für Kinder und Erwachsene in Schlaf- und Wachgruppe. (Bild: eigene Darstellung).

### 3. Geruchsbewertung

#### a. Geruchsbewertung der Kinder

Um Einflüsse auf die Zielgröße Accuracy durch Unterschiede in den anderen Kontrollvariablen zwischen den Gruppen auszuschließen, wurden alle abhängigen Variablen mittels T-Test untersucht. Als wichtigste als Einflussgröße auszuschließende Variable galt hierbei die Bekanntheit der Gerüche beim Lernen. Um ihren Einfluss auf die Rekognition zu überprüfen, wurde für die mittlere Bekanntheit beim Lernen vergleichend für Schlaf- und Wachgruppe ein T-Test gerechnet. Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen [Schlaf: M = 4,17, SEM = ,32; Wach: M = 4,58, SEM = ,34; Schlaf vs. Wach:  $t(28) = ,88$ ,  $p = ,385$ ]. Ebenso unterschieden sich die Gruppen nicht wesentlich in den Ratings über Sicherheit, Intensität, Arousal sowie positive und negative Valenz (s. Tab. 8).

			Kinder	
			Schlafgruppe M (SEM)	Wachgruppe (M (SEM)
Lernen	Targets	Bekanntheit	4,17 (0,32)	4,58 (0,34)
		Intensität	4,88 (0,23)	5,27 (0,28)
		positive Valenz	4,64 (0,34)	4,79 (0,28)
		negative Valenz	2,15 (0,31)	1,91 (0,29)
Abruf	Targets	Bekanntheit	4,43 (0,47)	5,12 (0,35)
		Intensität	4,98 (0,26)	5,49 (0,3)
		positive Valenz	4,65 (0,37)	5,01 (0,25)
		negative Valenz	2,51 (0,34)	2,17 (0,28)
	Distraktoren	Sicherheit	5,23 (0,36)	5,33 (0,51)
		Bekanntheit	4,03 (0,39)	4,15 (0,45)
		Intensität	5,03 (0,26)	5,37 (0,3)
		positive Valenz	4,45 (0,42)	4,57 (0,32)
		negative Valenz	2,41 (0,31)	2,50 (0,31)
		Sicherheit	4,84 (0,39)	5,43 (0,41)

**Tabelle 8:** Mittelwerte der abhängigen Variablen der Schlaf- und Wachgruppe der Kinder bezüglich der Geruchsbewertungen aufgeteilt in Lern- bzw. Abrufsession sowie beim Abruf in Target- bzw. Distraktoreruch. Alle Skalen können hier Werte von 0 bis 8 annehmen.

### b. Geruchsbewertung der Erwachsenen

Auch für die Erwachsenen wurden die abhängigen Variablen auf Unterschiede zwischen der Schlaf- und der Wachgruppe hin untersucht. Die Ratings der beiden Gruppen unterschieden sich nicht signifikant (s. Tab. 9).

			Erwachsene	
			Schlafgruppe M (SEM)	Wachgruppe (M (SEM)
Lernen	Targets	Bekanntheit	6,03 (0,17)	5,73 (0,15)
		Intensität	6,23 (0,21)	6,25 (0,22)
		positive Valenz	4,86 (0,18)	5,02 (0,14)
		negative Valenz	2,30 (0,24)	2,31 (0,32)
Abruf	Targets	Bekanntheit	6,18 (0,26)	5,55 (0,27)
		Intensität	6,38 (0,21)	6,23 (0,21)
		positive Valenz	4,96 (0,2)	4,80 (0,17)
		negative Valenz	2,20 (0,24)	2,19 (0,26)
	Distraktoren	Sicherheit	5,95 (0,19)	5,38 (0,29)
		Bekanntheit	5,61 (0,19)	5,22 (0,3)
		Intensität	6,09 (0,23)	6,07 (0,23)
		positive Valenz	4,81 (0,18)	4,71 (0,24)
		negative Valenz	2,35 (0,28)	2,29 (0,3)
		Sicherheit	5,54 (0,32)	5,21 (0,22)

**Tabelle 9:** Mittelwerte der abhängigen Variablen der Schlaf- und Wachgruppe der Erwachsenen bezüglich der Geruchsbewertungen aufgeteilt in Lern- bzw. Abrufsession sowie beim Abruf in Target- bzw. Distraktorgeruch. Alle Skalen können hier Werte von 0 bis 8 annehmen.

### c. Geruchsbewertung im Vergleich zwischen Kindern und Erwachsenen

Die univariaten Varianzanalysen aller weiteren Kontrollvariablen blieben ohne signifikante Ergebnisse: Die Bekanntheit der Gerüche beim Lernen bewerteten Kinder und Erwachsene im Durchschnitt verschieden [Kinder:  $M = 4,39$ ,  $SEM = ,23$ ; Erwachsene:  $M = 5,88$ ,  $SEM = ,12$ ; Kinder vs. Erwachsene:  $F(1,56) = 34,14$ ,  $p < ,001$ ]. Zwischen den Schlaf- und Wachgruppen [ $F(1,56) = 0,04$ ,  $p = ,837$ ] sowie in der Interaktion der Faktoren [ $F(1,56) = 1,88$ ,  $p = ,176$ ] gab es jedoch keine signifikanten Differenzen. Auch die Intensität wurde von Kindern und Erwachsenen zwar grundsätzlich differierend beschrieben [Kinder:  $M = 5,07$ ,  $SEM = ,18$ ; Erwachsene:  $M = 6,24$ ,  $SEM = ,15$ ; Kinder vs. Erwachsene:  $F(1,56) = 24,2$ ,  $p < ,001$ ], während Schlaf-

und Wachgruppe [ $F(1,56) = 0,71, p = ,403$ ] und Interaktion [ $F(1,56) = 0,62, p = ,435$ ] beider nicht signifikant wurden. In der Beurteilung der positiven Valenz zeigten sich Haupteffekte weder zwischen Kinder und Erwachsenen [Kinder:  $M = 4,72, SEM = ,22$ ; Erwachsene:  $M = 4,94, SEM = ,11$ ; Kinder vs. Erwachsene:  $F(1,56) = 0,815, p = ,371$ ] noch zwischen Schlaf- und Wachbedingung [ $F(1,56) = 0,4, p = ,529$ ] noch in der Interaktion [ $F(1,56) = 0,00, p = ,989$ ] eindeutige Abweichungen. Die Messung der negativen Valenz ließ ebenfalls keine Haupteffekte zwischen den Ratings der Kinder und Erwachsenen [Kinder:  $M = 2,03, SEM = ,21$ ; Erwachsene:  $M = 2,3, SEM = ,19$ ; Kinder vs. Erwachsene:  $F(1,56) = 0,89, p = ,350$ ] sowie zwischen Schlaf- und Wachkonsolidierung [ $F(1,56) = 0,17, p = ,681$ ] erkennen.

Die Interaktion blieb nicht signifikant [ $F(1,56) = 0,19, p = ,664$ ]. Für die Variablen Sicherheit und Arousal wurden desgleichen keine Haupteffekte oder Interaktionen gemessen und berechnet (s. Anhang 8).

Insgesamt wurden die wiederzuerkennenden Target-Gerüche im Gegensatz zu den Distraktoren als intensiver [Targets:  $M = 5,8, SEM = ,14$ ; Distraktoren:  $M = 5,6, SEM = ,14$ ;  $F(1,56) = 4,7, p = ,035$ ], angenehmer (positive Valenz) [Targets:  $M = 4,9, SEM = ,13$ ; Distraktoren:  $M = 4,6, SEM = ,15$ ;  $F(1,56) = 8,1, p = ,006$ ], sowie bekannter beschrieben [Targets:  $M = 5,3, SEM = ,19$ ; Distraktoren:  $M = 4,8, SEM = ,19$ ;  $F(1,56) = 32,3, p < ,001$ ].

Um letztlich nicht nur die Unterschiede zwischen Gruppen darzustellen und den daraus resultierenden Einfluss der abhängigen Variablen auf das Ergebnis der Zielgröße Accuracy zu vermuten, wurden sämtliche Variablen als Kovariate in univariaten Kovarianzanalysen berücksichtigt.

Als entscheidende Variable wird an dieser Stelle beispielhaft das Ergebnis der 2x2 faktoriellen Kovarianzanalyse (ANCOVA) mit der abhängigen Variablen Accuracy und der Kovariaten Bekanntheit beschrieben: Hier zeigte sich kein Haupteffekt für den Faktor GRUPPE [ $F(1,55) = 2,05, p = ,157$ ] sowie kein Haupteffekt für den Faktor KONSOLIDIERUNG [ $F(1,55) = 0,2, p = ,66$ ]. Die Interaktion blieb unterdessen hochsignifikant [ $F(1,55) = 15,6, p < ,001$ ] und schließt einen Einfluss der Bekanntheit der Gerüche beim Lernen auf die Signifikanz des Endergebnisses für die Rekognition aus [ $F(1,55) = 0,17, p = ,679$ ].

So wie im Falle der Variablen „Bekanntheit“ hatten auch die Variablen Intensität, positive Valenz, negative Valenz und Arousal keinen Einfluss auf die Interaktion GRUPPE x KONSOLIDIERUNG (für alle ANCOVAs:  $p < ,001$ ) (s. Anhang 9).

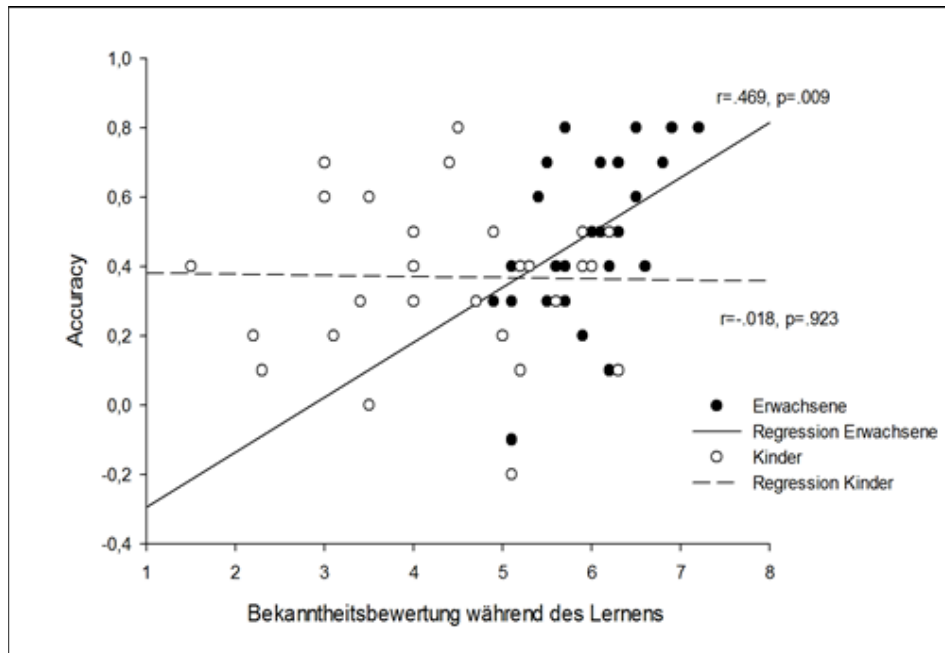
#### **4. Subjektive Einschätzung der Bekanntheit**

Wie bereits beschrieben bewerteten Erwachsene die Gerüche im Gegensatz zu den Kindern als bekannter [ $p < ,001$ ].

Auch zwischen Konsolidierungsformen einer Altersklasse ließen sich Unterschiede bezüglich der Einschätzung der Bekanntheit, insbesondere der Target-Gerüche, nachweisen: So nahmen die Kinder der Wachgruppe die Targets als bekannter wahr als jene der Schlafgruppe [Schlaf:  $t(14) = 1,7$ ,  $p = ,114$ ; Wach:  $t(14) = 4,7$ ,  $p < ,001$ ].

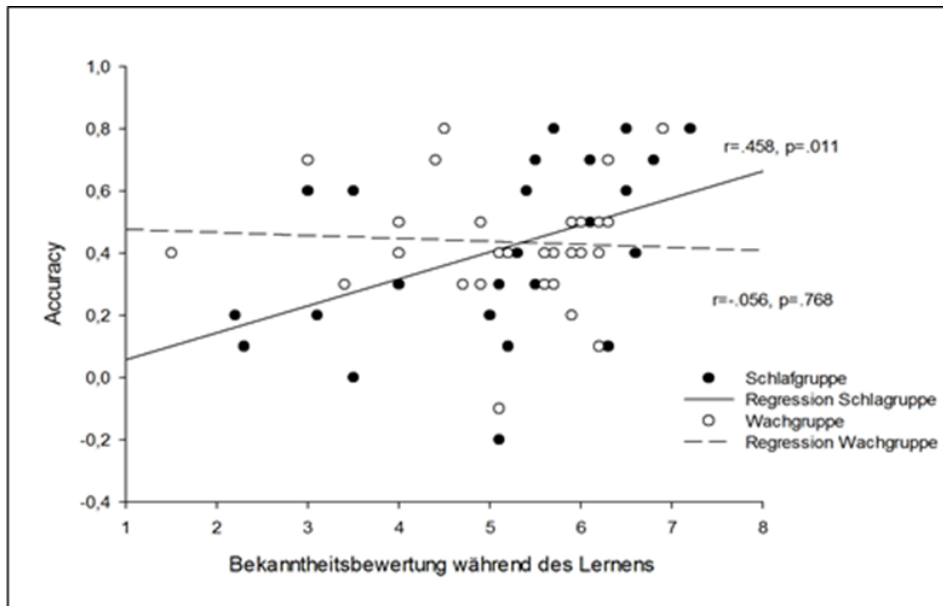
Bei den Erwachsenen war es unterdessen umgekehrt. Hier bewerteten die Probanden der Schlafgruppe die Target-Gerüche als bekannter [Schlaf:  $t(14) = 4,0$ ,  $p = ,001$ ; Wach:  $t(14) = 1,7$ ,  $p = ,120$ ].

Eine bivariate Korrelationsanalyse der Variablen „Bekanntheit der Gerüche beim Lernen“ mit der „Accuracy“ im Vergleich zwischen Erwachsenen und Kindern wurde durch Bestimmung des Pearson-Korrelationskoeffizienten durchgeführt. Für Erwachsene ergab sich eine signifikante Korrelation [ $r = ,469$ ,  $p = ,009$ ]. Sie erzielten im impliziten Versuchsparadigma eine bessere Gedächtnisleistung je besser sie den Geruch zuvor bereits kannten. Hingegen konnte für Kinder kein korrelativer Zusammenhang festgestellt werden [ $r = -,018$ ,  $p = ,923$ ] (s. Abb. 9). Der Fischer z-Test zeigt, dass die Korrelationskoeffizienten der Erwachsenen- und Kindergruppe sich marginal signifikant unterscheiden ( $z = 1,94$ ,  $p = ,053$ ).



**Abbildung 9:** Korrelation zwischen Bekanntheit und Rekognitionsleistung aufgeteilt nach Alter. (Bild: eigene Darstellung)

Vergleicht man den Zusammenhang von Bekanntheit und Gedächtnisleistung in Hinblick auf die Konsolidierungsform (Schlaf/Wach), so ergibt sich für die Schlafgruppe eine signifikante Korrelation von Bekanntheit und der Accuracy mit Pearson-Korrelationskoeffizienten von  $r = ,458$  [ $p = ,011$ ]. Für die Wachgruppe lässt sich keine Korrelation nachweisen [ $r = - ,056$ ,  $p = ,768$ ] (s. Abb. 10). Hierbei unterscheiden sich die Koeffizienten der Schlaf- und Wachgruppe signifikant ( $z = 2,02$ ,  $p = ,043$ ).



**Abbildung 10:** Korrelation zwischen Bekanntheit und Rekognitionsleistung aufgeteilt nach Konsolidierungsform. (Bild: eigene Darstellung)

## 5. Manipulationscheck

Um zu kontrollieren, dass die Probanden die Gerüche inzidentell lernten, erfolgte am Ende der zweiten Testung die Abfrage einer möglichen Vorahnung des Teilnehmers, dass es sich um eine Gedächtnisstudie handeln könnte. Auf eine Bejahung dieser Frage folgte die Beurteilung der Sicherheit in Bezug auf die Vermutung, anzugeben in Prozent.

Fünf Kinder der Schlaf- sowie sechs Kinder der Wachgruppe gaben an, eine Gedächtnisaufgabe vermutet zu haben [Schlaf:  $M = 33\%$ , Range: 10-60%; Wach:  $M = 38\%$ , Range: 10-50%]. Bei den Erwachsenen bejahten vier Probanden der Schlafgruppe diese Vermutung, außerdem zwei Teilnehmer der Wachgruppe [Schlaf:  $M = 92\%$ , Range: 80-100%; Wach:  $M = 75\%$ , kein Range].

Um eine mögliche Beeinflussung des Lernverhaltens und die Analyse der Accuracy zu überprüfen, wurden eben jene Teilnehmer aus den folgenden Berechnungen ausgeschlossen. Es zeigten sich in der Kernaussage unveränderte Ergebnisse: Die Interaktion von SCHLAF x GRUPPE blieb bezüglich der Rekognitionsleistung signifikant [ $F(1,39) = 11,5$ ,  $p = ,002$ ].

Des Weiteren war die Accuracy der Schlafgruppe der Kinder weiterhin signifikant schlechter als die der Erwachsenen [ $t(19) = 3,6$ ,  $p = ,002$ ].



Die Wachgruppen unterschieden sich weiterhin nicht [ $t(20) = 9,4, p = ,411$ ]. Unter den Kindern zeigte die Wachgruppe im Vergleich zur Schlafgruppe noch immer das bessere Ergebnis [ $t(17) = 2,1, p = ,048$ ] und auch bei den Erwachsenen blieb die Performance der Schlafgruppe die stärkere [ $t(22) = 2,7, p = ,013$ ].

Ebenso änderten sich die Analyseergebnisse der Bewertungen der Bekanntheit, auch aufgeschlüsselt nach Targets und Distraktoren, nicht wesentlich.

## 6. Kontrollvariable

Sowohl vor der Enkodierung als auch vor dem Abruf wurden Daten bezüglich Stimmung, Müdigkeit und Aufregung (Arousal) von den Probanden erhoben, um mögliche Einflüsse derer auf die Rekognitionsleistung zu prüfen (Werte s. Tab. 10). Dazu wurden diese Variablen als Kovariaten in die ANOVA aufgenommen.

Außerdem wurden die Daten bezüglich der Bekanntheit während der Enkodierung als weitere Kovariate in die ANCOVA eingefügt. Keine der Kovariaten wurde signifikant ( $p > ,05$ ).

	Kinder		Erwachsene	
	Schlafgruppe M (SEM)	Wachgruppe M (SEM)	Schlafgruppe M (SEM)	Wachgruppe M (SEM)
Stimmung	4,0 ( ,24)	4,5 ( ,17)	4,3 ( ,21)	4,3 ( ,16)
Müdigkeit	3,1 ( ,25)	3,2 ( ,39)	3,3 ( ,25)	4,3 ( ,21)
Arousal	3,7 ( ,31)	3,5 ( ,22)	3,9 ( ,21)	4,2 ( ,14)
Stimmung	4,1 ( ,24)	4,2 ( ,22)	3,9 ( ,25)	4,3 ( ,15)
Müdigkeit	2,8 ( ,24)	3,5 ( ,32)	3,2 ( ,17)	3,1 ( ,26)
Arousal	3,5 ( ,34)	3,7 ( ,23)	3,6 ( ,21)	4,0 ( ,34)

**Tabelle 10:** Subjektive Bewertung der Stimmung, der Müdigkeit sowie der Aufregung (Arousal) vor dem Lernen bzw. vor dem Abruf auf einer Skala von eins bis acht (Neun-Punkt-Skala).

## 7. Entwicklung einer weiterführenden Studie im expliziten Design

Nachdem scheinbar die Bekanntheit Einfluss auf die Konsolidierung und den Schlafeffekt zu haben schien, entwickelten wir eine weiterführende Studie mit explizitem Geruchsrekognitionsparadigma. Hinzu kam die Annahme, dass bei

deklarativer hippocampus-abhängiger Enkodierung der Gerüche ein deutlicher Profit vom Schlaf für die Konsolidierung bei Kindern zu finden sein müsste.

Der Versuchsaufbau entsprach im Wesentlichen dem der vorangegangenen Studie. Eingeschlossen wurden gesunde Jungen zwischen acht und 12 Jahren, die alle in der Schlafbedingung getestet wurden. Der einzige Unterschied bestand nun in der expliziten Aufforderung an die Kinder, sich die Gerüche beim Lernen gut einzuprägen und bis zum Abruf zu merken.

Zunächst wurden die Probanden einzig verbal instruiert, sich die Gerüche zu merken, bevor sie ihnen dargeboten wurden. Drei Probanden wurden auf diese Weise getestet und erzielten in der Schlafbedingung Accuracy-Werte von 0,1, 0,4 und 0,5. Da diese sich von den Ergebnissen nach impliziter Enkodierung nicht unterschieden, wurde die Instruktion bei zwei weiteren Probanden um die Benennung der Gerüche durch die Versuchsleiterin (Labeling) ergänzt. Auch hier blieben die Rekognitionsleistungen mit 0,2 und 0,2 unverändert gering. Um ein deutlich explizites Design zu entwerfen, wurde der Versuchsaufbau weiterentwickelt. In einem dritten Anlauf wurden dem Probanden neben der Instruktion vier mögliche Labels schriftlich vorgelegt, aus denen er im Sinne eines Multiple-Choice-Formates nach dem Riechen eines auswählen und selbstständig ankreuzen sollte. Mit einer Accuracy von 0,1 kam es auch bei diesem Probanden zu keinem Hinweis auf explizite Enkodierung mit Schlafeffekt auf die Konsolidierung. In einem vorerst letzten Versuch wurde die Anordnung wie folgt verändert: Die Probanden wurden instruiert, sich die Gerüche zu merken, welche zudem vor dem Riechen von der Versuchsleiterin benannt und anhand eines Bildes veranschaulicht wurden. Trotz verbaler und visueller Untermalung erreichten die Probanden Ergebnisse von 0,3 und 0,1 in der Accuracy.

Durch die Aufforderung zum Lernen der Gerüche sollte ein explizites Paradigma geschaffen und das deklarative hippocampus-abhängige Gedächtnis angesprochen werden. Durch die Erweckung von Assoziationen sollte zudem die Bekanntheit erhöht werden. Die gleichbleibend geringen Rekognitionsleistungen weisen darauf hin, dass sich die Enkodierung nicht wesentlich vom impliziten Design unterschied, sodass die Versuche, eine Explizit-Studie zu kreieren zunächst für nicht erfolgreich erklärt wurden.

#### **IV. Diskussion**

Zahlreiche Studien dienen der Erforschung der Zusammenhänge von Schlaf und Gedächtnis bei Kindern und Erwachsenen (näheres s. I, 3b.: Zusammenhänge zwischen Gedächtnis und Schlaf im Vergleich zwischen Kindern und Erwachsenen). Das explizite Geruchsgedächtnis stellen dabei Gais et al. in den Mittelpunkt (s. I, 4d(b)). Entscheidend für die schlafabhängig verbesserte Konsolidierung scheint, welchem Gedächtnissystem der gelernte Inhalt zugeordnet wird. Abhängig vom Gedächtnissystem scheinen der Offline-Konsolidierung während der kindlichen Entwicklung verschiedene Rollen zuzukommen (Wilhelm et al., 2008): Der SWS stärkt bei Kindern also insbesondere die Konsolidierung hippocampus-abhängig, explizit enkodierter Informationen. Aufgrund und während des vermehrten Tiefschlafes bei Kindern wird das explizite Gedächtnis bei ihnen betont gestärkt (Ohayon et al., 2004). Im Zuge dessen könnte es gleichzeitig im Rahmen antagonistischer Prozesse zu einer kompetitiven Hemmung der Festigung implizit enkodierten Wissens kommen (Fischer et al., 2007; Fletcher et al., 2005; Poldrack et al., 2001; Stefaniak et al., 2008; Albouy et al., 2008; Brown & Roberts 2007a/b; Wagner et al., 2004).

Auf diese Grundlage aufbauend lautete die Hypothese, die es in der vorliegenden Studie zu überprüfen galt: Kinder profitieren bei der Konsolidierung inzidentell enkodierter Gerüche nicht vom auf das Lernen folgenden Schlaf.

Zur Testung der Wirkung von Schlaf auf die implizite Enkodierung entwickelten wir, in der Annahme, dass intentionales Lernen eher explizit enkodiert wird (Frank et al., 2011), eine Studie mit inzidentellem Geruchsrekognitionsparadigma. Sie wurde zunächst mit erwachsenen und anschließend analog mit kindlichen Probanden durchgeführt.

Für eine inzidentelle Enkodierung müssen die Gerüche unabsichtlich, „wie nebenbei“ gelernt werden. Um dies zu gewährleisten, wurde die Studie unter der Cover Story einer Überprüfung der „Tageszeitenabhängigen Geruchsbewertung“ durchgeführt, deren vermeintliches Ziel sowohl die Kinder als auch deren Eltern gut verstehen konnten. Nach eigener Angabe hatten die meisten Probanden nach abgeschlossener Testung keine Gedächtnisaufgabe vermutet. Für sie lag also die Aufgabe der

subjektiven Bewertung der Gerüche im Fokus. Die rechnerische Exklusion jener, die eine Gedächtnisaufgabe vermutet hatten, veränderte die Ergebnisse nicht wesentlich, sodass die Daten folgerichtig nicht expliziten Enkodierungsstrategien zuzuschreiben sind.

Es erfolgte keine Aufforderung zum Lernen der Gerüche. Assoziationen oder Kommentare zu den wahrgenommenen Stimuli sollten möglichst unterbleiben und wurden von der Versuchsleiterin weitgehend ignoriert. So sollte ein assoziatives oder ein Label-Lernen verhindert werden. Das Benennen – das Labeln – von Gerüchen fördert die Merkfähigkeit für dieselben (Larsson & Backman, 1997; Distel & Hudson, 2001). Es handelt sich dann aber um ein deklaratives Abspeichern der Gerüche. Der Versuchsaufbau inklusive der Idee der Cover Story konnte vollständig, planmäßig umgesetzt werden und ermöglichte eine angemessene Überprüfung der Hypothese.

Die Ergebnisse unserer beiden Studien unterstützen in der Zusammenschau die Hypothese: Erwachsene erkannten die Gerüche im Abruf in der Schlafbedingung besser als in der Wachbedingung, während bei den Kindern die Rekognitionsleistung nach dem Schlafen schlechter ausfiel als in der Wachbedingung. Zwischen den Wachgruppen beider Altersklassen zeigte sich kein Unterschied in der Abruf-Performance. Dies bestätigt die Vermutung, dass der Schlaf als Ursache der Unterschiede in der Konsolidierung zwischen Erwachsenen und Kindern im Vordergrund steht. Die Schlafgruppen unterschieden sich unterdessen hoch signifikant voneinander.

Eine Analyse der Kontrollvariablen Stimmung, Müdigkeit und Arousal als Parameter zirkadianer Effekte schließt einen Einfluss derselben auf die Messergebnisse der Rekognitionsleistung aus.

In die bisherige Studienlage fügen sich die Ergebnisse dieser Studie somit gut ein. Sie sollen im Folgenden insbesondere im schlaftheoretischen Kontext betrachtet werden:

Dem Schlaf, insbesondere dem Slow Wave Sleep, werden verschiedene Auswirkungen auf die Gedächtnisbildung zugeordnet. So kommt es während des SWS im Zuge der synaptischen Homöostase zum Downscaling zurückliegend wenig genutzter Synapsen (Tononi & Cirelli, 2003; Walker et al, 2003). Auch dies scheint auf die Konsolidierung implizit enkodierter Gerüche bei Kindern keine stärkende Wirkung zu haben. Denkbar

wäre dazu folgende Erklärung: Die Erinnerung an unwichtige Gerüche erfährt während des Schlafes ein Downscaling, während jene an bedeutsame Gerüche gestärkt wird. Aufgrund von Unbekanntheit können Gerüche unbewusst als bedeutungslos eingestuft und die Erinnerung an sie folglich im Rahmen der synaptischen Homöostase gelöscht werden. 2012 führten van Dongen et al. eine Untersuchung durch, in der sie Probanden Bildlokalisationsaufgaben in zwei Sets zeigten. Im Anschluss an das Lernen wurde eines der beiden Sets als für den Abruf relevant benannt. Es konnte eine schlafabhängig bessere Merkfähigkeit für das als relevanter eingeordnete Set gezeigt werden (van Dongeren et al., 2012). Da die Kinder in der vorliegenden Studie die Gerüche als unbekannter bewerteten als die Erwachsenen, ist es plausibel, dass ihr Gedächtnis für diese inzidentell gelernten Gerüche im Gegensatz zu dem der Erwachsenen während des SWS ein stärkeres Downscaling durchmacht, welches sich in einer schlechteren Accuracy in der Schlafkonsolidierungsgruppe der Kinder niederschlägt. Die erwachsenen Probanden profitieren währenddessen vom Downscaling anderer unwichtiger Synapsen und erfahren eine Stabilisierung der als bekannt und somit bedeutsam eingestuften Gerüche. Ihre Accuracy ist in der Schlafbedingung verbessert.

Nach der Aktiv-System-Konsolidierungstheorie (s. I, 3a, Gedächtnis und Schlaf - Allgemeine Zusammenhänge) werden explizite Informationen im SWS via Reaktivierung in bestehende Netzwerke integriert, wobei hippocampale SPW-Rs als messbares Korrelat der Konsolidierung dienen können (Buszaki, 1989; Barnes & Wilson, 2014).

Im Tierversuch an Ratten lassen sich vom Hippocampus unabhängige, aber ähnliche SPW-R im piriformen Cortex, dem primären olfaktorischen Cortex, ableiten (Manabe et al., 2011; Narikiyo et al., 2014). Diese OC-SPWs (Olfactory Cortex Sharp Waves) entsprechen der Reorganisation des olfaktorischen Cortex nach dem Lernen neuer Gerüche und bestätigen Ähnlichkeit des Geruchsgedächtnisses zum hippocampus-abhängigen Gedächtnissystem bezüglich Aufbau und Funktionsweise.

In der vorliegenden Studie wurde nun aber gezielt der Schlafeffekt auf das implizite Gedächtnis untersucht. Im Hinblick auf die Ergebnisse der Untersuchungen der Schlafabhängigkeit des impliziten Gedächtnisses bei Kindern passt das Ergebnis des

fehlenden Profits für die Schlafgruppe der Kinder bei besserem Rekognitionsergebnis der Wachgruppe gut zu den bisherigen Studien und daraus resultierenden Vermutungen. In einem expliziten Studiendesign müssten Kinder im Falle korrekt gezogener Parallelen des Geruchsgedächtnisses mit dem deklarativen Gedächtnis deutlich mehr vom Schlaf profitieren als im impliziten Paradigma. Unter Verwendung von Gerüchen, die sowohl den Kindern als auch den Erwachsenen gänzlich unbekannt oder gleichermaßen gut bekannt sind, ist eine noch deutlich bessere Rekognitionsleistung nach dem Schlaf seitens der Kinder und im Gegensatz zu den erwachsenen Probanden zu erwarten. Grund dafür sind der höhere SWS-Anteil und der unter diesen Bedingungen aufgehobene Nachteil in der Konsolidierung aufgrund mangelnder bereits bestehender Assoziationsnetzwerke.

Auf der Suche nach weiteren Erklärungsansätzen für das Ergebnis sollte auch die Bekanntheit der Gerüche im Vorfeld untersucht werden, denn alltagsrelevante sowie leicht identifizierbare und als bekannt bewertete Gerüche werden auch nach längerem Intervall zwischen Lernen und Abruf besonders gut wiedererkannt (Rabin & Cain, 1984).

Es wäre naheliegend, dass die Extraktion expliziter Inhalte im Schlaf in Bezug auf das Geruchslernen in der vorliegenden Studie durch eine gute Kenntnis der Gerüche im Vorfeld vereinfacht wird, das heißt, dass die Bekanntheit eines Geruchs beim Lernen einen wichtigen Einflussfaktor auf die Merkfähigkeit für denselben darstellt. Im Verlauf der Studie zeigte sich, dass Erwachsene und Kinder die Gerüche im Durchschnitt als unterschiedlich bekannt bewerteten. Erwachsene gaben dabei höhere Bekanntheitswerte an.

Um nun den Zusammenhang von Bekanntheit und Rekognitionsleistung zu ermitteln, wurden Korrelationen derselben beiden erstellt. Hierbei korrelierten bei den Erwachsenen die Werte signifikant in erwarteter Weise: je bekannter ein Geruch beim Lernen gewesen war, desto besser wurde er im Abruf wiedererkannt. Für Kinder ließ sich eine solche Korrelation jedoch nicht darstellen.

Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass die Kinder die Gerüche zum Zeitpunkt des Lernens kaum kannten. Sie bewerteten die Gerüche durchschnittlich mit 4,38 von 8 Punkten, zeigten also eine auf Unwissenheit und Unsicherheit hinweisende Tendenz

zur Mitte (Rost et al., 1999), während die Erwachsenen mit einer durchschnittlichen Bewertung mit 5,88 Punkten die Gerüche besser zu kennen schienen. Aufgrund mangelnder Erfahrung konnten die Kinder die Gerüche in der Folge während der Konsolidierung im Schlaf nicht in bereits bestehende neuronale Netzwerke einflechten, sodass eine wesentliche Komponente des Offline-Konsolidierungsvorganges entfällt (Stickgold & Walker, 2013; Lewis & Durrant, 2011). Diese Erklärung unterstreicht eine Studie von Wilhelm et al. aus dem Jahr 2012: Trotz eines im Vergleich der Altersklassen doppelt so hohen Anteils an SWS zeigte sich im Abruf einer deklarativen Aufgabe ein der Performance der Erwachsenen gleicher Schlafeffekt bei Kindern (Wilhelm et al., 2012). Der altersbedingte kindliche Mangel an Schemata, in die neu enkodiertes Wissen integriert werden kann, scheint folglich den Mehranteil an SWS den Schlafeffekt betreffend aufzuwiegen.

Unterstützt wird diese These auch von Messdaten der hier vorliegenden Studie: Sowohl die Erwachsenen als auch die Kinder beurteilten die Target-Gerüche als bekannter. Nun stellte sich dieser Unterschied bei den Kindern der Wachgruppe, bei den Erwachsenen hingegen in der Schlafgruppe besonders deutlich dar. Es beurteilte demnach immer diejenige Gruppe die Zielgerüche als bekannter, die sie schließlich auch zielsicherer wiedererkannte. Zuvor war bereits in einer Studie an Ratten ein deutlicher Vorteil von bestehenden (erlernten) assoziativen Schemata für den schlafabhängigen Prozess der Systemkonsolidierung gesehen worden (Tse et al. 2007; Tse et al., 2011). Auch bei Menschen konnte inzwischen eine bevorzugte Speicherung schema-konformer Gedächtnisinhalte gezeigt werden (Durrant et al., 2015).

Um vergleichend zwischen Kindern und Erwachsenen und vertiefend zu überprüfen, welche Bedeutung der Bekanntheit bezüglich der Rekognitionsleistung zukommt, wäre also eine Studie mit Gerüchen geeignet, die beiden Altersklassen entweder gleich gut bekannt oder unbekannt wären.

Die oben genannten Ergebnisse und Annahmen lassen sich zu folgender Frage weiterentwickeln: Entscheidet die Bekanntheit beziehungsweise die Assoziationen oder das Vorwissen darüber, ob Wissen im Schlaf stabilisiert oder labilisiert wird? Ob also Profit für Konsolidierung vom Schlaf zu erwarten ist oder nicht.

Wenn ausgeprägte Assoziationen oder Vorwissen vorhanden sind, wird der Lernvorgang dann zur deklarativen Enkodierung in Form von Label-Lernen?

Um dieser Frage nachzugehen ist es sinnvoll, gezielt solches Vorwissen durch Training zu schaffen. So stellte sich für prozedurale Vorgänge heraus, dass für Kinder nach langem Training ein signifikanter Schlafeffekt erzielt wird. Auch hier liegt eine Erklärung anhand nun bestehender, erlernter Programme, in welche neues Wissen schlafabhängig integriert werden kann, nahe (Wilhelm et al., 2012).

Diese Grundlagen würden für die vorliegende Studie weitergehend bedeuten: Je höher die Bekanntheit der Gerüche beim Lernen/Enkodieren war, desto höher fällt der zu erwartende Profit vom Schlaf aus. Tatsächlich zeigt sich diese positive Korrelation für die Probanden der Schlafbedingung beider Altersklassen im Gegensatz zu den Wachgruppen. Allerdings lässt sich dieser Zusammenhang nur für die Schlafgruppe der Kinder für sich allein betrachtet nicht beschreiben. Möglicherweise sind ihnen die Gerüche beim Lernen im Durchschnitt zu unbekannt, sodass sie nicht signifikant vom Schlaf und der Integration neuer Gedächtnisspuren in bestehende neuronale Netzwerke profitieren können.

In der vorliegenden Studie wurde nun gezielt der Schlafeffekt auf das implizite Gedächtnis untersucht. Im Hinblick auf die Ergebnisse der Untersuchungen der Schlafabhängigkeit des impliziten Gedächtnisses bei Kindern passt das Ergebnis des fehlenden Profits für die Schlafgruppe der Kinder bei besserem Rekognitionsergebnis der Wachgruppe gut zu den bisherigen Studien und daraus resultierenden Vermutungen. In einem expliziten Studiendesign müssten Kinder im Falle korrekt gezogener Parallelen des Geruchsgedächtnisses mit dem deklarativen Gedächtnis deutlich mehr vom Schlaf profitieren als im impliziten Paradigma. Unter Verwendung von Gerüchen, die sowohl den Kindern als auch den Erwachsenen gänzlich unbekannt oder gleichermaßen gut bekannt sind, ist eine noch deutlich bessere Rekognitionsleistung nach dem Schlaf seitens der Kinder und im Gegensatz zu den erwachsenen Probanden zu erwarten. Grund dafür sind der höhere SWS-Anteil und der unter diesen Bedingungen aufgehobene Nachteil in der Konsolidierung aufgrund mangelnder bereits bestehender Assoziationsnetzwerke.



Fortsetzend und analog zu den gesunden Kindern kann eine vergleichende Untersuchung von Kindern mit ADHS durchgeführt werden. Eine Studie zur Schlafabhängigkeit der Konsolidierung deklarativer Inhalte bei Kindern mit ADHS zeigte im Vergleich zu einer gesunden Kontrollgruppe eine defizitäre Rekognitionsleistung der Patienten (Prehn-Kristensen et al., 2011a). Bei prozeduralen Aufgaben hingegen profitieren die ADHS-Patienten deutlich vom Schlaf (Prehn-Kristensen et al., 2011b). Dies deutet daraufhin, dass eine gestörte Konsolidierung hippocampus-abhängiger deklarativer Informationen während des Schlafes bei Kindern zu einer reduzierten kompetitiven Hemmung impliziter Lernprozesse führt. So wird die schlafabhängige Konsolidierung nicht-deklarativer Aufgaben gefördert. In einer der vorliegenden Studie entsprechenden Untersuchung ist bei Richtigkeit dieser Annahme also zu erwarten, dass die ADHS-Patienten die Gerüche nach inzidenteller Enkodierung in der Schlafbedingung besser wiedererkennen als die gesunden Kontrollen. Somit würde die Hypothese der Interaktion expliziter und impliziter Gedächtnissysteme während des kindlichen Schlafes weiter unterstrichen.

Des Weiteren sollen auch die Limitationen der Studie Beachtung finden: Es könnte spekuliert werden, dass Kinder aufgrund noch fehlender beziehungsweise unzureichend entwickelter Hirnstrukturen oder Konnektivitäten im olfaktorischen Pathway oder primären olfaktorischen Cortex eine geringere Accuracy aufweisen, als sie Erwachsene präsentieren. Anatomische und funktionelle Studien zeigten jedoch, dass das humane olfaktorische System von Geburt an vollständig ausgebildet und funktionsfähig ist (Doty, 1986). Unabhängig von Alter und Geschlecht wiesen Kinder zudem eine ähnlich gute Funktion der Geruchsbahn auf wie Erwachsene (Chalouhi et al., 2005). Zu beachten ist weiterhin: Sei die schlechtere Accuracy der Kinder durch noch mangelnde Hirnstrukturen begründet, so müssten die Ergebnisse der Kinder auch in der Tagkonsolidierungsgruppe schlechter ausfallen. Sie unterscheiden sich allerdings nicht signifikant von denen der Erwachsenen.

Auch die Auswahl der Stichprobe weist verbesserungswürdige Aspekte auf: Neben den verwendeten validierten Fragebögen würde eine Ergänzung der Diagnostik beispielsweise mittels Überprüfung physiologischer (Schlaflabor, olfaktorische Sinnesprüfung) oder psychologischer (persönliches Interview) Voraussetzungen deren

Genauigkeit erhöhen. Darüber hinaus sind mögliche Gendereffekte auf Grundlage dieser Studie nicht auszuschließen, da nur männliche Probanden untersucht wurden (Lehrner, 1993).

Anzumerken ist, dass für den zur Diagnostik verwendeten Fragebogen „CSHQ-DE“ nur für Kinder zwischen vier und zehn Jahren Validität gezeigt werden konnte. Eine Eignung der verwendeten UPSIT-Geruchsstreifen für die Testung von Kindern ist bis zu einem minimalen Alter von fünf Jahren belegt (Hugh et al., 2015).

Die Enkodierung fand für die Schlafgruppe abends, für die Wachgruppe hingegen morgens statt. Somit müssen mögliche zirkadiane Effekte auf das Lernen bedacht werden. Es konnte jedoch gezeigt werden, dass die Tageszeit die Geruchsdiskrimination nicht beeinflusst (Goel & Grasse, 2004).

Während der Pubertät verändert sich der zuvor noch kindliche Schlaf-Wach-Rhythmus und verschiebt sich zeitlich nach hinten (Caskardon et al., 1993). Somit verlagert sich auch die Zeit größter Konzentrationsfähigkeit auf spätere Tageszeiten (Wright et al., 2012) bis dann ab dem 20. Lebensjahr wieder der frühe Vogel den Wurm fängt (Roenneberg et al., 2004). Dementsprechend bestellten wir die kindlichen und erwachsenen Probanden jeweils morgens und nicht allzu spät abends zu den Testungen ein, wobei die Kinder jeweils eine Stunde früher getestet wurden, um insbesondere in der Schlafgruppe die gewohnten Zubettgehzeiten beibehalten zu können. Als Kontrollvariablen untersucht wurden Stimmung, Aufregung und insbesondere Müdigkeit, um mögliche Einflüsse durch einen veränderten Tag-Nacht-Rhythmus abzubilden.

Die Beurteilbarkeit der Ergebnisse findet ihre Limitationen unter Anderem in der fehlenden Ableitung eines Elektroenzephalogramms zur Überwachung der Schlafstruktur. Eine Abbildung der neuronalen Vorgänge mittels funktionellem MRT wäre ebenfalls wünschenswert. Beide Verfahren könnten die Kontextualisierung der vorliegenden Ergebnisse mit Daten anderer Studien erleichtern.

Während sich für das Ergebnis der Studie eine Alltagsrelevanz darstellen lässt, ist der konkrete Studienaufbau wenig alltagstypisch. Kinder sind jeden Tag sehr vielen für sie noch gänzlich neuen Reizen ausgesetzt, darunter auch zahlreichen neuen Gerüchen. Da bekanntere Gerüche vermutlich als bedeutender eingestuft und somit schlafabhängig

deutlich fester konsolidiert werden, merken sich Kinder Gerüche erst nach wiederholter Reizdarbietung. Im Laufe der Kindheit müssen also wiederholt Assoziationen durch Gerüche kreiert werden, um stabile Gedächtnisspuren zu legen. Wie bei den Singvögeln führt bei Kindern der Weg zu stabilen Erinnerungen über die Labilisierung von neu Erlerntem.

Ein Geruch dient im Alltag als Hinweis für etwas, das erst in einem zweiten Schritt mit etwas anderem assoziiert wird. Er wird dadurch plastisch und dient einer schnellen Anpassung an Umweltbedingungen. In der vorliegenden Studie lag das Ziel jedoch darin, keine Assoziationen zu den Gerüchen zuzulassen, sodass sie daher eher als Beitrag zur Grundlagenforschung anzusehen ist.

## **V. Zusammenfassung**

Viele Studien zeigten einen Zusammenhang von Schlaf und Gedächtnis. Insbesondere der Slow Wave Sleep (Tiefschlaf) sorgt für eine Stärkung der Konsolidierung deklarativer, hippocampus-abhängiger (expliziter) Gedächtnisleistungen, wobei Kinder, vermutlich aufgrund ihrer längeren Zeit im Slow Wave Sleep, noch deutlich mehr vom Schlaf profitieren. Während nun Erwachsene auch nicht-deklarative (implizite) Erinnerungen schlafabhängig besser Rekognition konsolidieren, schneiden Kinder in der Schlafbedingung im Abruf prozeduraler (nicht-deklarativer) Aufgaben schlechter ab.

Bei der Untersuchung der Auswirkung von Schlaf auf das implizite Gedächtnis für Gerüche bei Erwachsenen fanden Lotzkat et al. eine signifikant bessere Gedächtnisleistung in der Schlafgruppe. Um nun vergleichend Kinder zu testen, entwickelten wir die vorliegende Studie. Ihr Aufbau als inzidentelles, implizites Geruchsrekognitionsparadigma im Vergleich von Schlaf- und Wachbedingung als Between-subjects-Design entsprach im Wesentlichen dem der Studie mit erwachsenen Probanden. Die Stichprobe bildeten 30 gesunde, präpubertäre Jungen zwischen acht und 12 Jahren, randomisiert verteilt in Schlaf- und Wachgruppe (jeweils  $n = 15$ ). Unter der Coverstory einer „tageszeitenabhängigen Geruchsbewertung“ lernten die Probanden in einer ersten Sitzung inzidentell zehn Gerüche (aus University of Pennsylvania Smell Identification Test), welche sie anhand von visuellen

Analogskalen hinsichtlich Intensität, Valenz und Bekanntheit bewerten sollten. Zur objektiven Überwachung der Schlafenszeit wurde der Schlafgruppe eine Aktigraphie angelegt. Elf bis 12 Stunden später fand der Abruf als unangekündigter Rekognitionstest statt. Hierbei sollten die Probanden die zehn Targetgerüche aus zehn Distraktoren in einem Alt/Neu-Paradigma herausfinden. Als Maß für die Rekognitionsleistung wurde die Accuracy (Treffericherheit) als abhängige Variable gemessen.

Im Gegensatz zu den Erwachsenen erkannte die Schlafgruppe der Kinder die Gerüche signifikant schlechter wieder als die Wachgruppe.

Die Form der Enkodierung von Gedächtnisinhalten scheint also von entscheidender Bedeutung für die Schlafabhängigkeit ihrer Konsolidierung zu sein. Die Studienlage sowie die vorliegenden Ergebnisse sprechen dafür, dass der Slow Wave Sleep das deklarative Gedächtnis deutlich stärkt. Durch die größere Menge an Tiefschlaf bei Kindern kommt es bei ihnen zu einer kompetitiven Hemmung der Konsolidierung nicht-deklarativer Gedächtnisinhalte.

Zusätzlichen Einfluss auf Rekognitionsleistung hat die Bekanntheit der Gerüche im Vorfeld des Lernens. Bei Erwachsenen lässt sich eine positive Korrelation der Bekanntheit und der Rekognitionsleistung aufzeigen, welche bei Kindern nicht zu finden ist. Nun bewerteten die Kinder die Gerüche durchschnittlich als weniger bekannt als die Erwachsenen. So lässt sich argumentieren, dass ihnen die assoziativen Netzwerke fehlen, in welche neu Erlerntes im Zuge der schlafabhängigen Konsolidierung eingeflochten wird. Eine Studie unter gleichen Voraussetzungen bezüglich der Bekanntheit der Gerüche beim Lernen für Kinder und Erwachsene würde den Effekt der Enkodierungsform auf die Schlafabhängigkeit der Konsolidierung besser beurteilbar machen.

## VI. Literaturverzeichnis

- Abel, T., Havekes, R., Saletin, J. M., Walker, M. P. (2013): Sleep, plasticity and memory from molecules to whole-brain networks. *Current biology*; 23, 774–788
- Albouy, G., Sterpenich, V., Balteau, E., Vandewalle, G., Desseilles, M., Dang-Vu, T., Darsaud, A., Ruby, P., Luppi, P., Degueldre, C., Peigneux, P., Luxen, A., Maquet, P. (2008): Both the hippocampus and striatum are involved in consolidation of motor sequence memory. *Neuron*; 58: 261–272
- Albrecht, J., Wiesmann, M. (2006): Das olfaktorische System des Menschen. *Nervenarzt*; 77, 931–939
- American Academy of Sleep Medicine (2005): International classification of sleep disorders. Diagnostic and coding manual. 2. Auflage; AASM, Westchester, USA, Illinois
- American Academy of Sleep Medicine (2008): Das AASM-Manual zum Scoring von Schlaf und assoziierten Ereignissen: Regeln, Technologie und technische Spezifikationen. 1. Auflage; Steinkopff Verlag, Darmstadt
- Axmacher, N., Elger, C. E., Fell, J. (2008): Ripples in the medial temporal lobe are relevant for human memory consolidation. *Brain*; 131, 1806–1817
- 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. *Neurobiol Learn Mem*; 89, 76–80
- Barnes, D. C., Chapuis, J., Chaudhury, D., Wilson, D. A (2011): Odor fear conditioning modifies piriform cortex local field potentials both during conditioning and during post-conditioning sleep. *PLoS ONE*; 6: e18130
- Barnes, D. C., Wilson, D. A. (2014): Slow-wave sleep-imposed replay modulates both strength and precision of memory. *The Journal of Neuroscience*; 34(15), 5134 –5142
- Barnes, D. C., Wilson, D. A. (2014a): Sleep and olfactory cortical plasticity. *Front Behav Neurosci*; 8, 134
- Born, J., Rasch, B., Gais, S. (2006): Sleep to remember. *Neuroscientist*; 12, 410–424
- Born, J., Wilhelm, I. (2011): System consolidation of memory during sleep. *Psychological Research*; 76, 192–203
- Bradley, M. M., Lang P. J. (1994): Measuring emotion: the Self-Assessment Manikin and the Semantic Differential. *J Behav Ther Exp Psychiatry*; 25(1), 49-59
- Brown, R. M., Robertson, E. M. (2007a): Off-line processing: reciprocal interactions between declarative and procedural memories. *J. Neurosci.*; 27, 10468–10475
- Brown, R. M., Robertson, E. M. (2007b): Inducing motor skill improvements with a declarative task. *Nat. Neurosci.*; 10, 148–149

- Buzsáki, G. (1986): Hippocampal sharp waves: their origin and significance. *Brain Res*; 398, 242-252
- Buzsáki, G. (1989): Two-stage model of memory trace formation: a role for “noisy” brain states. *Neuroscience*; 31, 551–570
- Campbell, I. G., Feinberg, I. (2009): Longitudinal trajectories of non-rapid eye movement delta and theta EEG as indicators of adolescent brain maturation. *Proc Natl Acad Sci USA*; 106, 5177–5180
- Carskadon, M. A., Herz, R. S. (2004): Minimal olfactory perception during sleep: why odor alarms will not work for humans. *Sleep*; 27, 402–405
- Carskadon, M. A., Vieira, C., Acebo, C. (1993): Association between puberty and delayed phase preference. *Sleep*; 16, 258-262
- Chalouhi, C., Faulcon, P., Le Bihan, C., Hertz-Pannier, L., Bonfils, P., et al. (2005): Olfactory evaluation in children: application to the CHARGE syndrome. *Pediatrics*; 116, e81–88
- Deetjen, P., Speckmann, E.-J., Hescheler, J. (2005): *Physiologie*. 4. Auflage; Elsevier GmbH, Urban & Fischer Verlag; München
- Derégnaucourt, S., Mitra, P. P., Fehér, O., Pytte, C., Tchernichovski, O. (2005): How sleep affects the developmental learning of bird song. *Nature*; 17, 433(7027), 710-6
- Derogatis, L. R. (1992): BSI: Administration, scoring, and procedures manual II. Clinical Psychometric Research; Towson, MD
- Diekelmann, S., Born, J. (2010): The memory function of sleep. *Nat Rev Neurosci*; 11, 114 –126
- Diekelmann, S., Büchel, C., Born, J., Rasch, B. (2011): Labile or stable: opposing consequences for memory when reactivated during waking and sleep. *Nat Neurosci.*; 14, 381–386
- Diekelmann, S., Wilhelm, I., Born, J. (2009): The whats and whens of sleep-dependent memory consolidation. *Sleep Med Rev*; 13, 309–321
- Distel, H., Hudson, R. (2001): Judgement of odor intensity is influenced by subjects' knowledge of the odor source. *Chem Senses*; 26, 247–251
- Döpfner, M., Schmeck, K., Berner, W., Lehmkuhl, G. (1994): Zur Reliabilität und faktoriellen Validität der Child Behavior Checklist—eine Analyse in einer klinischen und einer Feldstichprobe. *Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie*; 22(3), 189-205
- Doty, R. L. (1986): Ontogeny of Human Olfactory Function. In: Breipohl, W., Apfelbach, R., editors. *Ontogeny of Olfaction*. Berlin Heidelberg, Springer; 3–17

- Doty, R. L. (1995): *The Smell Identification Test Administration Manual*. Sensonics Inc.
- Doty, R. L., Shaman, P., Kimmelman, C. P., Dann, M. S. (1984): University of Pennsylvania Smell Identification Test: a rapid quantitative olfactory function test for the clinic. *Laryngoscope*; 94, 176-8
- Durrant, S. J., Cairney, S. A., McDermott, C., Lewis, P. A. (2015): Schema-conformant memories are preferentially consolidated during REM sleep. *Neurobiol Learn Mem*; 122, 41–50
- Ellenbogen, J. M., Hulbert, J. C., Stickgold, R., Dinges, D. F., Thompson-Schill, S.L. (2006): Interfering with theories of sleep and memory: sleep, declarative memory, and associative interference. *Curr Biol*; 16, 1290–1294
- Eschenko, O., Ramadan, W., Molle, M., Born, J., Sara, S. J. (2008): Sustained increase in hippocampal sharp-wave ripple activity during slow-wave sleep after learning. *Learn Mem*; 15, 222–228
- Fischer, S., Wilhelm, I., Born, J. (2007): Developmental differences in sleep's role for implicit off-line learning: comparing children with adults. *J Cogn Neurosci*; 19, 214–227
- Fletcher, P. C., Zafiris, O., Frith, C. D., Honey, R. A., Corlett, P. R., Zilles, K., Fink, G. R. (2005): On the benefits of not trying: brain activity and connectivity reflecting the interactions of explicit and implicit sequence learning. *Cereb. Cortex*; 15, 1002–1015
- Frank, R. A., Rybalsky, K., Brearton, M., Mannea, E. (2011): Odor recognition memory as a function of odor-naming performance. *Chem. Senses*; 36 (1), 29-41
- Gais, S., Rasch, B., Dahmen, J. C., Sara, S., Born, J. (2011): The memory function of noradrenergic activity in non-REM sleep. *J Cogn Neurosci*; 32, 2582-2592
- Goel, N., Grasso, D. J. (2004): Olfactory discrimination and transient mood change in young men and women: variation by season, mood state, and time of day. *Chronobiol Int*; 21, 691–719
- Gordner, L., Meyer, S., Sitzmann, F. C. (2012): *Duale Reihe Pädiatrie*. 4. Auflage; Georg Thieme Verlag; Stuttgart
- Gottfried, J. A. (2006): Smell: central nervous processing. *Adv Otorhinolaryngol*; 63, 44–69
- Hauer, K. K., Howard, J. D., Zelano, C., Gottfried, J. A. (2013): Stimulus-specific enhancement of fear extinction during slow-wave sleep. *Nat Neurosci*; 16(11), 1553-1555
- Herz, R. S. (2009): Aromatherapy facts and fictions: A scientific analysis of olfactory effects on mood, physiology and behavior. *International Journal of Neuroscience*; 119(2), 263-290

- Herz, R. S., Engen, T. (1996): Odor memory: review and analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*; 3, 300-313
- Herz, R.S. (2012): Odor memory and the special role of associative learning, in *Olfactory Cognition: From Perception and Memory to Environmental Odours and Neuroscience*; 95–114
- Hodes, R. L., Cook, E. W., Lang, P. J. (1985): Individual differences in autonomic response: conditioned association or conditioned fear? *Psychophysiology*; 22, 545–560
- Horn, D., Levy, N., Ruppin, E. (1998a): Memory maintenance via neuronal regulation. *Neural Comput*; 10, 1–18
- Horn, D., Levy, N., Ruppin, E. (1998b): Neuronal regulation versus synaptic unlearning in memory maintenance mechanisms. *Network*; 9, 577–586
- Hugh, S. C., Siu, J., Hummel, T., Forte, V., Campisi, P., et al. (2015): Olfactory testing in children using objective tools: comparison of Sniffin' Sticks and University of Pennsylvania Smell Identification Test (UPSIT). *J Otolaryngol Head Neck Surg*; 44, 10
- Internetquelle, 10.08.2014, 17:15 Uhr, [http://www.charite.de/dgsm/dgsm/fachinformationen\\_fragebogen\\_schlaftagebuecher.php?language=german](http://www.charite.de/dgsm/dgsm/fachinformationen_fragebogen_schlaftagebuecher.php?language=german)
- Jenkins, J. G., Dallenbach, K. M. (1924): Obliviscence during sleep and waking. *Am J Psychol*; 605–612
- Ji, D., Wilson, M. A. (2007): Coordinated memory replay in the visual cortex and hippocampus during sleep. *Nat Neurosci*; 10, 100–107
- Kandel, E. R., Dudai, Y., Mayford M. R. (2014): The molecular and systems biology of memory. *Cell*; 157, 163-186
- van Kesteren, M. T., Ruitter D. J., Fernández, G., Henson, R.N. (2012): How schema and novelty augment memory formation. *Trends Neurosci*; 35, 211–219
- Knopf, M., Goertz, C., Kolling, T. (2011): Entwicklung des Gedächtnisses bei Säuglingen und Kleinkindern. *Psychologische Rundschau*; 85-92; Hogrefe Verlag; Göttingen
- Knutson, K. L., Spiegel, K., Peneva, P., Van Cautera, E. (2007): The metabolic consequences of sleep deprivation. *Sleep medicine reviews*; 11(3), 163-178
- Lange, T., Dimitrov, S., Born, J. (2010): Effects of sleep and circadian rhythm on the human immune system. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*; 1193, 48–59
- Larsson, M., Backman, L. (1997): Age-related differences in episodic odour recognition: the role of access to specific odour names. *Memory*; 5, 361–378
- Larsson, M., Willander, J. (2009): Autobiographical odor memory. *Ann N Y Acad Sci.*; 1170, 318-23



- Lee, A. K., Wilson, M. A. (2002): Memory of sequential experience in the hippocampus during slow wave sleep. *Neuron*; 36, 1183–1194
- Lehrner, J. P. (1993): Gender differences in long-term odor recognition memory: verbal versus sensory influences and the consistency of label use. *Chemical Senses*; 18, 17–26
- Levy, L. M., Henkin,, R. I., Hutter, A., Lin, C. S., Martins, D., Schellinger, D. (1997): Functional MRI of human olfaction. *J Comput Assist Tomogr*; 21(6), 849-56
- Lewis, P. A., Durrant, S. J. (2011): Overlapping memory replay during sleep builds cognitive schemata. *Trends Cogn Sci*; 15: 343–351
- Li, W., Luxenberg, E., Parrish, T., Gottfried, J. A. (2006): Learning to smell the roses: Experience-dependent neural plasticity in human piriform and orbitofrontal cortices. *Neuron*; 52(6), 1097–1108
- Louis, J., Cannard, C., Bastuji, H., Challamel, M. J. (1997): Sleep ontogenesis revisited: a longitudinal 24-hour home polygraphic study on 15 normal infants during the first two years of life. *Sleep*; 20(5), 323-33
- Lotzkat, K. (in Vorbereitung): Einfluss von Schlaf auf das Geruchsgedächtnis bei Erwachsenen. Diplomarbeit in Vorbereitung in der Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie und –psychotherapie im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel, an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
- Luczak, A., Barthó, P., Marguet, S. L., Buzsáki, G., Harris, K. D. (2007): Sequential structure of neocortical spontaneous activity in vivo. *Proc Natl Acad Sci USA*; 104, 347–352
- Manabe, H., Kusumoto-Yoshida, I., Ota, M., Mori, K. (2011): Olfactory cortex generates synchronized top-down inputs to the olfactory bulb during slow-wave sleep. *J. Neurosci.*; 31, 8123–8133
- Marshall, L., Born, J. (2007): The contribution of sleep to hippocampus-dependent memory consolidation. *Trends Cogn Sci*; 11, 442–450
- Marshall, L., Helgadóttir, H., Mölle, M., Born, J. (2006): Boosting slow oscillations during sleep potentiates memory. *Nature*; 444, 610–613
- Marshall, W. A., Tanner, J. M. (1970): Variations in the pattern of pubertal changes in boys. *Arch Dis Child*; 45(239), 13–23
- Massimini, M., Huber, R., Ferrarelli, F., Hill, S., Tononi, G. (2004): The sleep slow oscillation as a traveling wave. *J Neurosci*; 24, 6862–6870
- McClelland, J. L., McNaughton, B. L., O'Reilly, R. C. (1995): Why there are complementary learning systems in the hippocampus and neocortex: Insights from the successes and failures of connectionist models of learning and memory. *Psychological Review*; 102, 419-457

- McLaughlin Crabtree, V., Williams, N. A. (2009): Normal sleep in children and adolescents. *Child Adolesc Psychiatr Clin N Am.*; 18(4), 799-811
- Mombaerts, P. (2001): How smell develops. *Nat Neurosci.*, 4(Suppl), 1192–8
- Mouly, A.-M., Sullivan, R. (2010): Memory and plasticity in the olfactory system: from infancy to adulthood (Kapitel 15 aus “The neurobiology of olfaction.”); Boca Raton (FL): CRC Press
- Murakami, M., Kashiwadani, H., Kirino, Y., Mori, K. (2005): State-dependent sensory gating in olfactory cortex. *Neuron*; 46, 285–296
- Murphy, M., Riedner, B. A., Huber, R., Massimini, M., Ferrarelli, F., Tononi, G. (2009): Source modeling sleep slow waves. *Proc Natl Acad Sci USA*; 106, 1608–1613
- Narikiyo, K., Manabe, H., Mori, K. (2014): Sharp wave-associated synchronized inputs from the piriform cortex activate olfactory tubercle neurons during slow-wave sleep. *J Neurophysiol*; 111, 72–81
- O’Neill, J., Pleydell-Bouverie, B., Dupret, D., Csicsvari, J. (2010): Play it again: reactivation of waking experience and memory. *Trends Neurosci*; 33, 220–229
- 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. *Sleep*; 27(7), 1255-73
- Owens, J. A., Spirito, A., McGuinn, M. (2000): The Children’s Sleep Habits Questionnaire (CSHQ): Psychometric properties of a survey instrument for school-aged children. *Sleep*; 23(8), 1043-51
- Peigneux, P., Laureys, S., Delbeuck, X., Maquet, P. (2001): Sleeping brain, learning brain. The role of sleep for memory systems; *Neuroreport* 12, 111-124
- Petersen, A. C., Crockett, L., Richards, M., Boxer A. (1988): A self-report measure of pubertal status: Reliability, validity, and initial norms. *J Youth Adolesc.*; 17(2), 117-33
- Plihal, W., Born, J. (1997): Effects of early and late nocturnal sleep on declarative and procedural memory. *J Cogn Neurosci*; 9: 534–547
- Poldrack, R. A., Clark, J., Pare-Blagoev, E. J., Shohamy, D., Creso, M. J., Myers, C., Gluck, M. A. (2001): Interactive memory systems in the human brain. *Nature*; 414, 546–550
- Prehn-Kristensen, A., Göder, R., Chirobeja, S., Bressmann, I., Ferstl, R., Baving, L. (2009): Sleep in children enhances preferentially emotional declarative but not procedural memories. *J Exp Child Psychol*; 104, 132–139
- Prehn-Kristensen, A., Göder, R., Fischer, J., Wilhelm, I., Seeck-Hirschner, M., Aldenhoff, J., Baving, L. (2011a): Reduced sleep-associated consolidation of

declarative memory in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Sleep Med.*; 12, 672–679

Prehn-Kristensen, A., Molzow, I., Munz, M., Wilhelm, I., Muller, K., Freytag, D., Wiesner, C. D., Baving, L. (2011b): Sleep restores daytime deficits in procedural memory in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Res. Dev. Disabil.*; 32, 2480–2488

Rabin, M. D., Cain, W. S. (1984): Odor recognition: familiarity, identifiability, and encoding consistency. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn*; 10: 316–325

Ramadan, W., Eschenko, O., Sara, S. J. (2009): Hippocampal sharp wave/ripples during sleep for consolidation of associative memory. *PLoS One*; 4, 6697

Rasch, B., Born, J. (2013): About sleep's role in memory. *Physiol Rev*; 93, 681–766

Rasch, B., Büchel, C., Gais, S., Born, J. (2007): Odor cues during slow-wave sleep prompt declarative memory consolidation. *Science*; 315, 1426–1429

Rihm, J. S., Diekelmann, S., Born, J., Rasch, B. (2014): Reactivating memories during sleep by odors: odor specificity and associated changes in sleep oscillations. *J Cogn Neurosci*; 26, 1806–1818

Roenneberg, T., Kuehnle, T., Pramstaller, P. P., Ricken, J., Havel, M. et al. (2004): A marker for the end of adolescence. *Curt Biol*; 14, R1038-1039

Rost, J., Carstensen, C., Davier, M. v. (1999): Sind die Big Five skalierbar? Eine Reanalyse der NEO-FFI-Normierungsdaten. *Diagnostica*; 45 (3), 119–126

Savic, I. (2002): Brain imaging studies of the functional organization of human olfaction. *Neuroscientist*; 8, 204–11

Schendan, H. E., Searl, M. M., Melrose, R. J., Stern, C. E. (2003): An FMRI study of the role of the medial temporal lobe in implicit and explicit sequence learning. *Neuron*; 37, 1013–1025

Schlarb, A. A., Schwerdtle, B., Hautzinger, M. (2010): Validation and psychometric properties of the German version of the Children's Sleep Habits Questionnaire (CSHQ-DE). *Somnologie . Schlafforschung und Schlafmedizin*; 14(4), 260-66

Schünke, M., Schulte, E., Schumacher, U., Voll, M., Wesker, K. (2009): Prometheus, Lernatlas der Anatomie; Kopf, Hals und Neuroanatomie. 2. Auflage; Georg Thieme Verlag; Stuttgart

Schwerdtle, B., Roeser, K., Kübler, A., Schlarb, A. A. (2010): Validierung und psychometrische Eigenschaften des Self Sleep Report (SSR-DE). *Somnologie*; 14, 267-274

Shanahan, L. K., Gottfried, J. A. (2014): Olfactory insights into sleep-dependent learning and memory. *Prog Brain Res.*; 208, 309-343

- Shanks, D. R., Johnstone, T. (1999): Evaluating the relationship between explicit and implicit knowledge in a sequential reaction time task. *J. Exp. Psychol. Learn. Mem. Cogn.*; 25, 1435–1451
- Snodgrass, J. G., Corwin, J. (1988): Pragmatics of measuring recognition memory: applications to dementia and amnesia. *Journal of Experimental Psychology*; 117(1), 34-50
- Stefaniak, N., Willems, S., Adam, S., Meulemans, T. (2008): Pragmatics of measuring recognition memory: applications to dementia and amnesia. *Journal of Experimental Psychology*; 117(1), 34-50
- Stickgold, R. (2005): Sleep-dependent memory consolidation. *Nature*; 437, 1272–1278
- Stickgold, R., Walker, M. P. (2013): Sleep-dependent memory triage: evolving generalization through selective processing. *Nat Neurosci*; 16: 139–145
- Tononi, G., Cirelli, C. (2003): Sleep and synaptic homeostasis: a hypothesis. *Brain Res Bull*; 62, 143–150
- Tse, D., Langston, R. F., Kakeyama, M., Bethus, I., Spooner, P. A., Wood, E. R., Witter, M. P., Morris, R. G. (2007): Schemas and memory consolidation. *Science*; 316, 76–82
- Tse, D., Takeuchi, T., Kakeyama, M., Kajii, Y., Okuno, H., Tohyama, C., Bitto, H., Morris, R. G. (2011): Schema-dependent gene activation and memory encoding in neocortex. *Science*; 333, 891–895
- Tulving, E. (1985): How many memory systems are there? *American Psychologist*; Vol 40(4), 385-398
- van Dongen, E. V., Thielen, J.W., Takashima, A., Barth, M., Fernandez, G. (2012): Sleep supports selective retention of associative memories based on relevance for future utilization. *PLoS One*; 7, e43426
- Wagner, U., Gais, S., Haider, H., Verleger, R., Born, J. (2004): Sleep inspires insight. *Nature*; 427, 352–355
- Walker, M. P., Brakefield, T., Hobson, J. A., Stickgold, R., (2003): Dissociable stages of human memory consolidation and reconsolidation. *Nature*; 425, 616–620
- Wang, J., Eslinger, P. J., Smith, M. B., Yang, Q. X. (2005): Functional magnetic resonance imaging study of human olfaction and normal aging. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*; 60(4), 510-4
- Watzlawik, M. (2009): Die Erfassung des Pubertätsstatus anhand der Pubertal Development Scale, Erste Schritte zur Übersetzung einer deutschen Übersetzung. *Diagnostica*; 1, 55-65

- Weismann, M., Yousry, I., Heuberger, E., Nolte, A., Ilmberger, J., Kobal, G., Yousry, T. A., Kettenmann, B., Naidich, T. P. (2001): Functional magnetic resonance imaging of human olfaction. *Neuroimaging Clin N Am*; 11(2), 237-50
- Wilhelm, I., Diekelmann, S., Born, J. (2008): Sleep in children improves memory performance on declarative but not procedural tasks. *Learn Mem*; 15, 373–377
- Wilhelm, I., Prehn-Kristensen, A., Born, J. (2012): Sleep-dependent memory consolidation—what can be learnt from children? *Neurosci Biobehav Rev*; 36, 1718–1728
- Wilson, D. A. (2010): Single-unit activity in piriform cortex during slow wave state is shaped by recent odor experience. *J Neurosci.*; 30(5), 1760–1765
- Wilson, D. A., Best, A. R., Sullivan, R. M. (2004): Plasticity in the olfactory system: lessons for the neurobiology of memory. *Neuroscientist.*; 10(6), 513–524
- Wilson, D. A., Yan, X. (2010): Sleep-like states modulate functional connectivity in the rat olfactory system. *J. Neurophysiol.*; 104, 3231–3239
- Wilson, M. A., McNaughton, B. L. (1994): Reactivation of hippocampal ensemble memories during sleep. *Science*; 265, 676–679
- Wright, K. P., Lowry, C. A., Lebourgeois, M. K. (2012): Circadian and wakefulness-sleep modulation of cognition in humans. *Front Mol Neurosci*; 5, 50
- Wundt, W. (1922): *Grundriss der Psychologie*, 15. Aufl., Leipzig

## **VII. Danksagung**

Dipl.-Psych. Dr. Alexander Prehn-Kristensen möchte ich hiermit all meinen Dank aussprechen für die Vergabe eines interessanten Themas für meine Promotionsarbeit, für die Überlassung eines Arbeitsplatzes in seinem Institut und die unermüdliche, beständige Begleitung und Betreuung meiner gesamten Forschung. Alexander, vielen Dank für die Freiheit und die Möglichkeit, so flexibel und eigenständig zu arbeiten in dem steten Wissen um deine Erreichbarkeit und Hilfsbereitschaft. Dein professioneller, kompetenter Rat und deine geduldigen Erklärungen haben mir das Arbeiten sehr erleichtert. Ich danke dir für eine lehrreiche und spannende Zeit in der Welt des wissenschaftlichen Arbeitens.

Prof. Dr. Dr. Lioba Baving danke ich für die freundliche Überlassung meines Promotionsthemas sowie für die Möglichkeit, meine Forschungsarbeit in ihrem Hause und in Begleitung ihrer Mitarbeiter durchführen zu dürfen. Ihre Ideen und Anregungen im Rahmen von Arbeitsgruppensitzungen haben stets zur Optimierung von Testungsabläufen und Interpretationsansätzen geführt.

Kristin Lotzkat möchte ich ganz besonders danken für ihre umfangreiche, kreative und intensive Vorarbeit im Zuge ihrer Studie. Sie arbeitete mich nicht nur geduldig und freundlich in die Materie ein, sondern überließ mir zudem Studiendesign und Ergebnisse ihrer Arbeit. Vielen Dank dafür!

Dipl.-Biol. Petra Schneckenburger möchte ich meinen Dank sagen. Als verlässliche Ansprechpartnerin war sie mir eine große Hilfe bei der Regelung des bürokratischen Rahmenprogramms sowie der so wichtigen Aufnahme und Vermittlung von Probanden.

Frau Susanne Kell gilt ebenfalls mein ganz besonderer Dank. Danke, Susanne, für deine geduldigen Erklärungen bezüglich Räumlichkeiten und Materialien. Von deinem technischen Knowhow habe ich sehr profitiert.

Dipl.-Psych. Luisa Lentfer danke ich für gute Zusammenarbeit, insbesondere im Hinblick auf geplante Folgestudien. Auf gute Absprachen und großartige Unterstützung von ihrer Seite konnte ich mich stets verlassen.

Dipl.-Psych. Dr. Christian D. Wiesner sage ich meinen Dank für wertvolle Anregungen, zielführenden Fragen und geduldige Erklärungen von statistischen Zusammenhängen.

Bei allen Mitarbeitern, Doktoranden und Diplomanden des Forschungslabors und der Projektgruppe Psychophysiologische Forschung der Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie und –psychotherapie im Zentrum für Integrative Psychiatrie in Kiel möchte ich mich hiermit für all ihre freundliche Hilfsbereitschaft, für anregende Diskussionen und die tolle Integration in ihre Arbeitsgruppe danken.

Mein ganz spezieller Dank gilt meinen lieben Eltern. Auf ihre großzügige, bedingungslose finanzielle Unterstützung konnte ich mich Zeit meines Studiums verlassen. In jeder Lebenslage, und folglich auch in Bezug auf meine Doktorarbeit, war und ist meine Familie eine sichere Bank für mich und bietet mir einen verlässlichen, ständigen Ruhepol.

Auch dir möchte ich danken, Stefan, du bist als brüderlicher Beistand und dank unserer guten Freundschaft eine wichtige Stütze für mich.

An dieser Stelle möchte ich mich bei all meinen guten Freunden bedanken.

Insbesondere dir, Karoline Burkardt, danke ich für eine einzigartige Lerngruppe sowie deine inhaltliche und nervliche Unterstützung bezüglich meiner Doktorarbeit. Ganz besonders aber danke ich dir für deine Freundschaft, deinen Mut und deine Geduld, mit der du mich hier vor Ort durch eine sehr schwierige Zeit begleitet und getragen hast.

Alexander Pantel, dir möchte ich von ganzem Herzen für deine Freundschaft und deine ständige, vielschichtige Hilfe danken. Mit Rat und Tat stehst du mir in allen

Lebensfragen und mit deinen PC-Kenntnissen verlässlich immer zur Seite. Du bist der beste Freund der Welt. Vielen Dank für ganz vieles.

Meiner Freundin und Partnerin Nina Schmidt-Carstens möchte ich meinen Dank sagen. In einer turbulenten Zeit hast du mir stets liebevoll den Rücken gestärkt und mir Kraft und Mut zugesprochen, immer weiter zu kämpfen.



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

Name: \_\_\_\_\_ Tel. privat: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

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

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

Alter: \_\_\_\_\_ (ab 18 Jahre) Geb.-Datum: \_\_\_\_\_

Händigkeit:  li.  re.  beidhändig Größe: \_\_\_\_\_ m Gewicht: \_\_\_\_\_ kg

Brille?  nein  ja (wenn ja, bitte mitbringen)

Schulabschluss:  Abitur  Fachabitur  Realschule  Hauptschule  kein Abschluss

Tätigkeit:  Student Fach: \_\_\_\_\_  berufstätig: \_\_\_\_\_  Schüler

Riechfähigkeit grundsätzlich beeinträchtigt?  nein  ja wodurch?

Raucher?  nein  ja: Anzahl Zigaretten täglich: \_\_\_\_\_ seit \_\_\_\_\_ Jahren

Sind Sie zur Zeit **akut** krank?  nein  ja was? \_\_\_\_\_

Sind Sie **chronische** krank?  nein  ja was? \_\_\_\_\_

- **neurologisch**: Kopfverletzungen, Gehirnerschütterung, Hirntumor, MS, Parkinson, Wahrnehmungsstörungen

- **hormonell**: Schilddrüse, Diabetes

- **immunologisch**: Allergien → Antihistaminika?

Konzentrationsprobleme? :  nein  ja welche? \_\_\_\_\_

andere seelische / **psychische Probleme**?  nein  
 ja welche? \_\_\_\_\_  
 waren / sind Sie deswegen in Behandlung?  
 Behandlung abgeschlossen?  ja  nein

Nehmen Sie **Medikamente** ein?  nein  ja, was?

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

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

Trinken Sie **Alkohol**?  nein, kein Alkohol  ja, wie oft? \_\_\_\_\_  
 wie viel? \_\_\_\_\_ l Bier / Woche  
 \_\_\_\_\_ l Wein / Woche  
 \_\_\_\_\_ cl Spirituosen / Woche

Nehmen Sie (andere) **Drogen** (als Alkohol)?  nein  ja

Früherer Drogenkonsum?  nein  ja

andere (bekannte) **Besonderheiten, Einschränkungen, Behinderungen**?:  Asperger?  Hochbegabung?  
 \_\_\_\_\_

**Schlafgewohnheiten**? aufstehen um \_\_\_\_\_ Uhr einschlafen um \_\_\_\_\_ Uhr regelm. Mittagsschlaf? \_\_\_\_\_ Uhr  
 (> 2x/Woche? → Ausschlusskrit.)

**Schlafprobleme**?  nein  ja welche? \_\_\_\_\_  
 - in den **letzten 2 Wo.**: Einschlaf-, Durchschlafstörungen, vorzeitiges Erwachen, unregelmäßiger Schlaf-Wach-Rhythmus, **Schichtdienst?**, Tagesschläfrigkeit  
 - **organische Schlafstörungen**: Atemaussetzer, Schnarchen/Schlaf-Apnoe, Restless-Legs

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

Bemerkungen:

**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. <b>7</b> Std. <b>30</b> Min.	
<b>War dies für Sie vergleichsweise...</b>					
sehr lang	ziemlich lang	eher lang <b>x</b>	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!

# 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?**

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

## 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 löschten)?** ca. Std. Min.

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

<b>War dies für Sie vergleichsweise...</b>					sofort eingeschlafen
sehr kurz	kurz	normal	lang	sehr lang	gar nicht geschlafen

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

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

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 ➤ **Wurden Sie zuletzt...** ➤ **Empfanden Sie das als...**

von alleine wach	geweckt	zu früh	genau richtig	zu spät
------------------	---------	---------	---------------	---------

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

<b>War dies für Sie vergleichsweise...</b>					
sehr lang	ziemlich lang	eher lang	eher kurz	ziemlich kurz	sehr kurz

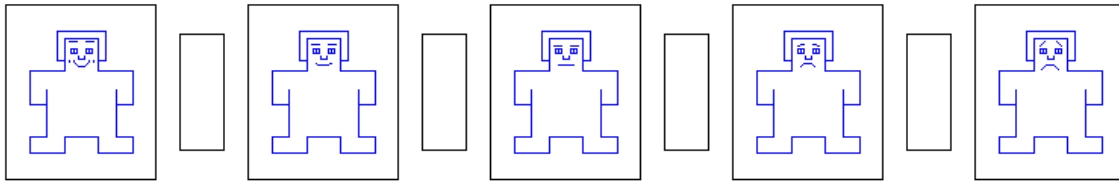
18. **Wann sind Sie heute morgen endgültig aufgestanden?** \_\_\_:\_\_\_ Uhr

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

Präparat .....	.....	.....	.....	.....	.....
Dosis .....	.....	.....	.....	.....	.....
Uhrzeit .....	.....	.....	.....	.....	.....

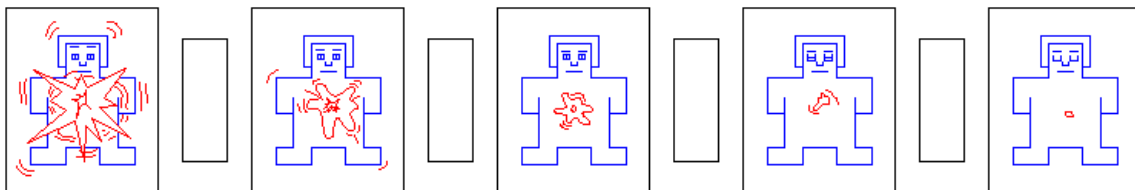
Im Folgenden siehst Du drei Reihen mit jeweils fünf Figuren. Du kannst mit Hilfe der Figuren angeben, wie Du Dich gerade fühlst. Die Reihen zeigen drei verschiedene Arten von Gefühlen: **glücklich vs. unglücklich**, **erregt vs. ruhig** und **fremdbestimmt/unterlegen vs. selbstbestimmt/dominant**.

Die erste Reihe ist die **glücklich vs. unglücklich Skala**.



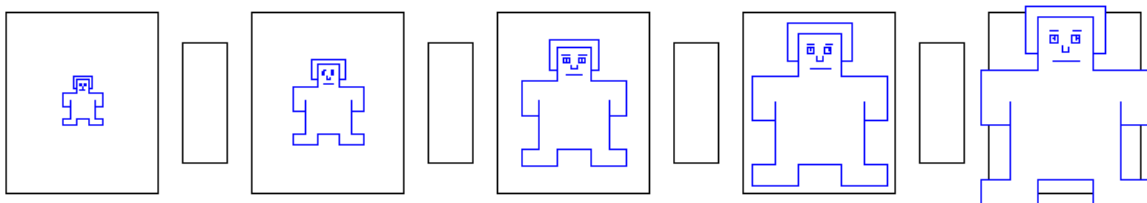
Auf dieser Skala kannst Du angeben, wie glücklich Du Dich im Moment fühlst. Wenn Du Dich vollkommen **völlig glücklich, erfreut, zufrieden oder optimistisch** fühlst, dann setze ein „X“ auf die Figur ganz links. Wenn Du Dich **völlig unglücklich, genervt, unzufrieden, traurig oder verzweifelt** fühlst, dann setze ein „X“ auf die Figur ganz rechts. Wenn Du Dich weder glücklich noch traurig fühlst, setze ein „X“ über die Figur in der Mitte. Die Figuren erlauben Dir auch dazwischen liegende Gefühlszustände darzustellen, indem Du ein „X“ auf eines der anderen Bilder setzt. Falls Deiner Beurteilung nach Dein Gefühlszustand *zwischen* zwei der Bilder fällt, dann setze ein „X“ zwischen die Figuren.

Die zweite Reihe ist die **aufgeregt vs. ruhig Skala**.



Hier kannst Du angeben, wie **aufgeregt** oder **ruhig** Du Dich fühlst. Wenn Du Dich **völlig angeregt, rasend, nervös, hellwach oder aufgeregt** fühlst, dann setze ein „X“ auf die Figur ganz links. Fühlst Du Dich hingegen **völlig entspannt, ruhig, schwerfällig, träge, schläfrig oder unaufgeregt**, dann setze ein „X“ auf die Figur ganz rechts. Fühlst Du Dich weder aufgeregt noch ruhig, dann setze ein „X“ auf die mittlere, neutrale Figur. Du kannst auch ein „X“ zwischen die Figuren setzen.

Die letzte Reihe ist die **fremdbestimmt/unterlegen vs. selbstbestimmt/dominant Skala**.



Fühlst Du Dich **völlig fremdbestimmt, beeinflusst, umsorgt, eingeschüchtert, geführt, unterlegen**, dann setze ein „X“ auf die Figur ganz links. Wenn Du Dich hingegen **völlig einflussreich, alles unter Kontrolle habend, selbstbestimmt, bedeutsam, dominant oder autonom** fühlst, dann setze ein „X“ auf die Figur ganz rechts setzen. Auch bei dieser Skala lassen sich durch die Figuren dazwischen liegende Gefühlszustände darstellen

**Hast Du noch Fragen?**

Bitte kreuze in jeder Reihe die Figur an, die am besten darstellt, wie Du Dich jetzt gerade im Moment fühlst.

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

VL:.....

Zeit (Start): .....

Zeit (Ende): .....

**( ) Benötigte Materialien bereitlegen**

- Geruchsset „Lernen“
- 2 gespitzte Bleistifte + Anspitzer
- Kugelschreiber
- leerer Briefumschlag für benutzte Geruchspapiere
- 1 Handschuh für Proband (passende Größe)
- Ratingskalen /SAM
- Uhr

**( ) Instruktion vorlesen**

- *Du bekommst mit diesen Papierstreifen (ein **Muster** zeigen) verschiedene Gerüche dargeboten, die Du für etwa 5-7 Sekunden wahrnehmen sollst.*
- *Zum Riechen ziehe bitte nachher diesen Handschuh (zeigen) und die Schlafmaske an.*
- *Ich werde Dir dann einen Riechstreifen in die Hand geben, den Du so unter Deiner Nase hin- und herführen sollst (demonstrieren), dass Du den Geruch durch beide Nasenlöcher aufnehmen kannst. Ziehe dabei die Luft auch etwas intensiver ein, so als ob Du schnüffeln wolltest (schnüffeln vormachen).*
- *Wenn Du den Geruch gut wahrgenommen hast, gibst Du mir den Riechstreifen zurück. Danach kannst Du die Schlafmaske auf die Stirn schieben.*
- *Schätze dann auf der SAM-Skala ein (vorlegen), wie aufgeregt oder ruhig Du Dich bei der Wahrnehmung des Geruchs gefühlt hast.*
- *Anschließend sollst Du den Geruch danach beurteilen, wie intensiv Du ihn auf einer Skala von 0 – 8 wahrgenommen hast (Ratingbogen vorlegen und die Intensivskala erläutern). Die „0“ steht für „nicht wahrnehmbar“ und die „8“ für „maximal intensiv“. Bitte nenne mir jeweils diejenige Zahl, die Deiner Wahrnehmung der Geruchsintensität am besten entspricht.*
- *Danach schätze ein, wie angenehm und unangenehm Du den Geruch empfunden hast und wie bekannt er Dir ist.*

- 
- *Diese Skalen reichen ebenfalls von den **Extremwerten 0** „gar nicht angenehm“ usw. **bis 8** „maximal angenehm“ usw. Nenne mir wieder jeweils **diejenige Zahl**, die Deiner Einschätzung des Geruchs am besten entspricht.*
  - *Dann verdeckst Du Deine Augen wieder mit der Schlafmaske und bekommst von mir den nächsten Riechstreifen in die Hand. Diesen führst Du in derselben Weise wie zuvor unter Deinen beiden Nasenlöchern für einige Sekunden hin und her.*
  - *Nimm bitte jeden Geruch aufmerksam wahr.*
  - *Die Aufgabe dauert insgesamt etwa 10-15 Minuten.*
  - *Hast Du noch Fragen?*
  - *Dann zieh' jetzt bitte den Handschuh und die Schlafmaske an.*
- 

### Geruchstest durchführen

- für jeden der 10 Gerüche sind die folgenden Schritte a. – i. durchzuführen
    - a. Proband bitten, die Augen mit der **Schlafmaske** zu verdecken
    - b. den ersten Geruch mit Bleistiftstrichen freisetzen
    - c. Proband Riechstreifen in die Hand geben (zwischen Daumen und Zeigefinger, Geruchsseite zum Probanden)
    - d. mit „jetzt“ zum Riechen auffordern
    - e. Riechen mit „ok“ beenden, wenn > 10 sec.
    - f. Geruchspapier entgegennehmen und in Briefumschlag legen
    - g. Proband bitten, die Schlafmaske auf die Stirn zu schieben
    - h. Geruch beurteilen lassen (Arousal? Intensität? angenehm/unangenehm? Bekanntheit?)
    - i. Ratingurteile ins Testprotokoll eintragen, spontane Kommentare in der rechten Spalte notieren
  - Zwischen der Darbietung zweier Gerüche sollen **mindestens 30 sec.** liegen.
-



- Zwischen der Darbietung zweier Gerüche sollen **mindestens 30 sec.** liegen.

	Arousal 0-8	wie intensiv? 0-8	wie angenehm? 0-8	wie unangenehm? 0-8	wie bekannt ? 0-8	Kommentare
1						
28						
12						
34						
33						
20						
15						
7						
16						
21						

Anfangszeit:.....

Ende:.....

- *Vielen Dank. Morgen früh (heute abend) werde ich Dir noch einmal verschiedene Gerüche zum Beurteilen darbieten.*

Notizen (Beobachtungen, besondere Vorkommnisse):

VL: .....

**Zeit** (Start): .....

**Zeit** (Ende): .....

---

**( ) Benötigte Materialien bereitlegen**

- Geruchsset „Abruf“
- 3 gespitzte Bleistifte + Anspitzer
- Kugelschreiber
- leerer Briefumschlag für benutzte Geruchstreifen
- 1 Handschuh für Proband (passende Größe)
- Ratingskalen / SAM
- Uhr

---

**( ) Instruktion vorlesen**

- *Du bekommst mit diesen Papierstreifen (ein Muster zeigen) wie gestern Abend (heute Morgen) verschiedene Gerüche dargeboten, die Du mit verdeckten Augen wieder jeweils etwa für etwa 5-7 Sekunden wahrnehmen sollst.*
- *Es sind diesmal ein paar Gerüche mehr.  
Einige sind neu und einige hast Du schon beim ersten Mal gerochen.*
- *Führe die Streifen zum Riechen wie beim ersten Mal unter Deiner Nase hin- und her (demonstrieren), und zieh' dabei die Luft auch wieder etwas intensiver ein (schnüffeln vormachen).*
- *Wenn Du den Geruch gut wahrgenommen hast, gibst Du mir den Riechstreifen zurück und schiebst danach die Schlafmaske hoch.*
- *Deine erste Aufgabe besteht darin, spontan anzugeben, ob Du den Geruch schon gestern Abend (heute Morgen) wahrgenommen hast – dann sagst Du „alt“ - oder ob es ein neuer Geruch ist – dann sagst Du „neu“.*
- *(Ratingbogen vorlegen) Auf dieser Skala mit den Extremwerten „0“ für „gar nicht sicher“ bis „8“ für „sehr sicher“ sollst Du angeben, wie sicher Du Dir in Deinem Urteil „alt“ oder „neu“ bist.*
- *Anschließend schätzt Du für jeden Geruch wieder ein, wie aufgeregt oder entspannt Du Dich gefühlt hast, wie intensiv, angenehm und unangenehm Du ihn empfunden hast und wie bekannt er Dir ist.*

- Nenne mir jeweils **diejenige Zahl**, die Deiner Einschätzung am besten entspricht.
  - Nimm bitte jeden Geruch aufmerksam wahr
  - Die Aufgabe dauert etwa 20 Minuten.
  - Ich werde Dir ansagen, wenn 3/4 geschafft sind.
  - Hast Du noch Fragen?
  - Dann zieh' jetzt bitte den Handschuh und die Schlafmaske an.
- 

#### ( ) Geruchstest durchführen

- für jeden der 20 Gerüche sind die folgenden Schritte a. – i. durchführen
  - a. Proband bitten, die Augen mit der **Schlafmaske** zu verdecken
  - b. den ersten Geruch mit Bleistiftstrichen freisetzen
  - c. Proband Riechstreifen in die Hand geben (zwischen Daumen und Zeigefinger, Geruchsseite zum Probanden)
  - d. mit „jetzt“ zum Riechen auffordern
  - e. Riechen mit „ok“ beenden, wenn Proband länger als 10 sec. riecht
  - f. Geruchspapier entgegennehmen und in Briefumschlag legen
  - g. Proband bitten, die Schlafmaske auf die Stirn zu schieben
  - h. Geruch beurteilen lassen (**alt/neu? wie sicher?** Arousal (SAM), Intensität? angenehm/unangenehm? bekannt?)
  - i. Ratingurteile ins Testprotokoll eintragen, spontane Kommentare in der rechten Spalte notieren

- Zwischen der Darbietung zweier Gerüche sollen **mindestens 30 sec.** liegen.

	alt o. neu? (a/n)	wie sicher? 0 - 8	Arousal 0 - 8	intensiv 0 - 8	an-genehm 0 - 8	unan-genehm 0 - 8	bekannt 0 - 8	Kommentar
11								
<u>7</u>								
<u>33</u>								
10								
<u>12</u>								
18								
9								
<u>28</u>								
3								
<u>20</u>								
<u>1</u>								
<u>21</u>								
26								
31								
<u>34</u>								
2								
<u>15</u>								
<u>16</u>								
4								
39								
<b>hits</b>		Fehler						
<b>f.a.</b>		correct rej.						

Testzeit:

Accuracy:

Notizen:

**1. Haben Sie nach der ersten Geruchsuntersuchung noch mal über die Gerüche, die Sie bewertet haben nachgedacht?**

Nein

Ja

wenn ja: wann?

wie?

wie lange?

**2. Hatten Sie eine Vermutung, dass Sie die Gerüche der ersten Untersuchung wiedererkennen sollen?**

Nein

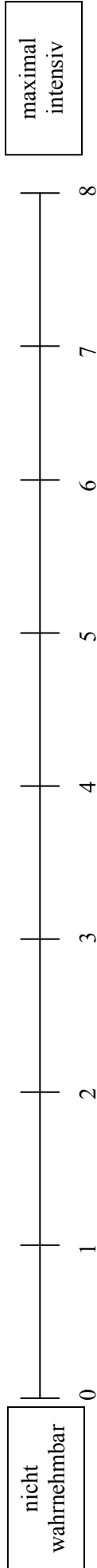
Ja

Wenn ja, wie sicher waren sie sich (Angabe in Prozent)?

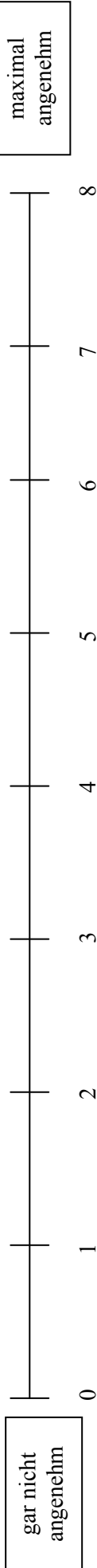
**3. Gibt es noch etwas, dass Sie gerne mitteilen möchten?**

Hier siehst Du 4 Skalen, mit welchen sich die Gerüche hinsichtlich ihrer Intensität, Angenehmheit, Unangenehmheit, Bekanntheit beschreiben lassen. Dabei reicht jede Skala von den **Extremwerten 0** („*nicht wahrnehmbar*, *gar nicht angenehm* usw.) **bis 8** („*maximal intensiv*, *maximal angenehm* usw.). Bitte nenne mir jeweils **diejenige Zahl**, die Deiner Wahrnehmung des Geruchs am besten entspricht.

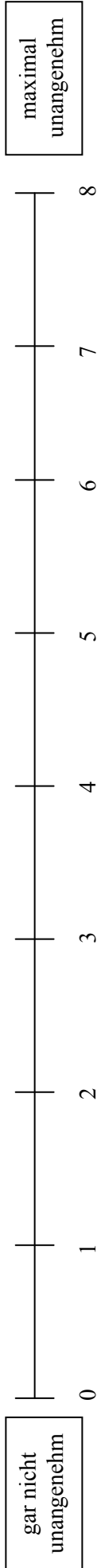
**Intensität**



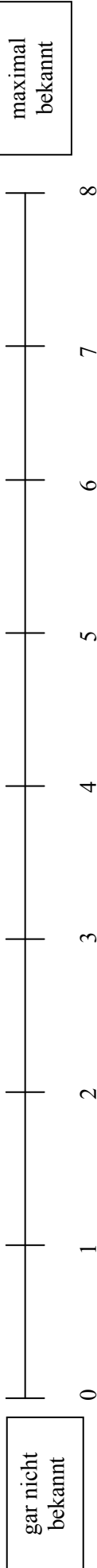
**Angenehm**



**Unangenehm**



**Bekanntheit**

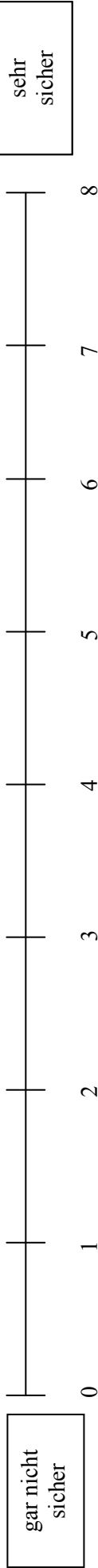


Hier siehst Du wieder die 4 Skalen, mit denen Du die Gerüche hinsichtlich ihrer Intensität, Angenehmheit, Unangenehmheit und Bekanntheit beschreiben sollst.

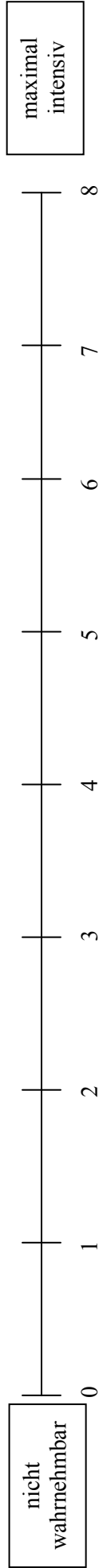
Zusätzlich sollst Du mit der **Sicherheitskala** angeben, wie sicher Du in Deinem Urteil - der wahrgenommene Geruch ist alt oder neu - bist.

Jede Skala reicht von den **Extremwerten 0** („gar nicht sicher“, „nicht wahrnehmbar“, „gar nicht angenehm“, „maximal intensiv“, „maximal angenehm“ usw.). Nenne mir jeweils **diejenige Zahl**, die Deiner Einschätzung am besten entspricht.

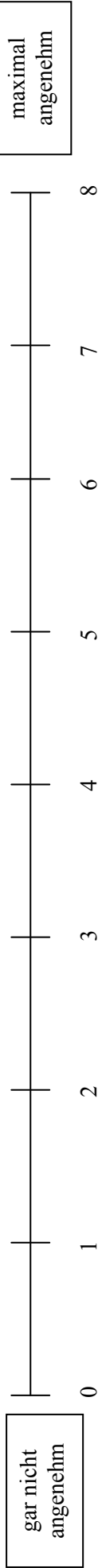
## Sicherheit



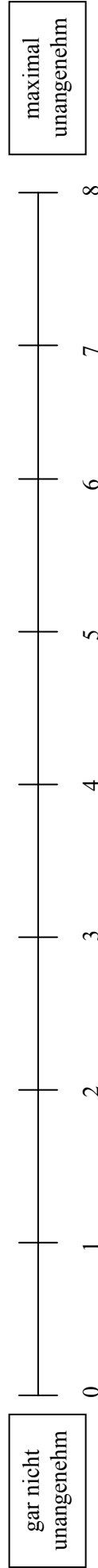
## Intensität



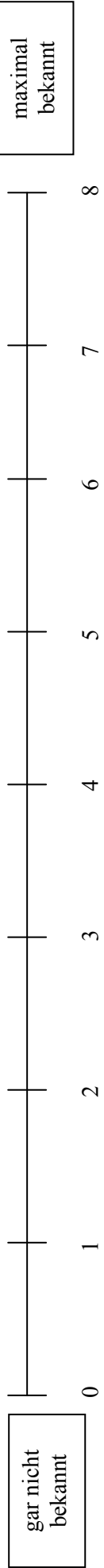
## Angenehm



## Unangenehm



## Bekanntheit



**Univariate Varianzanalysen der Kontrollvariablen**

		Kontrollvariable					
		Bekanntheit	Intensität	positive Valenz	negative Valenz	Sicherheit	Arousal
<b>Kinder: M (SEM)</b>		4,39 (,23)	5,07 (,18)	4,72 (,22)	2,03 (,21)	5,35 (,36)	3,95 (,17)
<b>Erwachsene: M (SEM)</b>		5,88 (,12)	6,24 (,15)	4,94 (,11)	2,3 (,19)	5,52 (,17)	3,44 (,252)
<b>Kinder vs. Erwachsene</b>		F(1,56) = 34,14, p < ,001	F(1,56) = 24,2, p < ,001	F(1,56) = ,815, p = ,371	F(1,56) = ,89, p = ,350	F(1,56) = ,163, p = ,688	F(1,56) = 5,855, p = ,019
<b>Schlaf vs. Wach</b>		F(1,56) = ,04, p < ,837	F(1,56) = ,71, p = ,403	F(1,56) = ,4, p = ,529	F(1,56) = ,17, p = ,681	F(1,56) = ,036, p = ,849	F(1,56) = 1,338, p = ,252
<b>Interaktion</b>		F(1,56) = 1,88, p = ,176	F(1,56) = ,62, p = ,435	F(1,56) = ,00, p = ,989	F(1,56) = ,19, p = ,664	F(1,56) = 1,541, p = ,220	F(1,56) = ,014, p = ,905



2x2 faktorielle Kovarianzanalysen mit Accuracy als abhängiger Variablen

	Kovariate				
	Bekanntheit	Intensität	positive Valenz	negative Valenz	Arousal
<b>Kinder vs. Erwachsene</b>	F(1,55) = 2,05, p = ,157	F(1,55) = ,95, p = ,335	F(1,55) = 4,21, p = ,450	F(1,55) = 4,89, p = ,031	F(1,55) = 3,90, p = ,530
<b>Schlaf vs. Wach</b>	F(1,55) = ,2, p = ,66	F(1,55) = ,08, p = ,775	F(1,55) = ,157, p = ,693	F(1,55) = ,176, p = ,677	F(1,55) = ,172, p = ,680
<b>Interaktion</b>	F(1,55) = 15,59, p < ,001	F(1,55) = 15,9, p < ,001	F(1,55) = 16,83, p < ,001	F(1,55) = 16,44, p < ,001	F(1,55) = 16,93, p < ,001



A.D. 1665

**ETHIK-KOMMISSION**

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 04 31 / 597-18 09  
Telefax 04 31 / 597-53 33  
ethikkomm@email.uni-kiel.de

Datum:

4.6.2015

**AZ.:** **D 575/15** (bitte stets angeben)  
In Bezug auf AZ.: D 525/14

**Studienplan:** **Tageszeitenabhängige Geruchsbewertung**  
Anschreiben vom 12.5.2015; Teilnehmerinformationen Eltern, Kinder und Erwachsene mit Einwilligungserklärungen, Einverständniserklärungen zur weiteren Kontaktierung, Smell Identification Test, CE-Zertifikat Physiologie-Datenaufzeichnungssystem

**Studienleiter und  
Antragsteller:** **Dr. Alexander Prehn-Kristensen, ZiP gGmbH, Kiel**  
**Erst-Antrag vom:** **12. Mai 2015 (Eingang: 18. Mai 2015)**

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 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 Studienleiter 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.

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

## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich,

Eva Christina Bauhofer

geboren am 25.05.1990 in Böblingen

Wohnhaft im Grasweg 15 in 24118 Kiel,

versichere hiermit an Eides Statt, dass

1. meine Dissertation, abgesehen von Ratschlägen meines Doktorvaters und meiner sonstigen akademischen Lehrer, nach Form und Inhalt meine eigene Arbeit ist, dass ich außer den in der Arbeit aufgeführten keine weiteren Hilfsmittel benutzt habe, und dass meine Arbeit bisher, weder ganz noch in Teilen, keiner anderen akademischen Stelle als Dissertation vorgelegen hat.
2. Veröffentlichungen nach den Richtlinien über Benotung von Dissertationen in angemessener Form erfolgt sind.
3. die zuständige Behörde (Ethikkommission) zugestimmt haben, dass Forschungsvorhaben an Menschen vorgenommen wurden (Schreiben der Ethikkommission befindet sich im Anhang der Arbeit).
4. ich bis zum heutigen Tag 2 Semester in Kiel studiert habe (MatrNr.: 004123 ).
5. der Leiter der Einrichtung, Frau Prof. Dr. Dr. Lioba Baving, einverstanden ist, dass die Dissertation an seiner Einrichtung geschrieben wurde (Einwilligung des entsprechenden Abteilungsleiters der Institution zur Einreichung als Dissertation an der Med. Fak der CAU zu Kiel liegt als separates Schreiben bei).
6. für die Nutzung von Arbeitsmöglichkeiten der wissenschaftlichen oder klinischen Einrichtung der Fakultät durch mich das Einverständnis der Leitung der Einrichtung vorliegt (die Einverständniserklärung liegt als separates Schreiben bei).

Kiel, den 13.06.2016

---

Eva Christina Bauhofer

## X. Akademischer Lebenslauf

### • Angaben zur Person

Name	Eva Christina Bauhofer
Anschrift	Von-der-Horst-Str. 14, 24118 Kiel
E-Mail	eva.bauhofer@hotmail.de
Staatsangehörigkeit	Deutsch
Geburtsdatum	25.06.1990
Eltern	Prof. Dr. Wolfgang Bauhofer, Universitätsprofessor (Physik) Dr. Christine Bauhofer, Diplom-Chemikerin, MBA

### • Schul- und Hochschulbildung

11 / 2016	Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung mit dem Ergebnis: sehr gut (Note: 1,0)
10 / 2015	Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung mit dem Ergebnis: sehr gut (Note: 1,0)
10 / 2013 - 05/2017	Promotion in der Forschungsabteilung der Kinder und Jugendpsychiatrie ZIP Kiel Dissertationsthema: Einfluss von Schlaf auf das Geruchsgedächtnis bei Kindern und Erwachsenen
09 / 2012	Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung mit dem Ergebnis: gut (Note: 2,0)
10 / 2010 - 11/2016	Studium der Humanmedizin an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
06 / 2009	Abitur am Albert-Einstein-Gymnasium in Buchholz Abschlussnote: 1,4

### • Veröffentlichungen

09 / 2015	[mit Dr. Alexander Prehn-Kristensen, Kristin Lotzkat, Dr. Christian D. Wiesner, Prof. Dr. Dr. Lioba Baving] Sleep Supports Memory of Odors in Adults but Not in Children. Erschienen in: PLoS ONE 10(9): e0139069
-----------	--

Kiel, den \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(Eva Bauhofer)