

Aus der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie  
Schlafmedizinische Arbeitsgruppe  
Universität zu Lübeck  
Direktor: Herr Professor Dr. med. F. Hohagen  
Leitung des Schlaflabors: Herr Professor Dr. MA K. Junghanns

# **Untersuchung zur differenziellen Gedächtniskonsolidierung von episodischem und semantischem Gedächtnis im Schlaf**

Inauguraldissertation  
zur  
Erlangung der Doktorwürde  
Universität zu Lübeck  
-Sektion Medizin-

Vorgelegt von:  
Gabriele Feldberg  
aus Bocholt

Lübeck 2014

1. Berichterstatter: Prof. Dr. med. Klaus Junghanns

2. Berichterstatterin: Prof. Dr. rer. medic. Lisa Marshall

Tag der mündlichen Prüfung: 15. Dezember 2014

Zum Druck genehmigt.

Lübeck, den 15.12.2014

-Promotionskommission der Sektion Medizin-

# Inhalt

Abkürzungen .....	4
1 Einleitung.....	5
1.1 Das Gedächtnis .....	8
1.1.1 Gedächtnissysteme .....	8
1.1.2 Gedächtnisbildung .....	10
1.2 Zusammenhang zwischen deklarativem Gedächtnis und Schlaf.....	12
1.3 Semantisches und episodisches Gedächtnis, Remember-Know-Guess Paradigma, Antonym-Testung .....	18
2 Zielsetzung.....	20
3 Methodik.....	21
3.1 Voraussetzungen der Probanden .....	21
3.2 Das Schlaflabor.....	22
3.3 Aufzeichnung des Schlaf-Elektroenzephalogramms.....	23
3.4 Fragebögen .....	24
3.4.1 Pittsburgher Schlafqualitätsindex (PSQI).....	24
3.4.2 Beck-Depression-Inventar (BDI) .....	24
3.4.3 Emotionsfragebogen (Emo-Check) .....	25
3.4.4 Alcohol Use Disorders Identification Test (AUDIT) .....	25
3.5 Tests.....	26
3.5.1 Raven Advanced Progressive Matrices (Raven-APM): .....	26
3.5.2 Digit Span (Zahlenspannen) .....	27
3.5.3 Antonyme-Testung .....	27
3.6 Ablauf der Messnächte .....	30
3.6.1 Eingangsuntersuchung.....	30
3.6.2 Adaptionsnacht .....	30
3.6.3 Messnächte .....	31
3.7 Aufbau der Testungen .....	32
3.7.1 Testgruppe und Sofortbedingung .....	33
3.8 Datenreduktion und statistische Auswertung .....	34
4 Ergebnisse.....	36
4.1 Die Teilnehmer .....	36
4.2 Konsolidierung der deklarativen Gedächtnisinhalte.....	37
4.2.1 Vergleich zwischen den Ergebnissen der Probanden der Schlafbedingung und der Wachbedingung .....	37
4.2.2 Vergleich der Sofortbedingung mit der Schlafbedingung und der Wachbedingung .....	41
4.2.3 Polysomnographische Auswertung der Messnacht 1 und der Messnacht 2 im Vergleich .....	44
4.2.4 Korrelationen zwischen Schlaf und Gedächtnisleistung .....	45
4.2.5 Spindelanalyse der Messnacht 1 und 2.....	45
5 Diskussion .....	47
6 Zusammenfassung .....	61
7 Literaturverzeichnis .....	62
8 Anhang.....	72
9 Danksagung .....	90
10 Lebenslauf .....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>

# Abkürzungen

AMPA-Rezeptor =  $\alpha$ -amino-3-hydroxy-5-methyl-4-isoxazolepropionic acid receptor

AUDIT = Alcohol Use Disorders Identification Test

BDI = Beck Depressions Inventar

CKV = Computergestütztes Kartensortierverfahren

df = Freiheitsgrade der Testung

EEG = Elektroenzephalogramm

EMG = Elektromyographie

EOG = Elektrookulographie

Emo-Check = Emotionsfragebogen

ES = Effektstärke

LSD = Least-Significant Difference

LTP = Long-Term-Potentiation

NMDA-Rezeptor = N-Methyl-D-Aspartat

p = probability

PLM = Periodic leg movements

PSQI = Pittsburgh Schlafqualitätsindex

r = Korrelation

Raven-APM = Raven Advanced Progressive Matrices

REM = Rapid-Eye-Movement

RKG = Remember-Know-Guess Paradigm

$\sigma$  = Standardabweichung

Stroop = Stroop-Test

SSS = Stanford Sleepiness Scale

SWS = Slow-Wave-Sleep

T = statistischer Kennwert des Student's t-Testes

TIB = time in bed

TST = Gesamtschlafzeit

SEI = Schlaffeffizienz-Index: Das Verhältnis von TST (total sleep time) gegenüber TIB (time in bed) (Penzel, 1993)

# 1 Einleitung

Der Mensch verbringt etwa ein Drittel seines Lebens schlafend (Sejnowski und Destexhe, 2000). Warum sich die Evolution auf so eine lange Phase der fast vollständigen Wehrlosigkeit eines Individuums einlässt, muss einen guten Grund haben. Der Organismus verbraucht weniger Energie, da die Muskeltätigkeit (Koella, 1988), Körpertemperatur (Gillberg und Akerstedt, 1982) und Stoffwechselrate (Ryan et al., 1989) während des Schlafes vermindert werden. Anders verhält es sich mit der Aktivität des Gehirns. Der Energieumsatz des Gehirns ist im Schlaf kaum niedriger als im Wachzustand (Maquet et al., 1990, Maquet et al., 1992).

Im Jahr 1863 bewies Kohlschütter, dass sich die Schlaftiefe während einer Schlafperiode ändert. Bereits 1914 stellte Heine die These auf, dass Schlaf eine fördernde Funktion für die Gedächtnisleistung haben könnte. 1923 entwickelte der Psychiater Hans Berger das Elektroenzephalogramm (EEG). Diese Erfindung ermöglicht es, die Hirnströme während des Schlafes zu messen. Bald darauf konnten Änderungen im EEG korrelierend zur Schlaftiefe beobachtet werden (Davis et al., 1937). 1953 wurde von Aserinsky und Kleitman erstmals ein Schlafstadium beobachtet, welches durch charakteristisch schnelle Augenbewegungen gekennzeichnet war. Sie nannten diesen Schlaf entsprechend Rapid-Eye-Movement-Schlaf, abgekürzt REM-Schlaf.

1968 entwickelten Rechtschaffen und Kales unter Berücksichtigung von Muskeltonus und Augenbewegungen die bis heute weitgehend unverändert gültige Einteilung des Non-REM-Schlafes neben dem REM-Schlaf. Damit waren erste wesentliche Voraussetzungen für die Untersuchung der Funktion des Schlafes mit Hilfe von polysomnographischen Ableitungen geschaffen. Im Folgenden wird exemplarisch der Schlaf eines jungen Erwachsenen (18-35 Jahre) eingehend dargestellt.

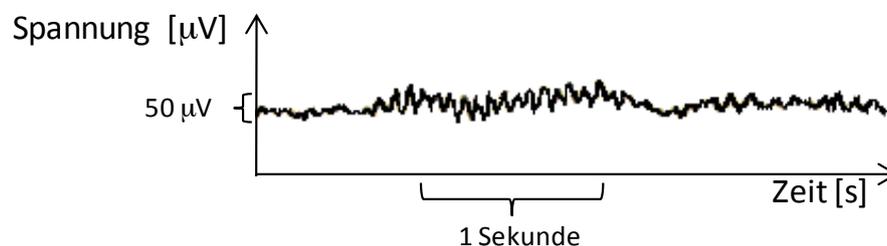
Rechtschaffen und Kales (1968) unterteilten den Non-REM-Schlaf in vier unterschiedliche Stadien:

Entspannter Wachzustand: In dieser ruhigen Wachheit bei geschlossenen Augen dominieren  $\alpha$ -Wellen (8-13 Hz) im EEG. Man misst gleichzeitig eine relativ hohe tonische Elektromyographie (EMG) kombiniert mit sakkadischen Augenbewegungen und Lidartefakten in der Elektrookulographie (EOG). Wenn die Anzahl der  $\alpha$ -Wellen unter

50% in einer Epoche (30 Sekunden) fällt, so werden diese dem Schlafstadium 1 zugeordnet.

Schlafstadium 1: Aus diesem Schlafstadium ist der Schlafende gut zu wecken. Im EEG zeigen sich Theta ( $\nu$ )-Wellen (4-8 Hz), sie werden auch Zwischenwellen genannt. Das EMG zeigt eine niedrigere Amplitude als im Wachzustand und langsame, rollende Augenbewegungen im EOG. Am Ende des Schlafstadiums treten gehäuft Vertexwellen (Frequenz 2-7 Hz, Amplitude 200  $\mu$ V) auf, welche das Schlafstadium 2 einleiten.

Schlafstadium 2: In diesem Schlafstadium treten im EEG charakteristische Schlafspindeln auf (10-15 Hz, Amplitude unter 50  $\mu$ V (Abbildung 1)). Der Muskeltonus und die Augenbewegungen nehmen ab.



*Abbildung 1: Schlafspindeln. (Prof. Dr. Piper©, [www.schlafmedizin-aktuell.de](http://www.schlafmedizin-aktuell.de)).*

Im EEG des Non-REM-Schlafes treten Schlafspindeln als phasische Ereignisse auf. Mit typischer an- und absteigender Amplitude treten sie im Frequenzbereich von 10 bis 15 Hz als aus Gruppen bestehende, rhythmische Wellen auf. Sie haben eine Länge von 0,5 bis 3 s und treten im Schlafstadium 2 im Mittel alle 6-10 s auf (Berger, 1933, Loomis et al., 1935).

Tiefschlafstadium oder auch Slow-Wave-Sleep (SWS): In diesem Schlafstadium werden die Schlafstadien 3 und 4 von Rechtschaffen und Kales (1968) zusammengefasst. Es wird durch Delta ( $\delta$ )-Wellen (0,5–4 Hz) mit hohen Amplituden (min. 75  $\mu$ V) charakterisiert (Slow Oscillations). Der Anteil dieser Delta-Wellen liegt in einer Epoche (siehe Seite 6, 30 Sekunden), über 20%. Im EOG sind keine Augenbewegungen mehr sichtbar und die Muskelaktivität geht weiter zurück.

Von den genannten Schlafstadien, die als Non-REM-Schlaf zusammengefasst werden, ist der REM-Schlaf abzugrenzen.

REM-Schlaf: Hier kommt es im EEG zu einer Desynchronisierung beim Auftreten schnellerer Frequenzen aus dem Theta-Bereich, so dass ein ähnliches Bild wie beim

Einschlafen entsteht. Die charakteristisch schnellen Augenbewegungen geben diesem Schlafstadium den Namen (Rapid-Eye-Movement), welche im EOG sichtbar werden.

Die Muskelaktivität sinkt auf das niedrigste Niveau während des gesamten Schlafes. Die Skelettmuskulatur ist bis auf die Augenbewegungen praktisch gelähmt (Payne et al., 2004). In diesem Schlafstadium wird geträumt und der Proband ist schwer erweckbar, wacht jedoch häufiger von alleine auf.

Ein normaler Schlafzyklus beginnt mit dem Non-REM Schlaf. Es werden die Schlafstadien 1 bis 4 durchlaufen. Der Zyklus wird mit einer REM-Phase abgeschlossen. Diese Reihenfolge wird mit einer Periodik von ca. 90-100 Minuten ungefähr 3-5 mal pro Nacht wiederholt (Rechtschaffen und Siegel, 2000). Die zyklische Abfolge des Non-REM- und REM-Schlafes folgt einem ultradianen Rhythmus.

In der Abbildung 2 ist das Schlafprofil eines gesunden Probanden aufgeführt.

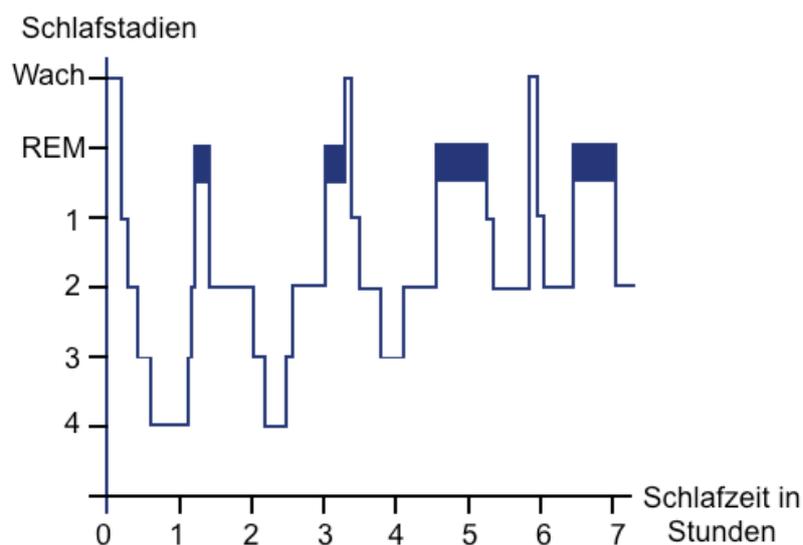


Abbildung 2 : Schlafprofil eines jungen Erwachsenen (entnommen aus: [www.gbe-bund.de](http://www.gbe-bund.de))

Wie man sehen kann, dominiert in der ersten Nachthälfte der Tiefschlaf, zum Morgen hin nimmt die Länge der REM-Phasen zu und der Tiefschlaf wird nicht mehr erreicht. Bei jungen Erwachsenen beträgt der Anteil des Schlafstadium 2 im Durchschnitt 50%, der REM- und SWS-Schlaf jeweils etwa 20-25%. Die restlichen ca. 10% verteilen sich auf das Schlafstadium 1 und auf Artefakte oder Wachphasen des Gesamtschlafes.

## **1.1 Das Gedächtnis**

### **1.1.1 Gedächtnissysteme**

Das Gedächtnis des Menschen kann grundsätzlich in das sensorische, das Arbeits- und das Langzeitgedächtnis eingeteilt werden. Dabei hat das sensorische Gedächtnis ein Behaltensintervall von weniger als einer Sekunde und das Arbeitsgedächtnis ein Behaltensintervall von Sekunden bis Minuten. Das Langzeitgedächtnis hingegen hat ein Behaltensintervall von Minuten bis Jahre und bis zur permanenten Speicherung.

Das sensorische Gedächtnis erhält seine Informationen durch die Sinnesorgane, im speziellen durch das visuelle System und das auditive System. Es werden mehr Informationen aufgenommen als im Arbeitsgedächtnis. Diese Informationen zerfallen jedoch teilweise schon nach wenigen Zehntelsekunden (Sperling, 1960).

Das Arbeitsgedächtnis hält eine kleine Menge von Informationen in einem aktiven, verfügbaren Stadium bereit. Hierbei unterscheidet man nach Baddeley (2010) das räumlich-visuelle System, das phonologische System und die zentrale Exekutive, die beide Subsysteme miteinander verknüpft und mit dem Langzeitgedächtnis verbindet.

Nach Birbaumer und Schmidt (1997) unterteilt man das Langzeitgedächtnis in ein sekundäres Gedächtnis (Behaltensintervall: Minuten bis Jahre) und ein tertiäres Gedächtnis (permanente Speicherung).

Neuropsychologische Studien ergaben eine weitere Differenzierung des Langzeitgedächtnisses in ein deklaratives (explizites) und nondeklaratives (implizites) Gedächtnis (Reber et al., 1996). Nach Zola-Morgan und Squire (1993) wird das nondeklarative Gedächtnis in verschiedene Untersysteme unterteilt: Im prozeduralen Gedächtnis werden erlernte Fertigkeiten und Gewohnheiten wie Fahrradfahren oder Jonglieren abgespeichert. Für die Speicherung und den Abruf sind die Basalganglien besonders wichtig. Mit Priming wird die nicht-bewusste Bahnung von Reaktionen durch vorangehende Stimuli bezeichnet. Hierfür ist der präfrontale Kortex besonders wichtig. Die klassische Konditionierung für emotionale Reize erfolgt wesentlich über die Amygdala, für die klassische Konditionierung durch motorische Reize ist dagegen das Zerebellum besonders wichtig. Diese nondeklarativen Denkvorgänge zeigen eine hohe Aktivität in den striatalen Strukturen (Peigneux et al., 2000).

Die vorliegende Studie beschäftigt sich vorwiegend mit dem deklarativen Langzeitgedächtnis, weshalb im Weiteren auf dieses näher eingegangen werden soll.

Das deklarative Gedächtnis wird in das semantische und das episodische Gedächtnis unterteilt.

### 1. Semantisches Gedächtnis

Im semantischen Gedächtnis werden Informationen festgehalten, die bewusst erinnert werden können, wie etwa die Bedeutung von Wörtern, Gesichtern oder Allgemeinwissen. Diese sind in unserem Langzeitgedächtnis gespeichert ohne, dass wir den situativen Kontext des Lernens noch erinnern könnten. Das semantische Gedächtnis zeichnet sich durch die reine Repräsentation des Wissens aus ohne Verbindung zu anderen Informationen, die zum Zeitpunkt der Enkodierung präsent waren. Zum Beispiel gilt für die meisten Menschen, dass sie nicht mehr genau sagen können, wann sie das Wort „König“ das erste Mal gelernt haben (Tulving und Craik, 2000).

### 2. Episodisches Gedächtnis

Hier geht es um bestimmte Erinnerungen, welche zu einer bestimmten Zeit und an einem bestimmten Ort aufgetreten sind. Beim Abruf von Informationen aus dem episodischen Gedächtnis kann über weiter reichende Dinge Auskunft gegeben werden als im semantischen Gedächtnis, zum Beispiel über gewisse Gefühle, die er oder sie zum Zeitpunkt der Speicherung des Wissens hatte, so wie die Erinnerung daran, dass, bzw. wie man ein Ticket für die U-Bahn gekauft hat, oder die Beobachtung eines Unfalls (Tulving und Craik, 2000).

Im episodischen Gedächtnis werden also zusätzlich zum semantischen Inhalt noch Daten zur Situation des Wissenserwerbs abgespeichert. Das episodische Gedächtnis verlangt also eine größere Gedächtnisleistung als das semantische Gedächtnis.

Das episodische Gedächtnis wird noch weiter unterteilt in ein retrospektives und ein prospektives episodisches Gedächtnis. Das prospektive Gedächtnis bezieht sich auf Informationen, deren Inhalt sich auf die Zukunft richtet. Es ist damit wichtig für Planungen, wie zum Beispiel die Weihnachtseinkäufe rechtzeitig zu machen.

Bei deklarativen Gedächtnisvorgängen lassen sich morphologisch besonders Aktivitäten in den hippocampalen Hirnarealen und dem Neocortex nachweisen. Hier wird von einem Zwei-Phasen-Modell („two-stage model of memory“) ausgegangen (u. a. Diekelmann und

Born, 2010, Born und Wilhelm, 2012). Es besagt, dass neues Wissen zunächst hauptsächlich und vorübergehend im Hippokampus zwischengespeichert wird, bevor es stufenweise für eine Langzeitspeicherung in den Neocortex transferiert wird. Für diesen Transfer wird dem Schlaf eine wichtige Rolle zugesprochen.

### **1.1.2 Gedächtnisbildung**

Die Gedächtnisbildung setzt sich aus der zellulären Konsolidierung und der Systemkonsolidierung zusammen. Die Systemkonsolidierung hat einen wesentlich langsameren Zeitverlauf als die zelluläre Konsolidierung und kann sich über Wochen oder Jahre erstrecken. Als theoretische Grundlage der Systemkonsolidierung des deklarativen Gedächtnisses wird das Modell von McClelland et al. (1995) herangezogen. Hier wird der Hippokampus als schnell lernende Struktur von Assoziationen dargestellt, die das neu gelernte Wissen durch eine Veränderung der synaptischen Gewichte in einem Netzwerk verteilt speichert.

Durch wiederholte Aktivierung der gelernten Informationen findet ein gradueller Transfer von Informationen vom Hippokampus zu neokortikalen Arealen statt. Der Neocortex nimmt die neuen Informationen langsamer auf, wodurch der Hippokampus als interner „Trainer“ fungiert. Dadurch wird eine Reorganisation der Informationen und die Integration in bereits bestehendes Wissen erklärt. Durch wiederholte gleichzeitige Aktivierung der einzelnen Komponenten des Wissens bilden sich Verbindungen der Komponenten auf kortikaler Ebene, die zu einer größeren Unabhängigkeit der Informationen von hippokampalen Arealen führt.

Bei der Systemkonsolidierung werden drei Stadien unterschieden:

- 1.) **Enkodierung:** Aufnahme der Informationen und Verarbeitung zur Einspeisung in das Gedächtnis.
- 2.) **Konsolidierung:** Aktivierung, Analyse und wiederholte Verarbeitung zur Überführung in das Langzeitgedächtnis (Sutherland und McNaughton, 2000; McGaugh, 2000; Gais, 2004, Born und Wilhelm, 2012).
- 3.) **Abruf / Re-Konsolidierung** von Informationen.

Die Enkodierung der Informationen (Stadium 1) erfolgt zunächst in spezialisierten perzeptuellen und assoziativen kortikalen Modulen, die der Hippokampus miteinander verbindet, um so die verschiedenen Inhalte zu einer Gedächtnisspur zu integrieren. Durch die wiederholte Aktivierung (Stadium 2) des hippokampo-kortikalen Netzwerks werden

kortikale Verbindungen zwischen den einzelnen kortikalen Modulen gestärkt und / oder neue Verknüpfungen gebildet. Dieser Vorgang führt im Laufe der Zeit zu einer stärkeren Unabhängigkeit der Gedächtnisspur vom Hippokampus und ermöglicht die Integration der neuen Information in bereits existierendes Wissen (Frankland und Bontempi, 2005). Diese systemische Konsolidierung scheint in erster Linie während des Schlafes statt zu finden, da diese Art der Konsolidierung eine Aktivierung und Neuverteilung der neu gewonnenen Erinnerungen zur Folge hat, die durch die Aktivitäten des Wachzustandes leicht gestört werden können (Diekelmann und Born, 2007).

Das Stadium 3 der Systemkonsolidierung, der Recall, ist der Abruf der Informationen. Für das episodische Gedächtnis werden hippokampale Funktionen kontinuierlich gefordert, auch wenn die Konsolidierung dieser episodischen Erinnerung schon Jahre zurück liegt (Born und Wilhelm, 2012). Zur erfolgreichen Gedächtnisbildung gehört der regelmäßige Abruf der gebildeten Gedächtnisformen. Dieser kann allerdings auch dazu beitragen, dass der Gedächtnisinhalt sich allmählich verändert, weil beim Abruf zunehmend neue Verknüpfungen mit anderen Gedächtnisinhalten gebildet werden. Dies verfestigt einerseits das erworbene Wissen, macht es aber andererseits anfällig für Verfälschungen. Ein besonderes Beispiel für letzteres ist wohl die Veränderung von Erinnerungen von Zeugen nach längerer Zeit (Loftus, 1993).

Die zelluläre Konsolidierung wird von Hebb (1949) mit der „Dual Trace Theory of Memory“ beschrieben. Informationen führen hiernach zu einer Aktivitätssteigerung in einzelnen Neuronen und ihren Verknüpfungen im Gehirn. Durch Wachstum und metabolische Prozesse wird die Verbindung von diesen Neuronen gestärkt und die Aktivierung erleichtert. Je öfter synaptische Verschaltungen im Gehirn aktiviert werden, desto länger bleiben sie aktiv und desto leichter sind sie aktivierbar. Bleiben die Neuronen jedoch längere Zeit inaktiv, werden die synaptischen Verschaltungen abgeschwächt (Bliss und Collingridge, 1993).

Bliss und Lomo entwickelten 1973 das Modell der Langzeitpotenzierung (long-term potentiation, LTP) welches ein möglicher Mechanismus auf molekularer Ebene ist, der an der von Hebb beschriebenen „Dual Trace Theory of Memory“ beteiligt ist.

Die Induktion von LTP löst ein Aktionspotential durch Glutamatfreisetzung im präsynaptischen Spalt aus. Das Glutamat bindet an AMPA-Rezeptoren, wodurch es zu einem Natriumeinstrom und damit zu einer Depolarisation der postsynaptischen Zelle

kommt. Ist diese Depolarisation stark genug (zum Beispiel durch wiederholte exzitatorische postsynaptische Potentiale) wird eine Blockade durch Magnesium am NMDA-Rezeptor gelöst. Kommt es nun zu einer erneuten Ausschüttung von Glutamat aus der Präsynapse, kann durch den zuvor durch Magnesium blockierten NMDA-Rezeptor auch Calcium in das postsynaptische Neuron einströmen. Durch die hohe intrazelluläre Calciumkonzentration werden Proteinkinasen und Phosphatasen aktiviert, welche letztendlich die Expression von bestimmten Genen unterstützen. Dies hat zur Folge, dass die Zelle in ihrer Erregbarkeit verändert wird und die Ausbildung neuer Synapsen bewirken kann (Malenka und Bear, 2004). Dieser Prozess findet sowohl während des Schlafes, in erster Linie im REM-Schlaf (Bramham und Srebro, 1989, Ribeiro, 2012), als auch während des Wachens statt (Born und Wilhelm, 2012).

## **1.2 Zusammenhang zwischen deklarativem Gedächtnis und Schlaf**

Aufgrund einer Vielzahl von Studien, nicht zuletzt auch aus dem Sonderforschungsbereich (SFB/TR) 654, der wesentlich von der Universität zu Lübeck entwickelt wurde, kann heute als gesichert gelten, dass Schlaf ein wichtiger Faktor für die Gedächtniskonsolidierung ist (u. a. Gais et al., 2000, Stickgold et al., 2000, Maquet, 2001).

Für die nondeklarative Gedächtnisbildung scheinen zerebrale Aktivierungen während des REM-Schlafes bedeutsam zu sein (Plihal und Born, 1997, 1999, Maquet et al., 2000, Peigneux et al., 2003, Backhaus und Junghanns, 2006). Im Falle der deklarativen Gedächtnisbildung betreffen die Aktivierungsprozesse insbesondere den Hippokampus und den Neocortex während des tiefschlafreichen Schlafes der ersten Nachthälfte (Wilson und McNaughton, 1994, Plihal und Born, 1997, Plihal und Born, 1999, Sutherland und McNaughton, 2000, Wilson, 2001, Pennartz et al., 2002, Peigneux et al., 2004, Backhaus et al., 2007, Born und Wilhelm, 2012).

Die Studie von Plihal und Born (1997) zeigte als erste, dass die deklarative Gedächtnisbildung besonders vom tiefschlafreichen Schlaf in der ersten Nachthälfte mehr profitiert, als vom Wachliegen und mehr profitiert als von dem SWS-armen Schlaf der zweiten Nachthälfte. Es wurde hierbei jedoch nicht zwischen episodischem und semantischem Gedächtnis unterschieden.

Backhaus und Junghanns et al. (2006) zeigten, dass Patienten mit einer chronischen nichtorganischen Insomnie bei geringem Tiefschlafanteil die Liste inhaltlich assoziierter Wortpaare nach einer gesamten Nacht schlechter erinnern als eine bezüglich Alter und

Geschlecht abgeglichenen Gruppe gesunder Schläfer. Während bei den Gesunden die Konsolidierungsleistung mit dem Anteil an Tiefschlaf korrelierte ( $r = 0,69$ ), zeigte sich ein solcher Zusammenhang bei den Insomniepatienten nicht. Bei diesen korrelierte aber der REM-Anteil mit der schwächeren Gedächtniskonsolidierung ( $r = 0,56$ ). Dies wurde als Hinweis gedeutet, dass auch der REM-Schlaf in der Konsolidierung von deklarativen Gedächtnisinhalten eine nachgeordnete, aber wichtige Rolle spielen kann und bestätigte das Ergebnis von Rauchs et al. (2004), die ebenfalls einen Zusammenhang zwischen dem REM-Schlaf und der deklarativen Gedächtniskonsolidierung, insbesondere des episodischen Gedächtnisses, festgestellt haben.

In einer Zusammenfassung einer Vielzahl von Studien stellten hierzu passend Rauchs et al. (2005) und Diekelmann und Born (2010) die sequentielle Konsolidierung deklarativer Gedächtnisinhalte (Giuditta et al., 1995, Ambrosini und Giuditta, 2001) vor. Der Tiefschlaf ist hiernach wesentlich für den Transfer von deklarativen Gedächtnisinhalten in den Langzeitspeicher des Neocortex verantwortlich, während im REM-Schlaf ergänzend eine synaptische Konsolidierung im Neocortex erfolgt (Hypothese der systemischen und synaptischen Gedächtniskonsolidierung).

Der SWS fördert das deklarative Gedächtnis insbesondere dadurch, dass er einen Zustand schafft, in dem neu erworbene Gedächtnisinhalte weitgehend ungestört aus dem Hippokampus, wo sie vorübergehend abgelegt wurden, in den Neocortex übertragen werden können und dort in vorhandene Netzwerke integriert werden (Buzsaki, 1998, Hasselmo, 1999, Sutherland und McNaughton, 2000, Born und Wilhelm, 2012).

Kuriyama et al. (2004) und Drosopoulus et al. (2007a) konnten in ihren Studien zeigen, dass insbesondere schwache, komplex enkodierte und nachträglich beeinflusste Gedächtnisinhalte von der Konsolidierung im Schlaf profitieren.

Kuriyama hat hierzu 57 Probanden (Rechtshänder) untersucht. Sie wurden in vier Gruppen unterteilt, die eine Fingertapping Aufgabe erfüllen mussten. Zwei Gruppen mussten eine beidhändige Aufgabe erfüllen. Zudem unterschieden sich die Gruppen in der zu erlernenden Sequenz. Entweder man musste mit einer Hand eine fünfstellige Sequenz oder eine neunstellige Sequenz erlernen, oder man musste mit zwei Händen die oben genannten unterschiedlich langen Sequenzen erlernen.

Kuriyama et al. (2004) konnten in dieser Studie zeigen, dass insbesondere die schwer zu erlernenden Fingertapping-Aufgaben (nondeklaratives Gedächtnis) am meisten vom Schlaf

profitierten (Bimanual und neunstellige Sequenz). Hierbei verbesserte sich nicht nur die Geschwindigkeit, sondern auch die Fehlerfreiheit.

Drosopoulos et al. (2007a) haben für das deklarative Gedächtnis einen ähnlichen Effekt darstellen können. Hierfür führten sie zwei Experimente mit 140 Probanden, welche in eine Wach- und in eine Schlafbedingung eingeteilt wurden, durch. In beiden Experimenten sollten die Probanden Wortlisten lernen. Die beiden Listen unterschieden sich dadurch, dass im ersten Experiment (n = 90 Probanden) Wortpaare benutzt wurden, die sich gegenseitig beeinflussten: A-B und A-C (Kirche-Pudel und Kirche-Brandy). Für das zweite Experiment (50 Probanden) mussten Wortpaare gelernt werden, welche sich wenig gegenseitig beeinflussten: A-B und C-D (Kirche-Pudel und Märchen-Sherry). In beiden Experimenten wurden die Wortlisten nach den gleichen Regeln präsentiert. Jedes Wortpaar (A-B) wurde für 4 Sekunden an einem Computerbildschirm gezeigt. Nachdem alle Worte der Liste gezeigt wurden, wurde für 3 Sekunden das erste Wort (A) gezeigt und die Probanden sollten das B-Wort nennen. Sobald die Fehlerquote bei der Abfrage unter 90% betrug wurde, nach 15 Minuten Pause, das Wortpaar A-C in gleicher Weise gelernt. In der Pause spielten die Probanden ein Puzzle-Spiel ("Snood").

Bei der Abfrage des ersten Experiments wurden den Probanden das Wort A gezeigt und sie sollten zuerst das Wort B und dann das Wort C der Wortpaare nennen. Bei dem zweiten Experiment wurde ihnen das Wort A, bzw. C gezeigt und sie sollten zuerst das Wort B und dann das Wort D nennen.

In diesem ersten Experiment von Drosopoulos et al. zeigten sie, dass der Schlaf die Konsolidierung des zweiten Wortpaares (A-C) nicht unterstützte, aber eine deutliche Verbesserung der Gedächtnisleistung für das erste Wortpaar provozierte. Die Arbeitsgruppe vermutete, dass im Schlaf eine selektive nachträgliche Beeinflussung der Konsolidierung stattfindet. Sie stellten die Hypothese auf, dass der Schlaf bereits stark encodiertes Wissen nicht zusätzlich in der Konsolidierung unterstützt.

Um dies weiter zu untersuchen wurde ein zweites Experiment durchgeführt (n = 50 Probanden). Drosopoulos et al. entwickelten die Wortpaar-Listen A-B und B-C, die sich in der Lernphase wenig gegenseitig beeinflussten, und zudem erhöhten sie die erlaubte Fehlerquote von 10% auf 40%. Der weitere Aufbau der Testungen war vergleichbar mit dem Aufbau des ersten Experiments.

Die Arbeitsgruppe konnte mit diesem zweiten Experiment zeigen, dass Schlaf die Stärke der Assoziationen von deklarativem Erinnern unterstützt und dass dieser Effekt stärker für schwächere Assoziationen ist, egal, ob diese Assoziationen wegen einer schwachen Encodierung oder wegen einer Beeinflussung schwach sind.

Neue Informationen werden zunächst über den entorhinalen Kortex in der CA3-Region des Hippokampus aufgenommen und zwischengespeichert, ohne mit anderen Gedächtnisinhalten zu interferieren (Squire und Zola-Morgan, 1991, Nadel et al., 2000). Im Non-REM-Schlaf kehrt sich die Richtung des Informationsflusses um, und die Aktivität hippokampaler Efferenzen in den Neocortex überwiegt gegenüber afferenter Aktivität. Diese neuronalen Reaktionen sind nicht nur auf den Hippokampus limitiert. Es gibt ebenfalls Aktivitäten im Thalamus, Striatum und natürlich im Neocortex, die miteinander offenbar über Rhythmisität koordiniert werden. Born und Wilhelm (2012) nehmen an, dass den neuronalen Reaktionen im Hippokampus Aktivitäten im Thalamus, Striatum und im Neocortex vorausgehen. Beim Menschen ist ein solcher Prozess jedoch bislang noch nicht bewiesen (Wagner et al. 2010).

Durch Einzelzelleableitungen bei Ratten konnte gezeigt werden, dass Zellverbände im Schlaf nach einem Lernvorgang wieder aktiv wurden. Das heißt, dieselben Zellen, die beim Lernen gemeinsam aktiv waren, zeigten auch in der folgenden Schlafphase wieder gemeinsame Aktivität. (Wilson und McNaughton, 1994, Qin et al., 1997). Sogar die Reihenfolge der Aktivitätssequenzen wird beibehalten (Skaggs und McNaughton, 1996, Louie und Wilson, 2001, Lee und Wilson, 2002). Zudem kommt es noch zu einer zeitlichen Kompression dieser Aktivitätsmuster (Nadasdy et al., 1999).

2007 untersuchten Drosopoulos et al. inwieweit die Erinnerung der Reihenfolge der Darbietung von Wörtern im Schlaf besser konsolidiert werden kann. Sie nahmen dies als Marker für episodisches Gedächtnis. Hierzu mussten gesunde Probanden semantisch unabhängige Triplets von Wörtern (Triplets: Wort A, Wort B und Wort C) lernen. Dabei stellte sich heraus, dass die Triplets, die vorwärts abgefragt wurden („Welches Wort folgt nach A?“), signifikant häufiger korrekt von den Probanden, die geschlafen hatten, wiedergegeben wurden. Drosopoulos et al. unterschieden in ihrer Studie jedoch nicht zwischen dem SWS und dem REM-Schlaf, sondern lediglich zwischen einer Wach- und einer Schlafgruppe. Das episodische Gedächtnis wurde außerdem nur über die Abfrageleistung beurteilt, nicht über das subjektive Erinnern der Darbietung. Ob das

Erinnern der richtigen Reihenfolge eine episodische Gedächtnisleistung ist, ist zumindest umstritten.

Auch in der vorliegenden Studie wurde besonderes Augenmerk auf das episodische Gedächtnis gelegt, indem während der Lernphase eine Gedächtnisspur für die Konsolidierung des episodischen Gedächtnisses provoziert wurde.

Im EEG messbare Phänomene wie Schlafspindeln und Slow Oscillations/Deltawellen sind möglicherweise ein Korrelat von Mechanismen welche zur Gedächtniskonsolidierung im Schlaf beitragen (Mölle et al., 2009). Das Erlernen von hippocampus-abhängigen Gedächtnisinhalten steigert gleichzeitig die neokortikalen Slow Oscillations, die thalamokortikale Spindel- und die hippocampale Ripple-Aktivität während des Non-REM-Schlafes. Slow Oscillations zeigen ein Schwanken zwischen globalen neokortikalen Hirnaktivitäten durch aufsteigende und absteigende neuronale Aktivität, unterteilt in thalamische Spindel- und hippocamale Ripple-Aktivität welche beide bevorzugt in aufsteigenden Phasen der Slow Oscillations auftreten, an. Mölle et al. (2009) untersuchten, ob Slow Oscillations in lerninduzierte Steigerungen der Spindel- und Ripple-Aktivität einzuteilen sind und ob dabei ein Zeitrahmen bereitgestellt wird, der es erleichtert Informationen vom Hippokampus zum Neocortex zu transferieren. Zugrunde liegt hier die Konversion von Wissen des Kurzzeitgedächtnisses in Wissen des Langzeitgedächtnisses. Vorhergehendes Lernen erzeugt beim Menschen einen Anstieg der Spindelaktivität, was besonders in aufsteigenden Phasen der Slow Oscillations nachzuweisen war. Bei der Ratte erzeugt das Erlernen von Düften einen deutlichen Anstieg der Spindel und Rippel-Aktivität, welche nicht zeitgleich mit den aufsteigenden Slow Oscillations sind. Es zeigte sich, dass beim Anstieg von Spindelaktivität auch die Häufigkeit von Ripple-Aktivität stieg. Dieser Anstieg war nach einer Lernphase festzustellen, was auf eine direkte zeitliche Abstimmung zwischen Ripples und Spindeln hindeutet. Slow Oscillations liefern einen effektiven zeitlichen Raum für einen Transfer von hippocampalen zu neokortikalen Informationen.

Eine Studie von Gais et al. (2002) zeigte, dass Probanden nach deklarativem Lernen einen starken Anstieg von Schlafspindeln im Schlafstadium 2 hatten. Dies unterstützt die Annahme, dass erfolgreiche deklarative Gedächtniskonsolidierung mit Spindelaktivitäten im Schlafstadium 2 verbunden ist.

Durch Schabus et al. (2004) wurden weitere Hinweise für einen Zusammenhang zwischen Spindelaktivität in Schlafstadium 2 und deklarativer Gedächtniskonsolidierung beim Menschen erbracht. Fogel und Smith (2006) konnten eine deutliche Steigerung der Spindelaktivität des Menschen in Schlafstadium 2 nach einer prozeduralen Gedächtnisaufgabe feststellen. Clemens et al. unterstützen mit ihrer Studie 2006 ebenfalls den Zusammenhang zwischen Spindelaktivität und deklarativer Gedächtniskonsolidierung. Sie stellten zudem die Hypothese auf, dass visuelle und verbale Speicherungen sich in der topographischen Verteilung der Non-REM Spindelaktivität unterscheiden. Jedoch musste man beachtliche interindividuelle Variationen bezüglich der Spindeldichte feststellen. Probanden, die besser gelernt hatten, hatten auch eine höhere Spindeldichte. Es ist zu vermuten, dass verschiedene Stimuli während des Tages Einfluss auf den individuellen Spidelanstieg haben. Außerdem muss von einer intelligenzabhängigen, damit auch einer genetischen Variation der Spindeldichte ausgegangen werden (Gais et al., 2002).

Mölle et al. (2011) haben das Auftreten von Spindeln im SWS weiter untersucht und unterscheiden zwischen langsamen ( $< 12$  Hz) und schnellen ( $> 12$  Hz) Spindeln (Terrier und Gottesmann, 1978, Anderer et al., 2001, De Gennaro und Ferrara, 2003). Die langsamen Spindeln entspringen der medio-frontalen Hirnregion und die schnellen Schlafspindeln dem Precuneus. Die langsamen frontalen Spindelaktivitäten werden in erster Linie mit dem Verknüpfen von kortikalen Zusammenhängen in Verbindung gebracht. Die schnellen parietalen Spindelaktivitäten beziehen sich eher auf thalamo-kortikale Verknüpfungen. Mölle et al. führten 2011 zwei Experimente an gesunden Probanden ( $n = 21$ , Alter:  $24.5 \pm 0.9$  Jahre) durch. Sie untersuchten die Effekte von ungestörtem Schlaf auf zuvor gelernte Word-Paar-Assoziationen (Experiment 1) im Vergleich mit dem Effekt von ungestörtem Schlaf auf eine zuvor gelernte Aufgabe ohne Lerninhalt. Während beiden Experimenten wurde bei jedem Probanden, während des Schlafes, ein EEG über 27 Kanäle, angelehnt an das 10-20-System, aufgezeichnet.

Hier konnten Mölle et al. zeigen, wie schon in anderen Studien beschrieben, dass schnelle Schlafspindeln in erster Linie in aufsteigenden Slow Oscillations auftreten und sich langsame Schlafspindeln eher in absteigenden Slow Oscillations darstellen. Dabei war die Wahrscheinlichkeit höher, dass die Slow Oscillations den schnellen Spindeln nachfolgten, als dass sie ihnen vorangingen. Außerdem war die Aktivität schneller Spindeln besonders hoch, wenn eine "initiale" Slow Oscillation folgte, also eine langsame Oszillation, die am Anfang einer Reihe von langsamen Oszillationen stand. Ihre Ergebnisse legen damit nahe,

das schnelle Spindeln eine regulierende Rolle für den Zyklus der Slow Oscillations spielen. Sie steigern die Wahrscheinlichkeit von anschließenden Slow Oscillations zusammen mit dem Auftreten von langsamen frontalen Spindeln in nachfolgenden Slow Oscillations.

Gais et al. (2002) haben über der Cz-Elektrode die höchste Schlafspindeldichte ableiten können, der stärkste Anstieg der Spindeldichte wurde über der Fz-Elektrode abgeleitet. Die Spindeldichte wurde immer geringer, je weiter sich die ableitende Elektrode vom Vertex entfernt befand. Schnelle Schlafspindeln ( $> 12$  Hz) werden im kortikothalamischen Kreislauf gebildet und haben ihren Ursprung im Nucleus Reticularis des Thalamus (Steriade et al., 1993). Das deklarative Gedächtnis beansprucht zunächst den Hippokampus und anschließend wird der Inhalt zur Langzeitspeicherung in den Neocortex transferiert (Buzsaki, 1998). Offenbar sind jedoch thalamokortikal gebildete Spindeln mit den Gedächtnisprozessen im Neocortex und Hippokampus verbunden.

In einer Studie von Fogel et al. (2007) sollten gesunde Schläfer assoziierte Wortpaare erlernen. Bei den Probanden zeigte sich nach dem Lernen der assoziierten Wortpaare ein signifikanter Anstieg der REM-Schlaf-Theta-Wellen-Aktivität. Somit unterstützt diese Studie die ersten Hinweise, dass auch REM-Schlaf eine wichtige Rolle in der Bildung deklarativen Gedächtnisses spielen könnte.

In den genannten Studien zum Zusammenhang von Spindeldichte und Gedächtniskonsolidierung wurde jedoch nicht zwischen semantischem und episodischem Gedächtnis unterschieden. In der vorliegenden Studie untersuchten wir deshalb ebenfalls den Zusammenhang zwischen Häufigkeit der Schlafspindeln und der Ergebnisse der Testungen des deklarativen Gedächtnisses, insbesondere des episodischen Gedächtnisses.

### **1.3 Semantisches und episodisches Gedächtnis, Remember-Know-Guess Paradigma, Antonym-Testung**

Nach der Theorie von Tulving (1985) liegt episodisches Gedächtnis dann vor, wenn eine Person sich neben einer Information auch bewusst an Informationen über die Umstände der Enkodierung erinnert. Wenn ein semantisches Erinnern vorliegt, wird dagegen nur das Gelernte ohne die näheren Umstände des Lernens erinnert. So wurde von ihm das Remember-Know-Paradigma entwickelt, wonach „remember“, also „erinnern, wie...“, episodisches Gedächtnis und „know“, als „erinnern, dass...“, semantisches Wissen bedeutete. Um Ratetendenzen mit zu erfassen, wurde später noch ein weiterer Parameter hinzugefügt: „guess“ (Gardiner, 2000). In Abfragen unter Verwendung dieses Paradigmas

wurden Probanden gefragt, ob sie sich bewusst an die näheren Umstände des Lernens erinnern, ob sie lediglich das Gelernte erinnern ohne die näheren Umstände des Erlernens, oder ob sie bei dem „Erinnern“ das Gefühl hatten, geraten zu haben. Die Unterscheidung wurde hier also an der subjektiven Intensität und Genauigkeit des Erinnerns festgemacht.

In einer doppelblinden, randomisierten Studie mit 16 sozialen Trinkern (hier definiert als Konsum von bis zu maximal fünf Flaschen Bier pro Woche) untersuchten Curran und Hildebrandt (1999) die differenzierte Wirkung von Alkohol auf das semantische und episodische Gedächtnis mit Hilfe des Remember-Know-Guess Paradigma unter Verwendung von Lernlisten, in denen eine Antonym-Testung durchgeführt wurde.

Dazu erhielten 50% der Probanden alkoholische Getränke vor der Lernphase, die andere Hälfte erhielt ein Placebogetränk vor der Lernphase. Die Probanden lernten aus Antonymen bestehende Wortpaare, die sie zur Hälfte vorlesen und bei der sie zur anderen Hälfte zum ersten Wort das zweite dazu passende Antonym generieren mussten. Nach der Lernphase folgte eine Abfragephase. In der Abfragephase wurde den Probanden entweder das zweite Wort der Antonym-Paare präsentiert, welche sie zuvor gelernt hatten, oder ein Wort eines Antonym-Paares, welches sie nicht gelernt hatten. Bei jedem Wort mussten sie sich entscheiden, ob es in der Lernliste als Antonym dabei war oder nicht. Um bei der Abfrage zwischen dem episodischen und dem semantischen Gedächtnis zu unterscheiden, wurde das Remember-Know-Guess-Paradigma (RKG-Paradigma, Gardiner, 2000, Tulving, 1985) verwendet (Absatz 3.5.3).

Es stellte sich heraus, dass Alkohol zwar das episodische Gedächtnis verschlechtert, jedoch keinen Einfluss auf das semantische Gedächtnis hat.

In der vorliegenden Studie wurde das gleiche Remember-Know-Guess-Paradigma (Gardiner, 2000, Tulving, 1985) unter Nutzung von Lernlisten (Anhang 7), in denen Antonym-Paare verwendet wurden, welche vorzulesen, oder zu generieren waren (Curran und Hildebrandt, 1999). Der Unterschied bestand jedoch darin, dass in der vorliegenden Studie die beiden deklarativen Gedächtnistypen in Bezug auf Schlafstadien und Spindeldichte untersucht wurden. Außerdem wurde versucht objektives episodisches Erinnern zu überprüfen, indem die Probanden mitteilen sollten, wie die Wortpaare dargeboten wurden.

## 2 Zielsetzung

Dass ein direkter Zusammenhang zwischen Konsolidierung von verschiedenen Gedächtnisinhalten und Schlaf besteht, zeigten schon viele Studien (u. a. Yaroush et al., 1971, Ekstrand et al., 1977, Sejnowski TJ und Destexhe A., 2000, Stickgold et al., 2001). Auch ein Zusammenhang zwischen der Konsolidierung von deklarativen Gedächtnisinhalten mit dem Anteil an SWS während der Nacht ist belegt (Yaroush et al., 1971, Plihal und Born, 1997, Plihal und Born, 1999, Gais und Born, 2004, Molle et al., 2004, Peigneux et al., 2004). Lediglich wenige Studien unterscheiden jedoch bisher zwischen dem episodischen und semantischen Gedächtnis (Rauchs et al., 2004, Racsmány et al., 2010, van der Helm, 2011).

In dieser Studie sollten mit Hilfe des Remember-Know-Guess-Paradigmas folgende Fragestellungen untersucht werden:

Werden die beiden Typen des deklarativen Gedächtnisses im Schlaf unterschiedlich konsolidiert? Welcher Typ, semantisches oder episodisches Gedächtnis, profitiert stärker durch den Tiefschlaf (SWS)? Und kann die Dichte von auftretenden Schlafspindeln mit episodischem Gedächtnis in Verbindung gebracht werden?

Im Einzelnen sollten folgende Hypothesen geprüft werden:

1. Im Schlaf wird sowohl das episodische (Frage 3 der Abfrage der Lernlisten) als auch das semantische Gedächtnis besser konsolidiert als im Wachzustand mit gleich langer Zeit zwischen Lernen und Abfrage.
2. Das episodische Gedächtnis (Frage 3 der Abfrage) profitiert mehr von Tiefschlaf als das semantische Gedächtnis.
3. Die Sofortabfrage einer deklarativen Lernaufgabe ergibt ein besseres Ergebnis bezüglich episodischem und semantischem Gedächtnis als eine Abfrage nach einem ca. 10 stündigen Behaltensintervall im Wachzustand, aber kein besseres Ergebnis, wenn die Probanden während eines solchen Behaltensintervalls vorwiegend geschlafen haben.
4. Die Zahl der Schlafspindeln im Non-REM-Schlaf korreliert mit einer besseren episodischen Gedächtniskonsolidierung im Schlaf.

# 3 Methodik

## 3.1 Voraussetzungen der Probanden

Um gut vergleichbare und zielgerichtete Ergebnisse der verschiedenen Untersuchungen zu erhalten, müssen die Probanden ähnliche Voraussetzungen mitbringen, randomisiert zugeteilt und unter möglichst ähnlichen Voraussetzungen geprüft werden.

Die Probanden wurden zum einen über Aushänge auf dem Gelände der Universität zu Lübeck, zum anderen anhand einer vom Schlaflabor angefertigten Probandenliste rekrutiert.

Zu Beginn der Studie lag eine Genehmigung durch die Ethikkommission der Universität zu Lübeck vor (Aktenzeichen 08-179, Anhang 1). Alle Probanden unterschrieben nach ausführlicher mündlicher und schriftlicher Aufklärung über die Studie eine Einverständniserklärung. Sie erhielten die Möglichkeit, den Versuch jederzeit abubrechen. Weiterhin bekamen die Probanden nach Abschluss der Testungen eine Aufwandsentschädigung von 100 Euro (bzw. 50 Euro).

Um an der Studie teilnehmen zu dürfen, mussten folgende Bedingungen erfüllt werden:

Einschlusskriterien:

1. Er/Sie war zum Zeitpunkt der Untersuchungen zwischen 18 und 35 Jahren alt.
2. Die Probanden mussten einen Gymnasialabschluss haben.
3. Es durfte sich anamnestisch kein Hinweis auf eine Schlafstörung ergeben und auch nach der Adaptionsnacht keine Schlafstörung in der Polysomnographie objektivierbar sein.
4. Mindestens ein Jahr vor Versuchsbeginn durften alle Teilnehmer keine illegalen Drogen oder relevante ZNS-wirksame Medikamente eingenommen haben. Mit Ausnahme von Cannabis und/oder Ecstasy, welches sie einen Monat vor Beginn der Versuche nicht konsumiert haben durften. Rauchen war außerhalb der Gedächtnismessungen nicht ausdrücklich verboten. Es rauchten aber nur insgesamt fünf der Probanden. Deren mittlere Konsummenge lag bei  $5,6 \pm 4,0$  Zigaretten pro Tag, wobei sich keine Gruppenunterschiede ergaben.
5. Der Body-Mass-Index musste im Normbereich liegen.

6. Drei Tage vor Versuchsbeginn bestand Alkoholkarenz.
7. An den Versuchstagen durfte ab 14:00 Uhr kein Koffein eingenommen werden.

Ausschlusskriterien:

1. Psychische Erkrankungen.
2. Erkrankungen, welche die Schlafqualität beeinflussen könnten (Lungenerkrankungen, Herzerkrankungen, chronische Nierenerkrankungen, gastro-intestinale Erkrankungen, endokrinologische Erkrankungen, chronische Schmerzen, maligne Erkrankungen, chronische Infektionen, Epilepsien, extrapyramidalmotorische Erkrankungen, Polyneuropathien).
3. In der Adaptionsnacht zeigten sich Hinweise auf ein Restless-Legs- (>5/h PLM (periodic leg movements) mit EEG arousal) oder ein Schlafapnoe-Syndrom (>5/h Apnoen).

Insgesamt nahmen 79 Probanden, die den Einschlusskriterien genügten, teil. Davon waren 55 Frauen und 24 Männer. Bei 20 davon erfolgte nur eine unmittelbare Gedächtnistestung und keine Schlafmessung. Die übrigen 59 gehörten der eigentlichen Testgruppe an. Vor Beginn der Versuchs Nächte fand eine von einem erfahrenen Psychiater durchgeführte gründliche somatische und psychiatrische Eingangsuntersuchung statt.

Schließlich wurden der letzte Drogenkonsum, der tägliche Kaffee- (Tassen) und Zigarettenkonsum erfragt.

### **3.2 Das Schlaflabor**

Die Versuche fanden im Schlaflabor Haus 4 der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein, Campus Lübeck statt. Für die Messnächte standen vier Schlafräume und ein Überwachungsraum zur Verfügung. Die Tests wurden an den Computern in den Schlafräumen durchgeführt.

Die Schlafräume waren alle schallisoliert und boten die Möglichkeit der kompletten Verdunkelung. Die Datenübertragung zwischen Proband bzw. dem ihm anliegenden EEG und Computer erfolgte über Funkschnittstellen.

Eine kontinuierliche visuelle Überwachung der Probanden während der Versuchs Nächte wurde mittels Infrarot-Kameras gewährleistet.

### **3.3 Aufzeichnung des Schlaf-Elektroenzephalogramms**

In allen drei Messnächten (Adaptionsnacht, erste und zweite Messnacht) wurde das Schlaf-EEG kontinuierlich über mindestens acht Stunden von 22:00 Uhr bis 8:00 Uhr abgeleitet.

In allen drei Nächten wurde mit Geräten der Firma Somnomedics® das EEG, das Elektromyogramm (EMG) der Kaumuskulatur und das horizontale sowie vertikale Elektrokulogramm (EOG) abgeleitet. In der Adaptionsnacht wurde zusätzlich ein EMG der Beinmuskulatur aufgezeichnet, und den Probanden wurde ein Bauchgurt zur Registrierung der Bauchatmung umgelegt. Zudem kamen in der ersten Nacht ein Airflow zur Messung der Nasen- und Mundatmung und ein Pulsoximeter zur Bestimmung der Sauerstoffsättigung hinzu.

Das EMG der Beinmuskulatur wurde zur Feststellung eventueller Bewegungen der Beine, wie sie z. B. beim Restless-Legs-Syndrom auftreten, angelegt.

Die Ableitung des EEGs erfolgte via bipolarer Elektroden von beiden Hemisphären (C3 und C4), von frontalen und parietalen auf der Mittellinie liegenden Elektroden (Fz und Pz) und mit Referenzelektroden am korrespondierenden Mastoid (M1 und M2) der jeweils kontralateralen Kopfseite.

Die Aufzeichnung der horizontalen und der vertikalen Augenbewegungen erfolgte durch zwei Elektroden, eine über dem linken, die andere unter dem rechten Auge.

Die Ableitung des EMGs der Kaumuskulatur erfolgte durch zwei Elektroden, welche an der Unterseite des Unterkiefers im Bereich der Mundbodenmuskulatur angebracht wurden.

Die EEG-Ableitungen wurden mit Hilfe der standardisierten Technik nach Rechtschaffen und Kales (Rechtschaffen et al., 1968) mit dem Programm Klara, hinsichtlich Schlafkontinuität, Schlafarchitektur, REM-Schlaf, Arousal, Atmung sowie Muskelbewegungen in 30-Sekunden-Epochen durch erfahrenes und geschultes Personal visuell ausgewertet. Es wurden Schlafpolysomnographie-Geräte der Firma Somnomedics® verwendet. Die Filtereinstellungen für das EEG waren ein Hochpassfilter von 0,3 s und ein Tiefpassfilter von 30 Hz. Die Abtastrate betrug 500 Hz. Die Spindelauswertung für schnelle Spindeln erfolgte automatisiert unter der Elektrode Cz mit Hilfe der neu entwickelten Software der Firma Somnomedics® auf der Grundlage der von Gais et al. 2002 beschriebenen automatisierten Spindelauswertung: Nach Artefaktbereinigung und nach Filterung des EEG Signales mit einem 12-15 Hz Bandpass Filter wurde der Root

Mean Square (RMS) für alle 100 ms des gefilterten Signales berechnet. Dann wurde berechnet, wie kräftig die RMS Power einen konstanten Schwellenwert von 10  $\mu$ V für 0,5 - 3 Sekunden überschritt. Laut Gais et al. (2002) können so mehr als 95% der visuell gezählten Schlafspindeln detektiert werden.

### **3.4 Fragebögen**

Die in den folgenden Unterkapiteln beschriebenen und eingesetzten Fragebögen dienten zum einen der Kontrolle, dass sich die Gruppen nicht wesentlich unterschieden, zum anderen dem Ausschluss relevanter Störungen des Schlafes, der Stimmung oder des Alkoholgebrauches.

#### **3.4.1 Pittsburgher Schlafqualitätsindex (PSQI)**

Die Probanden mussten während der Eingangsuntersuchung den PSQI ausfüllen (siehe Anhang 2). Dieser wurde von Buysse und Mitarbeitern entwickelt und ins Deutsche übersetzt (Buysse et al., 1989). Er dient zur subjektiven Einschätzung des Schlafes. Neben Fragen zu möglichen organischen Ursachen für eine Schlafstörung (beobachtete Atemaussetzer oder unruhige Beine), die von dem jeweiligen Partner des Probanden beantwortet werden kann, enthält der PSQI 19 zusätzliche Fragen, in denen sich die Probanden selber beurteilen müssen. Es werden Fragen zu den individuellen Schlafgewohnheiten, der Schlafqualität, Schlaflatenz, Schlafdauer, Schlafeffizienz, Schlafmitteleinnahme und Tagesmüdigkeit gestellt. Die Probanden müssen eine von vier Antwortmöglichkeiten wählen. Jeder Antwort ist ein Komponentenwert zugeordnet, der nach einer Addition aller Einzelwerte eine Beurteilung von „keine Schwierigkeiten, den Schlaf betreffend“ bis „große Schwierigkeiten, den Schlaf betreffend“ ermöglichte. Dabei war es so, dass ein Gesamtwert von fünf oder mehr Punkten für eine schlechte Schlafqualität sprach. Zum Einschluss in die Studie musste das Ergebnis des PSQI weniger als fünf haben.

Die Validität und Zuverlässigkeit des PSQI konnte an Patienten mit primärer Insomnie im Vergleich zu Kontrollprobanden (gesund) nachgewiesen werden (Backhaus et al., 2002).

#### **3.4.2 Beck-Depression-Inventar (BDI)**

Der BDI ist ein von Beck 1961 entwickeltes Selbstbeurteilungsverfahren zur Erfassung der Schwere depressiver Symptomatik (siehe Anhang 3). Er enthält 21 Gruppen von verschiedenen Aussagen (A–U), innerhalb derer es jeweils vier Antwortmöglichkeiten gibt

(0-3), welche die Intensität der Antwort beschreiben. Die Probanden wurden angewiesen, die für die letzten sieben Tage am meisten zutreffende Antwort anzukreuzen.

In dem Fragebogen konnten 0–63 Punkte erlangt werden. Erreichte der Proband mehr als 18 Punkte, musste er von der Studie ausgeschlossen werden (Posch, 2010).

### **3.4.3 Emotionsfragebogen (Emo-Check)**

Mit dem Emo-Check und dem SEK-28 von Berking und Znoj (2008) lassen sich emotionale Zustände abfragen (Anhang 4). Edlinger und Hascher stellten 2008 fest, dass Stimmungen Einfluss auf kognitive Prozesse in der Aufnahme, Selektion, Verarbeitung und im Abrufen von Informationen sowie auf das Erleichtern oder Blockieren von verschiedenen Formen des Denkens haben.

Der erste Teil des Emo-Checks stellt ein Emotions-Inventar dar, welches grundlegende emotionale Zustände abfragt. Der zweite Teil befasst sich mit grundlegenden Kompetenzen im Umgang mit Emotionen: Aufmerksamkeit für Gefühle, Körperwahrnehmung, Klarheit, Verstehen, Akzeptanz von Gefühlen, Gefühle tolerieren und aushalten können, Konfrontationsbereitschaft, Selbstunterstützung und Regulationskompetenzen.

Es wurden die Ausprägungen der einzelnen Kompetenzen in der jeweils zurückliegenden Woche erfasst. Somit konnte eingeschätzt werden, ob eventuelle starke emotionale Einflüsse die Lern- und Abfragephasen beeinflussten (vgl. [www.psyprasoft.de/EmoCheck.html](http://www.psyprasoft.de/EmoCheck.html)).

### **3.4.4 Alcohol Use Disorders Identification Test (AUDIT)**

Der AUDIT (Babor et al., 1993) ist ein von der WHO empfohlener Fragebogen zur Screening-Diagnostik alkoholbezogener Störungen (Anhang 5). Er fokussiert insbesondere auf die Identifizierung von Personen mit gefährlichem Alkoholkonsum.

Die Datenerhebung beruhte auf Selbstaussagen der Betroffenen zu 10 Fragen. Dabei bezogen sich drei Fragen auf den Alkoholkonsum, drei auf eine Alkoholabhängigkeit und vier auf Alkoholmissbrauch.

Es konnten minimal 0 Punkte und maximal 40 Punkte erreicht werden. Eine Punktzahl von 8 oder mehr zeigt, laut Babor et al. (2001), einen gefährlichen und schädlichen Alkoholkonsum an (entnommen aus [www.forel-klinik.ch](http://www.forel-klinik.ch)).

### 3.5 Tests

#### 3.5.1 Raven Advanced Progressive Matrices (Raven-APM):

Der Raven-APM ist ein IQ-Test, bei dem es darum geht, ein vorhandenes Muster (Abbildung 3) zu verstehen und das darin fehlende Zeichen aus einer Reihe möglicher Zeichen richtig auszuwählen.

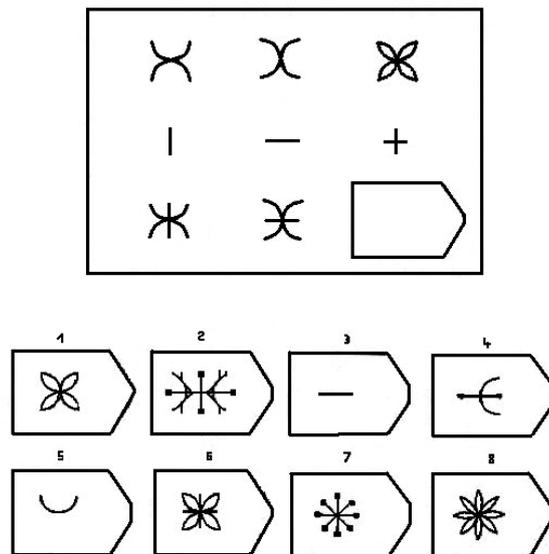


Abbildung 3 : Beispiel für ein Muster aus dem Raven-APM. Aus den acht möglichen unter dem Kasten muss das richtige Zeichen ausgewählt werden. (Quelle: <http://career-test.de/pics/raven.jpg>)

Dieser IQ-Test wurde ursprünglich von John C. Raven 1936 entwickelt. Der Advanced Progressive Matrices (APM) - Test ist in erster Linie für hochbegabte Erwachsene und Jugendliche geeignet. Er wurde in dieser Studie verwendet, da eine der Grundvoraussetzungen für die Teilnahme an der Studie das Abitur war.

Er besteht aus zwei Teilen. Der erste Teil beinhaltet zwölf und der zweite Teil 36 Muster, welche die Probanden ergänzen mussten. Alle Muster sind so aufgebaut, wie es unter Abbildung 3 zu sehen ist. Für die Bearbeitung beider Teile zusammen hatten die Probanden 60 Minuten Zeit.

Mit diesem Test werden zwei Hauptkomponenten der allgemeinen Intelligenz (Spearman, 1915) gemessen. Dies sind zum einen die deduktiven Fähigkeiten und zum anderen die reproduktiven Fähigkeiten.

### **3.5.2 Digit Span (Zahlenspannen)**

Mit dem Abfragen von Zahlenspannen testet man das auditive Kurzzeitgedächtnis (Torgesen und Houck, 1989), bzw. die Aufmerksamkeit / Ablenkbarkeit (Case und Globerson, 1974, Tarver und Hallahan, 1974). Digit Span wurde einmal vor der Lernphase und nach der Abfrage durchgeführt. Zur Vermeidung von kognitiven Überlagerungen musste auf den Zeitpunkt der Durchführung des Digit Span geachtet werden.

Der Test besteht aus einer vorwärts und aus einer rückwärts-Abfrage. Bei der vorwärts-Abfrage werden Zahlenspannen vorgelesen und der Proband muss diese korrekt und direkt wiederholen (z. B.: 8, 3, 2). Begonnen wird mit einer 3er-Zahlenspanne. Nach jedem erfolgreichen Wiederholen erweitert sich die Zahlenspanne um eine zusätzliche Zahl. Bei nicht korrekter Wiedergabe der Zahlenspanne wurde eine zweite Zahlenreihe gleicher Länge angeboten. Wenn diese ebenfalls nicht korrekt wieder gegeben werden konnte, wurde die Testung beendet und die letzte korrekt wieder gegebene Zahlenspanne als Höchstwert bei dem Probanden eingetragen. Wurde eine maximale Zahlenspanne von zehn erfolgreich wieder gegeben, wurde der Test damit abgeschlossen.

Die Testung der Rückwärts-Abfrage war gleich aufgebaut, die Zahlenspannen mussten jedoch von dem Probanden rückwärts wiedergegeben werden. (Minimum 2er- und Maximum 7er-Zahlenspanne). Die vier verschiedenen Versionen des Digit Span - Testes findet man als Anhang Nr. 6.

### **3.5.3 Antonyme-Testung**

#### **3.5.3.1 Lernlisten der Antonyme**

Die Lernlisten sind in Anlehnung an die Testung von Curran und Hildebrandt (1999) erstellt worden (Kapitel 1.3). Die Probanden bekamen Lernlisten (erstellt mit Power-Point®), welche immer nach dem gleichen Schema aufgebaut waren, auf einem Monitor präsentiert. Es wurden Wortpaare gezeigt, die dem Grundprinzip von Antonymen folgten. z. B.: Schwarz–Weiß oder Nord–Süd.

Insgesamt wurden 60 Wortpaare erstellt und auf zwei verschiedene Lernlisten (Lernen 1 und Lernen 2) mit je 30 Wortpaaren verteilt (Anhang 7).

Zu Beginn einer jeden Liste stand ein komplettes Wortpaar (z.B.: Ost – West). Auf dieses komplette Wortpaar folgte ein inkomplettes Wortpaar (z.B.: Tief – H...). Der Proband musste das zweite Wort des inkompletten Wortpaares selber generieren (in diesem Fall:

„Hoch“). Lernen 1 und Lernen 2 unterschieden sich ausnahmslos - kein Wort kam in beiden Listen vor.

Beide Listen wurden zudem noch in Lernen 1A und 1B und Lernen 2A und 2B unterteilt. Die Wortpaare der jeweiligen Listen blieben gleich. Wörter in Lernen 1A waren ebenfalls in Lernen 1B vorhanden. Die Wortpaare, die in Lernen 1A komplett waren, waren in Lernen 1B inkomplett. Genauso war es in Lernen 2. Alle inkompletten Wortpaare von Lernen 2A waren in Lernen 2B komplett. Jeder Proband lernte eine der Listen, die insgesamt über alle Probanden der Studie ausbalanciert dargeboten wurden.

Der Proband konnte mit der linken Maustaste die Präsentation selber starten. Es wurde sechs Sekunden lang ein komplettes bzw. ein inkomplettes Wortpaar gezeigt. Dann folgte für zwei Sekunden ein schwarzer Bildschirm, und es wurde erneut ein komplettes bzw. inkomplettes Wortpaar für sechs Sekunden gezeigt. Der Proband wurde angewiesen, sich die Wortpaare einerseits zu merken und andererseits in Zimmerlautstärke auszusprechen.

#### 3.5.3.2 Abfrageliste der Antonyme

Bei der Abfrage wurde sich der Wörter beider Listen bedient (insgesamt 60 Wortpaare). Es wurde von jedem Wortpaar (egal ob komplett oder inkomplett) das zweite Wort in der Abfrageliste ausgeschrieben dargestellt: Wurde in der Lernliste das Wortpaar „Ost–West“ gezeigt, war in der Abfrageliste nur das Wort „West“ erfragt. Und wenn in der Lernliste das inkomplette Wortpaar „Tief – H...“ gezeigt wurde, war in der Abfrageliste das Wort „Hoch“ (komplett ausgeschrieben) gezeigt.

Die Abfrageliste bestand demnach aus 60 Wörtern, von denen 30 Wörter dem Probanden zuvor in der Lernphase gezeigt wurden und 30 Wörter, die dem Probanden unbekannt waren.

Zu jedem gezeigten Wort bekam der Proband die folgenden Fragen gestellt.

1. War das Wort beim Lernen dabei?
  - a. Ja
  - b. Nein
2. Bei „Ja“: Wie sicher sind Sie sich, dass das Wort vorgekommen sein soll?
  - a. ganz sicher = ich erinnere mich genau an das Wort und die Darbietung

- b. Ziemlich sicher = ich weiß, es war dabei, aber ich erinnere mich nicht konkret an die Darbietung des Wortes (komplett/inkomplett)
- c. Vermutung

Bei „Nein“: wie sicher schließen Sie das Wort aus?

- d. Ganz sicher = ich erinnere mich genau, dass das Wort nicht vorgekommen ist
- e. Ziemlich sicher = ich weiß, es war nicht dabei, aber ich erinnere mich nicht konkret daran
- f. Vermutung

### 3. Wurde das Wort von Ihnen

- a. Generiert
- b. Vorgelesen
- c. Oder wissen Sie es nicht mehr?

Mit der Frage 1 wurde das semantische Gedächtnis (inklusive dem episodischen Gedächtnis) abgefragt. In Frage 2 sollte das Remember-Know-Guess Paradigma abgefragt werden, wobei hier bei der Bejahung "ganz sicher" für episodisches Gedächtnis gezählt wurde. Die Probanden erhielten nämlich die Instruktion: Geben Sie "ganz sicher" an, wenn Sie sich genau an die Umstände der Präsentation erinnern oder genau erinnern, dass das Wort nicht vorkam. Die Aussagen "ziemlich sicher" und "Vermutung" konnten weder dem semantischen noch dem episodischen Gedächtnis sicher zugeordnet werden. Diese Antworten leisten somit inhaltlich keinen Beitrag zur Erfassung episodischer Gedächtnisleistung. Außerdem würde ihre Auswertung die Zahl multipler Testungen und damit den  $\beta$ -Fehler (falsche Zurückweisung der  $H_0$ -Hypothese) unnötig erhöhen.

Mit der Frage 3 sollte das episodische Gedächtnis des Probanden objektiviert werden, indem die Art der Darbietung abgefragt wurde. Die Probanden wussten zuvor nicht, dass diese Abfrage kommen würde.

Für die Abfrage wurde ein Programm mit Hilfe von Eprime® geschrieben. Die Abfragewörter wurden zufallsverteilt dargeboten. So bekam kein Proband die gleiche Reihenfolge der Abfragewörter vorgelegt.

## **3.6 Ablauf der Messnächte**

### **3.6.1 Eingangsuntersuchung**

Vor der Adaptionnacht fand eine Eingangsuntersuchung statt. Diese beinhaltete den Beck Depressions Inventar (BDI, Beck et al., 1961), den Pittsburgh Schlafqualitätsindex (PSQI, Buysse et al., 1989) und den Alcohol Use Disorders Identification Test (AUDIT, Babor et al., 1993). Der Proband wurde über den Inhalt der Studie aufgeklärt und einer internistischen, neurologischen und psychiatrischen Anamnese/Untersuchung unterzogen.

Er wurde ebenfalls nach Drogen (Alkohol, Nikotin max. 25 Zigaretten/Tag, Koffein), illegalen Drogen (Nichteinnahme von Cannabis und Ecstasy einen Monat vor der Studie, keine Einnahme sonstiger illegaler Drogen) und der hormonellen Verhütung gefragt.

Wenn all das durchgeführt worden war und der Proband aufgrund pathologischer Befunde oder regelmäßigem Drogenkonsums nicht ausschied, fand die Randomisierung statt.

### **3.6.2 Adaptionnacht**

Um 19:45 Uhr kam der Proband in das Schlaflabor und führte den Raven-APM-Test durch. Hiernach wurden folgende Elektroden für die Schlaf-Polysomnographie angebracht (Somnomedic®): Cz, Fz, C3, C4, Pz, A1 und A2. Hinzu kamen das EMG der Beine und der Kaumuskulatur, das EOG, das EKG und es wurden respiratorische Parameter festgestellt. Auch ein Pulsoxymeter und ein Bauchgurt zur Feststellung der Thoraxbewegungen wurden angelegt.

Im Anschluss daran fand die Bioeichung der Messgeräte statt. Der Proband wurde aufgefordert, bestimmte Aufgaben zu erfüllen, wie z.B. Augenrollen, Blinzeln, Bewegen der Füße oder schnelles Atmen. Diese Aktivitäten wurden im EEG des jeweiligen Probanden am Computer markiert, um sie als Vergleich bei der späteren Auswertung verwenden zu können.

Die Ableitungsdauer betrug acht Stunden. Um eine Anpassung an die gewohnten Bettzeiten zu ermöglichen, konnten die Probanden zwischen fünf Bettzeiten wählen:

Bettzeit 1: 22:00-06:00

Bettzeit 2: 22:15-06:15

Bettzeit 3: 22:30-06:30

Bettzeit 4: 22:45-06:45

Bettzeit 5: 23:00-07:00.

Der Proband ging entsprechend seiner Bettzeit ins Bett und wurde entsprechend wieder geweckt.

### **3.6.3 Messnächte**

Der Proband kam um 19:30 Uhr ins Schlaflabor. Über eine Atemalkoholmessung wurde sichergestellt, dass der Proband nicht alkoholisiert war.

Um ca. 20 Uhr begann das Anbringen der EEG Elektroden. Es wurden folgende Elektroden geklebt: Cz, Fz, C3, C4, A1, A2, EOG, EMG und EKG analog zur Adaptionsnacht (Somnomedics®), jedoch wurde der Pulsoxymeter, das EMG an den Beinen, die Messung der respiratorischen Parameter und der Bauchgurt zur Messung der Thoraxbewegungen weggelassen. Sie dienten in der Adaptionsnacht nur der Feststellung pathologischen Schlafverhaltens, welches zum Ausschluss aus der Studie geführt hätte.

Falls der Proband der Schlafbedingung zugeteilt war, begann für ihn nach dem Anbringen der Elektroden die Lernphase. Hierfür füllte er zuvor einen Emotionsfragebogen (Emo-Check, Berking & Znoj, 2008) aus.

Entsprechend der individuellen Bettzeiten wurden nach der Bioeichung das Licht gelöscht die Ableitungen gestartet.

Entsprechend der individuellen Bettzeiten wurde der Proband zwischen 06:00 und 07:00 Uhr geweckt. Ungefähr 45 bis 60 Minuten nach dem Wecken wurde, falls der Proband in der Schlafbedingung war, das am Vortag Gelernte abgefragt. Falls der Proband der Wachbedingung angehörte, begann für ihn die Lernphase mit dem Ausfüllen des Emotionsfragebogens.

War der Proband in der Wachbedingung, kam er zum ausgemachten Zeitpunkt nachmittags in das Schlaflabor zur Durchführung der Abfrage. Der Zeitpunkt lag circa 10 Stunden nach dem Lernen.

### 3.7 Aufbau der Testungen

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine klinisch-experimentelle Arbeit. Die Probanden wurden randomisiert zwei Bedingungen zugeordnet, einer Lernbedingung vor dem Schlafen und einer Lernbedingung am Morgen. Die Abfrage erfolgte jeweils entweder am Morgen nach einer durchgeschlafenen Nacht oder nach einem gleichen Zeitintervall am Nachmittag. Auf eine Abfrage unmittelbar nach dem Lernen wurde verzichtet, da diese mit der Erinnerung der Darbietung hätte interferieren können und, da sie die Probanden darauf aufmerksam gemacht hätte, dass die Art der Darbietung für die Abfrage von Bedeutung war. Um einen Eindruck von der Behaltensleistung direkt nach dem Lernen zu bekommen, wurde später eine zusätzliche Kohorte rekrutiert, die unmittelbar im Anschluss an das Lernen abgefragt wurde. Lernen und Abfrage erfolgte also abhängig von der Bedingung zu unterschiedlichen Zeitpunkten (Abbildung 4).

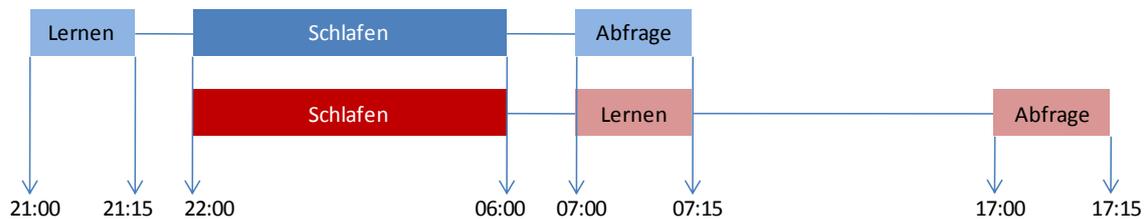


Abbildung 4: Schematische Darstellung der Schlaf (blau)- und Wachbedingung (rot) der Testgruppe.

Zur Kontrolle der Aufmerksamkeit wurden alle Probanden vor der Lernphase bezüglich ihrer Fähigkeit, sich Zahlenspannen kurzfristig zu merken, getestet. Die Schlaf- und Wachbedingung wurden erneut nach der Abfrage getestet, die Probanden der Sofortbedingung wurden nur einmal getestet. Die vorliegende Studie wurde zusammen mit einer Studie zur Testung einer künstlichen Grammatik und dessen Beeinflussung durch den Schlaf durchgeführt. Es wurden die gleichen Probanden verwendet. Die Probanden der Wachbedingung wurden in der Parallelstudie jedoch einer Schlafbedingung zugeordnet und umgekehrt. Diese zweite Studie ist jedoch Thema einer anderen Doktorarbeit und soll hier deshalb nicht weiter erläutert werden. Die Randomisierung zu den Bedingungen erfolgte über das Ziehen eines Briefes.

### 3.7.1 Testgruppe und Sofortbedingung

Die Testgruppe bestand aus den Probanden der Wach- und der Schlafbedingung. Die Anzahl der Probanden der Testgruppe betrug zusammen  $n = 59$ . 28 Probanden wurden der Wach-, und 31 Probanden der Schlafbedingung zugeordnet. Der Anteil der Frauen betrug 69,6 % ( $n = 55$ ). Durch die Randomisierung waren 65% der Probanden der Schlafbedingung Frauen ( $n = 20$ ), gegenüber 79% in der Wachbedingung ( $n = 22$ ). Jeder Proband der Testgruppe blieb drei Nächte. Die erste Nacht war die Adaptionsnacht, in den beiden folgenden Nächten wurden die Gedächtnistestungen zu den Antonymen oder zur künstlichen Grammatik durchgeführt.

Wachbedingung:

Bei dieser Methode kamen die Probanden ins Schlaflabor und schliefen ca. acht Stunden. Dann wurde am Morgen die Lernphase der Antonyme durchgeführt. Nach dem Test gingen die Probanden tagsüber eigenen Aktivitäten nach. Die Wachbedingungen beinhalteten jedoch, dass sie in dieser Zeit keinen Sport machten, keinen Kaffee tranken und keinen Mittagsschlaf halten durften. Nach zehn Stunden (gegen 17 Uhr) kamen die Probanden erneut ins Schlaflabor, und es wurden die morgens gelernten Antonyme abgefragt.

Schlafbedingung:

Hierbei fand die Lernphase der Antonyme statt, bevor die Probanden schlafen gingen. Nach zehn Stunden, von denen sie optimaler Weise acht Stunden schliefen, wurden die am Abend zuvor gelernten Aufgaben abgefragt.

Sofortbedingung:

Die Sofortbedingung, bestehend aus  $n = 20$  Probanden, wurde zur besseren Einschätzung der unmittelbaren Behaltensleistung nachträglich mit in die Studie eingeschlossen. Die Probanden der Sofortbedingung bekamen die gleichen Aufgaben wie die Testgruppe. Sie wurden jedoch direkt nach der Lernphase abgefragt.

Die Probanden der Sofortbedingung erschienen an zwei Tagen im Schlaflabor. Am ersten Tag wurde die Eingangsuntersuchung durchgeführt. Dabei bestand ihre Aufgabe darin, verschiedene Fragebögen auszufüllen und verschiedene Tests durchzuführen. Zu den Fragebögen gehörten der PSQI, der BDI und der AUDIT. Zudem unterzogen die

Probanden sich noch dem Raven-APM-Test. Ebenfalls wurden verschiedene psychische und physische Erkrankungen ausgeschlossen.

Die Auswahlkriterien der Probanden der Sofortbedingung entsprachen denen der Testgruppe, um beide Gruppen vergleichen zu können.

Am zweiten Tag erschienen die Probanden, wie zuvor ausgemacht, entweder morgens in der Zeit von 7:30 Uhr bis 9:30 Uhr oder abends in der Zeit von 19:30 Uhr bis 22:30 Uhr zum Lernen und zur Abfrage.

### **3.8 Datenreduktion und statistische Auswertung**

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm „SPSS® für Windows®“, Version 17. Für die Analyse der Schlafdaten wurden die Daten der Adaptionsnacht, der ersten und der zweiten Messnacht verwendet. In Abhängigkeit von einer Normalverteilung wurden parametrische bzw. nonparametrische Verfahren eingesetzt.

In den im Kapitel 4 dargestellten Abbildungen ist die Standardabweichung durch einen zusätzlichen T-Strich eingezeichnet, welcher in der dazugehörigen Abbildung mit dem Symbol  $\sigma$  genau beziffert wird. Zusätzlich werden die dazugehörigen T- und p-Werte angegeben. Auch bei den Angaben in Tabellen und Text werden, sofern nicht anders angegeben, das arithmetische Mittel  $\pm$  Standardabweichung als deskriptive Kennwerte gegeben. Die Effektstärken (ES) bei t-Test-Vergleich wurden berechnet aus der Differenz der arithmetischen Mittelwerte der Vergleichsgruppen dividiert durch die gemittelte Standardabweichung der beiden Vergleichsgruppen (Wampold, 2001). Die vorgenommenen Varianzanalysen erfolgten zum einen als 2 x 2 ANOVA mit den Faktoren "Darbietung", d.h. ob das Anonym-Paar vorzulesen oder zu generieren war und den Faktoren "Gruppe", d.h. der Schlafbedingung versus der Wachbedingung. In Bezug auf die Testung der Aufmerksamkeitsspanne erfolgte die 2 x 2 ANOVA mit den Faktoren "Gruppe" und "Zeit", d.h. Lernen versus Abfrage. Bei Varianzanalysen wurde das partielle Eta-Quadrat als Maß der ES genommen. Die ES-Werte wurde auf eine Stelle hinter dem Komma genau angegeben.

Die durchgeführten Korrelationen erfolgten nach Pearson. Da es sich um eine teilweise explorative Studie handelt, wurde auf Korrekturen für multiple Testungen zunächst verzichtet. So wurde auch bei den Varianzanalysen als post hoc Verfahren der paarweise Vergleich mittels Least-Significant Difference (LSD) gemacht. Erst im Anschluss hieran

wurden für die post hoc Testungen Korrekturen für multiple Testung erklärt und ergänzend vorgenommen.

# 4 Ergebnisse

## 4.1 Die Teilnehmer

In die Studie wurden insgesamt 79 Probanden (20 aus der Sofortbedingung, 59 aus der Wach- und Schlafbedingung) mit einem mittleren Alter von  $23,5 \pm 2,9$  Jahren aufgenommen. Sie erfüllten alle die unter 3.1 aufgelisteten Voraussetzungen. Die Gruppen unterschieden sich erwartungsgemäß nicht in Raven-APM, BDI, PSQI, AUDIT und Emo-Check (Tabelle 1). Der BDI, PSQI und AUDIT zeigen zudem, dass keine Depression, keine Schlafstörung und keine Alkoholprobleme bestanden.

*Tabelle 1: Übersicht über die Ergebnisse der durchgeführten Tests*

		Raven-APM-Test	BMI $\text{kg}/(\text{m}^2)$	BDI	PSQI	AUDIT	EMO-Check
<b>Schlafbedingung</b>	Mittelwert der erreichten Punktzahl	25,58	22,24	1,45	2,77	3,90	2,99
	Standardabweichung	4,02	2,02	1,86	1,23	1,96	0,49
<b>Wachbedingung</b>	Mittelwert der erreichten Punktzahl	26,89	21,92	1,14	2,79	2,70	2,91
	Standardabweichung	3,62	1,96	1,72	1,32	1,68	0,56
<b>Sofortbedingung</b>	Mittelwert der erreichten Punktzahl	26,80	21,99	1,10	2,30	3,47	2,75
	Standardabweichung	4,09	1,90	1,55	1,38	1,65	0,42

Über die Gesamtstichprobe, inklusive der Sofortbedingung, hinweg waren 69,6% der Probanden weiblich ( $n = 55$ ) und 30,4% waren männlich ( $n = 24$ ).

Über die verschiedenen Bedingungen hinweg ergab sich kein Unterschied zwischen den Ergebnissen der Männer und Frauen in Bezug auf die Gedächtnisabfrage (Frage 1: Männer:  $44,9 \pm 6,0$  versus Frauen:  $45,5 \pm 4,9$  richtige Antworten,  $T = 0,45$ ,  $p = 0,66$ ; Frage 3: Männer:  $11,6 \pm 5,2$  versus Frauen:  $13,8 \pm 5,4$  richtige Antworten,  $T = 1,6$ ,  $p = 0,11$ ).

## 4.2 Konsolidierung der deklarativen Gedächtnisinhalte

### 4.2.1 Vergleich zwischen den Ergebnissen der Probanden der Schlafbedingung und der Wachbedingung

Die Probanden der Schlaf- und der Wachbedingung verbesserten sich von der Lernphase zur Abfrage im Erinnern der Zahlenspannen ( $7,3 \pm 1,6$  versus  $7,9 \pm 1,6$  beim Lernen und  $7,9 \pm 1,6$  versus  $8,4 \pm 1,7$  bei Abfragen,  $F(1,56) = 11,5$ ,  $p < 0,01$ ), aber es ergab sich kein Unterschied zwischen den Gruppen oder in der Interaktion zwischen Zeitverlauf und Gruppen.

In Bezug auf Frage 1 unterschieden sich die Probanden der Schlaf- und der Wachbedingung nicht in den richtigen Antworten. Von 60 möglichen richtigen Antworten in Frage 1 erreichten die Probanden  $44,2 \pm 5,0$  versus  $44,0 \pm 4,98$  ( $T = 0,13$ ,  $p = 0,90$ ). In Bezug auf Frage 3 ergab sich dagegen ein signifikanter Unterschied. Hier waren die Probanden der Schlafbedingung besser (von 30 richtigen Zuordnungsmöglichkeiten waren  $13,8 \pm 5,4$  richtig, gegenüber  $10,8 \pm 5,1$ ,  $T = 2,1$ ,  $p = 0,04$ ,  $ES = 0,6$ ).

Eine  $2 \times 2$  ANOVA für das Erinnern der Antonyme (im Sinne Frage 1) unter Berücksichtigung der Darbietung beim Lernen erbrachte einen signifikanten Effekt durch die Darbietung ( $F(1,55) = 74,5$ ,  $p < 0,01$ ,  $ES = 0,6$ ), einen signifikanten Gruppenunterschied ( $F(1,55) = 7,7$ ,  $p < 0,01$ ,  $ES = 0,1$ ) und einen signifikanten Interaktionseffekt für die Art der Darbietung  $\times$  Bedingung ( $F(1,55) = 5,4$ ,  $p = 0,02$ ,  $ES = 0,1$ ).

Für die Probanden beider Bedingungen war es schwieriger die Wörter, die sie nur vorgelesen hatten, richtig wiederzuerkennen (dies ergab die Auswertung der Frage 1: „War das Wort beim Lernen dabei?“). Es fiel ihnen leichter, sich an zu generierende Wörter richtig zu erinnern. Von insgesamt 15 Wörtern, die generiert wurden, wurden im Mittel bei den Probanden der Schlafbedingung  $12,79 \pm 1,99$  Wörter und bei den Probanden der Wachbedingung  $11,96 \pm 2,47$  Wörter als gelernt richtig erkannt. Hier gibt es keinen Gruppenunterschied ( $T = 1,40$ ,  $p = 0,17$ ).

Bei den 15 Wörtern, die in der Lernphase nur von den Probanden vorgelesen wurden, wurden in der Schlafbedingung  $10,90 \pm 2,61$  Wörter und in der Wachbedingung  $8,68 \pm 2,36$  Wörter als gelernt richtig erkannt ( $T = 3,36$ ,  $p < 0,01$ ,  $ES = 0,90$ ). Auch, wenn man wegen multipler Testung (post hoc Analyse sowohl der generierten, als auch der vorgelesenen

Wortpaare) hier den Signifikanzwert anpasst und auf 0,025 halbiert, bleibt dieser Gruppen-Unterschied also signifikant.

Der Unterschied im Erinnern der generierten versus der gelesenen Wortpaare war über beide Stichproben signifikant ( $12,39 \pm 2,26$  versus  $9,81 \pm 2,71$ ,  $T=8,28$ ,  $p < 0,01$ ,  $ES = 1,01$ , gepaarter T-Test).

Somit kann festgehalten werden, dass der oben erläuterte Unterschied im Lernerfolg der Wortpaare zwischen der Schlafbedingung und der Wachbedingung nur auf die nicht selbst generierten Wörter zurückzuführen war. Generierte Wörter wurden in beiden Bedingungen gleich gut erinnert.

Eine 2 x 2 ANOVA für die Ergebnisse zu Frage 3 der Antonyme „Wurde das Wort von Ihnen generiert oder vorgelesen?“ erbrachte wieder einen signifikanten Effekt der Darbietung beim Lernen auf das Ergebnis bei Frage 3 ( $F(1,55) = 18,9$ ,  $p < 0,01$ ,  $ES = 0,3$ ) und einen signifikanten Gruppenunterschied ( $F(1,55) = 4,4$ ,  $p = 0,04$ ,  $ES = 0,1$ ). Der Interaktionseffekt war nicht signifikant. Die Probanden der Schlafbedingung konnten also insgesamt besser korrekt zuordnen ( $13,8 \pm 5,4$  versus  $10,8 \pm 5,1$ ,  $T = 2,1$ ,  $p = 0,04$ ,  $ES = 0,6$ ). Für die Zielwörter, die sie zuvor selber generiert hatten, waren die Zuordnungen im Trend häufiger richtig ( $7,93 \pm 3,13$  versus  $6,43 \pm 3,16$ ,  $T = 1,80$ ,  $p = 0,08$ ,  $ES = 0,5$ ). Auch für Wörter, welche sie beim Lernen vorgelesen hatten, ergab sich ein deutlicher Trend für ein besseres Ergebnis der Schlafbedingung ( $5,83 \pm 3,64$  versus  $4,39 \pm 2,77$ ,  $T = 1,68$ ,  $p = 0,09$ ,  $ES = 0,5$ ). Bei Korrektur der post hoc Analyse für multiple Testung, waren damit die Unterschiede für die einzelnen Lernbedingungen nicht signifikant.

Beide Gruppen erinnern also auch in Bezug auf Frage 3 mehr generierte Antonyme als gelesene ( $T = 5,5$ ,  $p < 0,01$ ,  $ES = 0,6$ , gepaarter T-Test, siehe auch Abbildung 5).

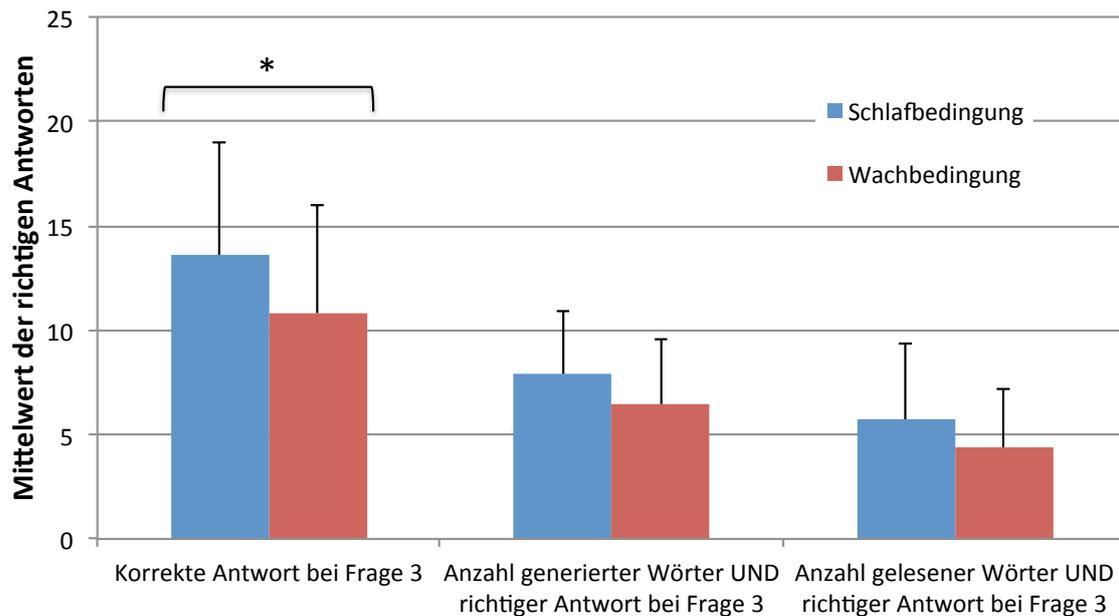


Abbildung 5 : Richtige Antwort auf die Frage „Wurde das Wort von Ihnen generiert oder vorgelesen?“. \* bedeutet:  $p < 0,05$

In Bezug auf die Frage, wie sicher sich die Probanden waren, dass sie sich genau erinnerten, wie das Wort präsentiert oder nicht präsentiert wurde (Frage 2), gab es keinen Unterschied zwischen der Wachbedingung und der Schlafbedingung. Im Mittel gaben die Probanden der Schlafbedingung  $26,52 \pm 8,71$  richtige Antworten, während die Probanden der Wachbedingung im Mittel  $24,79 \pm 7,90$  richtige Antworten auf Frage 1 gaben und gleichzeitig sehr sicher waren, sich genau an die Präsentation zu erinnern ( $T = 0,78$ ,  $p = 0,44$ ). Während jedoch die Sicherheit der Probanden der Schlafbedingung mit der Anzahl korrekter Antworten auf Frage 3 hoch signifikant korrelierte (Abbildung 6) ( $r = 0,72$ ,  $p < 0,01$ ) war dies bei den Probanden der Wachbedingung nicht so deutlich (Abbildung 7) ( $r = 0,36$ ,  $p = 0,06$ ).

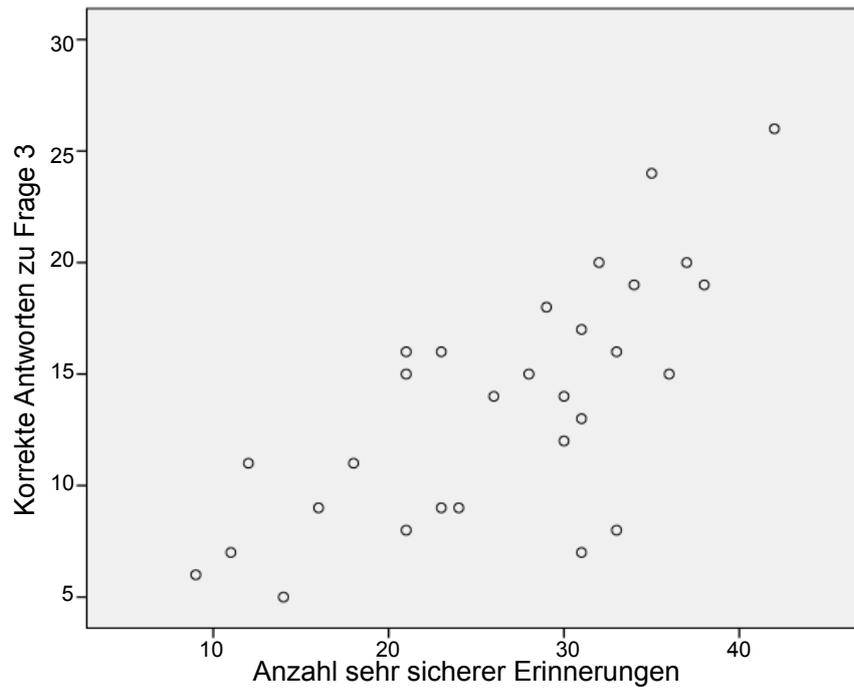


Abbildung 6: Pearson Korrelation zwischen der subjektiv als sehr sicher eingeschätzten Erinnerung der Darbietung der Antonympaare beim Lernen und der korrekten Zuordnung dieser Antonympaare bei den Probanden der Schlafbedingung.  $r = 0,72$ .

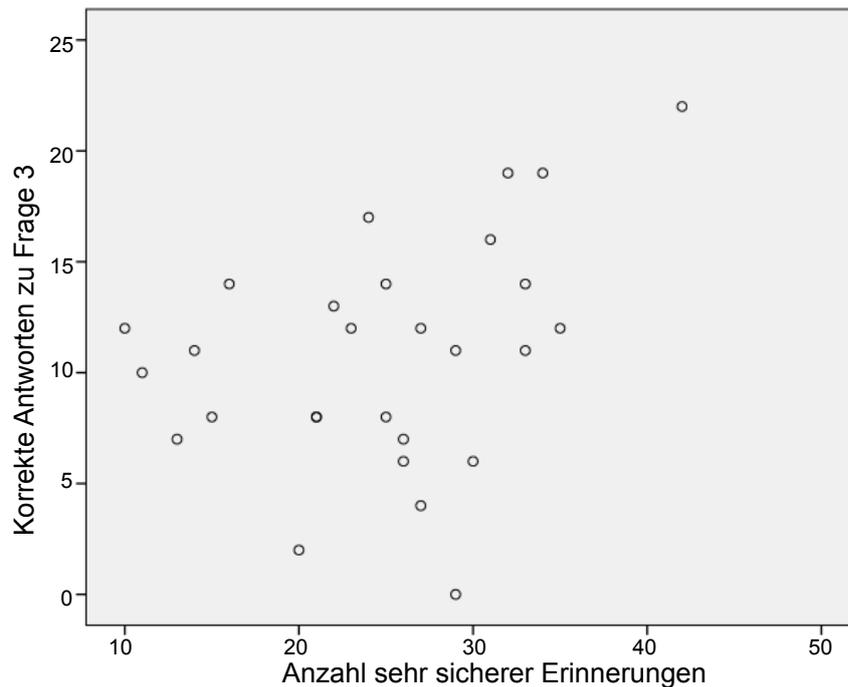


Abbildung 7: Pearson Korrelation zwischen der subjektiv als sehr sicher eingeschätzten Erinnerung der Darbietung der Antonympaare beim Lernen und der korrekten Zuordnung dieser Antonympaare bei den Probanden der Wachbedingung.  $r = 0,36$ .

#### **4.2.2 Vergleich der Sofortbedingung mit der Schlafbedingung und der Wachbedingung**

Die später rekrutierten Probanden der Sofortbedingung wurden nur einmalig in Bezug auf die Zahlenspannen-Wiedergabe getestet. Die einfaktorielle ANOVA für das erste Testen der Zahlenspanne erbrachte einen Trend für einen Unterschied zwischen den Bedingungen ( $F(2,75) = 2,5$ ,  $p = 0,09$ ). Die post hoc Analyse zeigte einen signifikant besseres Abschneiden der Sofortbedingung ( $8,3 \pm 1,4$ ) gegenüber der Nachtbedingung ( $7,3 \pm 1,6$ ,  $p = 0,04$ ,  $ES = 0,7$ ), aber nicht beim Vergleich mit der Wachbedingung oder zwischen Schlaf- und Wachbedingung. Bei entsprechender Korrektur für multiple Testung ( $p < 0,05/3 = 0,017$ ) wäre der Unterschied in Bezug auf die Zahlenspannen zwischen keiner der Gruppen signifikant.

Die einfaktorielle ANOVA für die Anzahl der richtig wiedererkannten Antonympaare (Frage 1) erbrachte keinen signifikanten Unterschied zwischen den drei Gruppen.

Eine Varianzanalyse der richtigen Antworten zu Frage 1 unter Berücksichtigung der Art der Darbietung der Antonyme beim Lernen und im Vergleich mit allen drei Bedingungen erbrachte dagegen einen signifikanten Unterschied für die Auswirkung der Darbietung beim Lernen ( $F(1,74) = 85,8$ ,  $p < 0,01$ ,  $ES = 0,5$ ) und einen Gruppeneffekt ( $F(2,74) = 4,4$ ,  $p = 0,02$ ,  $ES = 0,1$ ), aber keinen Interaktionseffekt der Darbietung x Gruppe ( $F(2,74) = 2,4$ ,  $p = 0,10$ ,  $ES = 0,1$ ). In der post hoc Analyse unterschieden sich die Nachtbedingung von den beiden anderen ( $p < 0,01$  für Schlaf- versus Wachbedingung,  $p = 0,03$  für Schlaf- versus Sofortbedingung), die sich untereinander jedoch nicht unterscheiden ( $p = 0,30$ ). Bei Korrektur des p-Wertes wegen multipler Testung ( $0,05/3 = 0,017$ ) bliebe nur der Unterschied zwischen der Schlaf- und der Wachbedingung signifikant.

Verglich man -trotz fehlenden Interaktionseffektes Gruppe x Art der Darbietung- die Schlafbedingung mit der Sofortbedingung in Bezug auf die korrekt erinnerten vorgelesenen Wortpaare, so zeigte sich, dass hier die Probanden der Schlafbedingung bessere Ergebnisse aufwiesen ( $10,90 \pm 2,61$  versus  $9,0 \pm 3,04$ ,  $T = 2,34$ ,  $p = 0,02$ ,  $ES = 0,7$ ). Für das korrekte Erinnern der generierten Wortpaare unterschieden sich die beiden Gruppen nicht voneinander ( $12,79 \pm 1,99$  versus  $12,1 \pm 2,02$ ,  $T = 1,19$ ,  $p = 0,24$ ) (Abbildung 8, Abbildung 9).

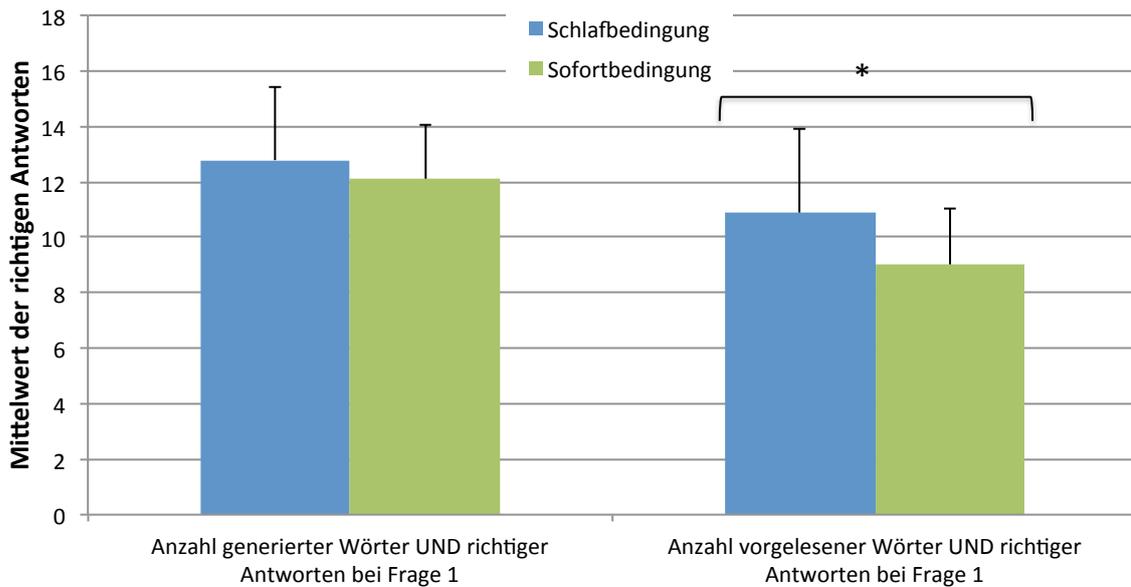


Abbildung 8 : Vergleich der Nacht- und Sofortbedingung bezüglich der Frage „War das Wort beim Lernen dabei?“. \* bedeutet:  $p < 0,05$

Bei der ersten Frage, ob das Wort gelernt wurde oder nicht, wurden von den generierten Wörtern über alle Bedingungen hinweg  $12,31 \pm 2,19$  Wörter richtig erkannt. Von den durch die Probanden vorgelesenen Wörtern waren es hingegen  $9,59 \pm 2,80$  ( $T = 9,1$ ,  $p < 0,001$ ,  $ES = 1,1$ ).

Der Vergleich der Gruppen in Bezug auf die korrekten Antworten auf Frage 3 „Wurde das Antonym generiert oder gelesen?“ erbrachte einen signifikanten, in der Effektstärke aber schwachen Gruppenunterschied (einfaktorielle ANOVA  $F(2,74) = 4,9$ ,  $p < 0,01$ ,  $ES = 0,1$ ). In der post hoc Analyse zeigte sich, dass sich Schlaf- und Wachbedingung ( $p = 0,03$ ) und Wach- und Sofortbedingung ( $p < 0,01$ ) signifikant unterschieden, aber nicht Schlaf- und Sofortbedingung ( $p = 0,30$ ). Bei Korrektur für multiple Testung ( $p = 0,05/3 = 0,017$ ) bliebe in der post hoc Analyse nur der Unterschied zwischen Wach- und Sofortbedingung signifikant.

Die varianzanalytische Untersuchung von Frage 3 unter Berücksichtigung der Darbietung der Wortpaare beim Lernen erbrachte einen signifikanten Effekt für die Art der Darbietung (gelesen versus generiert) ( $F(1,74) = 27,6$ ,  $p < 0,01$ ,  $ES = 0,3$ ) und einen signifikanten, aber schwachen Gruppenunterschied ( $F(2,74) = 4,9$ ,  $p = 0,01$ ,  $ES = 0,1$ ). Der Interaktionseffekt zwischen beiden Aspekten war jedoch nicht signifikant, d. h. die beim Lernen gelesenen oder generierten Wortpaare wurden unter den verschiedenen Bedingungen in gleicher Weise unterschiedlich erinnert, generierte Wortpaare wurden jeweils besser erinnert als gelesene. Ein post hoc Test wurde wegen des fehlenden Interaktionseffektes nicht ausgeführt.

Über alle Gruppen hinweg wurden bei Frage 3 auch wieder mehr generierte Wörter richtig als generiert erinnert als das für die vorgelesenen der Fall war ( $7,60 \pm 3,24$  Wörter richtig als generiert erinnert versus  $5,49 \pm 3,13$  vorgelesene Wörter,  $T = 5,47$ ,  $p < 0,001$ ,  $ES = 0,7$ , gepaarter t-Test).

Abbildung 9 stellt diese gleichläufigen Ergebnisse für alle Gruppen noch einmal zusammen.

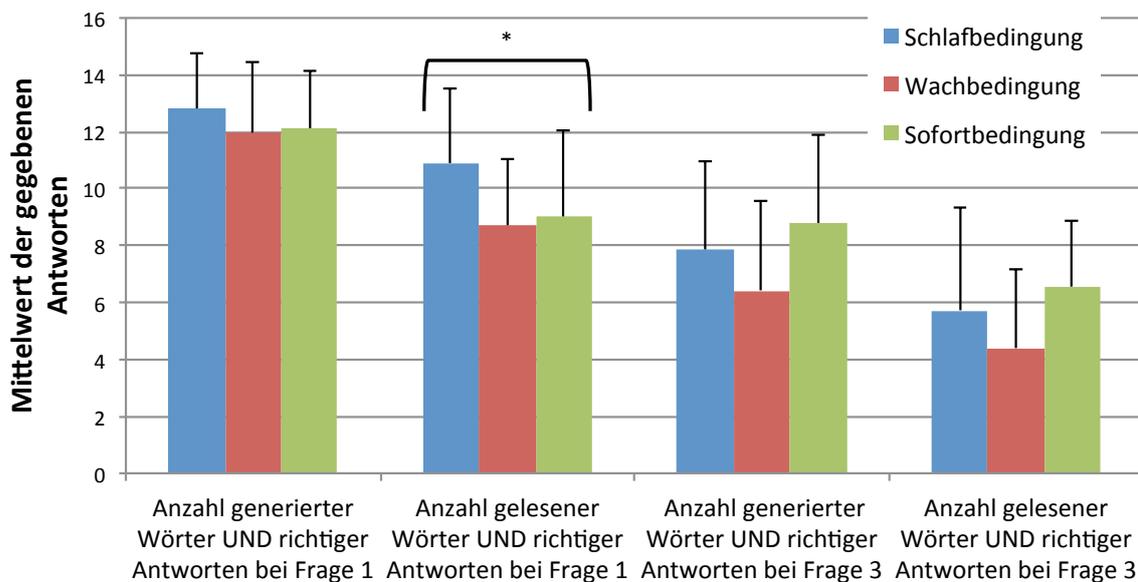


Abbildung 9: Vergleich von Schlaf-, Wach- und Sofortbedingung in Bezug auf die Fragen 1 und 3. \* bedeutet:  $p < 0,05$

In der zweiten Frage der Testung, wie sicher sie sich ihrer Antwort waren, gab es einen signifikanten, aber in der Effektstärke kleinen Gruppenunterschied ( $F(2,74) = 3,2$ ,  $p < 0,05$ ,  $ES = 0,1$ ). Im post hoc Test unterschieden sich Tag- und Sofortbedingung ( $33,20 \pm 9,36$  vs  $24,79 \pm 7,90$  sehr sichere und richtige Antworten,  $p = 0,016$ ), während die anderen Gruppenvergleiche keinen signifikanten Unterschied erbrachten (Schlafbedingung:  $26,52 \pm 8,71$ ). Bei Korrektur für multiple Testung ( $p < 0,05/3 = 0,017$ ) bliebe der Unterschied zwischen Sofortabfrage und Wachbedingung gerade noch signifikant. Die Korrelation der "sehr sicher"-Einschätzung mit den richtigen Antworten in Frage 3 war in der Sofortbedingung, wie in der Wachbedingung, jedoch nicht gegeben ( $r = 0,21$ ,  $p = 0,38$ ) (Abbildung 10).

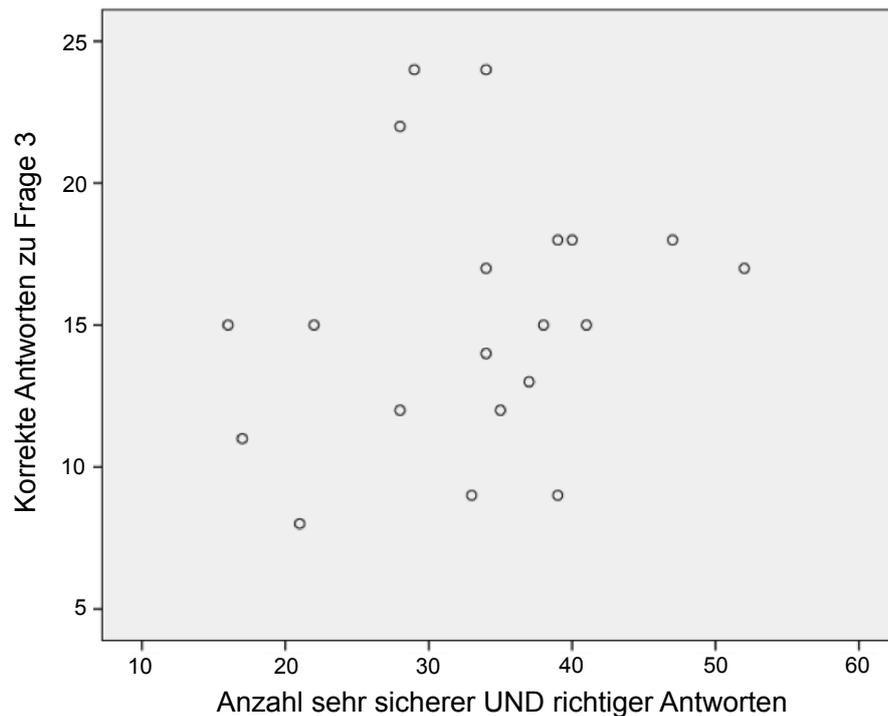


Abbildung 10: Pearson Korrelation zwischen der subjektiv als sehr sicher eingeschätzten Erinnerung der Darbietung der Antonympaare beim Lernen und der korrekten Zuordnung dieser Antonympaare bei den Probanden der Sofortbedingung.  $r = 0,21$ .

#### 4.2.3 Polysomnographische Auswertung der Messnacht 1 und der Messnacht 2 im Vergleich

Die beiden Messnächte, in denen die Gedächtnistestungen erfolgten, unterscheiden sich nicht signifikant in den Schlafparametern.

Die Gesamtschlafzeit ohne Schlafstadium 1 (Einschlafstadium) lag im Mittel, in der ersten Messnacht bei  $415,42 \pm 31,97$  Minuten und in der zweiten Messnacht bei  $409,17 \pm 62,84$  Minuten ( $T = 0,70$ ,  $p = 0,49$ ). Die Schlafeffizienz (SE) lag bei den Probanden in der ersten Messnacht bei  $92,42 \pm 5,24\%$  und in der zweiten Messnacht bei  $90,96 \pm 13,27\%$  ( $T = 0,81$ ,  $p = 0,42$ ). Dies entspricht den üblichen Werten eines gesunden Schlafes (cut off < 85 %). Der Tiefschlaf (Slow-Wave-Sleep, SWS) betrug in der ersten Nacht  $31,76 \pm 29,36$  Minuten und in der zweiten Nacht  $31,09 \pm 29,94$  Minuten ( $T = 0,20$ ,  $p = 0,84$ ). In der ersten Messnacht hatten die Probanden im Mittel  $95,70 \pm 22,26$  Minuten und in der zweiten Messnacht  $92,14 \pm 25,08$  Minuten REM-Schlaf ( $T = 0,88$ ,  $p = 0,38$ ). Die REM-Dichte (Anzahl der Augenbewegungen pro REM-Periode) betrug in der ersten Messnacht  $17,76 \pm 6,78$  und in der zweiten Messnacht  $17,65 \pm 6,40$  ( $T = 0,15$ ,  $p = 0,88$ ).

#### **4.2.4 Korrelationen zwischen Schlaf und Gedächtnisleistung**

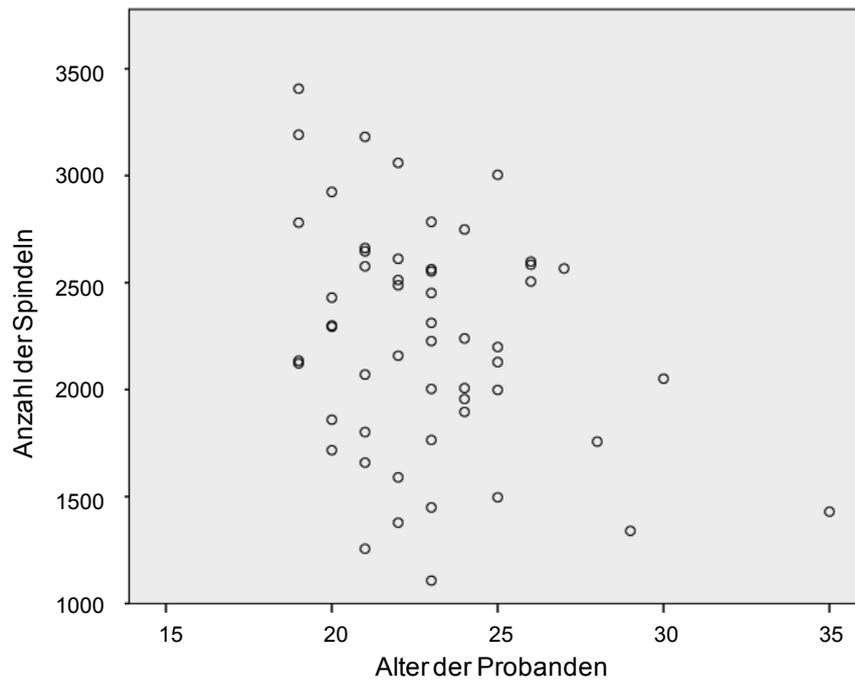
Betrachtet man die Gedächtnisleistung der Probanden in der Schlafbedingung in Abhängigkeit von den Schlafparametern, so ergab sich eine negative Korrelation mit Schlafstadium 1. Je mehr Leichtschlaf in der Nacht (Schlafstadium 1), desto weniger richtige Antworten wurden auf die Frage 1 bei den Antonymen gegeben ( $r = -0,56$ ,  $p < 0,01$ ). Der Non-REM-Schlaf (Schlafstadium 2-4) ohne Schlafstadium 1 korrelierte dagegen positiv mit den korrekten Erinnerungen zu Frage 1 ( $r = 0,51$ ,  $p = 0,01$ ) und Frage 3 ( $r = 0,40$ ,  $p = 0,03$ ) und mit dem Eindruck des sicheren Erinnerens der Lernsituation ( $r = 0,5$ ,  $p < 0,01$ ).

#### **4.2.5 Spindelanalyse der Messnacht 1 und 2**

Die Spindelanalyse der beiden Nächte zeigte, dass die Spindelanzahl in der ersten und zweiten Messnacht, also zwischen der Antonym-Testung und der Nacht, in der die Testung der Parallelstudie durchgeführt wurde, nicht signifikant voneinander abwichen. Sie waren also weitgehend individuell stabil. So betrug die Gesamtspindelzahl in der ersten und zweiten Messnacht im Mittel  $2208,9 \pm 564,3$  bzw.  $2255,1 \pm 586,6$  ( $T = -0,79$ ,  $p = 0,43$ ) und die Spindelanzahl im Schlafstadium 2 betrug im Mittel  $1811,7 \pm 523,7$  bzw.  $1854,8 \pm 541,1$  ( $T = -0,76$ ,  $p = 0,45$ ). Für den Tiefschlaf ergaben sich  $153,9 \pm 155,5$  versus  $153,8 \pm 156,9$  ( $T = 0,01$ ,  $p = 0,99$ ) Spindeln.

Es bestand eine schwache positive Korrelation zwischen der Anzahl der schnellen Spindeln in Schlafstadium 2 und in Schlafstadium 2 plus Tiefschlaf und den korrekten Antworten auf die Frage 3 („Wurde das Wort von Ihnen generiert oder vorgelesen?“), also unabhängig davon, ob die Probanden der Schlaf- oder Wachbedingung angehörten ( $r = 0,28$ ,  $p = 0,04$  und  $r = 0,29$  und  $p = 0,04$ ). Diese Korrelation war sogar in erster Linie auf die Probanden der Wachbedingung zurück zu führen, die für Spindeln in Schlafstadium 2 eine Korrelation von  $r = 0,55$ , bzw. von  $0,56$  ( $p$  jeweils  $< 0,02$ ) zeigten.

Verglich man die Anzahl der Spindeln im Gesamtschlaf mit dem Alter der Probanden, so ergab sich eine negative Korrelation. Je älter die Probanden der Studie waren, desto weniger Spindeln ließen sich im Gesamtschlaf nachweisen ( $r = -0,30$ ;  $p = 0,01$ ) (Abbildung 11).



*Abbildung 11: Anzahl der Spindeln im Vergleich zum Alter der Probanden.*

Ein Zusammenhang zwischen der Erinnerungsleistung und dem Alter ergab sich bei der kleinen Altersspanne nicht.

## 5 Diskussion

Zur besseren Übersicht sind die wichtigsten Ergebnisse der Studie in Bezug auf die Zielsetzung noch einmal zusammen gefasst. Anschließend werden Nebenergebnisse kurz dargestellt und diskutiert:

**Hypothese 1:** Im Schlaf wird sowohl das episodische (Frage 3 der Abfrage der Lernlisten) als auch das semantische Gedächtnis besser konsolidiert als im Wachzustand mit gleich langer Zeit zwischen Lernen und Abfrage.

Die Probanden der Schlafbedingung erinnerten nach dem ca. 10-stündigen Behaltensintervall nicht besser als die Probanden der Wachbedingung, welches Antonym zur gelernten Wortliste gehörte und welches nicht (Frage 1). In der Frage 3, wie das Wort bzw. das Wortpaar beim Lernen dargeboten worden ist, erinnerten sich die Probanden der Schlafbedingung dagegen häufiger richtig als die Probanden der Wachbedingung, bei einer guten Effektstärke von 0,6. Die Anzahl der Wortpaare, für die richtig erinnert wurde, wie sie gelernt worden waren, korrelierte bei den Probanden der Schlafbedingung mit der Aussage „ich erinnere die Umstände des Lernens genau, bin mir also sehr sicher“ deutlich stärker als bei den Probanden der Wachbedingung. Die Probanden der Schlafbedingung gaben also häufiger eine episodische Erinnerung an, die – gemessen an den Angaben zur Art der Darbietung – auch häufiger zutraf als bei den Probanden der Wachbedingung. Für die Beurteilung episodischer Gedächtnisleistung spielt im Remember-Know-Guess Paradigma allein die subjektive Sicherheit, mit der die Probanden sich an die Umstände zu erinnern meinen, eine wesentliche Rolle. Hier waren die Probanden der Wach- und der Schlafbedingung in unserer Studie gleich sicher. Man hätte also ein gleich gutes episodisches Gedächtnis annehmen können. Eine Korrelation zwischen der tatsächlich richtigen Zuordnung und der subjektiven Sicherheit in dieser Zuordnung erbrachte aber einen deutlich stärkeren Zusammenhang bei den Probanden der Schlafbedingung. Dieser Zusammenhang ist nach unserer Überzeugung Ausdruck einer besseren Konsolidierung episodischer Gedächtnisanteile durch Schlaf. Dabei ist zu beachten, dass wir die Probanden nicht aufforderten, sich die Art der Darbietung der Antonyme zu merken. Unsere Daten zeigen, dass eine objektivierende Überprüfung des subjektiven Erinnerns ein wichtiger Aspekt für die Beurteilung episodischen Gedächtnisses sein sollte.

Um die Richtigkeit des Eindrucks episodischen Erinnerns zu überprüfen, wurden in dieser Studie zwei verschiedene Darbietungsweisen gewählt, das Ablesen der Wortpaare und die Generierung des zweiten Antonyms (unterstützt durch den Anfangsbuchstaben). Es zeigte sich hier, dass die aufwendigere Lernleistung, das Generieren, unter beiden Bedingungen zu einer besseren Konsolidierung führte als das einfache laute Ablesen. Es zeigte sich aber auch, dass es besonders die vorgelesenen Wortpaare waren, an die sich die Probanden der Schlafbedingung signifikant besser erinnerten als die Probanden der Wachbedingung (Frage 1). Die Effektstärke für diesen Gruppenunterschied war mit einem partiellen Eta-Quadrat von 0,1 niedrig. Auch bei der 2 x 2 ANOVA für Frage 3, in der die korrekte Erinnerung der Art der Darbietung abgefragt wurde, ergab sich zwar der zuvor beschriebene Gruppenunterschied für diese Frage, die Effektstärke war aber mit 0,1 wiederum gering und deutlich niedriger als die Effektstärke für die Arten der Darbietung ( $ES = 0,3$ ). Möglicherweise wäre der Gruppen-Effekt deutlicher geworden, wenn eine größere Zahl an schwerer zu lernenden Antonymen verwendet worden wäre. Die Untersuchung, ob die Art der Darbietung differentielle Effekte auf das episodische Gedächtnis hat, war aber nicht der eigentliche Gegenstand der Studie. Unser Ergebnis legt aber nahe, dass schwerer zu erlernendes Lernmaterial im Schlaf besser als im Wachen konsolidiert wird (siehe auch unten stehende Methodendiskussion).

Die erhobenen Basisdaten zum Schlaf, zur intellektuellen Leistungsfähigkeit, zu Ängstlichkeit und Depressivität und zum Alter, sowie die gemessene Leistung in den Zahlenspannen unterschieden nicht zwischen den beiden Gruppen, was einige wichtige mögliche konfundierende Variablen ausschließen ließ, die trotz der vorgenommenen Randomisierung zu einem Unterschied zwischen den Gruppen hätte führen können. Zwar sind damit gute Voraussetzungen dafür gegeben, dass das gefundene Ergebnis tatsächlich einen Unterschied zwischen episodischem und semantischem Gedächtnis in Bezug auf Konsolidierung im Schlaf abbildet, trotzdem wäre es sinnvoll, eine weitere Studie durchzuführen, in der ein intraindividueller Vergleich geprüft wird. Nur so ließe sich absichern, dass der gefundene Unterschied nicht Ausdruck eines testungsunabhängigen Stichprobenunterschiedes ist.

Insgesamt konnte damit die Hypothese 1, dass die Probanden der Schlafbedingung ein besseres episodisches Gedächtnis aufweisen als die Probanden der Wachbedingung, bestätigt werden. Für das Wiedererkennen der Antonyme, welches wir als Ausdruck

semantischen Gedächtnisses werten, ergab sich dagegen der hypothetisierte Unterschied auf den ersten Blick nicht.

**Hypothese 2:** Das episodische Gedächtnis (Frage 3 der Abfrage) profitiert von Tiefschlaf mehr als das semantische Gedächtnis.

Weder die korrekte Erinnerung der Darbietung der Antonym-Paare noch die Sicherheit in der Erinnerung korrelierten mit dem Tiefschlaf der Probanden aus der Schlafbedingung. Lediglich für den Non-REM-Schlaf ohne Schlafstadium 1, also für Schlafstadien 2 plus Tiefschlaf und der Erinnerungsleistung konnte ein deutlicher Zusammenhang aufgezeigt werden. Dieser bezog sich mit Korrelationen bzw. Effektstärken um 0,5 sowohl auf die Frage des (korrekten) Erinnerns (Frage 1), wie auf die des korrekten Zuordnens (Frage 3) und auf die Zahl der sehr sicher und richtigen Antworten (Frage 2). Wir interpretieren dieses Ergebnis so, dass episodisches Gedächtnis von den genannten Non-REM-Schlafstadien profitiert, dass wir jedoch nicht entscheiden können, ob semantisches Gedächtnis nicht in gleicher Weise profitiert. Leichter Schlaf war dem gegenüber störend, d.h. die Menge an Schlafstadium 1 korrelierte negativ mit der Behaltensleistung. Wenn dieser Befund insgesamt auch nicht der Ausgangshypothese entspricht, so passt er doch durchaus zu den Ergebnissen aus der Literatur. Es wurden wiederholt Zusammenhänge zwischen Schlafstadium 2 und deklarativem Gedächtnis gefunden (Rauch et al., 2012) und die Untersuchungen zu Schlafspindeln, die besonders im Schlafstadium 2 auftreten, und Slow Oscillations, die besonders im Tiefschlaf auftreten, legen sehr nahe, dass man diese Schlafstadien zusammen betrachten sollte, ganz im Gegensatz zu Schlafstadium 1, wo weder Spindeln noch Slow Oscillations auftreten. Der Umstand, dass auch die subjektive Sicherheit im Erinnern der Lernsituation hier auffallend hoch korreliert, lässt annehmen, dass das episodische Gedächtnis zumindest in gleicher Weise vom Non-REM-Schlaf profitiert wie das semantische Gedächtnis. Man kann auch argumentieren, dass es besonders das episodische Gedächtnis ist, welches profitiert, denn in der Frage 1 wird ja semantisches und episodisches Wissen gemeinsam abgefragt. Wenn also die Fragen, die stärker auf episodisches Erinnern abzielen, ähnlich hoch korrelieren, könnte das heißen, dass das Ergebnis bei Frage 1 besonders vom episodischen Erinnern geprägt wird. Dies ist jedoch nur ein indirekter Schluss und kann deshalb nicht als ein gesichertes Ergebnis gelten.

Die Hypothese 2 konnte somit nicht bestätigt werden: Sowohl semantisches, als auch episodisches Gedächtnis profitierte in unserer Studie in gleicher Stärke von Schlafstadium 2 plus Tiefschlaf.

**Hypothese 3:** Die Sofortabfrage einer deklarativen Lernaufgabe ergibt ein besseres Ergebnis bezüglich episodischem und semantischen Gedächtnis als eine Abfrage nach einem ca. 10 stündigen Behaltensintervall im Wachzustand, aber kein besseres Ergebnis, wenn die Probanden während eines solchen Behaltensintervalls vorwiegend geschlafen haben.

In der einfaktoriellen ANOVA in Bezug auf die richtig wiedererkannten Antonympaare (Frage 1) unterschieden sich alle drei Gruppen nicht voneinander. Für diese Frage bestätigte sich also die Hypothese auf den ersten Blick nicht. In der einfaktoriellen ANOVA für Frage 3 (richtige Zuordnung, wie das Antonympaar gelernt wurde) zeigte sich dagegen, dass die Schlafbedingung besser abschnitt als die Wach- und sogar als die Sofortbedingung. Der Unterschied zwischen Schlaf- und Sofortbedingung würde allerdings bei einer Bonferroni-Korrektur der post-hoc Tests verschwinden, der Unterschied zwischen Wach- und Schlafbedingung indes nicht. In Bezug auf diese Frage bestätigt sich also die Hypothese: die Probanden der Schlafbedingung erinnern sich ähnlich gut wie die Probanden der Sofortbedingung, wie das Wortpaar beim Lernen dargeboten wurde. Die Probanden der Wachbedingung dagegen erinnern dies schlechter. Da Frage 3 nach unserer Auffassung episodisches Erinnern abfragt, verstehen wir das Ergebnis als Hinweis darauf, dass Schlaf episodisches Gedächtnis tatsächlich festigt, so dass nach einem 10 stündigen Behaltensintervall kein Verlust in diesem Wissen auftritt, während dieser Verlust unter Wachbedingungen auftritt. Ob der Schlaf diese konsolidierende Wirkung tatsächlich hat, ist über diese Studie allerdings nicht abschließend zu beantworten. Dazu hätte eine spätere zweite Abfrage erfolgen müssen, möglichst nach einem ähnlich langen Wachintervall. Ein solches Design mit doppelter Abfrage wurde in einer anderen Studie mit Kindern gewählt, die assoziierte Wortpaare erlernten (Backhaus et al., 2008). Hier zeigte sich, dass die über Nacht konsolidierten Wortpaare nach einem gleich langen Behaltensintervall im Wachen nicht wieder vergessen wurden. In der Vergleichsbedingung mussten in dieser Studie die Kinder zu einem anderen Zeitpunkt zunächst am Morgen eine parallele Wortpaar-Liste lernen, die dann nach ca. 10 Stunden abgefragt wurde. Bis zur zweiten Abfrage schliefen die Kinder dann. Dabei ergab sich, dass auch ein späteres Schlafintervall zu einer (verspäteten) Konsolidierung des Erlernten führte. Auf diese hier präsentierte Studie angewandt würde das die Hypothese rechtfertigen, dass die Probanden der Wachbedingung möglicherweise nach einem späteren Schlaf die Darbietung der Antonympaare wieder besser erinnern könnten. Die beiden Studien unterscheiden sich allerdings in vieler Hinsicht. Insbesondere ging es in der Studie von Backhaus et al. nicht um episodisches Erinnern der Lernumstände.

Die beiden Arten der Darbietung, laut vorlesen versus generieren des zweiten Antonyms, wurden jedoch unterschiedlich gut konsolidiert. Für das Wiedererkennen der gelernten Antonympaare (Frage 1), aber auch für die korrekte Zuordnung, wie die Wortpaare gelernt worden waren (Frage 3), war das Ergebnis für die laut gelesenen Wortpaare in allen Bedingungen schlechter als das für die generierten Wortpaare. Für Frage 1 aber ergab sich dabei auch ein Interaktionseffekt zwischen Gruppenzugehörigkeit und Art der Darbietung. Die Probanden der Schlafbedingung konnten hier die nur lesend gelernten Wortpaare besser erinnern als die Probanden der anderen beiden Gruppen. Die schwierigere Lernaufgabe konnte also durch Schlaf besser konsolidiert werden, als unter der Sofortabfrage und unter einem gleich langen Behaltensintervall der Wachbedingung. Dass sich ein solcher Interaktionseffekt nicht auch bei Frage 3 zeigte, liegt möglicherweise an den Versuchsbedingungen, denn es wurden die Lernbedingungen in Frage 3 nur dann erfragt, wenn zuvor das Antonympaar richtig wieder erkannt worden war. Wenn also weniger gelesene Antonympaare bei Frage 1 richtig erinnert wurden, wirkte sich das auch auf die Frage 3 aus, die Zahl der in der Art der Darbietung zu bewertenden Antonympaare verringerte sich und damit eventuell auch die Möglichkeit, Interaktions-Effekte aufzuzeigen.

Berücksichtigt man für die Einschätzung des episodischen Gedächtnisses zusätzlich die Korrelationen zwischen der subjektiven Einschätzung, wie sicher sich die Probanden in der Erinnerung der Darbietung der Wortpaare beim Lernen waren und der tatsächlich korrekten Erinnerung der Darbietung, so erwiesen sich diesbezüglich die Probanden der Schlafbedingung sogar gegenüber der Sofortbedingung als überlegen im episodischen Gedächtnis.

Einschränkend muss man natürlich auch hier wieder festhalten, dass kein intraindividueller Vergleich erfolgte, sondern ein interindividueller. Die durchgeführten Untersuchungen zur Kontrolle möglicher interindividueller Unterschiede (Zahlenspannen, Raven-APM-Test) unterstützen eine solche Annahme allerdings eher nicht. Insofern stützen unsere Ergebnisse die Annahme, dass Schlaf, besser als ein gleich langes Behaltensintervall im Wachzustand, das Gelernte festigt. Und es ergibt sich ein vorsichtiger Hinweis darauf, dass schwerer zu lernendes Material (hier: laut vorgelesene Wortpaare) durch Schlaf eine zusätzliche Festigung im Gedächtnis erfährt im Vergleich zu einer Sofortabfrage.

Hypothese 3 konnte damit zu einem großen Teil bestätigt werden.

**Hypothese 4:** Die Zahl der Schlafspindeln im Non-REM-Schlaf korreliert mit einer besseren episodischen Gedächtniskonsolidierung im Schlaf.

Es korrelierte zwar die Anzahl der schnellen Spindeln im Schlafstadium 2 und im Tiefschlaf mit den richtigen Antworten zu Frage 3, jedoch nur, wenn man den Schlaf der Probanden der Schlaf- und der Wachbedingung, zusammen berücksichtigte. Noch überraschender: es zeigte sich die Assoziation von schnellen Spindeln in Schlafstadium 2 und Tiefschlaf gerade bei den Probanden der Wachbedingung. Dieses Ergebnis spricht unseres Erachtens mehr für die Annahme, dass Schlafspindeln assoziiert sind mit einer Fähigkeit zur guten Erinnerung für die Darbietung der Antonympaare und weniger eine durch die Gedächtnisaufgabe im Schlaf akut modifizierte Veränderung darstellen. Allerdings müssen wir offen einräumen, dass Zweifel an der Güte der Spindelauswertung angebracht erscheinen. So wurden von der Auswertung nur die Epochen ausgeschlossen, die mit Bewegung oder Arousal bewertet worden waren. Epochen, die beispielsweise überwiegend Schlafstadium 2 enthielten, aber auch ein Arousal, wurden als Schlafstadium 2 gezählt und dann auch in die Spindelauswertung einbezogen. Dadurch könnten u.U. Artefakte in die Spindelauswertung eingegangen sein, die das Ergebnis beeinflussten. Eine Prüfung, wie stark dies das Ergebnis beeinflusste, war aus technischen Gründen nicht möglich. Mit der von der Firma Somnomedics zur Verfügung gestellten Spindelauswertung konnte diese Hypothese nicht bestätigt werden.

**Methodendiskussion:** Eine Vielzahl an Studien hat belegt, dass Schlaf im Vergleich zur Wachheit die Konsolidierung von deklarativem Lernmaterial fördert. Zum Beispiel hatten Plihal und Born dies besonders für die erste Nachthälfte gezeigt, in der der SWS besonders hoch vertreten ist (Plihal und Born, 1997). Backhaus et al. hatten wiederum in einer Studie mit 16 Patienten mit einer chronischen nichtorganischen Insomnie im Vergleich zu 13 gesunden altersgematchten Kontrollen gezeigt, dass die Verminderung des Tiefschlafs mit der verminderten nächtlichen Konsolidierung deklarativen Gedächtnismaterials korreliert (Backhaus et al., 2006).

Außerdem konnte dieselbe Arbeitsgruppe in einem Vergleich von 16 gesunden Probanden im Alter zwischen 18 und 25 Jahren mit 14 ebenfalls gesunden Probanden im Alter zwischen 48 und 55 Jahren zeigen, dass auch die altersabhängige Abnahme des Tiefschlafs bei Gesunden mit der Abnahme der deklarativen Gedächtniskonsolidierung einhergeht (Backhaus et al., 2007). Die jüngere Probandengruppe zeigte dabei in der zweiten Nachthälfte einen ähnlich hohen Anteil an Tiefschlaf wie die ältere Probandengruppe in der

ersten Nachthälfte. Hierzu passend war die Konsolidierungsleistung deklarativen Materials, in Form von assoziierten Wortpaaren, in diesem Vergleich über die Nachthälften in beiden Altersgruppen, gleich gut. In allen genannten Studien erfolgte die Abfrage mit einem cued recall, d.h. es wurde das erste Wort des gelernten Wortpaares präsentiert und es musste das zweite Wort genannt werden. In allen diesen Studien wurden außerdem miteinander assoziierte Wortpaare benutzt und nicht etwa Wortpaare, die miteinander keinerlei assoziativen Zusammenhang hatten. Stickgold et al. (1999, 2000a, 2000b, 2001, 2002, 2009) mutmaßten deshalb, dass die vorbestehende Assoziation eine notwendige Voraussetzung für die nachweisbare nächtliche Konsolidierung sein muss.

Tatsächlich konnte die Arbeitsgruppe von Backhaus und Junghanns eine solche nächtliche Gedächtniskonsolidierung für nicht assoziierte Wortpaare, etwa in Form von polnischen Vokabeln mit deutschen Übersetzungen, nicht zeigen (Dissertation Rixe, 2008). Es wäre allerdings denkbar, dass im Falle von nicht assoziierten Wortpaaren erst wiederholter Schlaf zu einer Festigung im Langzeitspeicher und damit zur Konsolidierung führt. Tierexperimentelle Untersuchungen bieten hierfür Hinweise (Bontempi et al. 1999).

Unsere Daten in Bezug auf nächtliche Gedächtniskonsolidierung im Vergleich zu einer Wach- und einer Sofortabfragebedingung bestätigen die Ergebnisse anderer Studien nur zum Teil. Im Wiedererkennen der gelernten Antonyme unterschieden sich die drei untersuchten Gruppen nicht. Dass sie sich nicht unterschieden, kann daran liegen, dass Antonympaare eine besonders enge inhaltliche Assoziation haben. Es könnte für den Nachweis der Konsolidierungsleistung im Schlaf nötig sein, dass die Assoziation nicht zu weit ist (wie beim Lernen einer unbekannteren Sprache), aber eben auch nicht zu unmittelbar gegeben sein darf, da dann ein Neulernen im Sinne einer stärkeren Verknüpfung (d. h. Erinnerung) bereits semantisch assoziierter Wortpaare nicht mehr nötig ist: Die Antonympaare ergeben sich ja geradezu zwangsläufig. Und vielleicht ist auch eine schwächere Lernsituation erforderlich, um ein zu starkes Lernen zu verhindern. Ein zu intensives Erlernen könnte die Vorzüge des Schlafes für die Konsolidierung zunichte machen, wie es beim Generieren der Antonyme der Fall gewesen sein könnte.

In den genannten Studien zum Erlernen assoziierter Wortpaare wurde ein Lernkriterium festgelegt: es mussten 50 bzw. 60% der gelernten Wortpaare korrekt erinnert werden, dann wurde das Lernen beendet. Diese Methode schafft also eine Situation, in der das Lernen begrenzt gehalten wird. Und auch in den beschriebenen Studien von Kuriyama et al. 2004 zu prozeduralem Gedächtnis und Drosopoulos et al. (2007a) waren es die schwerer zu

erlernenden Inhalte, die besonders vom Schlaf profitierten (siehe Einleitung). Beim Lernen der Antonyme konnten wir ein solches Lernkriterium nicht einführen, weil sonst die Abfrage des episodischen Erinnerns beeinflusst worden wäre. Die Ergebnisse bei der Abfrage legen nahe, dass die Lernleistung bei den Antonympaaren deutlich über 60% lag. Eine höhere Zahl an zu lernenden Antonympaaren und insbesondere an vorzulesenden Antonymen hätte vielleicht dazu beigetragen, die Unterschiede zwischen den Bedingungen deutlicher heraus zu arbeiten.

Alle positiven Studien zu deklarativem Gedächtnis und Schlaf-Konsolidierung scheinen den Aspekt eines Neulernens zu beinhalten. Zugleich ist ein Lernen ohne vorbestehende Assoziationen, wie in der oben erwähnten Studie zum Erlernen von Polnisch-Vokabeln, zumindest mit einer einzigen Nacht, nicht besser als eine entsprechende Wachbedingung. Und tatsächlich da, wo in dieser Studie ein neues Lernen (bei zugleich bestehenden inhaltlichen Assoziationen) abgefragt wird, nämlich bei der Frage der Darbietung der Antonyme, gibt es auch den Unterschied zwischen den Gruppen. Und zugleich zeigt sich, dass die schwierigere Lernbedingung (bloßes Vorlesen) ebenfalls Vorteile für die Schlafbedingung hervorbringt. Dieses ließe sich damit erklären, dass das schwächer gelernte Material stärker durch Interferenzen, die über Tag auftreten, gestört wurde als im Schlaf, während intensiver gelerntes Material weniger leicht an der Einspeicherung gehindert werden konnte. Um diese Vermutungen weiter zu stützen, könnte man beispielsweise die Studie zu den Polnisch-Vokabeln erweitern, indem man Probanden solche Vokabeln lernen lässt und einer Gruppe davon gezielt Assoziationen zu den Vokabeln entwickeln lässt oder diese anbietet. Nach unserer Hypothese müsste dies zu einem Vorteil für die Konsolidierung im Schlaf im Vergleich zu einer Wachbedingung führen.

Beim Erlernen der assoziierten Wortpaare in den anderen Studien konnte, wie beschrieben, vor dem Zubettgehen die erlernte Menge an Wortpaaren abgefragt werden. Ein Vergleich dieser Zahl mit der Zahl der am Morgen noch erinnerten Wortpaare erbrachte meist eine Zunahme der Erinnerung über Nacht (Backhaus und Junghanns, 2006). Diese Zunahme spricht auf den ersten Blick für eine aktive Verbesserung der Gedächtnisleistung durch den Schlaf. Allerdings muss hier auch kritisch angemerkt werden, dass eine solche Abfrage am Abend ein indirektes Überlernen darstellt, auch wenn kein Feedback gegeben wird, ob die abgefragten Wortpaare richtig erinnert wurden oder nicht.

Die kurz beschriebenen Studien gleichen sich insofern, als dass die assoziierten Wortpaare alle in gleicher Weise gelernt und abgefragt wurden. Zu den Umständen des Lernens

erfolgte keine Abfrage, was nicht bedeutet, dass gelerntes Wissen nicht möglicherweise episodisch enkodiert und konsolidiert wurde. In den Abfragen handelt es sich jedoch um semantischen Gedächtnisinhalt. In der hier vorgelegten Arbeit wurden dagegen besonders eng assoziierte Wortpaare, Antonyme, für den Schlaf-Wach-Vergleich eingesetzt. Dadurch wurde es möglich, das zweite Wort bei Darbietung des ersten Wortes und des ersten Buchstaben des zweiten Wortes eindeutig zu generieren. Auf diese Weise sollte sichergestellt werden, dass die beiden Formen der Darbietung gleich zuverlässig erlernt und entsprechend später gut abgefragt werden konnten. Zugleich kam es durch dieses Vorgehen zu unterschiedlichen Tiefen der Enkodierung, die eigentlich nicht beabsichtigt war. Damit werden die Ergebnisse von Kuriyama et al. (2004) und Drosopoulos et al. (2007a) noch einmal bestätigt. Zur Hypothese, dass die vor der Nacht weniger stark erinnerten, vorgelesenen Wortpaare unter der Schlafbedingung besonders gefestigt und am Morgen besser bewusst abrufbar wurden, könnte das Ergebnis passen, dass eine prozedurale Lernaufgabe unter Schlaf vom impliziten Gedächtnis in explizites Wissen verändert wurde (Yordanova et al., 2008, Born und Wilhelm, 2012).

Die Abfrage, ob ein bestimmtes Antonym-Paar gelernt wurde oder nicht, entspricht weitgehend der Abfrage der assoziierten Wortpaare der vergleichsweise herangezogenen Studien. Hierbei wurde somit semantisches Wissen gelernt und abgeprüft. Unsere Studie ergänzte die Abfrage aber um die Frage 2, bei der die Probanden zu der Stärke der Erinnerung der Umstände des Erlernens gefragt wurden und um die Frage 3, mit der abgefragt wurde, wie die Umstände des Erlernens waren. Während in Bezug auf die Frage 2, die im Remember-Know-Guess-Paradigma als entscheidende Abfrage episodischen Wissens gilt, die Probanden sich aber nicht unterschieden, zeichnete sich der Unterschied zwischen den Gruppen in der Frage 3 ab ebenso in der Korrelation der Fragen 2 mit 3. Wir meinen, dass dies insgesamt belegt, dass die Frage der subjektiven Erfragung episodischen Wissens möglichst durch eine objektivierende Abfrage ergänzt werden sollte, da sonst für fehlerhaftes episodisches Erinnern nicht kontrolliert werden kann. Unser Ergebnis könnte so verstanden werden, dass die Probanden ein besseres episodisches Wissen erworben haben im Vergleich zu den beiden anderen Gruppen. Aus den letzten Jahren gibt es drei wichtige Studien zur Untersuchung von episodischem Gedächtnis und Schlaf (Rauchs et al., 2004, Racsmány et al., 2010, von der Helm, 2011). Diese sollen nun eingehender dargestellt und mit unseren Ergebnissen verglichen werden.

Rauchs et al. 2004 untersuchten 61 gesunde Probanden, die allesamt Nichtraucher waren, in vier Bedingungen: (1) Probanden, die die ersten vier Stunden der Nacht tiefschlaf-reichen und REM-armen Schlaf hatten, vor dem Schlaf lernten und nach dem Schlaf abgefragt wurden (Tiefschlafbedingung). (2) Probanden, die nach dem tiefschlaf-reichen Schlaf der ersten vier Stunden geweckt wurden und lernten, danach wieder vier Stunden REM-Schlaf-reichen und tiefschlaf-armen Schlaf hatten (REM-Schlafbedingung) und zwei Gruppen, die unter gleichen Zeiten wie (1) bzw. (2) lernten und abgefragt wurden, in der Zwischenzeit aber wach blieben, was als Tiefschlaf- bzw. REM-Schlaf-Deprivation aufgefasst wurde. Als Gedächtnis-Test erhielten die Probanden zwei Listen à sieben Wörtern unterschiedlicher Kategorien, die entweder oben oder unten auf der präsentierten Seite standen. Die Probanden wurden explizit aufgefordert, sich zu merken, welches Wort wo auf der Seite stand und aus welcher Liste gelernt wurde. Jede Darbietung dauerte fünf Sekunden. Die Abfrage erfolgte ein erstes Mal direkt nach dem Lernen. Bei der Abfrage nach dem Schlaf bzw. dem Wachbleiben sollten die Probanden zusätzlich noch angeben, wie genau sie die Lernumstände erinnerten. Das genaue Erinnern, was sie bei Darbietung des Wortes dachten, wurde als Ausdruck episodischen Gedächtnisses gewertet.

Rauchs et al. fanden in dieser Studie, dass REM-Schlaf-Deprivierte schlechter als Tiefschlaf-Deprivierte und als REM-Schläfer erinnerten, wo das jeweilige Wort präsentiert wurde. Im Vergleich zu der Tiefschlafbedingung erinnerten die REM-Deprivierten schlechter, zu welcher Liste das jeweilige Wort gehörte. Und die REM-Deprivierten gaben seltener als die Tiefschlaf-Deprivierten an, dass sie die Lernumstände des jeweiligen Wortes genau erinnerten. Rauchs et al. schlossen daraus, dass wirklich episodisches Gedächtnis („truly episodic memories“) v.a. vom REM-Schlaf abhängig sind. Auf eine Bonferroni-Korrektur wurde verzichtet. Die berechneten Effekt-Stärken (Cohen's  $d$ ) lagen für die beschriebenen Befunde über 1,0.

Diese Studie weicht von unserer dahingehend ab, dass wir für die Schlaf- und die Wachbedingung ein längeres Behaltensintervall wählten und dass wir das Lernen, die Konsolidierungsphase und die Abfrage zu unterschiedlichen Tageszeiten vornahmen. Wir haben dadurch physiologischere Wachzeiten gewählt, konnten aber so keinen Vergleich zwischen REM-Deprivation oder Tiefschlaf-Deprivation vornehmen. Interessanterweise verschweigen solche Studien von Nachthälften meist, dass in beiden Nächten der Hauptanteil des Schlafes aus Schlafstadium 2 besteht. Die Autoren vernachlässigen aber gerade dieses Schlafstadium, welches unseren Schlaf über die gesamte Lebensspanne entscheidend prägt. Wenn unsere Daten also zeigen, dass Schlafstadien 2 und SWS (neue

Klassifikation) zusammen einen Unterschied machen, so spricht dies auch dafür, dass Schlafstadium 2 auch bei den Ergebnissen zu REM und REM-Deprivation eine Rolle spielen könnte. Im Gegensatz zu Rauchs et al. erhielten unsere Probanden keine Instruktion sich zu merken, wie die Wortpaare präsentiert wurden, was möglicherweise das episodische Erinnern in unserer Studie abgeschwächt hat. Allerdings gaben Rauchs et al. nicht an, inwieweit die genaue Erinnerung der Umstände des Lernens mit der tatsächlichen Erinnerung übereinstimmte. Wir halten dies für eine wichtige Ergänzung, um episodisches Gedächtnis einschätzen zu können. Eine weitere Schwäche der Studie liegt darin, dass von den ursprünglichen 61 Probanden letztlich nur 43 Probanden in die Auswertung kamen. Die Gruppengrößen lagen damit letztlich um zehn Probanden. Der Ausschluss erfolgte wegen zu schlechten Schlafes, zu viel REM-Schlaf in der ersten Nachthälfte oder zu viel Tiefschlaf in der zweiten Nachthälfte. Diese erhebliche Zahl der Ausschlüsse könnte das Ergebnis deutlich positiv beeinflusst haben und die hohe Effektstärke bedingen. Wie in unserer Studie auch, erfolgte bei Rauchs et al. ein interindividueller Vergleich, allerdings mit deutlich kleineren Gruppengrößen, was die Aussagekraft der Ergebnisse unseres Erachtens vorsichtig beurteilen lassen sollte. Wir konnten in unserer Untersuchung keinen Zusammenhang zum REM-Schlaf herstellen, was allerdings auch nur korrelativ möglich gewesen wäre, da wir keine Deprivation vorgenommen haben. Die gefundenen Korrelation zwischen Non-REM-Schlaf und den Abfrage-Ergebnissen lagen allerdings mit einem Pearson Korrelationskoeffizient um 0,5 ebenfalls bei Effektstärken um 1,0 nach Cohen's d (vgl. Wampold 2001, p. 53).

Racsmány et al. 2009 benutzten ein Paradigma des Lernens, „retrieval practice“: Sie ließen ihre 64 Probanden eine Liste an Wortpaaren lernen, deren erstes Wort aus einem Kategoriebegriff und das zweite Wort aus einem Beispiel, das zu dieser Kategorie gehörte, bestand. Zum Beispiel wurde „Frucht-Orange“ beim Lernen präsentiert. Jeder Kategorie-Begriff wurde mit sechs Kategorie-Beispielen dargeboten, kam also in sechs Wortpaaren vor. Insgesamt wurden (neben zwei Füllkategorien, die nicht weiter untersucht wurden) acht solcher Kategorien beim ersten Lernen dargeboten. Anschließend wurden von vier Kategorien drei der präsentierten Wortpaare wiederholt mittels Darbietung des Kategoriewortes und des ersten Buchstabens des Kategoriebeispiels gelernt. Dieses wiederholte Abfragen eines Teils der Wortpaare sollte dazu führen, dass die wiederholt geübten Kategorie-Beispiel-Paare besser erinnert werden, die nicht weiter geübten Wortpaare der gleichen Kategorie dagegen im Vergleich zu den gar nicht weiter geübten

Kategorien und ihren Wortpaaren besonders schlecht erinnert werden, weil das Üben der „Konkurrenz“-Wörter der gleichen Kategorie zur Inhibierung der nicht geübten Wörter führen sollte.

Racsmány et al. untersuchten nun den Einfluss von Schlaf auf die Testergebnisse und fanden, dass die 32 Probanden, die nach dem wiederholten Üben eines Teils der Wortpaare schliefen, danach eine deutlichere Inhibierung der nicht weiter gelernten Kategoriewörter bei der Abfrage der ursprünglich gelernten Wortpaare zeigten als diejenigen, die über Tage eine gleich lange Periode wach geblieben waren. Das Erinnern der weiter geübten Wortpaare war für die Schlaf-, die Wach- und eine Kurzzeitbedingung dagegen nicht unterschiedlich. Die Autoren behaupten nun, dass diese Ergebnisse die Aktivierung und Unterdrückung von episodischem Gedächtnis durch „retrieval practice“ aufzeigen und nennen dies „episodic-inhibition hypothesis“. Nach ihrer Hypothese, die sie allerdings nicht weiter unterfüttern, führt Schlaf insoweit zu einer Konsolidierung episodischen Gedächtnisses als er die Inhibierung der nicht weiter geübten Kategoriewörter fördert. Kritisch muss hier angemerkt werden, dass diese Art der Postulierung von episodischem Gedächtnis nicht aus dem Remember-Know-Paradigma ableitbar ist. Wenn das wiederholte Lernen einzelner Kategorie-Beispiel-Wortpaare fördernd für episodisches Gedächtnis sein soll, wie die Autoren postulieren, so sollte zwischen den Gruppen auch ein Vergleich des geförderten, in Relation zum inhibierten, episodischen Gedächtnis für Wach- und Schlafbedingung erfolgen. Dies jedoch erfolgte nicht. Eine genauere Untersuchung des Schlafes erfolgte ebenfalls nicht, so dass insgesamt ein Vergleich der Ergebnissen mit den unseren kaum möglich ist.

Van der Helm et al. (2011) untersuchten die Auswirkung von einem kurzzeitigen Schlaf über Tage (sogenannte Naps) auf das Erinnern kontextueller Details beim Lernen von zwei Wortlisten. Die kontextuellen Details bestanden in unterschiedlichem Hintergrund (hinter dem PC aufgebautes Poster), unterschiedlicher Farbe der Wortdarbietung und unterschiedlicher Lokalisation der Wörter auf dem PC-Bildschirm. Es wurden so zwei Wortlisten à 50 Wörtern gegen 12.00 Uhr gelernt und sechs Stunden später abgefragt, wobei die Probanden die gelernten Wörter aus einer Liste von 200 Wörtern wieder erkennen und dann den kontextuellen Zusammenhang der Darbietung angeben sollten. Zwischen Lernen und Abfrage erhielt eine Gruppe Gelegenheit zwei Stunden zu schlafen, während die Kontrollgruppe wach blieb. Während beide Gruppen (13 bzw. 14 Probanden pro Gruppe) gleich gut in der Erinnerung der dargebotenen Wörter waren, konnten die Probanden der Nap-Bedingung die kontextuellen Bedingungen genauer erinnern als die Probanden der

Wachbedingung. Dieser Effekt in der Nap-Bedingung korrelierte mit der Menge an Schlafstadium 2 und der Zahl nachgewiesener schneller Schlafspindeln unter den Elektroden F3, F4, C3 und C4. Eine detailliertere Analyse zeigte, dass die Probanden der Nap-Bedingung nur für die Kontextbedingungen der zweiten Wortliste eine bessere Erinnerung hatten als die Probanden der Wachbedingung und dass dieser Effekt bei den Nap-Probanden mit dem Schlafstadium 2 hochsignifikant und mit einem Korrelationskoeffizient von 0,77 korrelierte, während die beiden Gruppen sich für das Erinnern der Kontextbedingungen der ersten Wortliste nicht unterschieden und für diese Wortliste auch keine Korrelation zwischen Schlafstadium 2 und Kontexterinnerung nachweisbar war. Die Autoren folgerten, dass ein besonders schlafnah gelegenes Lernen eine bessere Erinnerung des Kontextes durch Kurzschlaf ermöglicht. Einschränkend muss allerdings gesagt sein, dass die Stichprobengröße klein und der Unterschied in der besseren Kontexterinnerung bezüglich Wortliste 2 besonders einem im Vergleich zur Wortliste 1 schlechterem Abschneiden der Kontrollgruppe geschuldet ist und nicht einem deutlich besseren Kontexterinnern der Nap-Gruppe für Wortliste 2, denn die Nap-Gruppe erinnerte den Kontext für beide Wortlisten annähernd gleich gut. Ähnlich wie van der Helm et al. (und im Gegensatz zur beschriebenen Studie von Rauch et al., siehe oben) fanden aber auch wir, dass Schlafstadium 2 eine Rolle bei der (episodischen) Gedächtniskonsolidierung spielt. Der von dieser Arbeitsgruppe nachgewiesene Zusammenhang zwischen schnellen Spindeln und Gedächtnisleistung passt zu unseren Befunden, erlaubt aber ebenfalls keine Antwort auf die Frage: sind die Spindelmengen eher ein Traitmarker als ein Statemarker, also eher durch die vorbestehende Intelligenz als durch die akute Herausforderung durch die Testung bestimmt.

Es wäre sicherlich interessant zu prüfen, ob das rhythmische Zusammenspiel von langsamen Wellen während des Schlafes, den sog. Slow Oscillations, mit der Spindelaktivität ähnlich aussieht wie bei Studien mit deklarativem Gedächtnis (Möller et al., 2002). Unsere technischen Voraussetzungen bei der Schlafpolysomnographie ließen in dieser Studie aber eine solche Untersuchung von Slow Oscillations nicht zu. Die Unterscheidung von langsamen und schnellen Spindeln (Möller, et al., 2011.), erlaubte unsere Auswertung ebenfalls nicht. Da als Quelle der Spindeldichte die C4:A1-Ableitung genommen wurde, kann in dieser Studie keine Aussage zu den verschiedenen Spindeldichten bezüglich der einzelnen ableitenden Elektroden gegeben werden.

Es war für uns eine kleine Überraschung, dass trotz einer eng gewählten Altersspanne für die Probanden eine negative Korrelation der Spindelzahl mit dem Alter nachweisbar war. Ein

Zusammenhang der Gedächtnisleistung mit dem Alter ergab sich jedoch nicht. Die eher niedrigen Korrelationen von ca. 0,3 lassen vermuten, dass der Einfluss der Spindelabnahme auf die Konsolidierungsleistung zumindest in dieser Altersspanne gering ist und durch andere Aspekte der Konsolidierung kompensiert werden kann.

Überhaupt soll abschließend kritisch angemerkt sein, dass die in dieser und den zitierten Studien gezeigten Vorteile der nächtlichen Gedächtniskonsolidierung semantischen und episodischen Gedächtnisses teilweise Effektstärken im unteren bis mittleren Bereich aufweisen, so dass davon ausgegangen werden kann, dass eine große Zahl anderer, hier nicht erfasster Faktoren die Gedächtniskonsolidierung wesentlich mit beeinflussen. Ein schlechter Schlaf muss also keine schwerwiegenden Konsequenzen auf das menschliche Gedächtnis haben. Umgekehrt aber konnten wir zusammen mit vielen anderen zeigen, dass ein guter Schlaf die Gedächtnisleistung positiv beeinflusst. Inwieweit die Verbesserung von Schlaf auch die Gedächtnisleistung fördern kann, ist gegenwärtig Bestandteil intensiver Studien, insbesondere im Sonderforschungsbereich (SFB) 654. Unsere Studie sollte hierbei einen Beitrag leisten, indem sie insbesondere den Zusammenhang von episodischem Gedächtnis und Schlaf ein wenig näher beleuchtet.

## 6 Zusammenfassung

Schlaf trägt wesentlich zur Konsolidierung von deklarativen Gedächtnisinhalten bei. In der vorgelegten Studie sollte mit einer Unterscheidung zwischen semantischen und episodischen Gedächtnisinhalten mit Hilfe des Remember-Know-Guess (RKG) Paradigmas von Tulving und Gardiner (1985) geprüft werden, ob episodisches Gedächtnis stärker von Schlaf profitiert. Es nahmen 79 gesunde Probanden an der Studie teil, die randomisiert nach dem Lernen am Abend eine Nacht im Schlaflabor übernachteten (Schlafbedingung) oder nach dem Lernen am Morgen eine gleich lange Zeitspanne tagsüber wach waren (Wachbedingung). Eine dritte Gruppe bestand aus Probanden, die nach dem Lernen gleich wieder abgefragt wurden (Sofortabfrage). Es wurden Antonym-Paare gelernt, die die Probanden zur Hälfte laut vorlesen, bei der anderen Hälfte das zweite Wort selbst generieren mussten. Bei der Abfrage wurde den Probanden das zweite Wort eines Antonym-Paares dargeboten und sie mussten beantworten, ob das Antonym-Paar gelernt worden war (Frage 1, semantisches Gedächtnis), wie sicher sie die Umstände des Lernens erinnerten (Frage 2, episodisches Gedächtnis zufolge des RKG Paradigmas) und ob das abgefragte Wort beim Lernen vorzulesen oder zu generieren war (Frage 3, zur Objektivierung des episodischen Erinnerns).

Die Probanden der Schlafbedingung unterschieden sich nicht von denen der Wach- und der Sofortbedingung in Bezug auf das semantische Erinnern. Sie erinnerten jedoch besser als die Probanden der anderen beiden Bedingungen, wie ihnen die Wortpaare beim Lernen dargeboten wurden. Sie waren zwar ähnlich sicher, die Umstände des Lernens zu erinnern, diese Einschätzung korrelierte jedoch nur in der Schlafbedingung signifikant mit den korrekten Antworten auf Frage 3. Für die Probanden der Schlafbedingung korrelierte die Gedächtnisleistung für Fragen 1 und 3 negativ mit der Menge an Schlafstadium 1 und positiv mit der Menge an übrigen Non-REM-Schlaf. Unter Berücksichtigung der Art der Darbietung der Antonyme beim Lernen zeigte sich, dass für die nur vorzulesenden Antonyme die Gedächtnisleistung insgesamt geringer war, dass aber die Leistung der Probanden der Schlafbedingung hierfür meist besser war als bei den anderen beiden Bedingungen. Insgesamt zeigte sich damit, dass besonders das episodische Gedächtnis von Non-REM Schlaf profitiert

Die nachgewiesenen Effektstärken lagen im unteren bis mittleren Bereich.

# 7 Literaturverzeichnis

Ambrosini, MV, Giuditta, A (2001): Learning and sleep: the sequential hypothesis. *Sleep Med Rev Dec*;5(6): 477-490.

Anderer, P, Klösch, G, Gruber, G, Trenker, E, Pascual-Marqui, RD, Zeitlhofer, J, Barbanoj, MJ, Rappelsberger, P, Saletu, B (2001): Low-resolution brain electromagnetic tomography revealed simultaneously active from parietal sleep spindle sources in the human cortex. *Neuroscience* 103(3): 581-92.

Aserinsky, E, Kleitman, N (1953): Regularly occurring periods of eye motility, and concomitant phenomena, during sleep. *Science* 118, 273-274.

Babor, TF, Saunders, JB, Aasland, OG, de la Fuente, JR, Grant, M (1993): Development of the Alcohol Use Disorders Screening Test (AUDIT). WHO collaborative project on early detection of persons with harmful alcohol consumption II. *Addiction* 88, 791-804.

Backhaus, J, Junghanns, K, Broocks, A, Riemann, D, Hohagen, F (2002): Test-retest reliability and validity of the Pittsburgh Sleep Quality Index in primary insomnia. *Journal of Psychosomatic Research*, 53, 737-740.

Backhaus, J, Junghanns, K, Born, J, Hohaus, K, Faasch F, Hohagen, F (2006): Impaired Declarative Memory Consolidation During Sleep in Patients with Primary Insomnia: Influence of Sleep Architecture and Nocturnal Cortisol Release, *Biol. Psychiatry*, 60: 1324-1330.

Backhaus, J, Junghanns, K, (2006): Daytime naps improve procedural motor memory, *Sleep Med.*, (6):508-12.

Backhaus, J, Born, J, Hoeckesfeld, R, Fokuhl, S, Hohagen, F, Junghanns, K (2007): Midlife decline in declarative memory consolidation is correlated with a decline in slow wave sleep. *Learn Mem.*, 14(5): 336-41.

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(1): 76-80.

Baddeley, AB, Eysenck MW, Anderson, MC (2010): *Memory*, Psychology Press, 2010, ISBN 978-1-84872-001-5.

Beck, AT, Ward, CH, Mendelson, M, Mock, J, Erbaugh, J (1961): An inventory for measuring depression. *Arch. Gen. Psychiat.*, 4, 561-571.

- Berger H (1933): Über das Elektroenzephalogramm des Menschen. Sechste Mitteilung. Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten 99: 555-574.
- Berking, M, Znoj, H (2008): Entwicklung und Validierung eines Fragebogens zur standardisierten Selbsteinschätzung emotionaler Kompetenzen (SEK-27). Zeitschrift für Psychiatrie, Psychologie und Psychotherapie, 56 (2), 141-152.
- Birbaumer, N, Schmidt, RF (1997): Lernen und Gedächtnis in: Physiologie des Menschen. R. F. Schmidt, G. Thews. Springer Verlag, Berlin, 154-166.
- Bliss, TV, Collingridge, GL (1993): A synaptic model of memory: long-term potentiation in the Hippokampus. Nature, 36, 31-39.
- Bliss, TV, Lomo, T (1973): Long-lasting potentiation of synaptic transmission in the dentate area of the anaesthetized rabbit following stimulation of the perforant path. J. Physiol. (Lond.), 232, 331-356.
- Bontempi et al. (1999): Time-dependent reorganization of brain circuitry underlying long-term memory storage. Nature; 400(6745): 671-5.
- Born, J, Gais, S (2003): Roles of early and late nocturnal sleep for the consolidation of human memories. In: Maquet, P., Stickgold, R., Smith, C.: Sleep and Brain Plasticity. Oxford, UK: Oxford Press, 65-85.
- Born, J (2010): Slow-wave sleep and the consolidation of long-term memory. World J. Biol. Psychiatry. 11 Suppl 1: 16-21.
- Born, J, Wilhelm, I (2012): System consolidation of memory during sleep. Psychol. Res. 2012. 76(2): 192-203.
- Bramham, CR, Srebro, B (1989): Synaptic plasticity in the Hippokampus is modulated by behavioral state. Brain Res. 493, 74-86.
- Buzsaki, G, Leung, LW, Vanderwolf, CH (1983): Cellular bases of hippocampal EEG in the behaving rat. Brain Res., 287, 139-171.
- Buzsaki, G (1989): A two-stage model of memory trace formation: a role for „noisy“ brain states. Neuroscience, 131, 551-570.
- Buzsaki, G (1998): Memory consolidation during sleep: a neurophysiological perspective. J.Sleep Res., 7 Suppl 1, 17-23.

Buysse, DJ, Reynolds III CF, Monk, TH, Berman, SR, Kupfer, DJ (1989): The Pittsburgh Sleep Quality Index; A new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Research*, 28: 193-213.

Case, R, Globerson, T (1974): Field independence and central computing space. *Child Development*, 45, 772-778.

Chrobak, JJ, Buzsaki, G (1996): High-frequency oscillations in the output networks of the hippocampal-entorhinal axis of the freely behaving rat. *J. Neurosci.*, 16, 3056-3066.

Clemens, Z, Fabó, D, Halász, P (2006): Twenty-four hours retention of visuospatial memory correlates with the number of parietal sleep spindles. *Neurosci Lett*. Jul. 31; 403(1-2): 52-6.

Clemens, Z, Mölle, M, Eross, L, Barsi, P, Halász, P, Born, J (2007): Temporal coupling of parahippocampal ripples, sleep spindles and slow oscillations in humans. *Brain*. 130(Pt 11): 2868-78.

Craik, FI, Lockhart, RS (1972): Levels of processing: a framework for memory research. *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior*, 11, 671-684.

Curran, H, Hildebrandt, M (1999): Dissociative Effects of Alcohol on Recollective Experience, Consciousness and Cognition 8, 497-509.

Davis, H, Davis, PA, Loomis, AL, Harvey, EN, Hobart, G (1937): Changes in human brain potentials during the onset of sleep. *Science* 86(2237):448-50.

De Gennaro, L, Ferrara, M (2003): Sleep spindles: an overview. *Sleep Med Rev*. Oct; 7(5): 423-40.

Diekelmann, S, Born, J (2007): One memory, two ways to consolidate? *Nat. Neurosci.* 10(9):1085-6.

Diekelmann, S, Born, J (2010): The memory function of sleep. *Nat. Rev. Neurosci.*, 11(2): 114-126.

Diekelmann, S, Büchel, C, Born, J, Rasch, B (2011): Labile or stable: opposing consequences for memory when reactivated during waking and sleep. *Nature Neuroscience*, 14(3) 381-386.

Draguhn, A, Traub, RD, Bibbing, A, Schmitz, D (2000): Ripple (approximately 200Hz) oscillations in temporal structures. *J. Clin. Neurophysiol.*, 17: 361-376.

Drosopoulos, S, Wagner, U, Born, J (2005): Sleep enhances explicit recollection in recognition memory, *Learning & Memory* 2005 12: 44-51.

Drosopoulos, S, Windau, E, Wagner, U, Born, J (2007): Sleep Enforces the Temporal Order in Memory, PLoS ONE, April 2007, Issue 4, 376.

Drosopoulos, S, Schulze, C, Fischer, S, Born, J (2007a): Sleep's function in the spontaneous recovery and consolidation of memories. *J. Exp. Psychol. Gen.* 136(2): 169-83.

Ekstrand, BR; Barrett, TR; West, JN und Maier, WG (1977): The effect of sleep on human long-term memory. In: Drucker-Colin, R. R., McGaugh J. L. (Eds.) *Neurobiology of sleep and memory* (pp.419-438). New York: Academic Press.

Fogel, SM, Smith, CT (2006): Learning-dependent changes in sleep spindles and Stage 2 sleep. *J. Sleep Res.*, Sep. 15(3): 250-5.

Fogel, SM, Smith, CT, Cote, KA (2007): Dissociable learning-dependent changes in REM and non-REM sleep in declarative and procedural memory systems. *Behav. Brain Res.* Jun 2; 180(1):48-61.

Frankland, PW, Bontempi, B (2005): The organization of recent and remote memories. *Nat.Rev.Neurosci.*, 6: 119-130.

Gais, S, Plihal, W, Wagner, U, Born, J (2000): Early sleep triggers memory for early visual discrimination skills. *Nat. Neurosci.*, 3, 1335-1339.

Gais, S, Mölle, M, Helms, K, Born, J (2002): Learning-dependent increases in sleep spindle density. *J Neurosci*, 22(15): 6830-4.

Gais, S, Born, J (2004): Declarative memory consolidation: Mechanisms acting during human sleep. *Learn. Mem.*, 11, 679-685.

Gardiner, JM (1988): Recognition failures and free-recall failures: implications for the relation between recall and recognition. *Mem. Cognit.* 16(5):446-51.

Gardiner, JM (2000): On the objectivity of subjective experiences of autothetic and noetic consciousness. In E. Tulving (Ed.), *Memory, consciousness, and the brain: The Tallinn Conference* (pp.159-172).

Gillberg, M, Akerstedt, T (1982): Body temperature and sleep at different times of day. *Sleep*, 5 (4), 378-388.

Giuditta, A, Ambrosini, MV, Montagnese, P, Mandile, P, Cotugno, M, Grassi, Zucconi, G, Vescia, S (1995): The sequential hypothesis of the function of sleep. *Behav. Brain Res.* Jul-Aug; 69(1-2): 157-66. Review.

Hasselmo, ME (1999): Neuromodulation: acetylcholine and memory consolidation. *Trends Cogn. Sci.*, 3, 351-359.

- Hebb, DO (1949): *The Organization of Behavior*. Wiley, New York.
- Heine, R (1914): Über Wieder erkennen und rückwirkende Hemmung. *Z. Psychol.*, 68, 161-236.
- <http://career-test.de/pics/raven.jpg> (19.01.2013)
- Koella, WP (1988): *Die Physiologie des Schlafes. Eine Einführung*. Stuttgart: Fischer.
- Kohlschütter, E (1863): Messungen der Festigkeit des Schlafes. (209)-253 mit 1 Tafel. In: *Zeitschrift für rationelle Medizin*, 3. Reihe, Band 17.
- Kuriyama, K, Stickgold, R, Walker, MP (2004): Sleep-dependent learning and motor-skill complexity. *Learn. Mem.* 11(6):705-13.
- Lee, AK, Wilson, MA (2002): Memory of sequential experience in the Hippokampus during slow wave sleep. *Neuron*, 36, 1183-1194.
- Loftus, EF (1993): The reality of repressed memories. *Am. Psychol.* May, 48(5): 518-37.
- Loomis, AL, Harvey, EN, Hobart, G (1935): Potential rhythms of the cerebral cortex during sleep. *Science* 81, 597-598.
- Louie, K, Wilson, MA (2001): Temporally structured replay of awake hippocampal ensemble activity during rapid eye movement sleep. *Neuron* 29, 145-156.
- Malenka, RC, Bear, MF (2004): LTP and LTD: an embarrassment of riches. *Neuron* 44(1): 5-21.
- Maquet, P, Dive, D, Salmon, E, Sadzot, B, Franco, G, Poirrier, R, von Frenckell, R, Franck, G (1990): Cerebral glucose utilization during sleep-wake cycle in man determined by positron emission tomography and [18F]2-fluoro-2deoxy-D-glucose method. *Brain Res.*, 513, 136-143.
- Maquet, P, Dive, D, Salmon, E, Sadzot, B, Franco, G, Poirrier, R, Franck, G (1992): Cerebral glucose utilization during stage 2 sleep in man. *Brain Res.*, 571, 149-153.
- Maquet, P (2000): Functional neuroimaging of normal human sleep by positron emission tomography. *J. Sleep Res.*, 9, 207-231.
- Maquet, P (2001): The role of sleep in learning and memory. *Science* 294(5544):1048-52.
- McClelland, JL, McNaughton, BL, O'Reilly, RC (1995): Why there are complementary learning systems in the Hippokampus and neocortex: insights from the successes and failures of connectionist models of learning and memory. *Psychol.Rev.*, 102, 419-457.

- McGaugh, JL (2000): Memory - a century of consolidation. *Science*, 287, 248-251.
- Möller, M, Marshall, L, Gais, S, Born, J (2002): Grouping of spindle activity during slow oscillations in human non-rapid eye movement sleep. *J Neurosci*. 22(24): 10942-10947.
- Möller, M, Marshall, L, Gais, S, Born, J (2004): Learning increases human electroencephalographic coherence during subsequent slow sleep oscillations *Proc Natl Acad Sci USA* 101: 13963-8. Epub 2004 Sep 8.
- Möller, M, Eschenko, O, Gais, S, Sara, SJ, Born, J (2009): The influence of learning on sleep slow oscillations and associated spindles and ripples in humans and rats. *Eur J Neurosci*. Mar; 29(5):1071-81.
- Möller, M, Bergmann, TO, Marshall, L, Born, J (2011): Fast and Slow Spindles during the Sleep Slow Oscillation: Disparate Coalescence and Engagement in Memory Processing. *Sleep*; 34(10): 1411-21.
- Nadasdy, Z, Hirase, H, Czurko, A, Csicsbari, J, Buzsaki, G (1999): Replay and time compression of recurring spike sequences in the Hippokampus. *J. Neurosci.*, 19, 9497-9507.
- Nadel, L, Samsonivich, A, Ryan, L, Moscovitch, M (2000): Multiple trace theory of human memory: Computational, neuroimaging, and neuropsychological results *Hippokampus*, 10, 352-368.
- Peigneux, P, Maquet, P, Meulemans, T, Destrebecqz, A, Laureys, S, Degueldre, C, Delfiore, G, Aerts, J, Luxen, A, Franck, G, Van Der, LM, Cleeremans, A (2000): Striatum forever, despite sequence learning variability: a random effect analysis of PET data. *Hum Brain Map* 10: 179-194.
- Peigneux, P, Laureys, S, Fuchs, S, Destrebecqz, A, Collette, F, Delbeuck, X, Phillips, C, Aerts, J, Del Fiore, G, Degueldre, C, Luxen, A, Cleeremans, A, Maquet, P (2003): Learned material content and acquisition level modulate cerebral reactivation during posttraining rapid-eye-movements sleep. *Neuroimag*. 20(1):125-34.
- Peigneux, P, Laureys, S, Fuchs, S, Collette, F, Perrin, F, Reggers, J, Phillips, C, Degueldre, C, Del, FG, Aerts, J, Luxen, A, Maquet, P (2004): Are spatial memories strengthened in the human Hippokampus during slow wave sleep? *Neuron*, 44, 535-545.
- Penzel, T (1993): *Zeitschrift für Elektroenzephalographie Elektromyographie und verwandte Gebiete*, Heft 2, 24.Jahrgang, S. 65-79
- Plihal, W, Born, J (1997): Effects of early and late nocturnal sleep on declarative and procedural memory. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9, 534-547.

- Plihal, W Born, J (1999): Effects of early and late nocturnal sleep on priming and spatial memory. *Psychophysiology* 36, 571-582.
- Posch, C (2010): *Religiös-spirituelles Befinden im Prozess seelischer Gesundheit und Krankheitsverarbeitung*, Medizinische Universität Graz.
- Qin, YL, McNaughton, BL, Skaggs, WE, Barnes, CA (1997): Memory reprocessing in corticocortical and hippocampocortical neuronal ensembles. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 29;352(1360):1525-33.
- Racsmány, M, Conway, MA, Demeter, G (2010): Consolidation of episodic memories during sleep: long-term effects of retrieval practice. *Psychol. Sci. Jan* 21(1): 80-5.
- Rasch, B, Büchel, C, Gais, S, Born, J (2007): Odor cues during slow-wave sleep prompt declarative memory consolidation. *Science*, 315, 1426-1429.
- Rauchs, G, Bertran, F, Guillery-Girard, B, Desgranges, B, Kerrouche, N, Denise, P, Foret, J, Eustache, F (2004): Consolidation of strictly episodic memories mainly requires rapid eye movement sleep. *Sleep May* 1; 27(3): 395-401.
- Rauchs, G, Desgranges, B, Foret, J, Eustache, F (2005): The relationships between memory systems and sleep stages. *J Sleep Res. Jun*; 14(2):123-40.
- Raven, JC (1948): The comparative assessment of intellectual ability. *Brit. J. Psychol.* 12-19.
- Raven, JC (1951): *Guide to using progressive matrices (1947)*. London: H. K. Lewis und Co.
- Reber, PJ, Knowlton, BJ, Squire, LR (1996): Dissociable properties of memory systems: differences in the flexibility of declarative and nondeclarative knowledge. *Behav Neurosci* 110: 861-871.
- Rechtschaffen, A, Kales, A (1968): *A manual of standardized terminology, techniques and scoring system for sleep stages of human subjects*. Los Angeles: Brain Information Service, University of California.
- Rechtschaffen, A, Siegel, JM (2000): *Sleep and Dreaming*. In: *Principles of Neuroscience*. Fourth Edition, Edited by Kandel, E. R., Schwartz, J. H., Jessel, T. M.. McGraw-Hill, New York, 936-947.
- Ribeiro, S (2012): Sleep and plasticity. *Pflugers Arch. Jan*; 463(1): 111-20

- Rixe, A, Junganns, K (2008): Deklaratives Gedächtnis und Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse während der ersten Nachthälfte – ein Vergleich verschiedener Testverfahren.
- Ruch, S, Markes, O, Duss, SB, Oppliger D, Reber, TP, Koenig, T, Mathis, J, Roth, C, Henke, K (2012): Sleep stage II contributes to the consolidation of declarative memories. *Neuropsychologia*, Aug; 50(10): 2389-96.
- Ryan, T, Mlynczak, S, Erickson, T, Man, SF, Man, GC (1989): Oxygen consumption during sleep: influence of sleep stage and time of night. *Sleep*, 12 (3), 201-210.
- Schabus, M, Gruber, G, Parapaticus, S, Sauter, C, Klösch, G, Anderer, P, Klimesch, W, Saletu, B, Zeitlhofer, J (2004): Sleep spindles and their significance for declarative memory consolidation. *Sleep*, Dec. 15; 27(8): 1479-85.
- Sejnowski, TJ, Destexhe, A (2000): Why do we sleep? *Brain Res* 886, 208-223.
- Siapas, AG, Wilson, MA (1998): Coordinated interactions between hippocampal ripples and cortical spindles during slow-wave-sleep. *Neuron*, 21, 1123-1128.
- Sirota, A, Csicsvari, J, Buhl, D, Buzsaki, G (2003): Communication between neocortex and Hippokampus during sleep in rodents. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 100, 2065-2069.
- Skaggs, WE, McNaughton, BL (1996): Replay of neuronal firing sequences in rat Hippokampus during sleep following spatial experience. *Science*, 271, 1870-1873.
- Spearman, C (1915): The measurement of intelligence. *Eugen Rev.* Jan, 6(4):312-313.
- Sperling, G (1960): The information available in brief visual presentations. *Psychological Monographs*, 74(11), 1–29.
- Steriade, M, Mc Cormick, DA, Sejnowski, TJ (1993): Thalamocortical oscillations in the sleeping and aroused brain. *Science* 262:679-685.
- Stickgold, R (1998): Sleep: Off-line memory processing. *Trends in Cognitive Sciences* 2: 484-492.
- Stickgold, R et al. (1999): Sleep-induced changes in associative memory. *J Cogn Neurosci.*, 11(2):182-93.
- Stickgold, R et al. (2000a): Visual discrimination task improvement: A multi-step process occurring during sleep. *J Cogn. Neurosci.*, 12(2): 246-54.
- Stickgold, R, James, L, Hobson, JA (2000b): Visual discrimination learning requires sleep after training. *Nat. Neurosci.*, 3, 1237-1238.

- Stickgold, R et al. (2001): Sleep, learning, and dreams: off-line memory reprocessing. *Science*, Nov.2; 294(5544): 1052-7.
- Stickgold, R et al. (2002): Linking brain and behavior in sleep-dependent learning and memory consolidation. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*; 99(26): 16519-21.
- Stickgold, R, Walker, M (2004): To sleep, perchance to gain creative insight? *Trends Cogn. Sci* 8(5): 191-2.
- Stickgold, R et al. (2009): Sleep now, remember later. *Newsweek*. Apr.27; 153(17): 56-7.
- Squire, LR, Alvarez, P (1995): Retrograde amnesia and memory consolidation: A neurobiological perspective. *Curr. Opin. Neurobiol.*, 5, 169-177.
- Squire, LR, Zola-Morgan, SM (1991): The medial temporal lobe memory system. *Science* Sep 20; 253(5026):1380-1386.
- Sutherland, GR, McNaughton, B (2000): Memory trace reactivation in hippocampal and neocortical neuronal ensembles. *Curr. Opin. Neurobiol.*, 10, 180-186.
- Tarver, SG, Hallahan, DP (1974): Attention deficits in children with learning disabilities: A review. *Journal of Learning Disabilities*, 17, 560-572.
- Terrier, G, Gottesmann, CL (1978): Study of cortical spindles during sleep in the rat. *Brain Res Bull*. Nov-Dec; 3(6): 701-6
- Torgesen, JK, Houck DG (1980): Processing deficiencies of learning-disabled children who perform poorly on the digit span test. *Journal of Educational Psychology*, 72(2), 141-160.
- Tulving, E (1985): Memory and Consciousness. *Canadian Psychology*, 26(1), 1–12.
- Tulving, E, Craik, FI (2000): *Oxford Handbook of Memory*.
- Van der Helm, E, Gujar, N, Nishida, M, Walker, MP (2011): Sleep-dependent facilitation of episodic memory details. *PLoS One*. 6(11):e27421.
- [www.charite.de/dgsm/dgsm/downloads/eeg\\_emg.pdf](http://www.charite.de/dgsm/dgsm/downloads/eeg_emg.pdf) (07.03.2013)
- [www.forel-klinik.ch/upload/docs/pdfs/15\\_07\\_08\\_Audit.pdf](http://www.forel-klinik.ch/upload/docs/pdfs/15_07_08_Audit.pdf) (06.03.2013).
- [www.gbe-bund.de/](http://www.gbe-bund.de/) (Schlafstörungen [Gesundheitsberichterstattung – Themenhefte, Oktober 2005]) (06.03.2013).
- [www.psyprasoft.de/EmoCheck.html](http://www.psyprasoft.de/EmoCheck.html) (19.01.2013).

Wagner, T, Axmacher, N, Lehnertz, K, Elger, CE, Fell, J (2010): Sleep-dependent directional coupling between human neocortex and hippocampus. *Cortex*, Feb; 46(2): 256-63.

Walker, MP, Stickgold, R (2004): Sleep-Dependent Learning and Memory Consolidation. *Neuron*, Vol. 44: 121-133.

Wampold (2001): *The great psychotherapy debate*. Routledge New York.

Wilhelm, I, Diekelmann, S, Molzow, I, Ayoub, A, Mölle, M, Born, J (2011): Sleep selectively enhances memory expected to be of future relevance. *JNeurosci*. 31(5):1563-9.

Wilson, MA, McNaughton, BL (1994): Reactivation of hippocampal ensemble memories during sleep. *Science*, 265, 676–679.

Wilson, MA, Louie, K (2001): Temporally structured replay of awake hippocampal ensemble activity during rapid eye movement sleep. *Neuron*, 29, 145-156.

Yaroush, R; Sullivan, MJ; Ekstrand, BR (1971): Effect of Sleep on memory III Differential Effect of the first and second half of the night. *Journal of Experimental Psychology* Vol. 88, No.3, 361-366.

Yordanova, J, Kolev, V, Verleger, R, Bataghva, Z, Born, J, Wagner, U (2008): Shifting from implicit to explicit knowledge: Different roles of early and late night sleep. *Learning and Memory*, 15, 508-515.

Yordanova, J, Kolev, V, Wagner, U, Born, J, Verleger, R (2012): Increased alpha (8-12 Hz) activity during slow wave sleep as a marker for the transition from implicit knowledge to explicit insight. *J. Cogn. Neurosci*, 24(1): 119-32.

Zola-Morgan, S, Squire, LR (1993): Neuroanatomy of memory. *Neurosci.*, 16, 547-563.

# 8 Anhang

## Anhang 1:

Universität zu Lübeck · Ratzeburger Allee 160 · 23538 Lübeck

Herrn  
PD Dr. Junghanns  
Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie

im Hause

nachrichtlich:

Herrn Prof. Dr. Hohagen  
Direktor der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie



*Im Fokus das Leben*  
Universität zu Lübeck

Medizinische Fakultät

**Ethik-Kommission**

Vorsitzender:

Herr Prof. Dr. med. Dr. phil. H. Raspe

Universität zu Lübeck

Stellv. Vorsitzende:

Frau Prof. Dr. med. M. Schrader

Ratzeburger Allee 160

23538 Lübeck

Sachbearbeitung: Frau Janine Erdmann

Tel.: +49 451 500 4639

Fax: +49 451 500 3026

janine.erdmann@medizin.uni-luebeck.de

**Aktenzeichen: 08-179**

**Datum 25.11.2008**

**Sitzung der Ethik-Kommission am 28. Oktober 2008 – Ihr Schreiben vom 13. November 2008**

**Antragsteller: Herr Dr. Junghanns / Herr Prof. Hohagen**

**Titel: Untersuchung zur Konsolidierung einer erlernten artifiziellen Grammatik und von Antonym-Paaren im Schlaf (ArGAntoS-Studie)**

Sehr geehrter Herr Dr. Junghanns,

der Antrag wurde unter berufsethischen, medizinisch-wissenschaftlichen und berufsrechtlichen Gesichtspunkten geprüft.

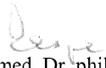
Die Kommission hat keine Bedenken mehr.

Bei Änderung des Studiendesigns sollte der Antrag erneut vorgelegt werden. Über alle schwerwiegenden oder unerwarteten und unerwünschten Ereignisse, die während der Studie auftreten, muß die Kommission umgehend benachrichtigt werden.

Nach Abschluß des Projektes bitte ich um Übersendung eines knappen Schlussberichtes (unter Angabe unseres Aktenzeichens), aus dem der Erfolg/Misserfolg der Studie sowie Angaben darüber, ob die Studie abgebrochen oder geändert bzw. ob Regressansprüche geltend gemacht wurden, ersichtlich sind.

Die ärztliche und juristische Verantwortung des Leiters der klinischen Studie und der an der Studie teilnehmenden Ärzte bleibt entsprechend der Beratungsfunktion der Ethikkommission durch unsere Stellungnahme unberührt.

Mit freundlichem Gruß bin ich  
Ihr

  
Prof. Dr. med. Dr. phil. H. Raspe  
Vorsitzender

anwesende Kommissionsmitglieder:

Prof. Dr. Dr. H.-H. Raspe  
(Sozialmedizin, Vorsitzender der EK)

Prof. Dr. Schweiger  
(Psychiatrie)

Prof. Dr. Dendorfer

(Pharmakologie)

Frau Prof. E. Stubbe

(Theologin)

Prof. Dr. Borek

(Medizin- und Wissenschaftsgeschichte)

Frau H. Müller  
(Pflege)

Dr. Kaiser

(Kinderchirurgie, Stellv. Vorsitzender der EK)

Herr Dr. Fieber

(Richter am Landgericht Lübeck)

Prof. Schwinger

(Humangenetik)

Herr Prof. Dr. Mönig

(Medizinische Klinik I)

Frau Prof. Dr. M. Schrader

(Plastische Chirurgie)

Herr Dr. Schultz

(Pädiatrie)

Herr D. Stojan

(Präsident des Amtsgerichtes Lübeck)

Anhang 2:

<b>Pittsburgh Sleep Quality Index</b> (nach Buysse et al., 1989)			
Sehr geehrte Probandin, sehr geehrter Proband,			
die folgenden Fragen beziehen sich auf ihre üblichen Schlafgewohnheiten und zwar nur <b>während der letzten zwei Wochen</b> . Ihre Antworten sollten möglichst genau sein und sich auf die Mehrzahl der Tage und Nächte <b>während der letzten zwei Wochen</b> beziehen.			
<b>Bitte beantworten Sie alle Fragen!</b>			
1. Wann sind Sie während der letzten Woche gewöhnlich abends zu Bett gegangen? (übliche Uhrzeit, z.B. 22:15)	Std.	Min.	
2. Wie lange hat es während der letzten Woche gewöhnlich gedauert, bis Sie nachts eingeschlafen sind? (übliche Dauer in Minuten, z.B. 15 Min.)		Min.	
3. Wann sind Sie während der letzten Woche gewöhnlich morgens aufgestanden? (übliche Uhrzeit, z.B. 07:15)	Std.	Min.	
4. Wieviele Stunden haben Sie während der letzten Woche pro Nacht tatsächlich geschlafen? (Effektive Schlafzeit pro Nacht, das muß nicht mit der Anzahl der Stunden übereinstimmen, die Sie im Bett verbracht haben.)	Std.	Min.	
5. Wie oft haben Sie während der letzten Woche schlecht geschlafen, weil...			
a) ... Sie nicht innerhalb von 30 Minuten einschlafen konnten?	<input type="checkbox"/>	0	während der letzten Woche gar nicht
	<input type="checkbox"/>	1	weniger als einmal in der letzten Woche
	<input type="checkbox"/>	2	einmal oder zweimal in der letzten Woche
	<input type="checkbox"/>	3	dreimal oder häufiger in der letzten Woche
b) ... Sie mitten in der Nacht oder früh morgens aufgewacht sind?	<input type="checkbox"/>	0	während der letzten Woche gar nicht
	<input type="checkbox"/>	1	weniger als einmal in der letzten Woche
	<input type="checkbox"/>	2	einmal oder zweimal in der letzten Woche
	<input type="checkbox"/>	3	dreimal oder häufiger in der letzten Woche
c) ... Sie aufstehen mußten, um zur Toilette zu gehen?	<input type="checkbox"/>	0	während der letzten Woche gar nicht
	<input type="checkbox"/>	1	weniger als einmal in der letzten Woche
	<input type="checkbox"/>	2	einmal oder zweimal in der letzten Woche
	<input type="checkbox"/>	3	dreimal oder häufiger in der letzten Woche

d) ... Sie Beschwerden beim Atmen hatten?	<input type="checkbox"/> 0 während der letzten Woche gar nicht <input type="checkbox"/> 1 weniger als einmal in der letzten Woche <input type="checkbox"/> 2 einmal oder zweimal in der letzten Woche <input type="checkbox"/> 3 dreimal oder häufiger in der letzten Woche
e) ... Sie husten mußten oder laut geschnarcht haben?	<input type="checkbox"/> 0 während der letzten Woche gar nicht <input type="checkbox"/> 1 weniger als einmal in der letzten Woche <input type="checkbox"/> 2 einmal oder zweimal in der letzten Woche <input type="checkbox"/> 3 dreimal oder häufiger in der letzten Woche
f) ... Ihnen zu kalt war?	<input type="checkbox"/> 0 während der letzten Woche gar nicht <input type="checkbox"/> 1 weniger als einmal in der letzten Woche <input type="checkbox"/> 2 einmal oder zweimal in der letzten Woche <input type="checkbox"/> 3 dreimal oder häufiger in der letzten Woche
g) ... Ihnen zu warm war?	<input type="checkbox"/> 0 während der letzten Woche gar nicht <input type="checkbox"/> 1 weniger als einmal in der letzten Woche <input type="checkbox"/> 2 einmal oder zweimal in der letzten Woche <input type="checkbox"/> 3 dreimal oder häufiger in der letzten Woche
h) ... Sie schlecht geträumt hatten?	<input type="checkbox"/> 0 während der letzten Woche gar nicht <input type="checkbox"/> 1 weniger als einmal in der letzten Woche <input type="checkbox"/> 2 einmal oder zweimal in der letzten Woche <input type="checkbox"/> 3 dreimal oder häufiger in der letzten Woche

5. Wie oft haben Sie während der letzten Woche schlecht geschlafen, weil... (Fortsetzung)	
i) ... Sie Schmerzen hatten?	<input type="checkbox"/> 0 während der letzten Woche gar nicht <input type="checkbox"/> 1 weniger als einmal in der letzten Woche <input type="checkbox"/> 2 einmal oder zweimal in der letzten Woche <input type="checkbox"/> 3 dreimal oder häufiger in der letzten Woche

	Woche
j) ...andere Gründe? Bitte beschreiben: _____ _____ _____ Wie oft während der letzten Zeit konnten Sie aus diesem Grund schlecht schlafen?	<input type="checkbox"/> 0 während der letzten Woche gar nicht <input type="checkbox"/> 1 weniger als einmal in der letzten Woche <input type="checkbox"/> 2 einmal oder zweimal in der letzten Woche <input type="checkbox"/> 3 dreimal oder häufiger in der letzten Woche
6. Wie würden Sie insgesamt die Qualität ihres Schlafes während der letzten Woche beurteilen?	<input type="checkbox"/> 0 sehr gut <input type="checkbox"/> 1 ziemlich gut <input type="checkbox"/> 2 ziemlich schlecht <input type="checkbox"/> 3 sehr schlecht
7. Wie oft haben Sie während der letzten Woche Schlafmittel eingenommen (vom Arzt verschriebene oder frei verkäufliche)? Wenn ja, bitte Präparat und Dosis angeben: _____ _____	<input type="checkbox"/> 0 während der letzten Woche gar nicht <input type="checkbox"/> 1 weniger als einmal in der letzten Woche <input type="checkbox"/> 2 einmal oder zweimal in der letzten Woche <input type="checkbox"/> 3 dreimal oder häufiger in der letzten Woche
8. Wie oft hatten Sie während der letzten Woche Schwierigkeiten, wachzubleiben, etwa beim Autofahren, beim Essen oder bei gesellschaftlichen Anlässen?	<input type="checkbox"/> 0 während der letzten Woche gar nicht <input type="checkbox"/> 1 weniger als einmal in der letzten Woche <input type="checkbox"/> 2 einmal oder zweimal in der letzten Woche <input type="checkbox"/> 3 dreimal oder häufiger in der letzten Woche
9. Hatten Sie während der letzten Woche Probleme, mit genügend Schwung die üblichen Alltagsaufgaben zu erledigen?	<input type="checkbox"/> 0 keine Probleme <input type="checkbox"/> 1 kaum Probleme <input type="checkbox"/> 2 etwas Probleme <input type="checkbox"/> 3 große Probleme
10. Schlafen Sie alleine im Zimmer?	<input type="checkbox"/> 0 ja <input type="checkbox"/> 1 ja, aber ein Partner/ Mitbewohner schläft in einem anderen Zimmer <input type="checkbox"/> 2 nein, der Partner schläft im selben Zimmer, aber nicht im selben Bett <input type="checkbox"/> 3 nein, der Partner schläft im selben Bett
11. Falls Sie einen Mitbewohner oder Partner haben, fragen Sie sie/ihn bitte, ob und wie oft er/sie bei Ihnen folgendes bemerkt hat:	

<p>a) Lautes Schnarchen:</p> <p>b) Lange Atempausen während des Schlafes:</p> <p>c) Zucken oder ruckartige Bewegungen der Beine während des Schlafes:</p> <p>d) Nächtliche Phasen der Verwirrung oder Desorientierung während des Schlafes:</p>	<p><input type="checkbox"/> 0 während der letzten Woche gar nicht</p> <p><input type="checkbox"/> 1 weniger als einmal in der letzten Woche</p> <p><input type="checkbox"/> 2 einmal oder zweimal in der letzten Woche</p> <p><input type="checkbox"/> 3 dreimal oder häufiger in der letzten Woche</p> <p><input type="checkbox"/> 0 während der letzten Woche gar nicht</p> <p><input type="checkbox"/> 1 weniger als einmal in der letzten Woche</p> <p><input type="checkbox"/> 2 einmal oder zweimal in der letzten Woche</p> <p><input type="checkbox"/> 3 dreimal oder häufiger in der letzten Woche</p> <p><input type="checkbox"/> 0 während der letzten Woche gar nicht</p> <p><input type="checkbox"/> 1 weniger als einmal in der letzten Woche</p> <p><input type="checkbox"/> 2 einmal oder zweimal in der letzten Woche</p> <p><input type="checkbox"/> 3 dreimal oder häufiger in der letzten Woche</p> <p><input type="checkbox"/> 0 während der letzten Woche gar nicht</p> <p><input type="checkbox"/> 1 weniger als einmal in der letzten Woche</p> <p><input type="checkbox"/> 2 einmal oder zweimal in der letzten Woche</p> <p><input type="checkbox"/> 3 dreimal oder häufiger in der letzten Woche</p>
<p>e) Andere Formen von Unruhe während des Schlafens; bitte beschreiben:</p>	<p><input type="checkbox"/> 0 während der letzten Woche gar nicht</p> <p><input type="checkbox"/> 1 weniger als einmal in der letzten Woche</p> <p><input type="checkbox"/> 2 einmal oder zweimal in der letzten Woche</p> <p><input type="checkbox"/> 3 dreimal oder häufiger in der letzten Woche</p>

Anhang 3

<b>Beck-Depressions-Inventar (BDI)</b>	
<p>Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,</p> <p>dieser Fragebogen enthält 21 Gruppen von Aussagen. Bitte lesen Sie jede Gruppe sorgfältig durch. Suchen Sie dann die eine Aussage in jeder Gruppe heraus, die am besten beschreibt, wie Sie sich <b>in dieser Woche einschließlich heute</b> gefühlt haben und kreuzen Sie die dazugehörige Ziffer (0,1,2 oder 3) an. Falls mehrere Aussagen einer Gruppe gleichermaßen zutreffen, können Sie auch mehrere Ziffern markieren. <b>Lesen Sie auf jeden Fall alle Aussagen in jeder Gruppe, bevor Sie Ihre Wahl treffen.</b></p>	
<b>A</b>	<input type="checkbox"/> 0 Ich bin nicht traurig. <input type="checkbox"/> 1 Ich bin traurig. <input type="checkbox"/> 2 Ich bin die ganze Zeit traurig und komme nicht davon los. <input type="checkbox"/> 3 Ich bin so traurig oder unglücklich, dass ich es kaum noch ertrage.
<b>B</b>	<input type="checkbox"/> 0 Ich sehe nicht besonders mutlos in die Zukunft. <input type="checkbox"/> 1 Ich sehe mutlos in die Zukunft. <input type="checkbox"/> 2 Ich habe nichts, worauf ich mich freuen kann. <input type="checkbox"/> 3 Ich habe das Gefühl, dass die Zukunft hoffnungslos ist, und dass die Situation nicht besser werden kann.
<b>C</b>	<input type="checkbox"/> 0 Ich fühle mich nicht als Versager. <input type="checkbox"/> 1 Ich habe das Gefühl, öfter versagt zu haben als der Durchschnitt. <input type="checkbox"/> 2 Wenn ich auf mein Leben zurückblicke, sehe ich bloß eine Menge Fehlschläge. <input type="checkbox"/> 3 Ich habe das Gefühl, als Mensch ein völliger Versager zu sein.
<b>D</b>	<input type="checkbox"/> 0 Ich kann die Dinge genauso genießen wie früher. <input type="checkbox"/> 1 Ich kann die Dinge nicht mehr so genießen wie früher. <input type="checkbox"/> 2 Ich kann aus nichts mehr eine echte Befriedigung ziehen. <input type="checkbox"/> 3 Ich bin mit allem unzufrieden oder gelangweilt.
<b>E</b>	<input type="checkbox"/> 0 Ich habe keine Schuldgefühle. <input type="checkbox"/> 1 Ich habe häufig Schuldgefühle. <input type="checkbox"/> 2 Ich habe fast immer Schuldgefühle. <input type="checkbox"/> 3 Ich habe immer Schuldgefühle.
<b>F</b>	<input type="checkbox"/> 0 Ich habe nicht das Gefühl, bestraft zu sein. <input type="checkbox"/> 1 Ich habe das Gefühl, vielleicht bestraft zu sein. <input type="checkbox"/> 2 Ich erwarte, bestraft zu werden. <input type="checkbox"/> 3 Ich habe das Gefühl, bestraft zu sein.
<b>G</b>	<input type="checkbox"/> 0 Ich bin nicht von mir enttäuscht. <input type="checkbox"/> 1 Ich bin von mir enttäuscht. <input type="checkbox"/> 2 Ich finde mich fürchterlich. <input type="checkbox"/> 3 Ich hasse mich.
<b>H</b>	<input type="checkbox"/> 0 Ich habe nicht das Gefühl, schlechter zu sein als alle anderen. <input type="checkbox"/> 1 Ich kritisiere mich wegen meiner Fehler und Schwächen. <input type="checkbox"/> 2 Ich mache mir die ganze Zeit Vorwürfe wegen meiner Mängel. <input type="checkbox"/> 3 Ich gebe mir für alles die Schuld, was schiefgeht.
<b>I</b>	<input type="checkbox"/> 0 Ich denke nicht daran, mir etwas anzutun. <input type="checkbox"/> 1 Ich denke manchmal an Selbstmord, aber ich würde es nicht tun. <input type="checkbox"/> 2 Ich möchte mich am liebsten umbringen. <input type="checkbox"/> 3 Ich würde mich umbringen, wenn ich die Gelegenheit hätte.

<b>J</b>	<input type="checkbox"/> 0	Ich weine nicht öfter als früher.
	<input type="checkbox"/> 1	Ich weine jetzt mehr als früher.
	<input type="checkbox"/> 2	Ich weine jetzt die ganze Zeit.
	<input type="checkbox"/> 3	Früher konnte ich weinen, aber jetzt kann ich es nicht mehr, obwohl ich es möchte.
<b>K</b>	<input type="checkbox"/> 0	Ich bin nicht reizbarer als sonst.
	<input type="checkbox"/> 1	Ich bin jetzt leichter verärgert oder gereizt als früher.
	<input type="checkbox"/> 2	Ich fühle mich dauernd gereizt.
	<input type="checkbox"/> 3	Die Dinge, die mich früher geärgert haben, berühren mich nicht mehr.

### Beck-Depressions-Inventar (BDI)

<b>L</b>	<input type="checkbox"/> 0	Ich habe nicht das Interesse an Menschen verloren.
	<input type="checkbox"/> 1	Ich interessiere mich jetzt weniger für Menschen als früher.
	<input type="checkbox"/> 2	Ich habe mein Interesse an anderen Menschen zum größten Teil verloren.
	<input type="checkbox"/> 3	Ich habe mein ganzes Interesse an anderen Menschen verloren.
<b>M</b>	<input type="checkbox"/> 0	Ich bin so entschlossfreudig wie immer.
	<input type="checkbox"/> 1	Ich schiebe Entscheidungen jetzt öfter als früher auf.
	<input type="checkbox"/> 2	Es fällt mir jetzt schwerer als früher, Entscheidungen zu treffen.
	<input type="checkbox"/> 3	Ich kann überhaupt keine Entscheidungen mehr treffen.
<b>N</b>	<input type="checkbox"/> 0	Ich habe nicht das Gefühl, schlechter auszusehen als früher.
	<input type="checkbox"/> 1	Ich mache mir Sorgen, dass ich alt oder unattraktiv aussehe.
	<input type="checkbox"/> 2	Ich habe das Gefühl, dass Veränderungen in meinem Aussehen eintreten, die mich hässlich machen.
	<input type="checkbox"/> 3	Ich finde mich hässlich.
<b>O</b>	<input type="checkbox"/> 0	Ich kann so gut arbeiten wie früher.
	<input type="checkbox"/> 1	Ich muss mir einen Ruck geben, bevor ich eine Tätigkeit in Angriff nehme.
	<input type="checkbox"/> 2	Ich muss mich zu jeder Tätigkeit zwingen.
	<input type="checkbox"/> 3	Ich bin unfähig zu arbeiten.
<b>P</b>	<input type="checkbox"/> 0	Ich schlafe so gut wie sonst.
	<input type="checkbox"/> 1	Ich schlafe nicht mehr so gut wie früher.
	<input type="checkbox"/> 2	Ich wache 1 bis 2 Stunden früher auf als sonst, und es fällt mir schwer, wieder einzuschlafen.
	<input type="checkbox"/> 3	Ich wache mehrere Stunden früher auf als sonst und kann nicht mehr einschlafen.
<b>Q</b>	<input type="checkbox"/> 0	Ich ermüde nicht stärker als sonst.
	<input type="checkbox"/> 1	Ich ermüde schneller als früher.
	<input type="checkbox"/> 2	Fast alles ermüdet mich.

	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	Ich bin zu müde, um etwas zu tun.
R	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	Mein Appetit ist nicht schlechter als sonst.
	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	Mein Appetit ist nicht mehr so gut wie früher.
	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	Mein Appetit hat sehr stark nachgelassen.
	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	Ich habe überhaupt keinen Appetit mehr.
S	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	Ich habe in letzter Zeit kaum abgenommen.
	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	Ich habe mehr als 2 Kilo abgenommen.
	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	Ich habe mehr als 5 Kilo abgenommen.
	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	Ich habe mehr als 8 Kilo abgenommen.
		Ich esse absichtlich weniger, um abzunehmen: <input type="checkbox"/> JA <input type="checkbox"/> Nein
T	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	Ich mache mir keine größeren Sorgen um meine Gesundheit als sonst.
	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	Ich mache mir Sorgen über körperliche Probleme, wie Schmerzen, Magenbeschwerden oder Verstopfung.
	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	Ich mache mir so große Sorgen über gesundheitliche Probleme, dass es mir schwerfällt, an etwas anderes zu denken.
	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	Ich mache mir so große Sorgen über gesundheitliche Probleme, dass ich an nichts anderes mehr denken kann.
U	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	Ich habe in letzter Zeit keine Veränderung meines Interesses an Sex bemerkt.
	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	Ich interessiere mich weniger für Sex als früher.
	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	Ich interessiere mich jetzt viel weniger für Sex.
	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	Ich habe das Interesse an Sex völlig verloren.

Anhang 4:

<b>EMO-Check</b>	<b>(Code-) Name:</b> _____	<b>Alter:</b> _____
<b>Version-L-S 1/2008 04)</b>	<b>Beruf:</b> _____	<b>Geschlecht:</b> _____

Liebe(r) Teilnehmer(in),

im Folgenden finden Sie eine Reihe von Fragen zu Ihrem emotionalen Befinden in der letzten Woche und Ihrem Umgang mit diesen. Bitte beantworten Sie die Fragen spontan, indem Sie die Antwort aussuchen und ankreuzen, die Ihnen am besten erscheint.

**1. Gefühle & Stimmungen: In der letzten Woche fühlte ich mich...**

	überhaupt nicht	ein wenig	mittel- mäßig	ziemlich	sehr		überhaupt nicht	ein wenig	mittel- mäßig	ziemlich h	sehr		
1.)	mutig:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	26.)	traurig:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
2.)	wertlos:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	27.)	enttäuscht:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
3.)	dankbar:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	28.)	zuversichtlich:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
4.)	aktiv:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	29.)	geborgen:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
5.)	interessiert:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	30.)	beunruhigt:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
6.)	freudig erregt:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	31.)	niedergeschlagen:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
7.)	stark:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	32.)	betrübt:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
8.)	inspiriert:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	33.)	angespannt:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
9.)	stolz:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	34.)	gestresst:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
10.)	begeistert:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	35.)	hoffnungslos:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
11.)	wach:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	36.)	optimistisch:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
12.)	entschlossen:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	37.)	besorgt:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
13.)	aufmerksam:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	38.)	angeekelt:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
14.)	bekümmert:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	39.)	gedemütigt:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
15.)	verärgert:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	40.)	wertvoll:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
16.)	schuldig:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	41.)	gelassen:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
17.)	erschrocken:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	42.)	zufrieden:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
18.)	feindselig:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	43.)	wohl:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
19.)	gereizt:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	44.)	eifersüchtig:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
20.)	beschämt:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	45.)	verliebt:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
21.)	nervös:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	46.)	friedlich:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
22.)	durcheinander:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	47.)	ruhig:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
23.)	ängstlich:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	48.)	neidisch:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
24.)	sicher:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	49.)	glücklich:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
25.)	peinlich berührt:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	50.)	entspannt:	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4

<b>2. Umgang mit Gefühlen: In der letzten Woche ...</b>		überhaupt nicht	selten	manchmal	oft	fast immer
1.)	... achtete ich auf meine Gefühle.	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
2.)	... konnte ich positivere Gefühle gezielt herbei führen.	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
3.)	... verstand ich meine emotionalen Reaktionen.	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
4.)	... fühlte ich mich auch intensiven, negativen Gefühlen gewachsen.	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
5.)	... konnte ich auch negative Gefühle annehmen.	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
6.)	... hätte ich klar benennen können, wie ich mich gerade fühle.	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
7.)	... hatte ich eine gute körperliche Wahrnehmung meiner Gefühle.	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
8.)	... machte ich, was ich mir vorgenommen hatte, auch wenn ich mich dabei unwohl oder ängstlich fühlte.	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
9.)	... versuchte ich, mir in belastenden Situationen selbst Mut zu machen.	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
10.)	... konnte ich meine negativen Gefühle beeinflussen.	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
11.)	... wusste ich, was meine Gefühle bedeuten.	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
12.)	... schenkte ich meinen Gefühlen Aufmerksamkeit.	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
13.)	... war mir klar, was ich gerade fühlte.	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
14.)	... merkte ich gut, wenn mein Körper auf emotional bedeutende Situationen besonders reagierte.	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
15.)	... versuchte ich, mich in belastenden Situationen selbst aufzumuntern.	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
16.)	... konnte ich trotz negativer Gefühle das machen, was ich mir vorgenommen hatte.	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
17.)	... konnte ich zu meinen Gefühlen stehen.	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
18.)	... war ich mir sicher, auch intensive, unangenehme Gefühle aushalten zu können.	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
19.)	... setzte ich mich mit meinen Gefühlen auseinander.	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
20.)	... war mir bewusst, warum ich mich so fühlte, wie ich mich fühlte.	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
21.)	... war mir klar, dass ich meine Gefühle beeinflussen kann.	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
22.)	... konnte ich wichtige Ziele verfolgen, auch wenn ich mich dabei manchmal unwohl oder unsicher fühlte.	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
23.)	... akzeptierte ich meine Gefühle.	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4
24.)	... waren meine körperlichen Reaktionen ein gutes Signal dafür, wie ich mich fühlte.	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4

25.)	... wusste ich gut, wie es mir gerade geht.	<input type="radio"/>				
26.)	... fühlte ich mich stark genug, auch belastende Gefühle aushalten zu können.	<input type="radio"/>				
27.)	... stand ich mir in belastenden Situationen selbst zur Seite.	<input type="radio"/>				

Anhang 5:

**AUDIT (Deutsch)**

<b>Wie oft trinken Sie Alkohol ?</b>	Nie	1 mal im Monat oder seltener	2-4 mal im Monat	2-3 mal in der Woche	4 oder mehr mal in der Woche
<b>Wenn Sie Alkohol trinken, wie viele Gläser (Dosen) Bier, Wein, Sekt, Schnaps, Rum, Weinbrand, Whisky usw. trinken Sie pro Tag?</b>	1 - 2	3 - 4	5 - 6	7 - 9	10 oder mehr
<b>Wie oft trinken Sie 6 oder mehr Gläser (Dosen) Bier, Wein, Sekt, Schnaps, Whisky usw. pro Tag?</b>	Nie	Weniger als 1 mal im Monat	Einmal im Monat	Einmal in der Woche	Fast täglich
<b>Wie oft hatten Sie im letzten Jahr das Gefühl, Sie könnten nicht aufhören zu trinken, wenn Sie angefangen haben?</b>	Nie	Weniger als einmal im Monat	Einmal im Monat	Einmal in der Woche	Fast täglich
<b>Wie oft konnten Sie im letzten Jahr nicht das tun, was von Ihnen erwartet wurde, weil Sie Alkohol getrunken haben?</b>	Nie	Weniger als einmal im Monat	Einmal im Monat	Einmal in der Woche	Fast täglich
<b>Wie oft brauchten Sie in den letzten 12 Monaten nach einem Tag mit viel Alkoholgenuss morgens ein alkoholisches Getränk, um in Gang zu kommen?</b>	Nie	Weniger als einmal im Monat	Einmal im Monat	Einmal in der Woche	Fast täglich
<b>Wie oft haben Sie im letzten Jahr nach dem Alkoholtrinken Gewissensbisse oder Schuldgefühle gehabt?</b>	Nie	Weniger als einmal im Monat	Einmal im Monat	Einmal in der Woche	Fast täglich
<b>Wie oft konnten Sie sich im letzten Jahr nicht an die Ereignisse der Nacht zuvor erinnern, weil Sie Alkohol getrunken hatten?</b>	Nie	Weniger als einmal im Monat	Einmal im Monat	Einmal in der Woche	Fast täglich
<b>Haben Sie sich oder einen anderen schon einmal unter Alkoholeinfluss verletzt?</b>	Nein	Ja, aber nicht im letzten Jahr			Ja, im letzten Jahr
<b>Hat ein Verwandter, Freund oder Arzt schon einmal Bedenken wegen Ihres Trinkens gehabt oder Ihnen geraten, weniger zu trinken?</b>	Nein	Ja, aber nicht im letzten Jahr			Ja, im letzten Jahr

Modifiziert nach Wetterling T, Veltrup C. Diagnostik und Therapie von Alkoholproblemen. Springer, Berlin, 1993

## Anhang 6:

### Zahlenspannen vorwärts Version A

„Ich werde Ihnen jetzt einige Zahlen vorsprechen. Hören Sie aufmerksam zu. Wenn ich fertig bin, sprechen Sie die Zahlen bitte genauso nach. Können wir starten, oder haben Sie noch Fragen?“

Lesen Sie die erste Zahlenfolge des ersten Durchgangs vor. Achten Sie darauf, dass Sie jede Zahl mit einer Geschwindigkeit von 1 Sekunde vorlesen. Geben Sie unabhängig davon, ob der Proband die Folge richtig repetiert oder nicht, anschließend die zweite Folge des ersten Durchgangs vor. Wiederholt der Proband eine der beiden Folgen richtig, fahren Sie mit der Durchführung des zweiten Durchgangs fort. Verfahren Sie bei der Durchführung der weiteren Folgen entsprechend.

**Abbruchkriterien:** Wiederholt ein Proband keine der Folgen eines Durchgangs richtig, beenden Sie diesen Untertest.

**Auswertung:** Geben Sie für jede richtig wiederholte Folge 1 Punkt. Maximaler Gesamtwert 12 Punkte.

Aufgabe	Erste Folge	Zweite Folge
1.	7-1-4	5-8-3
2.	6-9-2-1	2-5-7-4
3.	3-4-9-7-2	5-9-2-4-7
4.	5-3-7-1-6-4	8-2-4-5-9-6
5.	7-2-9-8-4-6-3	9-5-3-1-6-4-8
6.	1-6-5-8-4-7-9-2	3-7-8-2-5-9-1-4

### Zahlenspannen rückwärts Version A

Ich werde Ihnen jetzt einige Zahlen vorsprechen. Wenn ich fertig bin, sollen Sie die Zahlen in genau umgekehrter Reihenfolge wiederholen. Wenn ich also 2-8 sage, dann müssten Sie 8-2 antworten.

#### Rückwärts

Aufgabe	Erste Folge	Zweite Folge
1.	5-1	3-8
2.	4-9-3	5-2-6
3.	3-8-1-4	1-7-9-5
4.	6-2-9-7-2	4-8-5-2-7
5.	7-1-5-2-8-6	8-3-1-9-6-4
6.	4-7-3-9-1-2-8-	8-1-2-9-3-6-5-

**Abbruchkriterien:** Wiederholt der Proband keine der beiden Folgen eines Durchgangs richtig, beenden Sie diesen Untertest.

**Auswertung:** Geben Sie für jede richtig wiederholte Folge 1 Punkt. Maximaler Gesamtwert 12 Punkte.

## Zahlenspannen vorwärts Version B

„Ich werde Ihnen jetzt wieder einige Zahlen vorsprechen. Hören Sie aufmerksam zu. Wenn ich fertig bin, sprechen Sie sie bitte genauso nach. Können wir starten, oder haben Sie noch Fragen?“

Lesen Sie die erste Zahlenfolge des ersten Durchgangs vor. Achten Sie darauf, dass Sie jede Zahl mit einer Geschwindigkeit von 1 Sekunde vorlesen. Geben Sie unabhängig davon, ob der Proband die Folge richtig repetiert oder nicht, anschließend die zweite Folge des ersten Durchgangs vor. Wiederholt der Proband eine der beiden Folgen richtig, fahren Sie mit der Durchführung des zweiten Durchgangs fort. Verfahren Sie bei der Durchführung der weiteren Folgen entsprechend.

**Abbruchkriterien:** Wiederholt ein Proband keine der Folgen eines Durchgangs richtig, beenden Sie diesen Untertest.

Aufgabe	Erste Folge	Zweite Folge
1.	6-2-9	3-7-5
2.	5-4-1-7	8-3-9-6
3.	3-6-9-2-5	6-9-4-7-1
4.	9-1-8-4-2-7	6-3-5-4-8-2
5.	1-2-8-5-3-4-6	2-8-1-4-9-7-5
6.	3-8-2-9-5-1-7-4	5-9-1-8-2-6-4-7

**Auswertung:** Geben Sie für jede richtig wiederholte Folge 1 Punkt.  
Maximaler Gesamtwert 12 Punkte.

## Zahlenspannen rückwärts Version B

Ich werde Ihnen jetzt einige Zahlen vorsprechen. Wenn ich fertig bin, sollen Sie die Zahlen in genau umgekehrter Reihenfolge wiederholen. Wenn ich also 2-8 sage, dann müssten Sie 8-2 antworten.

### Rückwärts

Aufgabe	Erste Folge	Zweite Folge
1.	3-6	7-4
2.	6-8-5	3-1-8
3.	8-4-1-6	5-2-4-1
4.	4-6-8-5-2	8-1-6-3-7
5.	7-1-8-3-6-2	3-8-1-7-5-4
6.	1-5-2-7-4-3-8	6-7-4-3-1-5-2

**Abbruchkriterien:** Wiederholt der Proband keine der beiden Folgen eines Durchgangs richtig, beenden Sie diesen Untertest.

**Auswertung:** Geben Sie für jede richtig wiederholte Folge 1 Punkt.  
Maximaler Gesamtwert 12 Punkte.

### Zahlenspannen vorwärts Version C

„Ich werde Ihnen jetzt wieder einige Zahlen vorsprechen. Hören Sie aufmerksam zu. Wenn ich fertig bin, sprechen Sie sie bitte genauso nach. Können wir starten, oder haben Sie noch Fragen?“

Lesen Sie die erste Zahlenfolge des ersten Durchgangs vor. Achten Sie darauf, dass Sie jede Zahl mit einer Geschwindigkeit von 1 Sekunde vorlesen. Geben Sie unabhängig davon, ob der Proband die Folge richtig repetiert oder nicht, anschließend die zweite Folge des ersten Durchgangs vor. Wiederholt der Proband eine der beiden Folgen richtig, fahren Sie mit der Durchführung des zweiten Durchgangs fort. Verfahren Sie bei der Durchführung der weiteren Folgen entsprechend.

**Abbruchkriterien:** Wiederholt ein Proband keine der Folgen eines Durchgangs richtig, beenden Sie diesen Untertest.

**Auswertung:** Geben Sie für jede richtig wiederholte Folge 1 Punkt. Maximaler Gesamtwert 12 Punkte.

Aufgabe	Erste Folge	Zweite Folge
1.	3-5-9	4-7-2
2.	4-7-3-8	6-8-2-5
3.	5-8-2-6-1	7-3-9-6-4
4.	9-4-7-2-8-3	6-9-5-2-8-1
5.	3-5-1-7-4-2-6	7-4-6-3-5-8-2
6.	1-7-9-5-8-3-6-4	9-1-4-2-5-3-6-7

### Zahlenspannen rückwärts Version C

Ich werde Ihnen jetzt einige Zahlen vorsprechen. Wenn ich fertig bin, sollen Sie die Zahlen in genau umgekehrter Reihenfolge wiederholen. Wenn ich also 2-8 sage, dann müssten Sie 8-2 antworten.

**Abbruchkriterien:** Wiederholt ein Proband keine der Folgen eines Durchgangs richtig, beenden Sie diesen Untertest.

**Auswertung:** Geben Sie für jede richtig wiederholte Folge 1 Punkt. Maximaler Gesamtwert 12 Punkte.

#### Rückwärts

Aufgabe	Erste Folge	Zweite Folge
1.	6-2	7-5
2.	8-5-9	4-1-6
3.	7-2-4-3	3-8-2-9
4.	6-9-4-7-1	8-6-3-9-2
5.	8-5-2-6-9-3	7-9-1-6-2-8
6.	4-9-2-6-1-8-3	9-3-5-7-2-6-1

## Zahlenspannen vorwärts Version D

„Ich werde Ihnen jetzt wieder einige Zahlen vorsprechen. Hören Sie aufmerksam zu. Wenn ich fertig bin, sprechen Sie sie bitte genauso nach. Können wir starten, oder haben Sie noch Fragen?“

Lesen Sie die erste Zahlenfolge des ersten Durchgangs vor. Achten Sie darauf, dass Sie jede Zahl mit einer Geschwindigkeit von 1 Sekunde vorlesen. Geben Sie unabhängig davon, ob der Proband die Folge richtig repetiert oder nicht, anschließend die zweite Folge des ersten Durchgangs vor. Wiederholt der Proband eine der beiden Folgen richtig, fahren Sie mit der Durchführung des zweiten Durchgangs fort. Verfahren Sie bei der Durchführung der weiteren Folgen entsprechend.

**Abbruchkriterien:** Wiederholt ein Proband keine der Folgen eines Durchgangs richtig, beenden Sie diesen Untertest.

**Auswertung:** Geben Sie für jede richtig wiederholte Folge 1 Punkt. Maximaler Gesamtwert 12 Punkte.

Aufgabe	Erste Folge	Zweite Folge
1.	9-5-3	3-7-5
2.	5-4-1-7	8-3-9-6
3.	3-6-9-2-5	6-9-4-7-1
4.	9-1-8-4-2-7	6-3-5-4-8-2
5.	1-2-8-5-3-4-6	2-8-1-4-9-7-5
6.	3-8-2-9-5-1-7-4	5-9-1-8-2-6-4-7

## Zahlenspannen rückwärts Version D

Ich werde Ihnen jetzt einige Zahlen vorsprechen. Wenn ich fertig bin, sollen Sie die Zahlen in genau umgekehrter Reihenfolge wiederholen. Wenn ich also 2-8 sage, dann müssten Sie 8-2 antworten.

**Abbruchkriterien:** Wiederholt ein Proband keine der Folgen eines Durchgangs richtig, beenden Sie diesen Untertest.

**Auswertung:** Geben Sie für jede richtig wiederholte Folge 1 Punkt. Maximaler Gesamtwert 12 Punkte.

### Rückwärts

Aufgabe:	Erste Folge	Zweite Folge
1.	2-8	3-7
2.	4-9-1	6-8-5-
3.	8-2-7-4	1-6-9-3
4.	3-8-5-4-1	9-7-2-8-6
5.	6-2-9-1-7-3	7-4-1-6-9-2
6.	1-7-9-2-8-3-6	4-8-5-2-9-6-1

## Anhang 7:

### Lernliste 1 A Antonyme:

Mann – Frau  
Oben – U...  
Leben – Tod  
Start – Z...  
Stehen – Gehen  
Gewinnen – V...  
Glauben – Zweifeln  
Rot – G...  
Nord – Süd  
Langsam – S...  
Auf – Zu  
Rund – E...  
Dünn- Dick  
Dreckig – S...  
Flüssig – Fest  
Tag – N...  
Teuer – Billig  
Steigen – F...  
Jung – Alt  
Gleich- V...  
Suchen – Finden  
Ja – N...  
Gesund – Krank  
Kopf – F...  
Hart – Weich  
Lob – K...  
Leer – Voll  
Nah – Fern  
Frage – Antwort  
Rau – G...

### Lernliste 1 B Antonyme:

Oben – Unten  
Mann – F...  
Start – Ziel  
Leben – T...  
Gewinnen – Verlieren  
Stehen – G...  
Rot – Grün  
Glauben – Z...  
Langsam – Schnell  
Nord – S...  
Rund – Eckig  
Auf – Z...  
Dreckig – Sauber  
Dünn – D...  
Tag – Nacht  
Flüssig – F...  
Steigen – Fallen  
Teuer – B...  
Gleich – Verschieden  
Jung – A...  
Ja – Nein  
Suche – F...  
Kopf – Fuß  
Gesund – K...  
Lob – Kritik  
Hart – W...  
Nah - Fern  
Leer – V...  
Rau - Glatt  
Frage – A...

Lernliste 2 A Antonyme:

Ost – West  
Tief – H...  
Anfang – Ende  
Fröhlich – T...  
Reich – Arm  
Erster – L...  
Eng – Weit  
Stellen – L..  
Geben – Nehmen  
Berg – T...  
Junge – Mädchen  
Leicht- S...  
Früh – Spät  
Alles – N...  
Freund – Feind  
Vorn – H...  
Nass – Trocken  
Erinnern – V...  
Liebe – Hass  
Krieg – F...  
Lang – Kurz  
Doppelt – E...  
Lesen – Schreiben  
Süß – S...  
Meer – Land  
Hungrig – S...  
Stark – Schwach  
Schwarz – W..  
Laut – Leise  
Wahr – F...

Lernliste 2 B Antonyme:

Tief – Hoch  
Ost – W...  
Fröhlich – Traurig  
Anfang – E...  
Erster – Letzter  
Reich – A...  
Stellen – Legen  
Geben – N...  
Leicht – Schwer  
Eng - W...  
Berg – Tal  
Junge – M...  
Alles – Nichts  
Früh – S...  
Vorn – Hinten  
Freund – F...  
Erinnern – Vergessen  
Nass – T...  
Krieg – Frieden  
Liebe – H...  
Doppelt – Einzeln  
Lang – K...  
Süß – Sauer  
Lesen – S...  
Hungrig – Satt  
Meer – L...  
Schwarz – Weiss  
Stark – S...  
Wahr – Falsch  
Laut – L...

## 9 Danksagung

Mein ganz besonderer Dank gilt meinem Doktorvater, Herrn Prof. Klaus Junghanns, der mich in jeglicher Hinsicht hervorragend bei der Erstellung dieser Arbeit betreut hat.

Ich bedanke mich für die Überlassung des Dissertationsthemas und für die Bereitstellung von Arbeitsplatz und Materialien, für die ausgezeichnete Beratung und Hilfe bei der statistischen Auswertung und bei der Literaturwahl, für die Korrekturvorschläge, für das schnelle und umfassende Beantworten meiner Fragen und die spannenden Diskussionen.

Herrn Dr. Christian Ziems danke ich für seine intensive Unterstützung bei der Durchführung der Messnächte, für die Einarbeitung in die Abläufe der Versuchsnächte und der Datenerhebung.

Für die Unterstützung bei der Auswertung der Polysomnographie und für sämtliche weitere Belange bezüglich des Schlaflabors danke ich für ihre zuverlässige Hilfe Frau Jolanta Chwalko.

Ich danke meiner Mitdoktorandin und Freundin Carolin El Cheikh für die gemeinsame Durchführung der Versuchsnächte.

Dem gesamten Team der schlafmedizinischen Arbeitsgruppe, den hier nicht namentliche genannten Personen, schulde ich Dank für ihre Hilfsbereitschaft und Freundlichkeit.

Bei dem Sonderforschungsbereich (SFB) 654 der Deutschen Forschungsgemeinschaft bedanke ich mich für die Finanzierung der Studie.

Vielen Dank an Christoph Robert und an meine lieben Eltern für ihre uneingeschränkte Unterstützung.