

Aus dem Max-Planck-Institut für Psychiatrie  
Geschäftsführende Direktorin: Prof. Dr. Dr. Elisabeth Binder

Der Einfluss von Kurzschlaf auf Kreativität und kreative Gruppenprozesse unter  
Berücksichtigung polysomnographischer Eigenschaften

Dissertation  
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin  
an der Medizinischen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

Vorgelegt von  
Fee Sophie Stremmel  
aus  
München  
2020

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der  
Universität München

Berichterstatter:	Prof. Dr. med. Axel Steiger
Mitberichterstatter:	Priv. Doz. Dr. med. Jan Rémi Prof. Dr. med. Th. Pollmächer
Mitbetreuung durch den promovierten Mitarbeiter:	Dr. Martin Dresler
Dekan:	Prof. Dr. Reinhard Hickel
Tag der mündlichen Prüfung:	03.12.2020

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	6
1.1	Schlaf .....	6
1.1.1	Warum schlafen wir? .....	6
1.1.2	Polysomnographie .....	7
1.1.3	Das Schlafprofil .....	9
1.1.4	Neuronale Mechanismen .....	10
1.1.5	Zirkadianer Rhythmus .....	11
1.1.6	Nap – der Kurzschlaf .....	12
1.2	Kreativität .....	13
1.2.1	Begriff .....	13
1.2.2	Kreativitätstheorien .....	14
1.2.3	Neurobiologische Grundlagen der Kreativität .....	15
1.2.4	Kreativität im Schlaf .....	17
1.3	Gruppenprozesse .....	19
1.3.1	Brainstorming .....	19
1.3.2	Produktivitätsverluste .....	19
2	Fragestellung .....	21
3	Material und Methoden .....	22
3.1	Versuchspersonen .....	22
3.2	Versuchsprotokoll .....	22
3.3	Versuchsablauf .....	23
3.4	Polysomnographie .....	25
3.5	Kontrollvariablen .....	27
3.5.1	Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) .....	27
3.5.2	Morningness-Eveningness-Questionnaire (D-MEQ) .....	28
3.5.3	Beck-Depressions-Inventar (BDI), vereinfachte Version (BDI-V) .....	28
3.5.4	CFT 20-R Grundintelligenztest Skala 2 – Revision .....	28
3.5.5	Mehrfachwahl-Wortschatz-Intelligenztest (MWT-B) .....	29
3.5.6	Creativity Styles Questionnaire - Revised (CSQ-R) .....	29
3.6	Studienvariablen .....	29
3.6.1	Divergente Kreativitätsaufgabe .....	29
3.6.2	Psychomotor Vigilance Task (PVT) .....	30
3.6.3	Stanford Sleepiness Scale (SSS) .....	30
3.6.4	Gedächtnistest .....	31
3.7	Datenauswertung .....	31

3.7.1	Kreativitätsaufgabe .....	31
3.7.2	Polysomnographische Schlafdaten .....	31
3.7.3	Statistische Analysen .....	32
4	Ergebnisse .....	35
4.1	Deskriptive Daten .....	35
4.2	Kontrollanalysen.....	37
4.3	Hauptanalysen .....	37
4.4	Weiterführende Analysen .....	41
5	Diskussion.....	42
5.1	Diskussion der Ergebnisse .....	42
5.1.1	Gruppenproduktivität .....	42
5.1.2	Schlaf und Kreativität .....	44
5.1.3	Schlafstadien und Kreativität .....	45
5.2	Diskussion der Methoden .....	46
5.2.1	Kreativitätsmessung .....	46
5.2.2	Studiengröße und -ablauf.....	47
5.2.3	Studienteilnehmer .....	49
6	Zusammenfassung.....	51
7	Literaturverzeichnis .....	53
8	Anhang.....	63
8.1	Anlage 1 .....	63
8.2	Anlage 2.....	67
8.3	Anlage 3.....	68
	Danksagung .....	69

## Abkürzungsverzeichnis

AASM	American Academy of Sleep Medicine
ARAS	aufsteigendes retikuläres aktivierendes System
CFT	Culture Fair Test
CSQ-R	Creativity Styles Questionnaire-Revised
D-MEQ	Morning-Eveningness-Questionnaire
EEG	Elektroenzephalogramm
EKG	Elektrokardiogramm
EMG	Elektromyogramm
EOG	Elektrookulogramm
G	Realgruppe
GABA	$\gamma$ -Aminobuttersäure
Hz	Hertz
MWT-B	Mehrfachwahl-Wortschatz-Intelligenztest
N	Nominalgruppe
PVT	Psychomotor Vigilance Task
REM	Rapid Eye Movement
SEM	Slow Eye Movement
SSS	Stanford Sleepiness Scale
TDT	texture discrimination task
TIB	time in bed
TST	total sleep time
W	Wachzustand

# 1 Einleitung

Seit Langem wird dem Schlaf eine wichtige Bedeutung bei kognitiven Prozessen zugeschrieben. Diese Arbeit fokussiert sich auf den Einfluss eines nachmittäglichen Kurzschlafes auf Kreativität sowie kreative Vorgänge einer Gruppe. Zu Anfang werden die Funktionen, die neuronalen Mechanismen und die Messung des Schlafes erläutert, anschließend die Definition(en) von Kreativität, ihre Neurobiologie sowie die möglichen Zusammenhänge zwischen ihr und dem Schlaf. Des Weiteren wird auf Brainstorming eingegangen, welches entwickelt wurde, um kreative Prozesse in einer Gruppe zu stimulieren.

## 1.1 Schlaf

“Sleep is of the brain, by the brain and for the brain” (Hobson, 2005)

### 1.1.1 Warum schlafen wir?

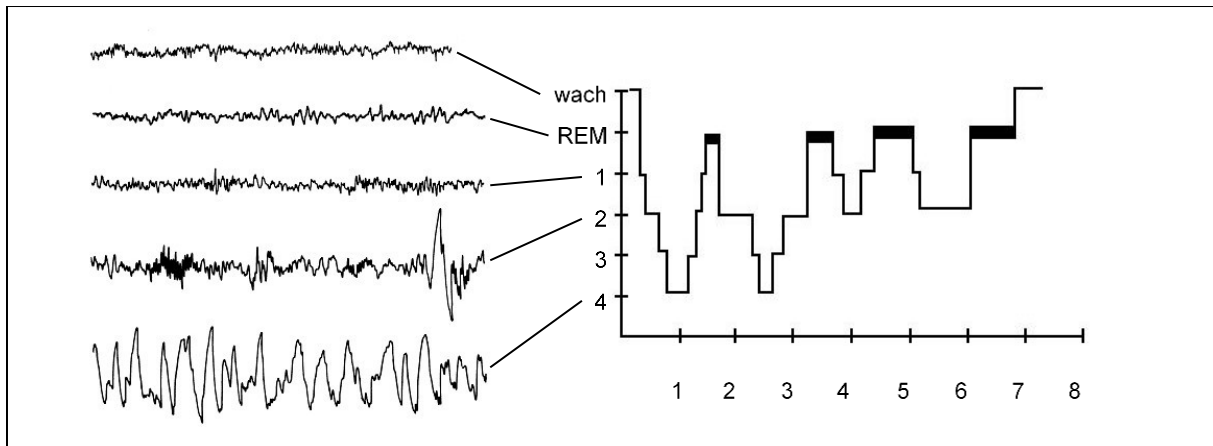
Obwohl es sich um ein zeitintensives Verhalten handelt, das sich im Laufe der Evolution sowohl bei uns Menschen als auch bei der Tierwelt durchgesetzt hat, gibt es keine einheitliche Erklärung für die Funktion des Schlafes. Als ein „periodisch auftretender Zustand körperlicher Ruhe mit eingeschränktem Bewusstsein und minimaler Wahrnehmung der Außenwelt“ (Borbély, 2004) kommt dem Schlaf neben der subjektiv empfundenen Erholung eine weitaus umfassendere Bedeutung zu. Ursprünglich stand vermutlich das Energiesparen im Vordergrund. So hat sich der Schlafvorgang bewährt, um Kraft für überlebensnotwendige Aktivitäten zu sammeln und gleichzeitig das Risiko zu reduzieren, in das Visier von Raubtieren zu geraten (Siegel, 2009). In Anbetracht der Tatsache, dass einzig zum Zweck der Energieersparnis und der Erholung ein Bewusstseinsverlust nicht obligat wäre (Diekelmann & Born, 2010), ist die Vermutung naheliegend, dass im Laufe der Entwicklungsgeschichte komplexere Funktionen hinsichtlich physiologischer und neuronaler Prozesse hinzukamen (Berger & Phillips, 1995). Xie und Kollegen (2013) erklärten diese unter anderem durch das Schaffen eines Zustandes des Gehirns, der den Abbau neurotoxischer Stoffwechselprodukte zulässt, die während des Wachseins akkumulieren. Ebenso kann davon ausgegangen werden, dass Schlaf die Reizverarbeitung begünstigt. Laut „Hypothese der synaptischen Homöostase“ hält er durch Reduktion synaptischer Verbindungen die neuronale Plastizität aufrecht (Tononi & Cirelli, 2006). Außerdem kommt ihm eine wichtige Bedeutung bei der Problemlösung (Wagner, et al., 2004) und der Gedächtniskonsolidierung zu, wie wiederholt demonstriert werden konnte (Diekelmann & Born, 2010; Jenkins & Dallenbach, 1924; Stickgold, 2005; Wagner, et al., 2001).

Einen deutlichen Hinweis auf die existentielle Relevanz des Schlafens gibt auch das Ergebnis von Versuchen, bei denen Schlaf verhindert wurde. Schlafentzug kann eine Vielzahl von Veränderungen beim Menschen hervorrufen, die von einem erhöhten Energieverbrauch (Jung, et al., 2011) über ein herabgesetztes Reaktionsvermögen (Koslowky & Babkoff, 1992), der Abnahme von Konzentration, Gedächtnisleistung (Chee & Choo, 2004) und exekutiven Funktionen (Nilsson, et al., 2005) bis hin zu epileptischen Anfällen (Malow, 2004) reichen. Bereits nach einer schlaflosen Nacht können Aufmerksamkeitsdefizite und veränderte Sinneswahrnehmungen (Petrovsky, et al., 2014) auftreten, nach fünf Tagen sogar ein für die paranoide Schizophrenie typisches Bild mit starker Desorientiertheit, emotionaler Labilität und Größen- oder Verfolgungswahn (West, et al., 1962). Längerfristig führt absoluter Schlafentzug, wie in Tierversuchen gezeigt wurde, zu starken physiologischen Funktionseinbußen und im Extremfall zum Tod (Everson, et al., 1989; Everson, 1995; Rechtschaffen & Bergmann, 1995).

All diese Erklärungsansätze sollen zu dem Verständnis beitragen, warum der Mensch rein rechnerisch bei einer nächtlichen Schlafdauer zwischen sieben und acht Stunden (Ferrie, et al., 2007) ein Drittel seines Lebens buchstäblich verschläft.

### 1.1.2 Polysomnographie

Einen wesentlichen Beitrag zur Annäherung an die Komplexität des Schlafes wurde 1929 durch den Neurologen und Psychiater Hans Berger mit der Erfindung des Elektroenzephalogramms (EEG) geleistet (Berger, 1929). Mit der Aufzeichnung von Hirnströmen war durch ihn ein neuropsychiatrisches Verfahren geschaffen worden, das sowohl in der Epilepsiediagnostik als auch in der Schlafforschung rasante Fortschritte ermöglichte (Jung & Berger, 1979). Die auf der Kopfhaut befestigten Elektroden registrieren Potenzialunterschiede in und zwischen Nervenzellen, die Rückschlüsse auf die Bewusstseinslage wie Wachzustand oder Schlaf sowie die Differenzierung verschiedener Schlafstadien zulassen (Wellach, 2015). In den 1950er Jahren wurde durch die Beobachtung von schnellen Augenbewegungen (englisch „Rapid Eye Movement“, REM) und zeitgleicher Muskelerschlaffung während bestimmter Schlafphasen (Aserinsky & Kleitman, 1953) eine Unterscheidung von Non-REM- und REM-Schlaf möglich, auf der die Klassifikation der Schlafstadien durch Rechtschaffen und Kales beruht (Rechtschaffen & Kales, 1968). Zur genaueren Untersuchung des Schlafs ist neben dem Elektroenzephalogramm eine simultane Registrierung der horizontalen Augenbewegungen über ein Elektrookulogramm (EOG), sowie der Anspannung der Kinnmuskulatur anhand eines Elektromyogramms (EMG) erforderlich. Die Ableitung dieser verschiedenen Biosignale wird als Polysomnographie bezeichnet.



**Abbildung 1:** Charakteristische EEG-Muster der einzelnen Schlafstadien (links) und idealisiertes Schlafprofil einer achtstündigen Nacht (rechts) (Rechtschaffen & Kales, 1968)

In der folgenden Studie wird das Schlaf-EEG anhand des Leitfadens „AASM-Manual for the Scoring of Sleep and Associated Events“ analysiert, der 2007 von der American Academy of Sleep Medicine publiziert wurde und zwischen dem Wachzustand „W“, den Non-REM-Stadien „N1“, „N2“ und „N3“ sowie dem REM-Stadium „R“ differenziert. Das Stadium „N3“ enthält die von Rechtschaffen und Kales definierten Tiefschlafstadien 3 und 4 (Iber, et al., 2007). Die visuelle Auswertung des gemessenen Zeitraums (der „Zeit im Bett“) erfolgt abschnittsweise, indem je einer Epoche von 30 Sekunden ein Schlafstadium zugeordnet wird. Als Kriterien für die einzelnen Stadien dienen typische Aktivitätsmuster des Gehirns, der Muskulatur und Augenbewegungen, die im Folgenden beschrieben werden. In Abbildung 1 sind die charakteristischen EEG-Muster und ein idealisiertes Schlafprofil nach der Schlafstadieneinteilung von Rechtschaffen und Kales dargestellt.

Stadium W: Kennzeichnend für den inaktiven Wachzustand W ist das Überwiegen von okzipitaler Alpha-Aktivität (8 bis 12 Hz) bei geschlossenen Augen oder das Vorkommen von Lidschlägen beziehungsweise Lesebewegungen im Elektrookulogramm. Außerdem können bei geöffneten Augen rasche Augenbewegungen beobachtet werden, die im Gegensatz zum Stadium R im Stadium W mit einem normalen oder gesteigerten Muskeltonus einhergehen.

Im Verlauf der einzelnen Non-REM-Schlafstadien nimmt die vorherrschende Frequenz kontinuierlich ab, während die Amplitude des EEG größer wird, was der zunehmenden neuronalen Synchronisation entspricht (Pape, 2014).

Das Non-REM-Stadium N1 beschreibt eine wenige Minuten anhaltende Einschlafphase, aus der der Schlafende leicht zu erwecken ist. Im Vergleich zum Wachzustand kommt es zu einer generellen Verlangsamung des EEGs und einem verminderten Muskeltonus. Der Anteil an Alpha-Rhythmus nimmt ab und wird zunehmend durch eine Theta-Aktivität mit niedriger



Amplitude und einem Frequenzbereich von 4 bis 7 Hz ersetzt. Außerdem kommt es zum Auftreten von Vertexwellen oder langsamen, pendelnden Augenbewegungen („Slow Eye Movement“, SEM). Vertexwellen sind definiert als weniger als 0,5 Sekunden anhaltende Wellen, die sich mit scharfer Kontur von der Hintergrundaktivität abheben und ihre maximale Ausprägung über der Zentralregion haben.

Das Stadium N2 ist durch das Vorhandensein von Elementen wie K-Komplexen oder Schlafspindeln gekennzeichnet. K-Komplexe sind mindestens 0,5 Sekunden andauernde, biphasische EEG-Konfigurationen mit einer steilen, negativen Welle, die unmittelbar in eine positive Komponente übergeht. Die größte Amplitude findet sich in frontalen Regionen. Bei Schlafspindeln handelt es sich um ein ebenfalls mindestens 0,5 Sekunden anhaltendes sinusoidales Wellenmuster mit einer Frequenz von 11 bis 16 Hz und einem Maximum in zentralen Ableitungen.

In dem auch als Tiefschlaf bezeichneten Stadium N3 wird in mindestens 20 Prozent eine langsame Delta-Wellenaktivität generiert, die mit einer Frequenz von 0,5 bis 3 Hz und Amplituden von über 75  $\mu\text{V}$  in frontalen Ableitungen messbar ist. Sowohl Augen- als auch Körperbewegungen fehlen weitgehend, die Weckschwelle erreicht ihr Maximum.

Von den bisher genannten Stadien deutlich abzugrenzen ist der REM-Schlaf. Richtungsweisend für das auch als desynchronisierter oder paradoxer Schlaf bezeichnete Stadium R (Pape, 2014) ist das gemeinsame Auftreten eines gemischt-frequenten, niedriggespannten EEGs, der namensgebenden schnellen Augenbewegungen („Rapid Eye Movement“) im EOG und eines stark verminderten bzw. aufgehobenen Muskeltonus im EMG. Das EEG-Muster ist vergleichbar mit der Grundaktivität von Stadium W oder N1. Sägezahnwellen sind gelegentlich über zentralen Hirnabschnitten nachweisbar. Sie stellen eine Gruppe von spitzen, gezahnten Wellen mit Frequenzen von 2 bis 6 Hz dar und gehen oft raschen Augenbewegungen voraus.

### 1.1.3 Das Schlafprofil

Die Schlafstadien werden für gewöhnlich in einer regelhaften, zyklischen Reihenfolge durchlaufen, die Rückschlüsse auf das sogenannte Schlafprofil eines Menschen zulässt. Idealisiert dargestellt gleicht dieses Schlafprofil einer Treppe, wobei jede Stufe einer Schlafphase entspricht. Typischerweise kommt es zu einem periodischen Wechsel zwischen Non-REM- und REM-Stadien, bei dem zunächst die Non-REM-Stadien der Reihe nach stattfinden, bevor die erste REM-Schlafperiode auftritt (Kursawe & Kubicki, 2012). Diese Zyklen dauern ungefähr 90 Minuten (Hartmann, 1968) und wiederholen sich bei einer Schlafdauer von sieben bis acht Stunden etwa vier bis fünf Mal, wobei der Anteil von Tiefschlaf kontinuierlich ab- und der von REM-Schlaf zunimmt (Bear, et al., 2009). In realen

Schlafableitungen sind jedoch zahlreiche Zustandsänderungen zwischen oder innerhalb einzelner Epochen zu beobachten und konsistente Schlafstadien daher nicht immer eindeutig über die gesamte 30-sekündige Epoche identifizierbar. Zudem wird in den vergangenen Jahren vermehrt das Phänomen des lokalen Schlafs diskutiert, welches das Auftreten inkonsistenter Schlafstadienmuster in verschiedenen Gehirnarealen beschreibt (Huber, et al., 2004). Für viele Forschungsfragen stellt die Aufteilung in Schlafstadien jedoch ein pragmatisches und hilfreiches Werkzeug dar.

#### 1.1.4 Neuronale Mechanismen

Während Schlaf lange Zeit als ein passiver Vorgang gesehen wurde, ist nun bekannt, dass es sich um ein komplexes Zusammenspiel aktiver Prozesse handelt, die durch bestimmte Hirnareale gesteuert werden. Eine besondere Rolle bei der Kontrolle der Wach- oder Schlafzustände nehmen die aufsteigende neuronale Aktivierung des Hirnstamms sowie Neuronen des Hypothalamus ein (Saper, et al., 2005). Giuseppe Moruzzi und Kollegen identifizierten ein neurophysiologisches aufsteigendes Aktivierungssystem (aufsteigendes retikuläres aktivierendes System, ARAS) als bedeutsamen Bestandteil der Formatio reticularis im Hirnstamm, der durch elektrische Stimulation eine Weckreaktion mit einer Desynchronisation des EEGs auslöst (Moruzzi & Magoun, 1949). Entsprechend führen dort lokalisierte Hirnstammläsionen zu chronischer Somnolenz und synchronisierter EEG-Aktivität (Lindsley, et al., 1950). Im wachen Zustand sorgen Impulse der aufsteigenden Hirnstammsysteme dafür, dass sensorische Informationen aus der Peripherie über den Thalamus zum zerebralen Kortex weitergeleitet werden. Somit dient der Thalamus mit seinen thalamokortikalen Projektionen als wichtige Schaltstelle zwischen afferenten Signalen und der Großhirnrinde und reguliert das Bewusstsein sowie die Verarbeitung von Empfindungen (Wellach, 2015). Die Folge dieser Signalverschaltung ist ein hochfrequentes EEG-Muster mit kleiner Amplitude. An der Übertragung sind cholinerge Zellen aus dem Bereich der Pons mit dem Transmitter Acetylcholin (Projektion zu Thalamus) und aminerge Neuronen des Locus coeruleus und der Raphe-Kerne mit den Botenstoffen Noradrenalin sowie Serotonin (5-Hydroxytryptamin) beteiligt (McCormick, 1992). Außerdem wirken histaminerge Neurone im Nucleus tuberomammillaris des Hypothalamus mit ihren Projektionen zum Kortex bei der Aufrechterhaltung des Wachzustandes mit (Saper, et al., 2005). Bei zunehmender Schläfrigkeit ermöglicht die simultane Reduktion der cholinergen und aminergen Entladungen eine synchronisierte Rhythmik der Thalamusneuronen. In der kortikalen Ableitung wird ein regelmäßig oszilliertes EEG mit niederfrequenten Deltawellen und Schlafspindeln sichtbar, das den Non-REM-Schlaf kennzeichnet (Pape, 2014). Durch die fehlende Verschaltung im Thalamus sinkt die Reaktionsbereitschaft des Gehirns auf Reize, die Weckschwelle steigt (McCormick & Bal, 1997; Steriade & Deschenes, 1984).

In den 70er Jahren entwickelten Hobson und McCarley ein Modell, um die Zyklik aus Non-REM- und REM-Phasen zu erklären (McCarley & Hobson, 1975). Sie gingen von einem wechselseitigen Zusammenspiel aus REM-Schlaf-antagonisierenden „REM-Off“- und REM-Schlaf-fördernden „REM-On“-Neuronen aus. Das Modell diente als Grundlage für das in den folgenden Jahren entwickelte „Limit Cycle Reciprocal Interaction Model“ (McCarley & Massaquoi, 1992). Bei Eintritt in den REM-Schlaf werden aminerge („REM-Off“-) Nervenzellen des Locus coeruleus und der Raphekerne maximal gehemmt, während die cholinergen („REM-On“-) Entladungen aus der pontinen Formatio reticularis ein Level erreichen, das dem des Wachzustandes gleicht. Cholinerge Impulse werden nicht nur für das desynchronisierte EEG verantwortlich gemacht, sondern scheinen auch für endogen entstandene sensorische Empfindungen während der REM-Träume (McCormick, 1992) sowie - durch ihre absteigenden Projektionen zu Motoneuronen und hemmenden Interneuronen - für die Muskelatonie von Bedeutung zu sein (Chase & Morales, 1990). Dieses wechselseitige System unterliegt der Kontrolle von zirkadianen Mechanismen des Nucleus suprachiasmaticus (siehe Kapitel 1.1.5. Zirkadianer Rhythmus), Änderungen der Körpertemperatur, sensorischen Afferenzen und Regionen des Vorderhirns, die mit Emotionen und Gedächtnisbildung assoziiert sind (McCarley & Massaquoi, 1992).

Des Weiteren sorgen Zellprojektionen aus dem Hypothalamus mit den Transmittern GABA und Galanin beziehungsweise Orexin für eine Modulation des Wachheitsgrades. Das Neuropeptid Orexin, das hauptsächlich in Neuronen des Nucleus posterior hypothalami vorkommt, unterstützt den aktiven Wachzustand durch Projektionen zum Kortex sowie zu den aminergen Systemen des Hirnstamms. Außerdem stabilisiert Orexin den Wechsel zwischen Wach- und Schlafphasen, bei Verlust von Orexin-Zellen kommt es deshalb zu dem Krankheitsbild Narkolepsie (Saper, et al., 2005). Während des Schlafens wiederum inhibieren Zellpopulationen im Nucleus praeopticus des Hypothalamus durch die Transmitter GABA und Galanin sowohl die Orexin-Ausschüttung als auch die aminergen Hirnstammsysteme (Chou, et al., 2002).

### 1.1.5 Zirkadianer Rhythmus

Bedeutsame vegetative Funktionen, wie die Regelung der Hormonsekretion oder der Körpertemperatur, aber auch der Wechsel zwischen Schlaf und Wachzustand folgen einer zirkadianen, also der auf etwa („circa“) einen Tag („dies“) bezogenen, Rhythmik (Saper, et al., 2005). Äußere Taktgeber wie das Sonnenlicht passen diese Vorgänge an den 24-stündigen Tag an. Endogene Mechanismen sorgen dafür, dass auch unter Ausschaltung der Umweltfaktoren eine sogenannte „frei laufende“ Periodik, losgelöst vom 24-Stunden-Rhythmus des äußeren Schrittmachers, aufrechterhalten wird. Das übergeordnete Zentrum

des zirkadianen Schlaf-Wach-Zyklus befindet sich im Nucleus suprachiasmaticus des Hypothalamus, mit engem örtlichen Bezug zum Chiasma opticum sowie dem dritten Ventrikel (Pape, 2014). Läsionen oder eine chirurgische Isolation dieser Region führen in Tierversuchen zu einem Ausfall zirkadianer Rhythmen diverser physiologischer Prozesse und Verhaltensweisen (Eastman, et al., 1984; Ibuka & Kawamura, 1975; Moore & Eichler, 1972), eine elektrische Stimulation hat Phasenverschiebungen bei von der Außenwelt abgeschirmten Tieren zur Folge (Rusak & Groos, 1982). Selbst unter isolierten Bedingungen und in vitro zeigen Neuronen des Nucleus suprachiasmaticus eine eigenständige, periodische Aktivität (Groos & Hendriks, 1982; Inouye & Kawamura, 1979). Unter normalen Umständen wird diese durch äußere Lichtverhältnisse beeinflusst. Tagsüber sind dies Lichtsignale, die über die Retina eintreffen und dort durch spezialisierte Ganglienzellen registriert werden, die das Fotopigment Melanopsin enthalten (Saper, et al., 2005). Bei Dunkelheit kommt es zur Melatonin-Sekretion der Epiphyse (Cassone, et al., 1986). Diese Zeitgeber dienen der Synchronisation der inneren Uhr mit dem äußeren Tag-Nacht-Zyklus. Die meisten Efferenzen des Nucleus suprachiasmaticus verlaufen zur subparaventriculären Zone und dem dorsomedialen Nucleus des Hypothalamus, deren Projektionen wiederum die wichtigsten Regulationszentren des Schlaf-Wach-Zyklus (unter anderem die Area preoptica, den Nucleus preopticus venterolateralis, Orexin- Neurone) und diverse physiologische Systeme erreichen (Chou, et al., 2003; Deurveilher & Semba, 2005). Durch das Zusammenführen der Informationen aus dem Nucleus suprachiasmaticus und anderen physiologischen Signalen, wie Hunger oder Temperatur, wird eine Anpassung der Verhaltensweisen und physiologischen Prozesse an die Umwelt gewährleistet - entwicklungsgeschichtlich bedeutete dies eine erhöhte Überlebenschance (Saper, et al., 2005).

#### 1.1.6 Nap – der Kurzschlaf

In der Schlafforschung wird als Kurzschlaf (englisch: Nap) ein zwischen fünf und 90 Minuten andauernder Schlaf bezeichnet (Mednick, et al., 2008), der außerhalb der nächtlichen Schlafperiode auftritt. Der kurze Mittagsschlaf ist eine weit verbreitete Angewohnheit vieler Individuen, für den auch aus wissenschaftlicher Sicht eine Vielzahl von Argumenten spricht (Ficca, et al., 2010). Es konnten wiederholt positive Auswirkungen eines kurzen Schlafs auf Aufmerksamkeit, Stimmung und Leistungsvermögen gezeigt werden (Gillberg, et al., 1996; Mednick, et al., 2008; Takahashi & Arito, 2000). Die Aufrechterhaltung des subjektiven und objektiv messbaren Wachheitsgrades im Tagesverlauf (Hayashi, et al., 1999) sowie die Gedächtniskonsolidierung (Taub, 1979) werden unterstützt. Auch Mednick und Kollegen stellten fest, dass ein Mittagsschlaf von bis zu 90 Minuten diverse Lernprozesse fördern kann. Mithilfe von visuellen Diskriminationsaufgaben (englisch: texture discrimination task,

TDT) konnte eine Leistungssteigerung des perzeptuellen Lernens demonstriert werden (Mednick, et al., 2002), die sogar der einer kompletten nächtlichen Schlafperiode glich, wenn der Kurzschlaf Phasen mit REM- sowie Tiefschlaf aufwies (Mednick, et al., 2003). Zusätzlich wurden verbesserte Leistungen hinsichtlich verbaler und prozedural-motorischer Lernaufgaben beobachtet, die der positiven Wirkung von Koffein überlegen waren (Mednick, et al., 2008). Die vorteilhafte Wirkung von Kurzschlaf gilt dabei insbesondere für Personen, die unter Schlafentzug leiden (Bonnet & Arand, 1994) oder Berufe ausüben, die Schichtarbeit beinhalten (Härmä, et al., 1989).

## 1.2 Kreativität

### 1.2.1 Begriff

Die Konsequenzen kreativen Denkens sind allgegenwärtig. Wie Simonton (2000) treffend beschrieb, ist der Mensch täglich einer großen Bandbreite kreativer Produkte ausgesetzt, die von der favorisierten Tageszeitung über das Design des Sportwagens bis hin zur Unterhaltung durch Musik oder Museumsbesuche reicht, um nur wenige Beispiele zu nennen. Es ist also nicht verwunderlich, dass Kreativität als eine positive Eigenschaft gesehen wird. Trotz ihrer Bedeutsamkeit, sowohl für den einzelnen Menschen als auch für die Gesellschaft (Sternberg & Lubart, 1999), ist Kreativität ein Begriff, der schwer zu greifen oder zu definieren ist. Einst betrachtet als exklusive Fähigkeit eines Genies, das unter dem Einfluss göttlicher Eingabe, der Inspiration einer Muse oder auch einer Geisteskrankheit (Isaksen & Murdock, 1993) steht, wurde im letzten Jahrhundert versucht, die Thematik aus wissenschaftlicher Perspektive aufzugreifen. Dem Psychologen Guilford gelang es 1950, das bis dahin kaum untersuchte Gebiet Kreativität zum Gegenstand empirischer Nachforschungen zu machen (Guilford, 1950). Er prägte den Begriff „divergentes Denken“ als einen wesentlichen Teilprozess des kreativen Vorgangs, der starre Denkmuster durchbricht und durch mehrgleisige Gedankengänge gekennzeichnet ist. Im Gegensatz zu divergentem Denken, das zu verschiedenartigen Ergebnissen führt, dient konvergentes Denken dem gezielten Auffinden einer bestimmten Lösung (Guilford, 1956). Guilford entwickelte erstmals ein Konstrukt aus skalierbaren Bestandteilen, das sich von der Sicht der Kreativität als Gabe weniger Auserwählter abhob. In den folgenden Jahrzehnten entstanden zahlreiche Ansätze, um sich dem Verständnis der Kreativität weiter anzunähern (Dresler, 2008; Kozbelt, et al., 2010; Sternberg & Lubart, 1999). Die von Rhodes (1961) beschriebenen Faktoren „Person, Process, Press, Product“ deuten dabei die verschiedenen Zugänge an - je nachdem ob die kreative Person selbst, die von ihr ausgeführten kreativen Operationen, die Einflussnahme der Umgebung auf den Prozess oder das Ergebnis der kreativen Leistung im Fokus steht. Ein allgemein anerkanntes theoretisches Konstrukt fehlt

jedoch nach wie vor (Urban, 2004). Unter unzähligen Definitionen scheint hingegen ein Konsens darüber zu bestehen, dass es sich um die Fähigkeit handelt, etwas zu produzieren, das sowohl neuartig, originell oder unerwartet, als auch angemessen, nützlich oder zweckdienlich ist (Sternberg & Lubart, 1999).

### 1.2.2 Kreativitätstheorien

Für diese Arbeit sind besonders kognitive Erklärungsansätze von Bedeutung, die sich auf den persönlichen Prozess beziehen. Das Phasenmodell von Wallas (1926) dient als Grundlage vieler Kreativitätstheorien und unterteilt den mentalen Prozess in vier verschiedene Stadien. Zunächst wird die Problemstellung während der sogenannten „Präparationsphase“ sorgfältig untersucht. Darauf folgt eine „Inkubationsphase“, in der keine bewusste Beschäftigung mit dem Problem stattfindet. Eine aufschlussreiche Idee gelangt in der „Illuminationsphase“ ins Bewusstsein und wird letztendlich während der „Verifikationsphase“ überprüft und ausgearbeitet.

Einige psychologische Ansätze folgen einem ähnlichen Prinzip. Der Psychoanalytiker Ernst Kris (1952) begründete die Entstehung kreativer Produkte mit einem flexiblen Wechsel zwischen Primär- und Sekundärprozessen. Während sich der Primärprozess auf freiassoziative, unbewusste Vorgänge bezieht, kennzeichnet abstraktes und logisches Denken den Sekundärprozess. Folglich begünstigt der Primärprozess die Entdeckung neuer Kombinationen, die dann im Zuge des Sekundärprozesses sowohl bewertet als auch umgesetzt werden. Kreative Menschen können, im Gegensatz zu un kreativen Personen, ungehindert zwischen den Prozessen wechseln. Gestützt wird diese Theorie durch einige Studien, die zeigten, dass Hochkreative nicht nur fantasievoller und leichter hypnotisierbar (Linn & Rhue, 1986), sondern auch unter Schizophrenen häufiger repräsentiert sind als weniger kreative Menschen (Karlsson, 1970; McNeil, 1971; Suler, 1980).

Mednick (1962) beschrieb die assoziative Theorie des kreativen Denkens. Er postulierte, dass sich kreative Menschen durch eine flache Assoziationshierarchie auszeichnen, die ihnen einen Zugang zu ungewöhnlichen assoziativen Verknüpfungen ermöglicht. Bei der Bearbeitung einer Problemstellung steigt dadurch die Wahrscheinlichkeit, eine kreative Lösung zu finden. Mendelsons Theorie der defokussierten Aufmerksamkeit (englisch „defocused attention“) besagt, dass die Abwendung der Aufmerksamkeit von einem Problem Raum für kognitive Prozesse bietet, die wiederum zu neuartigen Ideen führen. Im Umkehrschluss wird der kreative Gedankenstrom bei wenig kreativen Menschen durch eine starke Fokussierung blockiert (Mendelsohn, 1976). Martindale (1999) schlussfolgert, dass die Kreativitätsmodelle von Kris, Mendelsohn und Mednick weitgehend übereinstimmen. So

entspricht das Phänomen der defokussierten Aufmerksamkeit einer flachen Assoziationshierarchie, welche wiederum einen kognitiven Primärprozess darstellt.

Ein weiterer kognitiver Ansatz, der an das Phasenmodell von Wallas (1926) erinnert, ist das deskriptive „Geneplore-Modell“ (Finke, et al., 1992). Dieses Modell trennt eine initiale „vor-erfinderische“ Generationsphase von einer Explorationsphase zur Bewertung produzierter Ideen. Durch einen ständigen Wechsel zwischen generativen und explorativen Prozessen können die Ergebnisse zunehmend den Anforderungen angepasst werden, bis das endgültige kreative Produkt entstanden ist (Ward, et al., 1999).

Unter den vielen Erklärungsansätzen gibt es auch solche, die rein passive oder zufällige Vorgänge für Kreativität verantwortlich machen. Campbell (1960) stellte die These auf, dass alle Prozesse, die zu neuem Wissen führen, dem Prinzip „Versuch und Irrtum“ (englisch „trial and error“) folgen. Auch kreative Ideen beruhen folglich auf einer blinden Variation mit anschließender Selektion. Ähnlich vertrat Osborn (1953), der Erfinder des Brainstormings (siehe Kapitel 1.3.1.), die Meinung, dass das ungebremste Sammeln von möglichst vielen unterschiedlichen Einfällen, die erst in einem zweiten Schritt bewertet werden, die Wahrscheinlichkeit erhöht, ein Problem zu lösen. Die „forgetting-fixation“-Hypothese von Smith und Blankenship (1989) besagt, dass der Zugang zu korrekten Lösungen zunächst durch falsche Lösungswege blockiert ist. Durch das Vergessen dieser unangebrachten Informationen werden richtige Lösungswege wieder ersichtlich.

### 1.2.3 Neurobiologische Grundlagen der Kreativität

Auch auf neurobiologischer Ebene werden Merkmale kreativer Personen erforscht. Martindale (1999) verknüpft die psychologischen Modelle von Kris (1952), Mednick (1962) und Mendelsohn (1976) auch hinsichtlich ihrer Physiologie. Seine Theorie der schwachen kortikalen Aktivierung (englisch „low-arousal“) geht davon aus, dass bei dem Wechsel zwischen Primär- und Sekundärprozessen, der defokussierten Aufmerksamkeit sowie der flachen assoziativen Hierarchie eine geringe und zugleich homogene Aktivierung verschiedener Hirnareale dazu führt, dass voneinander weit entfernte Komponenten zusammengefügt werden können.

Die Hypothese wird durch Versuche gestützt, die eine gesteigerte Aktivierung mit der Abnahme kreativer Leistung, Originalität und Variabilität in Verbindung brachten (Martindale & Greenough, 1973). Eine Leistungsminderung konnte selbst bei einer Aktivierung, die durch Aussicht auf Belohnung entstand, festgestellt werden (Krugianski, et al., 1971). Martindale und Hasenfus (1978) kamen zu der Erkenntnis, dass kreative Menschen hauptsächlich in der Inspirationsphase eine niedrige kortikale Aktivierung aufweisen. Während der Elaboration, in

der fokussierte Aufmerksamkeit vonnöten ist, beobachteten sie keinen Unterschied zu wenig kreativen Personen.

In EEG-Aufzeichnungen wird eine synchronisierte Alpha-Aktivität als Zeichen niedriger kortikaler Aktivierung gedeutet und gehört zu den beständigen Ergebnissen neurowissenschaftlicher Kreativitätsforschung (Fink & Benedek, 2014).

Weniger einheitlich sind Untersuchungen, die die Lokalisation der Gehirnaktivität kreativer Menschen unter die Lupe nahmen (Sawyer, 2011). Der vermeintliche Sitz der Kreativität in der rechten Hemisphäre ist aus wissenschaftlicher Perspektive umstritten. Zwar existieren Studien, die während kreativer Tätigkeiten eine erhöhte EEG-Aktivität der rechten Hemisphäre feststellten (Fink, et al., 2009; Martindale, et al., 1984). Unter der Verwendung bildgebender Verfahren wurde jedoch ersichtlich, dass vielmehr ein Zusammenspiel zwischen rechter und linker Hemisphäre für kreative Leistung benötigt wird (Dietrich & Kanso, 2010). Carlsson und Kollegen (2000) registrierten mittels Positronen-Emissions-Tomographie den zerebralen Blutfluss und verglichen die neuronale Aktivität bei kreativen und wenig kreativen Menschen. Obwohl bei letzteren eine leicht geringere rechthemisphärische Aktivität zu erkennen war, sah man bei Kreativen erhöhte zerebrale Flussraten in beiden Hirnhälften.

Kreative Leistung scheint unterschiedliche Hirnregionen zu beanspruchen. Ein Konsens besteht jedoch darüber, dass dem präfrontalen Kortex eine besondere Rolle bei schöpferischen Prozessen zukommt (Dietrich & Kanso, 2010). Zahlreiche Studien berichten von einer verstärkten Aktivität präfrontaler Hirnregionen bei divergenten Denkprozessen und anderen kreativen Tätigkeiten (Carlsson, et al., 2000; Fink, et al., 2009; Gibson, et al., 2009). Limb und Braun (2008) stellten fest, dass improvisierende Musiker eine hohe Aktivierung in der medialen präfrontalen Hirnrinde aufwiesen, während der dorsolaterale präfrontale Kortex zeitgleich deaktiviert schien. Sie vermuteten, dass es sich dabei um das Herunterfahren dort lokalisierter hemmender Impulse handelt.

Auch bestimmte Neurotransmitter stehen in Zusammenhang mit kreativer Leistung. Während der Botenstoff Dopamin kognitive Flexibilität positiv beeinflusst (Chermahini & Hommel, 2010; Flaherty, 2005), existieren Hinweise, dass Noradrenalin einen gegenteiligen Effekt hat. Beispielsweise führt Stress, ein Noradrenalin-Modulator, zu einer Abnahme kreativer Leistung (Hillier, et al., 2006; Martindale & Greenough, 1973). In einem anderen Versuch konnte nach Einnahme eines zentral wirksamen Betablockers, der die Ausschüttung von Noradrenalin hemmt, eine schnellere Lösung von Anagrammen beobachtet werden (Beverdort, et al., 2002).



#### 1.2.4 Kreativität im Schlaf

Schlaf wird eine bedeutsame Rolle bei verschiedenen kognitiven Prozessen zugesprochen. Darauf, dass auch kreatives Problemlösen durch diesen Zustand beeinflusst wird, deuten nicht nur volkstümliche Weisheiten wie „über ein Problem schlafen“ hin. August Kekulé, der durch die Vision einer Schlange die ringförmige Struktur des Benzolmoleküls entschleierte haben soll, und Otto Loewi, der von dem Experiment träumte, mit dessen Hilfe er die Existenz der neurochemischen Weiterleitung von Nervenimpulsen beweisen konnte, sind nennenswerte Beispiele aus der Wissenschaft, die zu Nobelpreisen führten (Mazzarello, 2000). Tatsächlich legen einige Studien den Zusammenhang zwischen Traumberichten und kreativem Potenzial dar. Folglich erinnern sich kreative Menschen häufiger an ein lebhaftes Traumgeschehen (Schechter, et al., 1965), Traum inhalte erscheinen komplexer und bizarrer, geträumte Umgebungen ungewöhnlicher (Sylvia, et al., 1978). Auch eine verstärkte Integration von Träumen in das Wachleben sowie in die Filmproduktion konnte festgestellt werden (Pagel, et al., 1999; Pagel & Kwiatkowski, 2003).

Landmann und Kollegen (2014) stellen einen Bezug zwischen Kreativität und der Gedächtniskonsolidierung her, einem weiteren kognitiven Prozess, der seit langem mit Schlaf in Verbindung gebracht wird (Dresler, et al., 2011; Dudai, et al., 2015; Stickgold, 2005). Bei der Verarbeitung von Gedächtnisinhalten kommt es sowohl zu einer Reaktivierung als auch zu einer Reorganisation abgespeicherter Informationen, die sich in Formung, Integration sowie Desintegration gliedern lässt. In diesem Kontext bezieht sich „schema formation“ auf die Informationsverarbeitung durch das im Schlaf stattfindende Erkennen von Regeln (Stickgold & Walker, 2013) und deren Generalisation auf neuartige Probleme (Fenn, et al., 2003; Hupbach, et al., 2009). Mit „schema integration“ ist die Eingliederung von Erkenntnissen in bereits bestehende Schemata gemeint, welche ebenfalls durch Schlaf gefördert werden soll (Davis, et al., 2008; Tamminen, et al., 2010). „Schema disintegration“ beschreibt den Aspekt der Gedächtnisreorganisation, der das Finden einer Lösung durch das Zerlegen bereits bestehender Muster ermöglicht. An dieser Stelle werden assoziative Denkprozesse beansprucht, die auch in der Kreativitätsforschung von Bedeutung sind (Mednick, 1962).

Zwar kamen zahlreiche Studien zu dem Schluss, dass Schlaf durch Umstrukturierung von Gedächtnisinhalten explizites Wissen und kreative Einsicht erleichtert (Bowden & Jung-Beeman, 2003; Wagner, et al., 2004). Die genauen Mechanismen sowie die Zuordnung der Prozesse zu den einzelnen Schlafphasen sind jedoch weiterhin nicht ausreichend geklärt.

Einige Daten weisen darauf hin, dass insbesondere REM-Schlaf eine fördernde Wirkung auf kognitive Flexibilität und assoziatives Denken ausübt. So wurde etwa nach REM-Schlaf-

Weckungen ein besseres Lösen von Anagrammen beobachtet (Walker, et al., 2002). Auch anhand ihrer Mittagsschlafstudie konnten Cai et al. zeigen, dass REM-Schlaf, im Vergleich zu entspanntem Wachsein und Non-REM-Schlaf, die Integration von zuvor nicht verknüpfter Information und dadurch kreatives Problemlösen begünstigt (Cai, et al., 2009). Weiterhin spricht für die fördernde Wirkung auf Kreativität, dass eine selektive REM-Unterdrückung zu einer Abnahme kreativer Leistung führt (Glaubman, et al., 1978; Lewin & Glaubman, 1975) und dass nach Aufgaben, die divergentes Denken beanspruchen, der Anteil an REM-Schlaf zunimmt (Lewin & Gombosh, 1973). Erklären könnte man die Wirkung des Schlafs vereinfacht durch die in dieser Zeitspanne stattfindende Abwendung von dem Problem. Gemäß der „forgetting- fixation“- Hypothese (Smith & Blankenship, 1989) würde dieser passive Prozess den Zugang zu richtigen Lösungswegen erleichtern. Allerdings genügt diese Begründung nicht, um die differierende Wirkung von REM- im Vergleich zu Non-REM-Schlaf darzulegen.

Eine andere mögliche Herangehensweise ist die genauere Betrachtung der Neurobiologie des REM-Schlafs. Funktionelle bildgebende Methoden konnten veranschaulichen, dass REM-Schlaf durch neuronale Aktivität spezifischer Hirnregionen gekennzeichnet ist, die sich von der eines wachen Gehirns deutlich unterscheidet (Schwartz & Maquet, 2002). Es kommt zu einer verstärkten Aktivierung im Bereich des medialen Vorderhirns, insbesondere limbischer kortikaler und subkortikaler Regionen, die mitunter an der Erkennung und Verarbeitung von Emotionen sowie der Entstehung von Triebverhalten beteiligt sind. Diese Erregungsmuster werden als Ursache emotionsreicher Träume, die typisch für den REM-Schlaf sind, in Betracht gezogen (Braun, et al., 1997; Hobson & Pace-Schott, 2002). Die während des REM-Schlafs erhöhte Aktivität im medialen präfrontalen Kortex wird ebenfalls mit kreativen Denkprozessen (Limb & Braun, 2008) sowie Gedächtnisschemata (van Kesteren, et al., 2010) assoziiert. Ein weiteres markantes Merkmal stellt die Deaktivierung der dorsolateralen präfrontalen Rindenregion dar, die im Wachzustand für übergeordnete exekutive Funktionen, die Integration neuronaler Informationen sowie die kognitive Verhaltenskontrolle verantwortlich gemacht wird (Braun, et al., 1997; Hare, et al., 2009; Weissman, et al., 2008). Dies wird als neurologisches Korrelat des zusammenhanglosen, teils bizarren Traumerlebens im REM-Schlaf gedeutet (Hobson & McCarley, 1977). Eine mögliche Erklärung für die durch REM-Schlaf gesteigerte Fähigkeit, Probleme zu lösen, gründet auf dem hyperassoziativen Charakter dieser Schlafphase (Spoormaker, 2011). Durch eine ungebremste Verknüpfung unterschiedlichster Assoziationen erscheint es im Sinne der assoziativen Theorie des kreativen Denkens (Mednick, 1962) plausibel, dass dabei auch eine brauchbare Idee entsteht.

## 1.3 Gruppenprozesse

### 1.3.1 Brainstorming

Eine weit verbreitete Form der Ideengenerierung, die in Gruppen stattfindet, ist die von dem Werbefachmann Alex Faickney Osborn in den 1950er Jahren erfundene Methode des Brainstormings (Osborn, 1953). Osborn propagierte Brainstorming als eine Methode zur Entwicklung kreativer Ideen, in der das Gehirn kreative Aufgaben wörtlich übersetzt „durch einen Sturm“ angehen soll. Er behauptete, dass Mitglieder einer Gruppe damit ihre Ideenanzahl verdoppeln können, im Vergleich zu der Menge an Ideen, die eine einzelne Person hervorbringen würde. Der Hauptunterschied zwischen Brainstorming und anderen Verfahren der Problemlösung in Gruppen stellen die von Osborn definierten Regeln dar (Osborn, 1953). Sie sollen den einzelnen Teilnehmer von Hemmungen befreien und zu der Produktion möglichst vieler Ideen, ungeachtet ihrer Qualität, ermutigen. Im Einzelnen beinhalten sie die Anweisungen, sich zunächst jeglicher Kritik zu enthalten, ungewöhnlichen Ideen freien Lauf zu lassen („free-wheeling“), möglichst viele Einfälle zu sammeln und bereits geäußerte Gedankengänge sowohl zu verbessern als auch miteinander zu kombinieren. Diese Richtlinien fördern tatsächlich in gewisser Hinsicht die Ideengenerierung in Gruppen. Es konnte gezeigt werden, dass sich sowohl eine gesteigerte Ideenanzahl (Stroebe & Diehl, 1994) als auch der Ausschluss von Kritik (Bartis, et al., 1988) positiv auf die Qualität auswirken und die Anweisung zum Brainstorming generell die Ideengenerierung anregt und steigert (Parnes & Meadow, 1959).

Intuitiv erscheinen die Vorteile und damit auch die Popularität von Brainstorming in der Gruppe einleuchtend. Gruppenmitglieder haben durch die Zusammenarbeit mit anderen Menschen unabhängig von den tatsächlichen Ergebnissen den Eindruck, produktiver zu sein als sie es alleine gewesen wären (Diehl & Stroebe, 1987; Paulus, et al., 1993). Außerdem bereitet es den Beteiligten mehr Spaß, in der Gruppe zu arbeiten, was zusätzlich zu einer gesteigerten Zufriedenheit beiträgt (Stroebe, et al., 1992).

### 1.3.2 Produktivitätsverluste

Fünf Jahre nachdem Osborn in seinem Buch die These aufgestellt hatte, dass Brainstorming in der Gruppe eine geeignete Methode wäre, sowohl Qualität als auch Quantität von generierten Ideen zu erhöhen, wurde sie bereits stark in Frage gestellt. Mit ihrer 1958 veröffentlichten Studie präsentierten Taylor, Berry und Bock Ergebnisse, die Osborns Theorie widersprachen und somit eine Reihe an weiteren Nachforschungen ins Rollen brachten. Sie hatten 96 Studenten aufgefordert, sich in Vierergruppen oder alleine mit den gleichen Themen auseinanderzusetzen, und stellten die Endprodukte der Gruppen denen

der individuell Arbeitenden gegenüber. Die Aufgabenstellungen zielten auf die Entwicklung von Herangehensweisen (um die Anzahl an Touristen in den USA zu erhöhen oder trotz steigender Schüleranzahl eine gleichwertige Lehre zu gewährleisten) oder das Ausdenken möglicher Konsequenzen eines fiktiven Ereignisses (wie einen zusätzlichen Daumen an der Hand zu besitzen) ab. Gemeinsames Merkmal war die Unmöglichkeit, einen Einfall als richtig oder falsch zu werten. Um statistische Vergleichbarkeit zu erzielen, wurden die Ideen von je vier zufällig ausgewählten Einzelpersonen zu einer sogenannten Nominalgruppe zusammengefasst und Wiederholungen herausgefiltert. Bei der Auswertung berücksichtigt wurden durchschnittliche Ideenzahl, Menge der einzigartigen Antworten und qualitative Merkmale wie Umsetzbarkeit, Effektivität und Allgemeingültigkeit. Es zeigte sich, dass Nominalgruppen beinahe doppelt so viele Ideen produziert hatten wie reale Gruppen, qualitativ waren die Unterschiede weniger stark ausgeprägt (Taylor, et al., 1958). Die Überlegenheit der Arbeit durch Einzelpersonen wurde in den darauffolgenden Jahren vielfach getestet und bestätigt (Diehl & Stroebe, 1987; Mullen, et al., 1991). Diese Nachforschungen konnten veranschaulichen, dass sowohl qualitativ als auch quantitativ Leistungsverluste von Gruppen hoch signifikant sind, der quantitative Abfall nicht durch eine erhöhte Qualität ausgeglichen wird und dass Faktoren wie eine zunehmende Gruppengröße, die Anwesenheit von Versuchsleitern und Tonbandaufnahmen die Gruppenleistung negativ beeinflussen.

Es gibt etliche sozialpsychologische Theorien, um die Produktivitätsverluste in Gruppen zu erklären (Lamm & Trommsdorff, 1973). Zu den bedeutsamsten zählen die Bewertungsangst durch mögliche Kritik der Gruppenmitglieder, das Trittbrettfahren, welches das Ausruhen auf der Ideenfindung der Anderen beschreibt, sowie die Produktionsblockierung, die als eine Hemmung der eigenen Produktivität durch die anderen Vorschläge betrachtet wird.

## 2 Fragestellung

Die Ergebnisse kreativen Handelns bereichern alltäglich unsere Gesellschaft und erscheinen unverzichtbar für eine Weiterentwicklung auf fast allen Ebenen. Deshalb stellt sich die unvermeidliche Frage, inwiefern kreative Prozesse stimuliert und optimiert werden können. Einige in der Vergangenheit durchgeführte Studien legen nahe, dass ein Zusammenhang zwischen Schlaf, kognitiven Prozessen und damit möglicherweise auch kreativen Vorgängen besteht.

Diese Dissertation soll einen Teil zu der systematischen Erforschung beitragen, inwiefern mithilfe von Schlaf Kreativität gefördert werden kann. Da kreatives Handeln nicht ausnahmslos einzelne Personen betrifft, sondern auch ein interaktives Lösen kreativer Aufgaben in einer Gruppe von alltäglicher Relevanz ist, konzentriert sich diese Arbeit auf die Fragen, inwiefern sich ein 90-minütiger Kurzschlaf auf Kreativität im Allgemeinen und speziell auf kreative Gruppenproduktivität auswirkt. Außerdem wird analysiert, ob ein Bezug zu einzelnen polysomnographisch abgeleiteten Schlafparametern, wie Schlafstadien und Schlafspindeln, hergestellt werden kann. Insbesondere das REM-Schlaf-Stadium, das durch seine neurobiologischen Eigenschaften eine wichtige Rolle bei kreativen Prozessen einnehmen soll, steht im Fokus dieser Studie.

Anhand des Versuchsaufbaus mit sowohl einer Einzel- als auch einer Gruppenkondition, in der jeweils eine kreative Aufgabe mit oder ohne einen Kurzschlaf bearbeitet wird, sollen drei Hypothesen überprüft werden:

- Ein Kurzschlaf fördert das kreative Handeln einer Person, sowohl auf quantitativer als auch auf qualitativer Ebene.
- Die kreative Produktivität einer Gruppe kann durch einen Kurzschlaf hinsichtlich der Ideenanzahl und ihrer Qualität verbessert werden.
- Es besteht ein direkter Zusammenhang zwischen Kreativitätszuwachs und dem REM-Schlaf.

## 3 Material und Methoden

### 3.1 Versuchspersonen

Insgesamt nahmen 72 gesunde, deutschsprachige Versuchspersonen im Alter zwischen 18 und 30 Jahren an der Studie teil. Es handelte sich um männliche Studenten, die weder Kurse mit betriebs- oder volkswirtschaftlichen noch mit gestalterischen Schwerpunkten belegt hatten. Die Untersuchungen wurden ausschließlich an männlichen Probanden durchgeführt, um mögliche hormonelle Einflüsse des weiblichen Zyklus und oraler Kontrazeptiva auf kognitive Prozesse (Brinton, 2009; Genzel, et al., 2012) und Schlaf (Baker, et al., 2001) zu umgehen. Weitere Voraussetzungen waren ein regelmäßiger Schlafrhythmus sowie das Fehlen von Schichtarbeit und Interkontinentalflügen innerhalb der letzten sechs Monate. Aktuell bestehende oder chronische Schlafstörungen sowie psychiatrische und somatische Erkrankungen wurden von den Versuchsteilnehmern verneint, außerdem beschränkte sich der maximale tägliche Konsum von Kaffee auf zwei Tassen sowie der von Nikotin auf fünf Zigaretten. Auch bezüglich eines Alkohol- oder Drogenmissbrauchs waren die Probanden unauffällig. Die Ein- und Ausschlusskriterien wurden im Vorhinein abgeprüft und selektiv anhand von Fragebögen, die den Versuchspersonen zugeschickt worden waren, verifiziert. Hierzu dienten der Morning-Eveningness-Questionnaire (Horne & Östberg, 1976) zum Ausschluss extremer „Abend-“ oder „Morgen-Typen“, das Beck-Depressions-Inventar (Beck & Steer, 1987), das eine Einschätzung der psychischen Verfassung zulassen sollte, sowie der Pittsburgh Sleep Quality Index (Buysse, et al., 1989), um die subjektiv empfundene Schlafqualität zu evaluieren.

### 3.2 Versuchsprotokoll

Die folgende Studie bestand aus polysomnographischen Messungen sowie ausschließlich nicht-invasiven Untersuchungen psychologischer Art. Das Versuchsprotokoll wurde von der Ethikkommission der Ludwig-Maximilian-Universität München genehmigt. Vor Beginn der Studie erfolgte eine Aufklärung der Teilnehmer über Ausführung und Intention der Versuche und sie gaben hierzu schriftlich ihr Einverständnis (siehe Anlage 1).

Die Probanden absolvierten drei verschiedene Studienblöcke. Noch vor der ersten Testung wurden die 72 Versuchspersonen pseudozufällig in zwei Studiengruppen eingeteilt. Die Aufgaben wurden in der Studiengruppe „N“ alleine bearbeitet, während sie in der Studiengruppe „G“ von einer Dreiergruppe gelöst werden sollten. Um eine Vergleichbarkeit der Endergebnisse mit der „realen Gruppe“ zu gewährleisten bildeten je drei Einzelpersonen

eine sogenannte „Nominalgruppe“. Es nahmen damit also 12 Realgruppen und 12 Nominalgruppen von jeweils drei Probanden teil. Bei der pseudozufälligen Gruppenzuordnung wurde darauf geachtet, dass Alter und insbesondere Studienfächer über die Bedingungen sowie (Nominal-) Gruppen hinweg vergleichbar verteilt waren, um etwaige Einflüsse fachlicher Vorerfahrung systematisch gleichzuhalten.

Die Reihenfolge der Versuchstage wurde randomisiert zugewiesen, ebenso die Themen der Produktivitätsaufgaben, so dass gleichmäßig verteilte Modalitäten entstanden. Bei einer Kondition (Studientag A) fand zwischen den Aufgaben ein 90-minütiger Kurzschlaf statt, bei der anderen (Studientag B) wurde während der gleichen Zeitspanne ein Naturfilm gezeigt. Zusätzlich erfolgte bei einem weiteren Termin (Studientag C) die polysomnographische Ableitung eines Kontroll-Kurzschlafs, nachdem sich die Probanden mit Fragebögen zu allgemeinen Fähigkeiten statt der kreativen Aufgabenstellung auseinandergesetzt hatten. Zwischen den Test-Konditionen A und B lagen mindestens 14 Tage, der Kontrollschlaf fand mit einem Abstand von wenigstens einer Woche zu den anderen Bedingungen statt. So sollte eine Gewöhnung der Versuchspersonen an die Experimente vermieden werden.

### 3.3 Versuchsablauf

Die Probanden wurden gebeten, jeweils in der dem Versuchstag vorausgehenden Woche auf regelmäßige Schlafenszeiten zu achten. Außerdem erfolgte die Anweisung, am Abend vor der Testung spätestens um 1.00 Uhr zu Bett zu gehen, morgens um 7.00 Uhr aufzustehen und auf Kaffee zu verzichten, bevor sie um 13.00 Uhr im Max-Planck-Institut erschienen. Um das Einhalten dieser Vorgaben zu fördern und den Schlafrhythmus zu kontrollieren, sollte ein Schlafprotokoll, mit Dokumentation des jeweiligen Datums, der Aufsteh- sowie Zu-Bett-Geh-Zeit, geführt werden (siehe Anlage 2). Diese Maßnahmen wurden gleichermaßen bei allen drei Konditionen ergriffen.

An jedem der drei Studientage trafen die Versuchspersonen um 13.00 Uhr im Schlaflabor ein. Wenn die Bedingung Kurzschlaf enthielt (Studientag A und C), wurden zunächst Elektroden an Schädeldecke, Augenwinkel und Kinnmuskulatur angebracht, um ein Polysomnogramm ableiten zu können.

Am Studientag A wurde den Probanden nun eine Kreativitätsaufgabe vorgelegt, bei der sie zu bestimmten Produktkategorien möglichst viele originelle Ideen notieren und in eine Rangreihenfolge bringen sollten. 36 Probanden der Studiengruppe N setzten sich mit der Fragestellung individuell auseinander, während die 36 Probanden der Studiengruppe G - unter den gleichen zeitlichen und inhaltlichen Vorgaben - angeleitet wurden, sich damit in insgesamt zwölf Dreiergruppen zu befassen. Dann wurden im Sinne eines digitalen

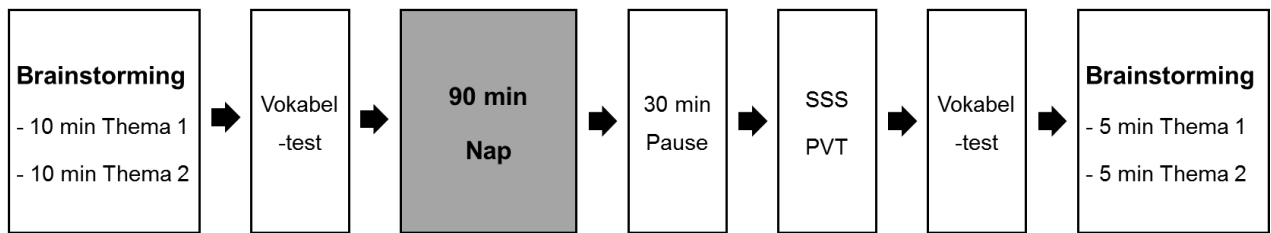
Gedächtnistests 36 erfundene Wortpaare gelernt und abgeprüft, um eine fortwährende Auseinandersetzung mit der kreativen Thematik zu verhindern. Die Analyse dieser Teilaufgabe ist allerdings Gegenstand einer anderen Studie. Zusätzlich wurde darum gebeten, sich nicht weiter mit der Problemstellung zu befassen oder sich untereinander diesbezüglich auszutauschen. Im Anschluss legten sich die Versuchspersonen in Betten des Schlaflabors, es folgten das Eichen der Messgeräte und eine Periode von 90 Minuten, in denen der Kurzschlaf stattfand. Nach der Weckung durch den Versuchsleiter schloss sich eine 30-minütige Pause bis zur nächsten Testung an, um die Problematik der initialen Schlafträgheit, die vor allem in dieser Zeitspanne beschrieben ist, zu umgehen (Tassi & Muzet, 2000). In dieser Zeit bestand die Möglichkeit, sich zu duschen und umzuziehen. Zur Messung der Reaktionszeit und des subjektiv empfundenen Wachheitsgrads diente im Folgenden der Psychomotor Vigilance Task (Dinges & Powell, 1985) und die Stanford Sleepiness Scale (Hoddes, et al., 1973). Nach einem erneuten Abfragen der gelernten Wortpaare sollten die Probanden einen zweiten, kürzeren Zeitblock zur Weiterbearbeitung der Kreativitätsaufgabe nutzen. Abschließend legten die Probanden eine Rangreihenfolge aller an diesem Testtag erfundenen Gegenstände fest, wobei sie zuvor bestimmte Wertungen ändern durften.

Der Studientag B verlief analog zu Studientag A, mit dem Unterschied, dass der Kurzschlaf durch die Vorführung eines Naturfilms ersetzt wurde. Nach einer kurzen Pause wurde der Dokumentarfilm „Unsere Erde“ (Unsere Erde, 2007) für 90 Minuten abgespielt. Auch hier galt es, sich während dieser Zeitspanne nicht weiter mit der zuvor behandelten Thematik zu beschäftigen und nicht miteinander zu kommunizieren. Um den zeitlichen Abstand der Versuche dem Studientag A anzugleichen, konnten die Probanden daraufhin zwischen einer 30-minütigen Pause und einem zusätzlichen Filmabschnitt wählen.

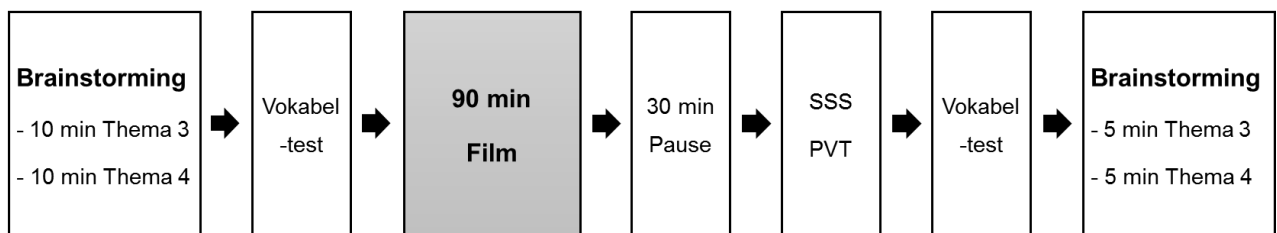
Bei Studientag C wurde als Kontrollbedingung ohne vorherige Brainstormingphase polysomnographisch (entsprechend des Studientags A) Kurzschlaf abgeleitet. Um die kognitive Beanspruchung vor dem Schlaf vergleichbar zu halten, erfolgten vor dem Nachmittagsschlaf der CFT 20-R Grundintelligenztest (Weiß & Weiß, 2006) sowie der MWT-B Mehrfachwahl-Wortschatz-Intelligenztest (Lehrl, 2005), die fluide und kristalline Intelligenz, jedoch nicht Kreativität erfassen. Als Fragebögen zur Selbsteinschätzung wurde zusätzlich der Creativity Styles Questionnaire (Kumar & Holman, 1997) verwendet. Unmittelbar nach der Schlafableitung durften die Versuchspersonen das Institut verlassen.



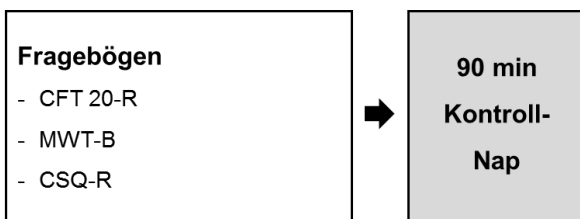
### Studientag A:



### Studientag B:



### Studientag C:



**Abbildung 2:** Schematischer Versuchsablauf der Studientage A, B und C

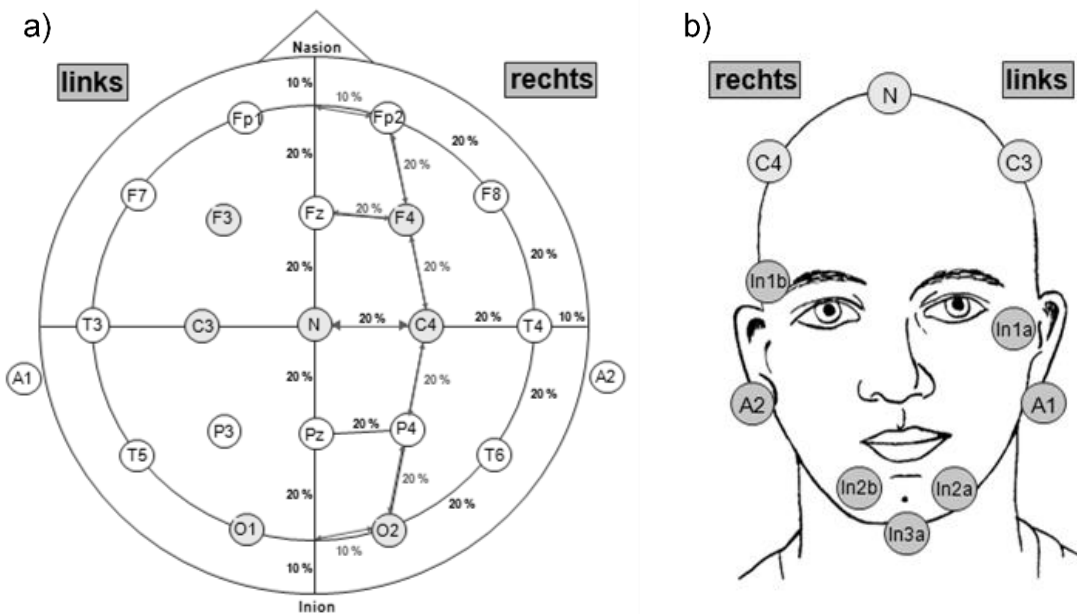
## 3.4 Polysomnographie

Alle polysomnographischen Untersuchungen fanden im Schlaflabor des Max-Planck-Instituts für Psychiatrie statt. An den Versuchstagen, die Kurzschlaf enthielten, wurden die Probanden direkt nach ihrer Ankunft um 13.00 Uhr mit Elektroden ausgestattet. Dann erfolgte die Bearbeitung der für den jeweiligen Versuchstag vorgesehenen Aufgaben oder Fragebögen. Im Anschluss legten sich die Versuchspersonen einzeln in Betten der abgedunkelten und schalldichten Räumlichkeiten des Schlaflabors, wo zunächst die Messgeräte geeicht wurden. Dazu erhielten die Probanden Anweisungen zur Ausführung verschiedener Bewegungen, wie beispielsweise Zähneknirschen, Augenrollen oder Anheben

des Kopfes. Während einer 90-minütigen Zeitspanne wurde daraufhin der Mittagsschlaf gehalten. Die über einen digitalen 12-Kanal-Schreiber (Comlab 32 Digital Sleep Lab, Brainlab V 3.3 Software, Schwarzer GmbH, München) registrierten und gespeicherten Aufzeichnungen konnten über Bildschirme im Überwachungsraum verfolgt werden.

Die Position der EEG-Elektroden entsprach dem AASM-Manual (Iber, et al., 2007), das sich an dem weit verbreiteten 10-20-System nach Jasper orientiert (Klem, et al., 1999).

Verwendet wurden jeweils zwei frontopräzentrale (F3, F4), zentral parasagittale (C3, C4) und okzipitale (O1, O2) Elektroden, als Referenzpunkt diente ein kontralateraler, über dem Processus Mastoideus angebrachter Messsensor (M2 beziehungsweise M1, in der Abbildung 3 als A2 sowie A1 bezeichnet). Die paarigen Elektroden befanden sich dabei symmetrisch über der rechten (gerade Zahl) und linken (ungerade Zahl) Hemisphäre. Die Ableitung des Elektrookulogramms erfolgte über Elektroden, die rechts supraorbital (In1b) und links infraorbital (In1a), also 1 cm oberhalb beziehungsweise unterhalb des äußeren Augenwinkels, befestigt und mit dem rechten Mastoid-Sensor (M2) verschaltet worden waren. Das Elektromyogramm, dem eine herausragende Bedeutung für die Detektion der REM-Schlafphase zukommt, wurde über drei Messpunkte im Bereich der Mentalregion registriert. Einer befand sich auf der Mittellinie über der Unterkante des Unterkiefers (In3a), zwei weitere submental rechts (In2b) und links (In2a) von dieser. Vor Platzierung der Elektroden wurden die entsprechenden Hautstellen mit einem Gel aufgeraut, um den Leitungswiderstand zu reduzieren. Zur Erkennung von EEG-Artefakten, die auf den Herzrhythmus zurückzuführen sind, erfolgte zusätzlich eine elektrokardiografische Registrierung anhand von zwei an der Brustwand lokalisierten EKG-Elektroden (rechts subklavikulär und links axillär auf Höhe des fünften Interkostalraums). Die Position des Probanden übermittelte ein am Oberkörper anliegender Gurt. Die Schlafdaten wurden ebenfalls anhand des international gebräuchlichen AASM-Manuals (Iber, et al., 2007) durch unabhängige Mitarbeiter des Instituts analysiert, die nicht mit dem Studiendesign vertraut waren. Folgende schematische Abbildung soll die Elektroden-Anordnung veranschaulichen.



**Abbildung 3:** Positionierung der EEG-Elektroden. Die schematische Darstellung der Messpunkte A1 und A2 entspricht der Elektrodenposition von M1 bzw. M2. Quelle: Max-Planck-Institut für Psychiatrie

### 3.5 Kontrollvariablen

#### 3.5.1 Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI)

Als ein standardisierter, einfach und schnell durchzuführender Fragebogen ermöglicht der Pittsburgh Sleep Quality Index (Buysse, et al., 1989) eine Beurteilung der subjektiven Schlafqualität. Er enthält 24 Fragen, die sich retrospektiv auf die vergangenen vier Wochen beziehen. 19 Fragen sind selbst zu beantworten und fünf von dem Lebenspartner oder einem Mitbewohner. Letztere werden jedoch nicht in der quantitativen Auswertung berücksichtigt. Die sieben abgefragten Komponenten beinhalten die Einschätzung der Qualität, der Dauer sowie der Effizienz des eigenen Schlafs, die Einschlafzeit, das Auftreten von Störungen, die Verwendung von Schlafmedikamenten und das Vorhandensein von Tagesmüdigkeit. Bei der Auswertung wird eine Punktzahl zwischen null und 21 ermittelt, wobei eine Summe über fünf mit einer schlechten Schlafqualität korreliert (Buysse, et al., 1989). Um für die Experimente ein Kollektiv von „guten“ Schläfern zu rekrutieren, wurde deshalb ein Testergebnis unterhalb dieses Wertes vorausgesetzt.

### 3.5.2 Morningness-Eveningness-Questionnaire (D-MEQ)

Der Morningness-Eveningness-Questionnaire (Horne & Östberg, 1976) ist ein Instrument, mit dem sich, je nach individuellem Tagesverlauf von Müdigkeit und Aktivität, die zirkadiane Phasenlage, auch Chronotyp genannt, ermitteln lässt. Es handelt sich um ein Merkmal, das die über den Tag verteilte Leistungsfähigkeit abbildet und durch den Fragebogen in eine von fünf Kategorien eingeteilt wird. Unterschieden wird zwischen dem definitiven und moderaten Morgentyp, dem Neutraltyp sowie dem moderaten und definitiven Abendtyp (Griefahn, 2002). Vor Teilnahme an der Studie wurden die Chronotypen der Probanden anhand der validierten deutschsprachigen Version des MEQ, dem D-MEQ (Griefahn, et al., 2001), erfasst und die Personen mit extremen Phasenlagen, also definitive Morgen- und Abendtypen, ausgeschlossen.

### 3.5.3 Beck-Depressions-Inventar (BDI), vereinfachte Version (BDI-V)

Ein wichtiger Bestandteil der psychologischen Diagnostik stellt das Depressions-Inventar von Beck dar. Die Originalversion dieser Selbstbeurteilungs-Skala (Beck & Steer, 1987) kann anhand von jeweils vier Items zu 21 Symptomen der klinischen Depression auf eine depressive Erkrankung hinweisen. Vor der Studienteilnahme hatten die Probanden eine vereinfachte Fassung des Inventars, den sogenannten BDI-V (Schmitt & Maes, 2000), bearbeitet. Diese gekürzte Version enthält 20 der ursprünglich festgelegten Symptome in Form von knapp ausgeführten Aussagen, deren Auftreten mittels einer Häufigkeitsskala angegeben wird. Zugelassen wurden nur Personen mit einer BDI-V Punktezahl von weniger als 35, entsprechend dem Grenzwert, unter dem eine maßgebliche Depression nicht anzunehmen ist (Schmitt, et al., 2006).

### 3.5.4 CFT 20-R Grundintelligenztest Skala 2 – Revision

Bereits 1940 kritisierte Cattell, dass die gängigen Intelligenztests keine konstanten Charaktereigenschaften messen würden und nicht reproduzierbar seien. Zu groß sei der Einfluss von Faktoren wie dem Sozialstatus, ethnischen Unterschieden, Erziehung und Umwelt (Cattell, 1940). In den 60er Jahren entwarf er mit dem „Culture Fair Test“ (CFT) ein sprach- und zahlenfreies Verfahren, das anhand von skizzierten Aufgaben Faktoren der Grundintelligenz messen sollte, ohne äußere Einwirkungen mit einzubeziehen. Die Probanden unserer Versuchsreihe befassten sich mit der - im deutschen Sprachraum verbreiteten- überarbeiteten Version CFT 20-R (Weiß & Weiß, 2006). Dieser vielseitig einsetzbare Intelligenztest ist aus zwei gleichartigen Testreihen mit jeweils vier Teilaufgaben aufgebaut. Die dort abgebildeten zeichnerischen Problemstellungen beinhalten das Vervollständigen von Reihen, die Identifikation nicht passender Figuren in einer Abfolge, die

Ergänzung von Matrizen und das Ziehen topologischer Schlussfolgerungen. Sie zielen auf Bestandteile der sogenannten fluiden Intelligenz ab, wie beispielsweise Flexibilität, Anpassungsfähigkeit, problemlösendes Denken und Geschwindigkeit bei der Informationsverarbeitung (Habel & Schneider, 2012).

### 3.5.5 Mehrfachwahl-Wortschatz-Intelligenztest (MWT-B)

Im Gegensatz zum CFT-R stellt der Mehrfachwahl-Wortschatz-Intelligenztest (MWT-B) (Lehrl, 2005) ein bildungsabhängiges Verfahren dar. Bei 37 nach Schweregrad geordneten Wortreihen soll ein existierender Begriff zwischen fiktiven Wortschöpfungen herausgefiltert und markiert werden. Mit dieser Methode wurde das verbale Leistungsvermögen der Versuchspersonen, als ein weiterer Faktor der Grundintelligenz, abgeprüft.

### 3.5.6 Creativity Styles Questionnaire - Revised (CSQ-R)

Dieser von Kumar und Holman entwickelte Fragebogen gibt Auskunft über die Herangehensweise an kreative Handlungen. Er umfasst eine Liste von 78 Thesen, die, je nachdem, wie gut sie auf die Testperson zutreffen, auf einer fünf-stufigen Skala bewertet werden und somit Aussagen über insgesamt acht Aspekte der Kreativität zulassen sollen. Hierzu zählen unter anderem die Selbsteinschätzung kreativer Leistungsfähigkeit, die Signifikanz unbewusster Vorgänge bei der Lösung von Problemen und das Einbeziehen diverser Vorgehensweisen, Sinnesorgane oder der Mitmenschen bei kreativen Tätigkeiten (Kumar & Holman, 1997).

## 3.6 Studienvariablen

### 3.6.1 Divergente Kreativitätsaufgabe

Für die Tests zu den zentralen Fragestellungen wurden die Probanden gleichmäßig in zwei Gruppen eingeteilt. 36 sollten die Aufgaben alleine bearbeiten (Studiengruppe N: Nominalgruppe), während die anderen 36 Versuchspersonen angeleitet wurden, sich damit in insgesamt zwölf Dreiergruppen zu befassen (Studiengruppe G: Realgruppe). Zunächst folgte eine kurze Einweisung, in der die Versuchspersonen aufgefordert wurden, sich in die Rolle eines Mitarbeiters hineinzusetzen, der für eine große Produktionsfirma Gegenstände erfinden soll. Es galt, zu einer Produktkategorie jeweils möglichst viele und dabei neuartige Produkte auszudenken und diese, mit je drei Merkmalen stichpunktartig beschrieben, handschriftlich festzuhalten (siehe Anlage 3). In der Studiengruppe G sollte dies von einem selbst ausgewählten Gruppenmitglied übernommen werden. Pro Versuchstag erhielten die Probanden zwei verschiedene Kategorien, zu denen ihnen vor

dem Schlaf oder der Filmvorführung jeweils zehn Minuten und danach zusätzlich fünf Minuten Bearbeitungszeit zur Verfügung standen. Nach Ablauf dieser Zeit wurde den Probanden die neue Produktkategorie vorgelegt. Die Produktkategorien an den zwei Testtagen lauteten „Musikinstrumente“ und „Kinderspielzeuge“ (Thema 1 und 2) sowie „Küchengeräte“ und „Wecker“ (Thema 3 und 4). Die Zuordnung der Kategorien zu der Schlaf- und Wachbedingung wurde ausgewogen alterniert. Die Fortsetzung erfolgte, nachdem die Gedächtnistests und, je nach Bedingung, Schlaf oder Filmvorführung stattgefunden hatten. Den Versuchspersonen wurden die gleichen Produktkategorien für jeweils fünf Minuten erneut ausgehändigt, um weitere Ideen zu generieren. Abschließend legten die Probanden eine Rangreihenfolge aller an diesem Testtag erfundenen Gegenstände fest, dieser Aspekt war jedoch Gegenstand einer anderen Arbeit und soll hier nicht weiter betrachtet werden.

Die Kreativitätsaufgabe wurde im Vorfeld für diese Studie entwickelt und ihre Eignung anhand einer kleinen Versuchsreihe mit 20 Probanden getestet (Häusser & Faulmüller, 2012). Von ursprünglich sechs verschiedenen Produktkategorien (Wecker, Spielzeug, Küchengerät, Fertigessen, Schokoriegel, Musikinstrument) fand eine Auswahl der vier Objekte statt, die hinsichtlich der Anzahl generierter Ideen und der, von unabhängigen Beurteilern eingeschätzten, Kreativität passend erschienen. Dies traf auf die Kategorien Wecker, Spielzeug, Küchengerät und Musikinstrument zu. Die Aufgabenstellung lässt sich in gleicher Weise von Einzelpersonen sowie Gruppen bearbeiten.

### 3.6.2 Psychomotor Vigilance Task (PVT)

Um das Reaktions- und Aufmerksamkeitsvermögen der Versuchspersonen zwischen der Kurzschlaf- und Wach-Bedingung der Studientage A und B vergleichen zu können, mussten sie jeweils nach einer kurzen Regenerationspause einen fünfminütigen Computertest, den Psychomotor Vigilance Task (PVT) (Dinges & Powell, 1985), durchführen. Diese psychomotorische Reiz-Reaktions-Aufgabe misst die Geschwindigkeit, mit der die Testperson auf einen visuellen Stimulus, der ihr in unregelmäßigen Zeitabständen auf einem Bildschirm präsentiert wird, reagiert. Da sowohl anhaltende Aufmerksamkeit als auch das motorische System beansprucht werden (Drummond, et al., 2005), ist sie ein sinnvolles Maß für die Benommenheit, die nach Kurzschlaf oder einem Naturfilm auftreten kann.

### 3.6.3 Stanford Sleepiness Scale (SSS)

Mit der Stanford-Schläfrigkeits-Skala (englisch: Stanford Sleepiness Scale, SSS) (Hoddes, et al., 1973) konnte der gegenwärtige, subjektiv empfundene Wachheitsgrad der Probanden erfasst werden. Die Selbstbeurteilungsskala enthält sieben Schläfrigkeitsstufen, von „aktiv,

vital, hellwach“ (Stufe 1) bis „keine Bemühung wach zu bleiben, traumartige Gedanken“ (Stufe 7). Diejenige Aussage ist anzukreuzen, die am besten auf den aktuellen Grad der Schläfrigkeit zutrifft.

### 3.6.4 Gedächtnistest

Um nach Ablauf der für die Ideengenerierung vorgesehenen Zeit eine fortlaufende Auseinandersetzung mit dieser Thematik zu unterbinden, wurde ein Gedächtnistest durchgeführt. Mithilfe eines Computerprogramms wurden 36 fiktive Wortpaare zunächst gelernt und anschließend jeweils vor und nach dem Schlaf beziehungsweise der Filmvorstellung abgeprüft. Dieser Studienteil ist Thema einer anderen Arbeit und wird daher an dieser Stelle nicht weiter betrachtet.

## 3.7 Datenauswertung

### 3.7.1 Kreativitätsaufgabe

Als quantitatives Maß der Kreativität diente die Anzahl generierter Ideen jeder Brainstorming-Sitzung der Real- sowie Nominalgruppen. Es wurden dabei ausschließlich unterschiedliche Ideen einbezogen und Wiederholungen ignoriert.

Zur qualitativen Analyse des kreativen Handelns wurden alle hervorgebrachten Ideen von jeweils zwei unabhängigen und gegenüber dem Studiendesign blinden Experten (Bachelor of Science Produktdesign, Weimar) auf einer Skala von null (völlig un kreativ) bis sechs (äußerst kreativ) eingeschätzt. Zur Kontrolle der Reliabilität der subjektiven Expertenmeinung erfolgten ein Vergleich der Ergebnisse nach 20 Bewertungen untereinander und die Festlegung eines gemeinsamen Maßstabs. Es flossen mitunter die Kategorien Neuartigkeit, Unkonventionalität, Umsetzbarkeit, der Mehrwert gegenüber anderen Produkten sowie die Einfachheit der Ideen in die Bewertung ein und, wie gut die Vorschläge ausformuliert wurden. Zur endgültigen Evaluation der Produkte wurde der Mittelwert der beiden Analysten verwendet.

### 3.7.2 Polysomnographische Schlafdaten

Die jeweils 90-minütigen polysomnographischen Ableitungen wurden von erfahrenen Mitarbeitern des Max-Planck-Instituts, die nicht mit dem Studienprotokoll vertraut waren, visuell analysiert.

Zur korrekten Beurteilung der Daten erfolgte im Vorfeld eine Bereinigung der EEG-Aufzeichnungen anhand des Computer-Programms BrainLab (Comlab 32 Digital Sleep Lab,

Brainlab V 3.3 Software, Schwarzer GmbH, München). Hierzu wurde je eine Zeitspanne von 30 Sekunden genau betrachtet und händisch unter Verwendung eines 50 Hz-Filters von Artefakten befreit (Zschocke & Hansen, 2012).

Folgende Parameter wurden in Minuten erfasst: die gesamte im Bett verbrachte Zeit von „Licht aus“ bis „Licht an“ (englisch: „time in bed“, TIB), die Schlafperiode, als Zeitspanne vom Einschlafen bis zum Aufwachen, die Zeit im Wachzustand und die Gesamtschlafzeit (englisch: „total sleep time“, TST), welche sich aus der Differenz der Schlafperiode und der Zeit im Wachzustand nach dem ersten Einschlafen errechnet. Außerdem wurden die Einschlaf latenz, als Zeitraum zwischen „Licht aus“ bis zum ersten Schlafstadium, und die REM-Latenz, die die Dauer vom Einschlafen bis zum Beginn des ersten REM-Schlafs angibt, gemessen.

Zur Ermittlung der individuellen Schlafarchitektur erfolgte eine Aufteilung der Schlafperiode in jeweils 30-Sekunden-Epochen. Jeder Epoche wurde gemäß der AASM-Kriterien (Iber, et al., 2007) ein Schlafstadium zugeordnet, wobei die Ableitungen der Messpunkte F4/M1, C4/M1, O2/M1, F3/M2, C3/M2 sowie O1/M2 als Referenz dienten. Folgende Variablen wurden dabei registriert: die Schlafstadien N1, N2, N3 und REM sowie das Wachsein in Minuten.

Neben der qualitativen Beurteilung der Schlafdaten wurden die einzelnen Frequenzen auch quantitativ analysiert. Hierzu erfolgte zunächst eine Zergliederung des EEG-Signals in seine verschiedenen Frequenzanteile mittels Fast-Fourier-Transformation, um sie anschließend in die Frequenzen Delta (1 - 4 Hz), Theta (4 - 8 Hz), Alpha (8 - 12 Hz), Sigma (12 - 16 Hz) und Beta (16 - 24 Hz) zu unterteilen.

Weiterhin wurde die Anzahl der Schlafspindeln im Experimental- und Kontroll-Nap automatisiert ausgewertet. Es wurde dazu der Spindelalgorithmus von Adamczyk und Kollegen (2015) verwendet, der Schlafspindeln mittels einer kontinuierlichen Wavelet-Transformation (Addison, 2005) detektiert.

### 3.7.3 Statistische Analysen

Die Analysen wurden durch das Programm SPSS (SPSS Statistics, Version 21, IBM Corporation, Armonk, New York, USA) durchgeführt, es wurde jeweils ein Signifikanzniveau von  $p=0,05$  festgelegt.

#### Kontrollanalysen

Um sicherzustellen, dass etwaige Unterschiede auf die verschiedenen Experimentalbedingungen und nicht auf zufällig voneinander abweichende Persönlichkeitsmerkmale innerhalb des untersuchten Kollektivs zurückzuführen sind, wurde



zunächst getestet, ob sich die Probanden der Gruppen- und der Nominalgruppenbedingung bezüglich der erfassten Variablen unterschieden. Dazu wurde jeweils eine multivariate Varianzanalyse gerechnet für die kognitiven Variablen (CFT 20-R, MWT-B, CSQ-R) und die schlafbezogenen subjektiven Variablen (PSQI, D-MEQ, BDI-V).

Zur Überprüfung, ob das Schlafverhalten zwischen den Teilnehmern der Nominal- sowie Realgruppen vergleichbar war, wurden außerdem Schlafstadien mit einer multivariaten Varianzanalyse mit den Faktoren „Intervention“ (Experimentalbedingung versus Kontroll-Nap) und „Gruppe“ (nominal versus real) analysiert; des Weiteren erfolgte die Berechnung aufgetretener Schlafspindeln anhand einer univariaten Varianzanalyse mit den Faktoren „Intervention“ (Experimentalbedingung versus Kontroll-Nap) und „Gruppe“ (nominal versus real).

Zusätzlich wurden Unterschiede im Psychomotorischen Vigilanztest und der Stanford Sleepiness Scale zwischen den Schlaf- und Wachbedingungen mittels gepaarter T-Tests untersucht, um sicher zu gehen, dass etwaige Differenzen zwischen Schlaf- und Wachbedingung nicht auf Vigilanzunterschiede zurückzuführen sind.

## Hauptanalysen

Zur Beantwortung der zentralen Fragestellungen, welchen Einfluss erstens Brainstorming in der Gruppe (versus allein), zweitens Kurzschlaf (versus wach) und drittens die Interaktion zwischen diesen beiden Bedingungen auf die kreative Produktivität im Brainstorming hat, wurden vier Analysen gerechnet.

Zur Testung des in der Literatur etablierten Vorteils von Nominal- gegenüber Realgruppen wurde zunächst eine Varianzanalyse mit Messwiederholung mit dem Innersubjektfaktor „Schlaf“ (Kurzschlaf versus wach) und dem Zwischensubjektfaktor „Gruppe“ (nominal versus real) als unabhängige Variablen gerechnet. Die Analyse wurde jeweils für die abhängigen Variablen „quantitative Kreativität“ (Anzahl der aus dem Brainstorming entstandenen Produkte) und „qualitative Kreativität“ (durchschnittliche Experten-Bewertung der Produkte) durchgeführt, wobei ausschließlich die Ergebnisse der Sitzungen „vor Nap“ und „vor wach“ verwendet wurden.

Um die Schlaf-Effekte sowie die Interaktion von Schlaf- und Gruppeneffekt zu überprüfen, wurde anschließend eine weitere Varianzanalyse mit Messwiederholung mit dem Innersubjektfaktor „Schlaf“ (Kurzschlaf versus wach) und dem Zwischensubjektfaktor „Gruppe“ (nominal versus real) als unabhängige Variablen gerechnet. Die Analyse wurde jeweils für die abhängigen Variablen „quantitative Kreativität“ (Anzahl der aus dem Brainstorming entstandenen Produkte) und „qualitative Kreativität“ (durchschnittliche

Experten-Bewertung der Produkte) durchgeführt, wobei ausschließlich die Ergebnisse der Sitzungen nach dem Kurzschlaf beziehungsweise Wachsein verwendet wurden.

### Weiterführende Analysen

Zur weiteren Quantifizierung und Interpretation etwaiger Haupt- und Interaktionseffekte des Schlafs erfolgte die Testung der Assoziationen zwischen einzelnen Schlafvariablen und den Kreativitätsvariablen mittels partieller Korrelationen. Da insbesondere ein möglicher kreativitätsfördernder Effekt von Schlaf im Fokus dieser Studie steht, wurde dazu ausschließlich die Differenz zwischen Schlaf- und Wachbedingung verwendet. Da zudem speziell REM-Schlaf mit kreativer Inkubation in Verbindung gebracht wird, erfolgte gezielt die Gegenüberstellung der Kreativitätsdaten mit der absoluten REM-Schlafdauer sowie der REM-Schlaf-Differenz im Vergleich zu dem Kontroll-Nap. Explorativ erfolgte auch die Analyse möglicher Korrelationen zwischen Kreativitätsdaten und den übrigen Schlafdaten (sowohl absolut als auch die Differenz zum Kontroll-Nap). Im Gegensatz zu den auf (Nominal- und Real-) Gruppen-Ebene durchgeführten Hauptanalysen wurden in den weiterführenden Analysen die individuellen Studienteilnehmer untersucht, wobei den Probanden der Realgruppen als Kreativitätswert je der Gruppenwert zugeordnet wurde, während für die Probanden der Nominalgruppen die individuellen Kreativitätswerte analysiert wurden. Die Variable „Gruppe“ wurde jeweils als Kovariate berücksichtigt.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Deskriptive Daten

Die für die Fragestellung relevanten Daten werden in diesem Kapitel zugunsten einer besseren Übersicht tabellarisch dargestellt. Für die Kontrollvariablen ergaben sich unter Berücksichtigung der Gruppenunterteilung folgende Mittelwerte und Standardabweichungen:

	Realgruppe G	Nominalgruppe N
CFT	116,9 ± 16,8	112,4 ± 15,2
MWT-B	17,3 ± 2,5	16,6 ± 2,8
CSQ- 20 R	2,4 ± 0,9	2,6 ± 1,0
PSQI	3,0 ± 1,3	3,4 ± 1,4
D-MEQ	50,6 ± 6,7	50,2 ± 6,4
BDI-V	15,5 ± 7,7	14,2 ± 9,2

**Tabelle 1:** Deskriptive Statistik der Kontrollvariablen, unterteilt nach Gruppenbedingung. Angabe der Mittelwerte und Standardabweichungen

Die Ergebnisse der divergenten Kreativitätsaufgabe der Real- und Nominalgruppen werden nachfolgend unterteilt in quantitative Kreativität, als Anzahl der generierten Ideen, sowie qualitative Kreativität, die durch den Mittelwert der Expertenbewertung festgelegt wurde. Zusätzlich wird aufgelistet, ob das Brainstorming vor oder nach dem Kurzschlaf beziehungsweise vor oder nach der Wachbedingung stattfand.

	Quantitative Kreativität	Qualitative Kreativität
G, vor Nap	16,5 ± 3,9	2,3 ± 0,4
N, vor Nap	26,5 ± 5,1	2,4 ± 0,3
G, nach Nap	8,6 ± 2,5	2,2 ± 0,5
N, nach Nap	14,3 ± 3,3	2,4 ± 0,2
G, vor wach	15,8 ± 3,8	2,3 ± 0,4
N, vor wach	28,4 ± 6,7	2,3 ± 0,3
G, nach wach	8,0 ± 2,7	2,1 ± 0,5
N, nach wach	14,6 ± 4,8	2,3 ± 0,3

**Tabelle 2:** Deskriptive Statistik der Kreativitätsdaten: Angabe der Mittelwerte und Standardabweichungen der quantitativen und qualitativen Kreativitätsauswertung, aufgegliedert nach Gruppenunterteilung sowie dem zeitlichen Bezug zur Schlaf- bzw. Wachbedingung

Die Studienteilnehmer verbrachten im Durchschnitt 93,3 Minuten bei der Experimentalbedingung (Versuchstag A) und 94,3 Minuten bei der Kontroll-Schlafaufzeichnung (Versuchstag C) zur polysomnographischen Ableitung im Bett. Die Gesamtschlafzeit betrug durchschnittlich 69,8 Minuten beziehungsweise 69,1 Minuten. Anteilig verbrachten die Versuchsteilnehmer am Versuchstag A durchschnittlich 21,8 Minuten im Stadium N1, 29,3 Minuten im Stadium N2, 14,4 Minuten im Stadium N3 und die geringste Zeitspanne mit 4,6 Minuten im REM-Schlaf. Am Versuchstag C betrug die durchschnittliche Zeit im Stadium N1 23,6 Minuten, im Stadium N2 29,0 Minuten, im Tiefschlafstadium N3 11,3 Minuten und im Stadium REM 5,2 Minuten.

An beiden Versuchstagen schliefen alle Probanden. Bei der experimentellen Nap-Bedingung erreichten 18 Probanden keinen Tiefschlaf N3, 10 von ihnen waren einer Nominalgruppe und 8 einer Realgruppe zugehörig. REM-Schlaf konnte bei 32 Probanden nicht aufgezeichnet werden, 17 davon waren einer Nominal- und 15 einer Realgruppe zugeordnet. Während des Kontrollschlafs wurde bei 19 Studienteilnehmern kein Tiefschlafstadium N3 registriert, hiervon befanden sich 9 in der Nominal- und 10 in der Realgruppenbedingung. 31 Studienteilnehmer erreichten keinen REM-Schlaf, davon waren 18 Probanden in einer Nominal- und 13 in einer Realgruppe.

Anschließend erfolgt die tabellarische Darstellung der im Schlaflabor abgeleiteten Schlafvariablen unter Berücksichtigung der Gruppencharakteristika. Verglichen werden die Schlafdaten der Experimentalbedingung (Nap) am Studientag A mit den Daten des Kontrollschlafs (Kontrolle) des Studientags C.

	G Nap	G Kontrolle	N Nap	N Kontrolle
TIB	94,0 ± 2,1	94,7 ± 2,3	93,0 ± 2,3	93,8 ± 3,7
TST	70,4 ± 22,0	66,9 ± 19,7	71,6 ± 21,4	72,4 ± 19,7
N1	21,0 ± 12,4	25,4 ± 13,0	23,4 ± 14,0	22,8 ± 15,8
N2	20,1 ± 14,4	27,1 ± 15,1	30,6 ± 15,1	31,1 ± 17,0
N3	14,5 ± 15,5	8,9 ± 11,2	13,8 ± 4,8	13,6 ± 13,2
REM	5,8 ± 8,3	5,6 ± 6,2	3,8 ± 4,8	4,6 ± 6,2

**Tabelle 3:** Deskriptive Statistik der Schlafdaten: Mittelwerte der einzelnen Schlafstadien N1, N2 und N3 sowie des REM-Schlafs, der Gesamtschlafzeit (TST) und der Time in Bed (TIB) in Minuten mit Angabe der Standardabweichungen, aufgeteilt in Gruppenbedingung und Testtag

## 4.2 Kontrollanalysen

Die Länge der Schlafstadien unterschied sich weder zwischen den Probanden der Nominal- versus Realgruppen ( $F_{5,66}=1,3$ ;  $p=0,28$ ) noch zwischen dem Nap und dem Kontroll-Nap ( $F_{5,66}=0,6$ ;  $p=0,71$ ), des Weiteren war keine Interaktion zwischen diesen Variablen festzustellen ( $F_{5,66}=0,8$ ;  $p=0,56$ ).

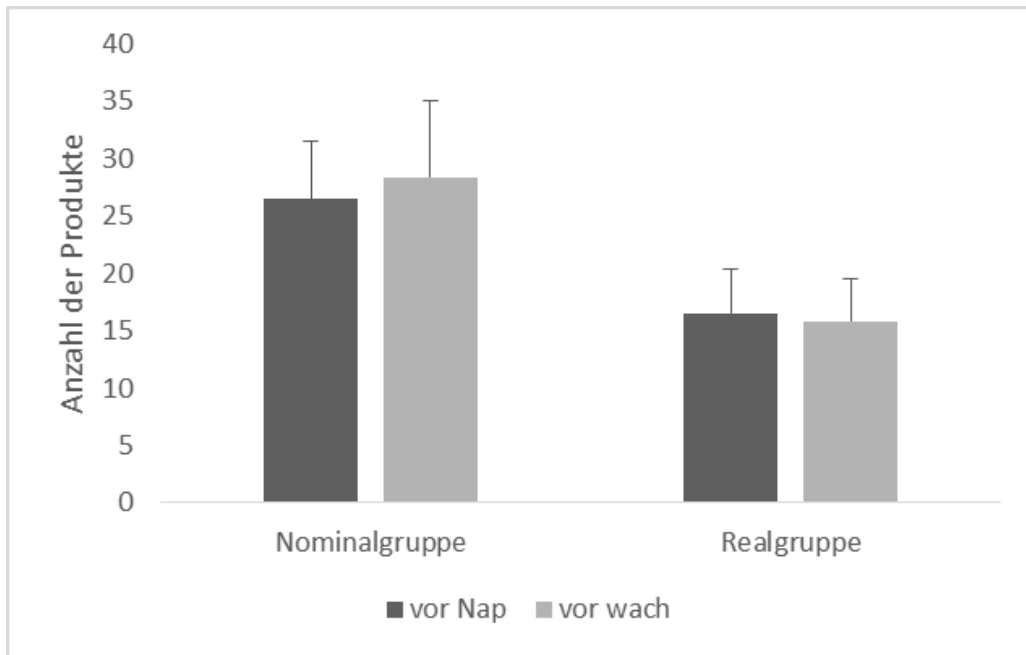
Außerdem gab es weder Unterschiede bezüglich der Spindelraten zwischen den Probanden der Nominal- versus Realgruppen ( $F_{1,70}=1,1$ ;  $p=0,31$ ) noch zwischen dem Nap und dem Kontroll-Nap ( $F_{1,70}=0,1$ ;  $p=0,75$ ). Es war keine Interaktion zwischen diesen Variablen festzustellen ( $F_{1,70}=0,3$ ;  $p=0,62$ ).

Ferner ließ sich keine Differenz zwischen Probanden der Nominal- gegenüber Realgruppen für die kognitionsbezogenen ( $F_{3,68}=1,1$ ;  $p=0,35$ ) oder subjektiv-schlafbezogenen ( $F_{3,68}=0,9$ ;  $p=0,47$ ) Variablen nachweisen.

Während sich zwischen der Nap- und der Wach-Bedingung keine Unterschiede der mittels Psychomotorischem Vigilanztest gemessenen, objektiven Vigilanz ergaben ( $t_{71}=0,6$ ;  $p=0,55$ ), differierten die beiden Bedingungen hinsichtlich ihrer subjektiven Vigilanz, die anhand der Stanford Sleepiness Scale abgefragt wurde ( $t_{71}=2,4$ ;  $p=0,04$ ): Probanden fühlten sich nach einem Kurzschlaf weniger schläfrig als in der Kontrollbedingung ohne Schlaf.

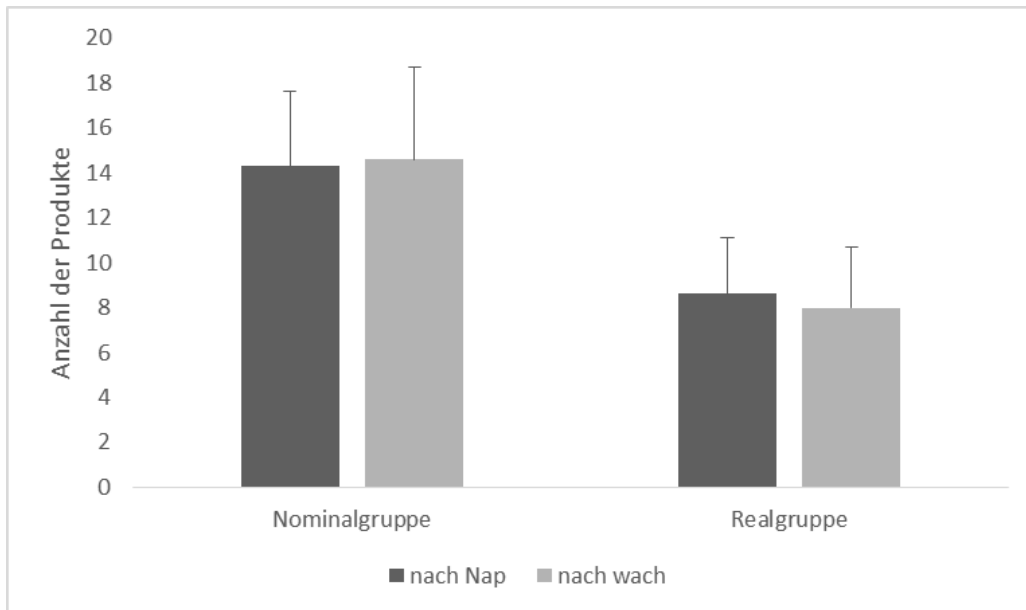
## 4.3 Hauptanalysen

Ein signifikanter Effekt des Faktors „Gruppe“ konnte den in der Literatur beschriebenen Vorteil von Nominal- gegenüber Realgruppen in unserer Studie bestätigen: Nominalgruppen produzierten signifikant mehr Produkte in der ersten Brainstormingphase ( $F_{1,22}=39,8$ ;  $p<0,001$ ). Ein Haupt- oder Interaktionseffekt des Faktors Schlaf konnte in der ersten Varianzanalyse wie erwartet nicht gefunden werden ( $F_{1,22}=0,4$ ;  $p=0,53$ ;  $F_{1,22}=1,7$ ;  $p=0,20$ ), da zunächst ausschließlich die Daten der Sitzungen vor dem Nap und dem Wachsein analysiert wurden.



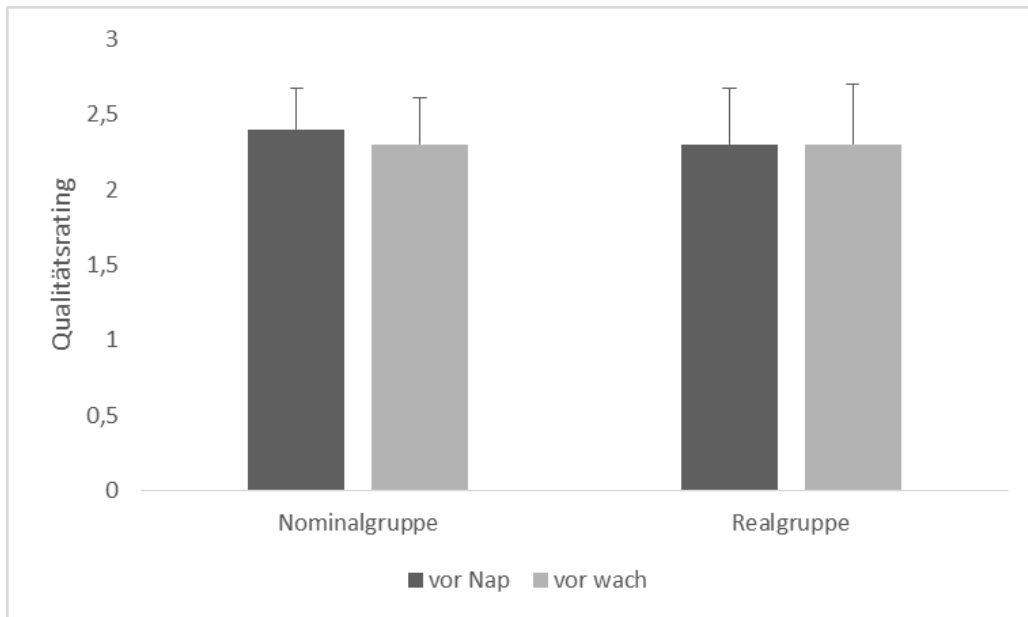
**Abbildung 4:** Quantitative Kreativität vor der Nap- bzw. Wach-Bedingung im Vergleich Nominal- versus Realgruppe. Fehlerbalken geben die Standardabweichungen der Mittelwerte an.

In einem zweiten Schritt bestätigte sich auf Grundlage der Daten nach dem Kurzschlaf beziehungsweise nach dem Wachsein zwar der Gruppeneffekt signifikant ( $F_{1,22}=26,1$ ;  $p<0,001$ ) jedoch konnte erneut kein Effekt des Faktors Schlaf gefunden werden ( $F_{1,22}=0,1$ ;  $p=0,75$ ) und keine Interaktion zwischen den Faktoren Schlaf und Gruppe ( $F_{1,22}=0,7$ ;  $p=0,43$ ). Der Faktor Schlaf hatte infolgedessen keinerlei Effekt auf die quantitativ gemessene Kreativität.

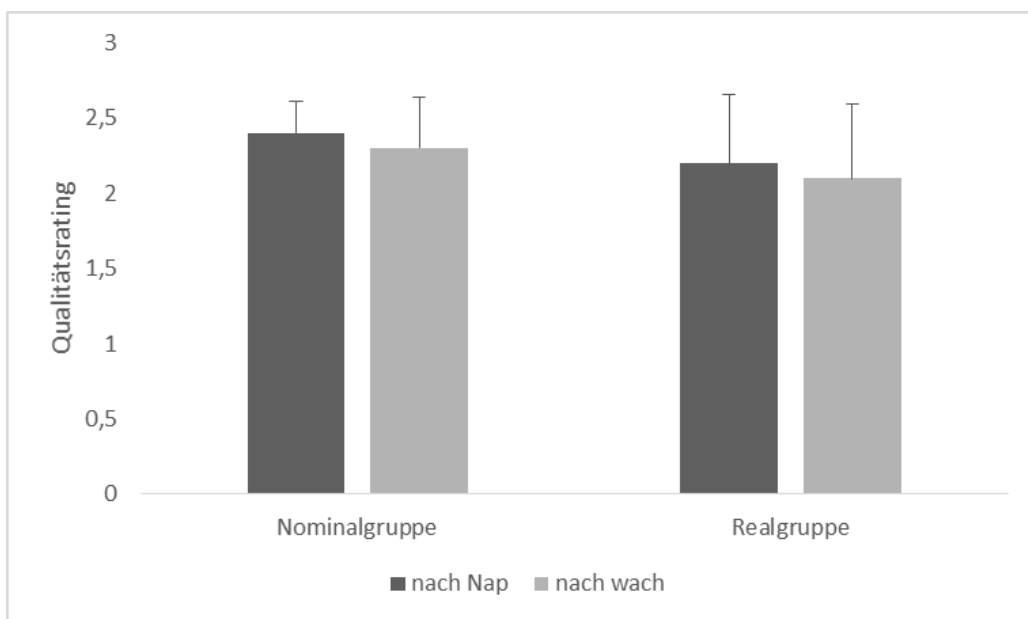


**Abbildung 5:** Quantitative Kreativität nach der Nap- bzw. Wach-Bedingung im Vergleich Nominal- versus Realgruppe. Fehlerbalken geben die Standardabweichungen der Mittelwerte an.

Auf qualitativer Ebene ergab sich für die Kreativität ein etwas anderes Bild: Die nominal etwas höheren Expertenratings spiegelten keinen signifikanten Unterschied zwischen den Nominal- und Realgruppen wieder, weder für das Brainstorming vor der Nap- beziehungsweise Wachphase ( $F_{1,22}=0,29$ ;  $p=0,60$ ) noch für das Brainstorming danach ( $F_{1,22}=1,8$ ;  $p=0,19$ ). Erneut konnte kein Haupt- oder Interaktionseffekt des Schlafs gefunden werden (vor:  $F_{1,22}=0,04$ ;  $p=0,84$  bzw.  $F_{1,22}=0,89$ ;  $p=0,36$ ; nach:  $F_{1,22}=0,45$ ;  $p=0,51$  bzw.  $F_{1,22}=0,02$ ;  $p=0,91$ ).



**Abbildung 6:** Qualitative Kreativität vor der Nap- bzw. Wach-Bedingung im Vergleich Nominal- versus Realgruppe. Fehlerbalken geben die Standardabweichungen der Mittelwerte an.



**Abbildung 7:** Qualitative Kreativität nach der Nap- bzw. Wach-Bedingung im Vergleich Nominal- versus Realgruppe. Fehlerbalken geben die Standardabweichungen der Mittelwerte an.



#### 4.4 Weiterführende Analysen

Konsistent mit den Null-Effekten der Hauptanalysen zeigten sich keine signifikanten Korrelationen zwischen der Kreativitätsdifferenz der Schlaf- zur Wachbedingung und absoluter Zeit im REM-Schlaf ( $r=-0,08$ ;  $p=0,50$ ) oder der REM-Schlaf-Differenz zum Kontrollschlaf ( $r=-0,04$ ;  $p=0,76$ ).

Überraschenderweise zeigte sich jedoch eine signifikant negative Korrelation zwischen Kreativitätsdifferenz und absoluter Zeit im Tiefschlaf ( $r=-0,34$ ;  $p=0,004$ ), die auch nach Bonferroni-Korrektur für multiple Vergleiche Bestand hatte. Je weniger Zeit ein Proband im Tiefschlaf verbrachte, desto höher war die Kreativität in der Schlaf- im Vergleich zur Wachbedingung. Keine der anderen Korrelationen erwies sich als signifikant, auch bei Verzicht auf eine Bonferroni-Korrektur.

Als weitere Kontrollanalyse wurde ein möglicher kategorischer Einfluss von REM-Schlaf beziehungsweise Tiefschlaf auf die Kreativität getestet. Dazu wurde mittels ANOVA der Effekt einerseits des Auftretens von REM-Schlaf (>0 Minuten) versus des Fehlens von REM-Schlaf (0 Minuten) und andererseits des Auftretens von Tiefschlaf (>0 Minuten) versus des Fehlens von Tiefschlaf (0 Minuten) auf den Schlafeffekt der Kreativität (Differenz zwischen Nap und Wachbedingung) untersucht. Die Zugehörigkeit zur Real- beziehungsweise Nominalgruppe wurde als Kovariate berücksichtigt. Weder für REM-Schlaf ( $-0,20 \pm 5,70$  versus  $1,23 \pm 5,74$ ;  $p=0,31$ ) noch für Tiefschlaf ( $-0,68 \pm 5,41$  versus  $3,69 \pm 5,49$ ;  $p=0,19$ ) konnte ein signifikanter Effekt gefunden werden und es zeigte sich keine Interaktion zwischen den beiden Faktoren ( $p=0,63$ ).

## 5 Diskussion

In dieser Studie wurde die herabgesetzte kreative Produktivität in der Gruppe erneut festgestellt, ein positiver Einfluss des Kurzschlafs konnte in keiner Bedingung beobachtet werden. Im folgenden Kapitel steht die kritische Erörterung der Ergebnisse sowie der verwendeten Methoden im Vordergrund.

### 5.1 Diskussion der Ergebnisse

#### 5.1.1 Gruppenproduktivität

Unabhängig von Schlaf bestätigen die erhobenen Daten den bereits mehrfach in der Literatur beschriebenen Effekt des Produktivitätsverlustes, der bei kreativer Arbeit in der Gruppe im Vergleich zu der eines Einzelnen auftritt (Diehl & Stroebe, 1987; Mullen, et al., 1991; Taylor, et al., 1958). Um sich an eine mögliche Begründung für dieses Phänomen heranzutasten, wurden psychologische Mechanismen beschrieben, die auftreten, sobald mehrere Personen gemeinsam an einer kreativen Aufgabe arbeiten. Insbesondere die Bewertungsangst, das Trittbrettfahren und die Produktionsblockierung scheinen für die herabgesetzte Leistung beim Brainstorming vordergründig verantwortlich zu sein (Diehl & Stroebe, 1987).

Obwohl eine wesentliche Brainstorming-Regel Kritik untersagt, wird der Angst vor dem Urteil anderer Gruppenmitglieder ein Einfluss auf die Produktivität - durch Unterdrückung von besonders ausgefallenen Einfällen - zugeschrieben. Dass diese Hemmung bei der Ideengenerierung eine Rolle spielt, wurde bereits in der ersten empirischen Studie über Gruppenkreativität diskutiert (Taylor, et al., 1958) und durch Collaros und Anderson mithilfe ihres 1969 publizierten Experiments bestärkt. Indem sie je nach Bedingung variierten, ob Studienteilnehmer während des Gruppenbrainstormings glaubten, von entweder keinem, einem oder ausschließlich Experten umgeben zu sein, konnten sie zwei Erkenntnisse gewinnen. Dazu gehörten sowohl die Tatsache, dass die beste Leistung in der Bedingung ohne vermeintlichen Experten erbracht wurde, als auch der Umstand, dass laut Fragebögen, die die Versuchspersonen bearbeitet hatten, in der Expertenbedingung Gefühle der Gehemmtheit angegeben worden waren (Collaros & Anderson, 1969). Dass die Angst vor Kritik in Gruppen eine Rolle spielt, konnten Diehl und Stroebe replizieren, jedoch stellten sie auch fest, dass diese Theorie alleine nicht ausreicht, um den ausgeprägten Leistungsabfall in Gruppenbedingungen zu erklären (Diehl & Stroebe, 1987).

Paradoxerweise bemängeln andere Autoren an den Prinzipien des Brainstormings das explizite Verbot, Kritik auszuüben. Entgegen der Annahme, dass Bewertungsangst die

kreative Produktivität hemmt, haben beispielweise Nemeth und Kollegen in ihrer Studie herausgefunden, dass das Debattieren über Vorschläge in einer Gruppe durchaus auch einen stimulierenden Effekt haben kann, wenn es explizit von den Teilnehmern gefordert wird. Dieser Veröffentlichung zufolge fördert ein gewollter Dissens neue Ideen, da Gruppenmitglieder sich mehr mit den Ideen anderer auseinandersetzen und eigene Ansichten überdenken (Nemeth, et al., 2004).

Einen weiteren Aspekt greift die Trittbrettfahrerhypothese auf. Diehl und Stroebe beschrieben mit dem Begriff „free riding“ (deutsch: Trittbrettfahren) den Motivationsverlust, der auftreten kann, wenn Gruppenmitglieder davon ausgehen, dass ihre Ideen mit denen der anderen zusammengefasst werden. Dies, so wurde vermutet, führt sowohl zu dem Gefühl der Ersetzbarkeit als auch zu dem Mangel an Identifizierbarkeit mit den eigenen Beiträgen und folglich dazu, sich auf der Leistung anderer auszuruhen (Diehl & Stroebe, 1987). Das zuvor von Latané und seinen Kollegen anhand physikalischer Aufgaben getestete Phänomen „social loafing“ (deutsch: soziales Faulenzen) stimmt mit dieser Theorie weitestgehend überein (Latané, et al., 1979). Sie hatten veranschaulicht, dass Personen, die gebeten worden waren, mit Rufen und Händeklatschen Lärm zu erzeugen, dies als Teil einer Gruppe mit geringerer Anstrengung taten, als wenn sie alleine agierten. Auch auf kognitiver Ebene waren bereits Versuche zu der Auswirkung von geringer Identifizierbarkeit und erhöhter Entbehrlichkeit auf Produktivität durchgeführt worden (Harkins & Petty, 1982; Petty, et al., 1980), wobei Diehl und Stroebe den Fokus auf den Vergleich zwischen Gruppen und Einzelpersonen legten (Diehl & Stroebe, 1987).

Die Theorie der Produktionsblockierung beruht auf der impliziten Abmachung, dass üblicherweise während einer Diskussion nur eine Person zu einem Zeitpunkt spricht und somit alle anderen ihre Überlegungen zunächst zurückzuhalten. In dieser Zeit ist es möglich, eigene Gedankengänge zu hinterfragen, zu vergessen oder von der Produktion neuer Ideen abgehalten zu werden. Als Begründungen für den letzten Aspekt werden das begrenzte Kurzzeitgedächtnis und eine Ablenkung durch die anderen Personen in Betracht gezogen (Diehl & Stroebe, 1987; 1991). Diehl und Stroebe konnten die bereits von Lamm und Trommsdorf (1973) geäußerte Annahme bestärken, dass Produktionsblockierung den bedeutendsten Beitrag zur Unterlegenheit von Gruppen bei kreativer Arbeit beitrage. In ihrem Experiment (Diehl & Stroebe, 1987) variierten sie bei räumlich isolierten Studienteilnehmern sowohl die Produktionsblockierung als auch die Bewertungsangst mithilfe eines Ampelsystems und Lautsprechern. Statt die Blockierung in einer realen, interagierenden Gruppe aufzuheben, induzierten sie diese bei Einzelpersonen von Nominalgruppen, um zu untersuchen, ob daraufhin Leistungsverluste in dem Ausmaß einer echten Gruppe auftreten würden. Signifikante Unterschiede waren ausschließlich zwischen

den Bedingungen mit Blockierung und denen ohne Blockierung ersichtlich. Ohne Blockierung wurden etwa doppelt so viele Ideen generiert. Ob die generierten Einfälle untereinander über die Lautsprecher gehört und somit bewertet werden konnten, zeigte eine weniger ausgeprägte Auswirkung auf die Produktivität. Dies wies sowohl auf die zu vernachlässigbare Bedeutung der Bewertungsangst hin, als auch darauf, dass die Blockierung auch ohne Ablenkung durch das Zuhören stattfindet. Für die Relevanz der Produktionsblockierung sprechen außerdem die abnehmende Produktivität bei steigender Gruppengröße (Bouchard & Hare, 1970) und die Erkenntnis, dass weniger Leistungsverluste auftreten, wenn die Gruppenmitglieder ihre Ideen niederschreiben, anstatt sie mündlich von sich zu geben (Street, 1974).

### 5.1.2 Schlaf und Kreativität

Da dem Schlaf eine Bedeutung bei einigen kognitiven Prozessen zugeschrieben wird (Bowden & Jung-Beeman, 2003; Dresler, et al., 2011; Wagner, et al., 2004; Walker, et al., 2002), stand im Fokus dieser Studie die Überprüfung, ob Schlaf Kreativität steigern kann. Neben der Betrachtung einer möglichen Leistungsveränderung des Einzelnen stellte sich die Frage, ob ein Kurzschlaf durch seine neurobiologischen Eigenschaften die psychologischen Mechanismen, die für den Leistungsabfall von kreativen Prozessen in einer Gruppe verantwortlich gemacht werden, beeinflussen kann und somit zu einer Verbesserung des kreativen Potenzials führt. Es fand sich jedoch keine signifikante positive Wechselwirkung zwischen Schlaf und Kreativität, unabhängig von der Schlafdauer und dem Anteil einzelner Schlafstadien. Auch die Gruppenproduktivität blieb sowohl auf quantitativer als auch auf qualitativer Ebene unverändert.

Die ausbleibende positive Auswirkung des Kurzschlafes könnte schlicht daran liegen, dass dieser bei kreativen Vorgängen keine Rolle spielt. Studien der letzten Jahre stellten den kreativitätsfördernden Effekt immer mehr in Frage. Landmann und seine Kollegen verglichen in ihrer Studie (2016) die Ergebnisse eines Compound Remote Associate Tests, einem gängigen Verfahren zur Kreativitätsmessung, von Probanden, die entweder eine Nacht mit Schlaf, eine Nacht mit Schlafentzug oder tagsüber eine entsprechende Zeitspanne des Wachseins verbrachten. Sie kamen zu dem Schluss, dass die deklarative Gedächtnisleistung durch Schlaf verbessert werden kann, fanden jedoch weder durch REM-Schlaf noch durch Non-REM-Schlaf einen positiven Effekt auf die Reorganisation der neuen Gedächtnisinhalte zur Bildung kreativer Lösungen. Es wurde vermutet, dass Schlaf die Formation und die Integration von Schemata stärkt, was in diesem Kontext das Erkennen und Anwenden von Regeln sowie das Einbeziehen anderer Gedächtnisinhalte bedeutet. Im Gegensatz dazu, so die Annahme, stellt die Desintegration, als wichtige assoziative

Komponente, einen vom Schlaf weniger profitierenden Prozess dar (Stickgold & Walker, 2013; Tamminen, et al., 2010).

In einer kürzlich veröffentlichten Studie untersuchten Brodt und seine Kollegen (2018) den unterschiedlichen Einfluss von Schlaf und einer wachen Inkubationszeit auf drei verschiedene Tests zum Lösen von Problemen: Anagramme, Detektion von Bildveränderungen sowie Rätsel, die logisches Denken abprüfen. Sie konnten ebenfalls keine positive Auswirkung von Schlaf auf die Rate gelöster Probleme der drei Aufgaben beobachten, jedoch fanden sie heraus, dass die Inkubationszeit das Beantworten der Rätsel erleichterte. Während der Ablenkung von ursprünglichen Lösungswegen, so die Vermutung, kann das unbewusste Verarbeiten der Probleme durch das Einbeziehen neuer Erkenntnisse oder einen Strategiewechsel ein leichteres Lösen zur Folge haben (Gilhooly, 2016).

### 5.1.3 Schlafstadien und Kreativität

In der Literatur wurde insbesondere REM-Schlaf mit einer fördernden Wirkung auf kognitive Flexibilität und assoziatives Denken in Zusammenhang gebracht (Cai, et al., 2009; Walker, et al., 2002), unter anderem durch verstärkte Verknüpfung assoziativer Netzwerke (Mednick, 1962; Spoomaker, 2011) sowie eine herabgesetzte Aktivierung der dorsolateralen präfrontalen Rindenregion (Hare, et al., 2009). Auch in dieser Arbeit wurde das REM-Schlafstadium genauer untersucht. Es zeigten sich jedoch keine signifikanten Zusammenhänge zwischen dem Kreativitätszuwachs in der Schlafbedingung und der absoluten Zeit im REM-Schlaf oder der REM-Schlaf-Differenz zum Kontrollschlaf. Überraschenderweise gab es jedoch eine signifikant negative Korrelation zwischen dem Kreativitätszuwachs und der absoluten Zeit im Tiefschlaf: Je weniger Zeit ein Proband im Tiefschlaf verbrachte, desto höher war die Kreativität in der Schlaf- im Vergleich zur Wachbedingung. Ein möglicher Erklärungsansatz für diesen Tiefschlafeffekt könnte die Bedeutung des Tiefschlafs bei der Konsolidierung des deklarativen Gedächtnisses (Born, et al., 2006) darstellen. Es ist denkbar, dass die Stabilisierung neuer Gedächtnisinhalte eine Reorganisation derselben ausbremst, was dazu führt, dass bei Probanden mit mehr Tiefschlaf eine kreative Reorganisation zugunsten einer stärkeren Konsolidierung verhindert wird.

Dass die tief schlafenden Studienteilnehmer anschließend müder und deshalb weniger kreativ sind, sollte durch die 30-minütige Pause nach dem Aufwachen verhindert werden.

## 5.2 Diskussion der Methoden

### 5.2.1 Kreativitätsmessung

Neben der Möglichkeit eines gänzlich fehlenden positiven Schlafeffekts sollte nicht vergessen werden, dass es sich bei Kreativität um ein komplexes Phänomen handelt, das sowohl kaum zu begreifen als auch schwer messbar ist. Da bei einer kreativen Aufgabe meist nicht eine einzige richtige, vorhersehbare Lösung im Vordergrund steht, werden Objektivität, Validität sowie Reliabilität als weniger hoch eingestuft als bei Tests, die auf ein bestimmtes Ergebnis abzielen (Urban, 2011).

In dieser Studie wurde die Methode des Brainstormings verwendet als ein weit verbreitetes und vielerorts beliebtes Verfahren, um kreative Prozesse über divergentes Denken zu stimulieren. Diese Technik eignete sich aufgrund ihrer leicht verständlichen Umsetzung durch die Probanden, die Durchführbarkeit sowohl in der Gruppe als auch als Einzelperson und eine mögliche Evaluation der Ergebnisse auf quantitativer sowie qualitativer Ebene. Der Unterteilung in quantitative und qualitative Kreativität liegt die Ansicht zugrunde, dass es nicht nur ein einziges Kreativitätskonzept gibt, sondern das kreative Handeln aus unterschiedlichen Perspektiven betrachtet und somit auch analysiert werden kann (Dresler, 2008). Quantitative Kreativität beschreibt die Flüssigkeit (englisch: „fluency“) des kreativen Produkts, das aus divergenten Denkprozessen entstanden ist, und lässt sich durch das Auszählen relevanter Ideen reproduzierbar messen. Hiervon zu unterscheiden ist die qualitative Kreativität, die unter anderem für die Originalität des kreativen Ergebnisses steht und durch die individuelle Bewertung unserer Experten bestimmt wurde. Durch die kaum realisierbare Festlegung eines Grenzwertes qualitativer Eigenschaften ist das Kreativitätskonzept offensichtlich schwierig zu operationalisieren (Benedek, et al., 2013). Um dieses Problem zu minimieren, haben wir in unserer Studie für die Evaluation unabhängige und dem Studiendesign gegenüber blinde Experten rekrutiert und nach Gegenüberstellung ihrer Evaluationen einen Grenzwert festgelegt.

Interessant ist in diesem Zusammenhang auch die Abgrenzung der „small c-“ von der „big C-Kreativität“. Die „small c Kreativität“, als alltägliche Kreativität von beispielsweise Laien oder Hobbykünstlern, fällt weitgehend in die Kategorie der divergenten beziehungsweise quantitativen Kreativität, während die „big C Kreativität“, die sich eher durch kreative Einsicht äußert und oft als Fähigkeit weniger, begabter Menschen gesehen wird, vielmehr der qualitativen Kreativität zugerechnet werden kann (Dresler, 2008).

Letztendlich bleibt zu diskutieren, inwiefern die beiden Messkriterien in ihrer Aussagekraft vergleichbar sind, ob tatsächlich, wie in dieser Arbeit dargestellt, ein signifikanter Unterschied zwischen der Nominal- sowie der Realgruppe nur bezüglich der quantitativen

Kreativität zu verzeichnen ist, oder ob die quantitative im Vergleich zur qualitativen Messung in diesem Fall möglicherweise die validere Messmethode darstellt. Der Chemie-Nobelpreisträger Linus Pauling vertrat die Meinung: "The best way to have a good idea is to have lots of ideas" (sinngemäß: „der beste Weg, eine gute Idee zu bekommen, besteht darin, viele Ideen hervorzubringen“) ([www.paulingblog.wordpress.com/2008/10/28/clarifying-three-widespread-quotes/](http://www.paulingblog.wordpress.com/2008/10/28/clarifying-three-widespread-quotes/)).

Wie bereits erörtert, werden bei der Methode des Brainstormings überwiegend gruppenspezifische Konflikte dafür verantwortlich gemacht, dass die Produktivität einer Gruppe eingeschränkt wird. Um die Leistungsdefizite insbesondere durch Produktionsblockierung zu umgehen, wurden nicht-verbale Alternativen des Brainstormings entwickelt. Hierzu gehören beispielsweise das „Brainwriting“, bei dem Gedankengänge von einzelnen Gruppenmitgliedern aufgeschrieben und anschließend ausgetauscht werden. In ihrer Versuchsreihe fanden Paulus und Yang (2000) heraus, dass Vierergruppen, die ihre Ideen auf diese Art miteinander teilten, den Probanden überlegen waren, die keinen Einblick in die Vorschläge der anderen hatten. Auch das elektronische Brainstorming stellt ein solches Verfahren dar. Hier werden die Ideen an einzelnen Computern notiert, wobei zeitgleich die anderen Beiträge auf den Bildschirmen erscheinen (Dennis & Valacich, 1993; Gallupe, et al., 1991). Bei diesen schriftlichen Methoden konnte die Produktivität von realen Gruppen nicht nur im Vergleich zur mündlichen Ideengenerierung erhöht werden, sondern sogar die von Nominalgruppen übertreffen, sobald die Gruppengröße neun oder mehr Personen umfasste (Valacich, et al., 1994). Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass bei elektronischem Brainstorming die beteiligten Gruppenmitglieder nicht mehr Prozessverlusten ausgesetzt sind als individuell arbeitende Personen, indem die negativen Auswirkungen der Blockierung, der Bewertungsangst und des Trittbrettfahrens in den Hintergrund rücken. Zeitgleich treten vorteilhafte Effekte der Gruppeninteraktion, wie die gegenseitige kognitive Stimulierung und das Vermeiden von überflüssigen Ideen, in den Vordergrund (Dennis & Valacich, 1993; Valacich, et al., 1994). Die schriftlichen Formen des Brainstormings könnten eine sinnvolle Alternative darstellen, insbesondere bei größeren oder sehr inhomogenen Gruppen, bei denen gruppenspezifische Konflikte zu erwarten sind.

Insgesamt kann jedoch nicht außer Acht gelassen werden, dass die gemeinsame verbale Ideenfindung kostengünstig, einfach und überall durchführbar ist, zur Teambildung beitragen kann und schlicht Spaß macht.

### 5.2.2 Studiengröße und -ablauf

Unabhängig von der Art der Kreativitätsaufgabe sollte die Möglichkeit in Betracht gezogen werden, dass bei einer Studiengröße von insgesamt 72 Probanden ein sehr kleiner positiver

oder auch negativer Effekt übersehen wird, der erst bei einem größeren Kollektiv zum Vorschein kommen würde. Nichtsdestotrotz kann davon ausgegangen werden, dass die Anzahl der Studienteilnehmer für eine aussagekräftige Tendenz durchaus ausreichen sollte.

Auch die vorgegebene Schlafdauer der Versuchspersonen wirkt sich potenziell auf das kreative Tun aus. Die Studienteilnehmer verbrachten im Durchschnitt 94,3 Minuten bei der Kontroll-Schlafaufzeichnung und 93,3 Minuten bei der Experimentalbedingung im Bett. Die Gesamtschlafzeit betrug durchschnittlich 69,1 Minuten beziehungsweise 69,8 Minuten. Eine Schlafaufzeichnung von etwa 90 Minuten wurde anvisiert, um die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von REM-Schlaf zu erhöhen. Die etwas längere durchschnittliche Zeit im Bett sowie die Abweichung von wenigen Minuten innerhalb des Probandenkollektivs können durch die praktische Arbeit im Schlaflabor erklärt werden. Da mehrere Probanden simultan polysomnographisch abgeleitet werden, ist eine exakte Parallelisierung nur schwierig umsetzbar, die geringfügige Abweichung sollte jedoch keinen systematischen Bias verursachen.

Um die Einschlafneigung zu erhöhen und um sicherzustellen, dass am jeweiligen Tag keine extremen Langschläfer mit entsprechend niedrigem Schlafdruck getestet werden, wurden die Probanden aufgefordert, am Morgen der Messung um 7.00 Uhr aufzustehen und kein Koffein zu konsumieren.

Die Schlafdauer von knapp 70 Minuten am frühen Nachmittag stellt für das Kollektiv von jungen, gesunden Probanden keine Ausnahme dar, wie auch in bereits veröffentlichten Studien demonstriert werden konnte (Lau, et al., 2015; Mednick, et al., 2008). In der Mittagsschlafstudie von Lau und Kollegen, in der der Einfluss von REM-Schlaf auf das Arbeitsgedächtnis untersucht wurde, nahmen 81 Studenten und Studentinnen zwischen 17 und 23 Jahren teil. Auch hier wurde für die Nap-Bedingung eine Schlafaufzeichnung von ungefähr 90 Minuten gewählt. Die Gesamtschlafzeit betrug in dieser Studie im Durchschnitt 77,6 Minuten, davon verbrachten die Probanden durchschnittlich 8,3 Minuten im REM-Schlaf, 12,5 Minuten im Non-REM-Stadium 1, 4,1 Minuten im Non-REM-Stadium 2 sowie 16,5 Minuten im Tiefschlaf (Lau, et al., 2015).

Ob die Schlafdauer einer gesamten Nacht oder auch mehrerer Nächte einen stärkeren Einfluss auf kreative Vorgänge des Einzelnen oder einer Gruppe ausübt, könnte Gegenstand weiterer Studien werden. Bisher veröffentlichte Arbeiten deuten darauf hin, dass ein Kurzschlaf genügt, um positive Auswirkungen auf andere kognitive Prozesse, wie zum Beispiel Gedächtniskonsolidierung, nachzuweisen. Zudem spricht für das Studienmodell, dass Interferenzen, wie ein gestörter zirkadianer Rhythmus oder ein ausgeprägtes Schlafdefizit der Probanden, vermieden werden können (Lahl, et al., 2008; Mednick, et al., 2003). Ein milder Schlafmangel kann jedoch auch in dieser Arbeit einen potenziellen



Störfaktor darstellen, da die eingeforderte Aufstehzeit von 7.00 Uhr am Morgen der Testung nicht zwangsläufig der üblichen Schlafgewohnheit von Studenten entspricht. Um extreme Schlafdefizite erkenntlich zu machen und entsprechende Studienteilnehmer aussondern zu können, sollten die Versuchspersonen in der Woche vor dem Experiment ein Schlafprotokoll zu führen. Außerdem wurden extreme Chronotypen durch den vorab bearbeiteten Morningness-Eveningness-Questionnaire von der Studie ausgeschlossen. Dennoch ist ein leichtes Schlafdefizit nicht gänzlich zu verhindern.

Neben der Brainstorming-Aufgabe wurden in dieser Arbeit verschiedene andere Tests, die teilweise dieser Studie dienten, zum Teil aber auch Gegenstand anderer Untersuchungen waren, durchgeführt. Es ist denkbar, dass im Schlaf nur eine begrenzte Anzahl von Prozessen stattfinden kann und sich die unterschiedlichen Aufgaben gegenseitig beeinträchtigen, wodurch der Schlaf-Effekt reduziert oder gar aufgehoben wird. Auf der anderen Seite soll gerade das Abschweifen von dem eigentlichen Problem gemäß der „forgetting- fixation“- Hypothese (Smith & Blankenship, 1989) die Entstehung neuartiger Lösungswege begünstigen.

### 5.2.3 Studienteilnehmer

Des Weiteren soll noch auf das rekrutierte Kollektiv eingegangen werden. An der Studie nahmen ausnahmslos männliche Studenten zwischen 18 und 30 Jahren teil. Die Beschränkung auf das männliche Geschlecht beruht auf der Annahme, dass hormonelle Einflüsse des weiblichen Zyklus und orale Kontrazeptiva sowohl kognitive Prozesse (Brinton, 2009; Genzel, et al., 2012) als auch Schlaf (Baker, et al., 2001) beeinflussen können. Dass diese geschlechtstypische Auswirkung auch auf kreative Vorgänge übertragbar ist, scheint jedoch noch unzureichend geklärt. Ein genereller Vorteil des männlichen oder des weiblichen Geschlechts konnte sich in der überwiegenden Anzahl der zu dieser Thematik durchgeführten und von Abraham (2016) in einer Übersichtsarbeit zusammengefassten Studien nicht herauskristallisieren.

Die Auswahl einer Altersspanne von 18 bis 30 Jahren liegt Untersuchungen zu Grunde, die darauf hindeuten, dass sich kreative Leistung beim Erwachsenen mit zunehmendem Alter verändert. So zeigte etwa eine Studie mit 150 Teilnehmern, aufgeteilt in drei Altersklassen, einen Abfall der kreativen Fähigkeiten bei dem Vergleich der Leistung von 25- bis 35-jährigen Probanden mit der Leistung von Studienteilnehmern zwischen 35 und 45 Jahren sowie der einer Gruppe von 55- bis 65-Jährigen (Ruth & Birren, 1985). Als Ursachen hierfür wurden mitunter eine sowohl langsamere als auch weniger komplexe Verarbeitung von Informationen sowie eine reduzierte Risikobereitschaft, unkonventionelle Lösungen zu äußern, genannt.

Um weitere Aussagen über den Einfluss des Schlafs auf kreative Vorgänge in der Gruppe sowie als Einzelperson treffen zu können, wären Studien, die ein breiter gefächertes Kollektiv mit weiblichen Probanden und eine größere Altersspanne umfassen, von Nutzen.

## 6 Zusammenfassung

Die vielseitigen Funktionen des Schlafs werden schon seit Langem erforscht. Neben der subjektiven Erholung und Einsparung von Energie wird ihm eine herausragende Bedeutung bei kognitiven Vorgängen, wie beispielsweise der Gedächtniskonsolidierung, zugesprochen (Diekelmann & Born, 2010; Jenkins & Dallenbach, 1924; Stickgold, 2005; Wagner, et al., 2001). Da die Reorganisation von Gedächtnisinhalten mit assoziativen Denkprozessen in Verbindung gebracht wird, die wiederum auch in der Kreativitätsforschung von Relevanz sind (Mednick, 1962), ist ein Zusammenhang von Schlaf und Kreativität vorstellbar.

Trotz ubiquitärer Relevanz des kreativen Schaffens gibt es wenige empirische Daten zu seiner Beeinflussung durch Schlaf. Deshalb setzte es sich diese Arbeit zum Ziel, zu erforschen, inwiefern Schlaf Kreativität und die vielerorts beliebte kreative Ideenfindung in der Gruppe fördert. Da insbesondere der REM-Schlaf mit assoziativen Denkprozessen in Verbindung gebracht wird, wurde außerdem untersucht, ob ein Bezug zu REM-Schlaf oder anderen polysomnographisch aufgezeichneten Schlafparametern hergestellt werden kann.

Hierzu wurde ein Studienkollektiv von 72 gesunden, männlichen Studenten rekrutiert. Nach Einteilung der Probanden in 12 Realgruppen und 12 Nominalgruppen, die wiederum aus jeweils drei Probanden bestanden, wurden in randomisierter Reihenfolge drei Studientage durchlaufen. Zur Kreativitätsmessung wurde eine divergente Produktionsaufgabe gestellt, bei der - in der Realgruppe zu dritt und in der Nominalgruppe je drei einzelne Personen - möglichst viele verschiedene Produkte zu insgesamt vier unterschiedlichen Themen erfunden und notiert werden sollten. Bei einer Kondition fand zwischen zwei Brainstormingphasen ein maximal 90-minütiger Kurzschlaf statt, bei der anderen wurde stattdessen ein Film angesehen. Die dritte Bedingung diente einem 90-minütigen Kontroll-Schlaf. Bei beiden Kurzschlaf-Konditionen erfolgte eine polysomnographische Ableitung entsprechend dem AASM-Manual im Schlaflabor des Max-Planck-Instituts für Psychiatrie. Die Ergebnisse der Kreativitätsaufgabe wurden hinsichtlich ihrer Quantität, als Anzahl produzierter Ideen, sowie Qualität, welche durch zwei unabhängige Produktdesigner festgelegt wurde, bewertet.

Die Kontrollanalysen ergaben im Vergleich der Nominal- und Realgruppen keinen signifikanten Unterschied bezüglich der Länge einzelner Schlafstadien, der Spindelraten und der kognitions- oder subjektiv-schlafbezogenen Variablen. Hinsichtlich der divergenten Produktivitätsaufgabe konnte der bereits bekannte Vorteil von Nominal- gegenüber Realgruppen in dieser Studie bestätigt werden. Probanden der Nominalgruppen brachten signifikant mehr Ideen zu Papier als die Probanden der Realgruppen, es zeigte sich jedoch weder ein Einfluss des Faktors Schlaf noch eine Interaktion zwischen den Faktoren Schlaf

und Gruppe. Auf qualitativer Ebene wurde kein signifikanter Unterschied zwischen Nominal- und Realgruppen festgestellt und es konnte kein Haupt- oder Interaktionseffekt des Schlafs gemessen werden. Bei der Analyse einzelner Schlafvariablen fand sich kein signifikanter Vorteil eines Stadiums, insbesondere zeigte der REM-Schlaf keine Interaktion mit den erhobenen Kreativitätsdaten. Als Zufallsbefund wurde sogar eine negative Korrelation zwischen der Tiefschlafdauer und der Kreativität beobachtet.

Kurzschlaf hatte in dieser Arbeit keinen positiven Effekt auf die sowohl quantitativ als auch qualitativ gemessene kreative Leistung des Einzelnen und die einer Gruppe. Da die Untersuchungen an einem kleinen Kollektiv von jungen, gesunden und männlichen Studenten in einer Altersspanne zwischen 18 und 30 Jahren durchgeführt wurden, kann es Ziel zukünftiger Studien sein, ob das Ergebnis auch bei anderen Altersklassen, dem weiblichen Geschlecht und mittels anderer Kreativitätsaufgaben replizierbar ist.

## 7 Literaturverzeichnis

- Steriade, M. & Deschenes, M., 1984. The thalamus as a neuronal oscillator. *Brain Research Reviews*, 8, 1–63.
- Abraham, A., 2016. Gender and creativity: an overview of psychological and neuroscientific literature. *Brain Imaging and Behavior*, 10, 609–618.
- Adamczyk, M. et al., 2015. Automatic Sleep Spindle Detection and Genetic Influence Estimation Using Continuous Wavelet Transform. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9:624.
- Addison, P. S., 2005. Wavelet transforms and the ECG: a review. *Physiological Measurement*, 26, R155–R199.
- Aserinsky, E. & Kleitman, N., 1953. Regularly occurring periods of eye motility and concomitant phenomena during sleep. *Science*, 118, 273-174.
- Baker, F. C., Mitchell, D. & Driver, H. S., 2001. Oral contraceptives alter sleep and raise body temperature in young women. *European Journal of Physiology*, 424, 729-737.
- Bartis, S., Szymanski, K. & Harkins, S., 1988. Evaluation and Performance: A two-edged knife. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 14, 242-251.
- Bear, M. F., Connors, B. W. & Paradiso, M. A., 2009. Gehirnrhythmen und Schlaf. In: *Neurowissenschaften*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 657-694.
- Beck, A. T. & Steer, R. A., 1987. Beck Depression Inventory (BDI). In: San Antonio: The Psychological Corporation Inc.
- Benedek, M., Mühlmann, C., Jauk, E. & Neubauer, A. C., 2013. Assessment of Divergent Thinking by Means of the Subjective Top-Scoring Method: Effects of the Number of Top-Ideas and Time-on-Task on Reliability and Validity. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*; 7, 341–349.
- Berger, H., 1929. Über das Elektrenkephalogramm des Menschen. *Archiv f. Psychiatrie*, 87, 527-570.
- Berger, R. J. & Phillips, N. H., 1995. Energy conservation and sleep. *Behavioural Brain Research*, 69, 65–73.
- Beversdorf, D. Q. et al., 2002. Central  $\beta$ -adrenergic modulation of cognitive flexibility. *NeuroReport*, 13, 2505-2507.
- Bonnet, M. H. & Arand, D. L., 1994. Impact of naps and caffeine on extended nocturnal performance. *Physiology & Behavior*, 56, 103-109.
- Borbély, A., 2004. Schlaf als regulierter Prozess. In: *Kompendium Schlafmedizin*. Landsberg/Lech: ecomed, 1-4.
- Born, J., Rasch, B. & Gais, S., 2006. Sleep to remember. *The Neuroscientist*, 12, 410-424.
- Bouchard, T. J. & Hare, M., 1970. Size, performance, and potential in brainstorming groups. *Journal of Applied Psychology*, 54, 51-55.
- Bowden, E. M. & Jung-Beeman, M., 2003. Normative data for 144 compound remote associate problems. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 35, 634-639.
- Braun, A. R. et al., 1997. Regional cerebral blood flow throughout the sleep-wake cycle. An H<sub>2</sub> (15) O PET study. *Brain*, 120, 1173-1197.

- Brinton, R., 2009. Estrogen-induced plasticity from cells to circuits: predictions for cognitive function. *Trends in Pharmacological Sciences*, 30, 212-22.
- Brodtt, S., Pöhlchen, D., Täumer, E. & Gais, S., 2018. Incubation, not sleep, aids problem-solving. *SLEEP*.
- Buysse, D. J. et al., 1989. The Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI): A new instrument for psychiatric research and practice. *Psychiatry Research*, 28, 193-213.
- Cai, D. J., Mednick, S. A., Harrison, E. M. & Mednick, S. C., 2009. REM, not incubation, improves creativity by priming associative networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106, 10130-10134.
- Campbell, D. T., 1960. Blind variation and selective retentions in creative thought as in other knowledge processes. *Psychological Review*, 67, 380-400.
- Carlsson, I., Wendt, P. E. & Risberg, J., 2000. On the neurobiology of creativity. Differences in frontal activity between high and low creative subjects. *Neuropsychologia*, 38, 873-885.
- Cassone, V. M., Chesworth, M. J. & Armstrong, S. M., 1986. Entrainment of rat circadian rhythms by daily injection of melatonin depends upon the hypothalamic suprachiasmatic nuclei. *Physiology & Behavior*, 36, 1111-1121.
- Cattell, R. B., 1940. A Culture-free Intelligence Test I. *The Journal of Educational Psychology*, 161-179.
- Chase, M. H. & Morales, F. R., 1990. The atonia and myoclonia of active (REM) sleep. *Annual Review of Psychology*, 41, 557-584.
- Chee, M. W. L. & Choo, W. C., 2004. Functional imaging of working memory after 24 hr of total sleep deprivation. *The Journal of Neuroscience*, 24, 4560 – 4567.
- Chermahini, S. A. & Hommel, B., 2010. The (b) link between creativity and dopamine: spontaneous eye blink rates predict and dissociate divergent and convergent thinking. *Cognition*, 115, 458-465.
- Chou, T. C. et al., 2002. Afferents to the ventrolateral preoptic nucleus. *The Journal of Neuroscience*, 22, 977–990.
- Chou, T. C. et al., 2003. Critical role of dorsomedial hypothalamic nucleus in a wide range of behavioral circadian rhythms. *The Journal of Neuroscience*, 23, 10691-10702.
- Collaros, P. A. & Anderson, L. R., 1969. Effect of perceived expertness upon creativity of members of brainstorming groups. *Journal of Applied Psychology*, 53, 159-163.
- Davis, M. H., Di Betta, A. M., Macdonald, M. J. E. & Gaskell, M. G., 2008. Learning and consolidation of novel spoken words. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21, 803–820.
- Dennis, A. R. & Valacich, J. S., 1993. Computer brainstorms: more heads are better than one. *Journal of Applied Psychology*, 78, 531-537.
- Deurveilher, S. & Semba, K., 2005. Indirect projections from the suprachiasmatic nucleus to major arousal-promoting cell groups in rat: Implications for the circadian control of behavioural state. *Neuroscience*, 130, 165–183.
- Diehl, M. & Stroebe, W., 1987. Productivity loss in brainstorming groups: toward the solution of a riddle. *Journal of Personality and Social Psychology*, 53, 497-509.

- Diehl, M. & Stroebe, W., 1991. Productivity loss in idea-generating groups: tracking down the blocking effect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 61, 392-403.
- Diekelmann, S. & Born, J., 2010. The memory function of sleep. *Nature Reviews Neuroscience*, 11, 114-126.
- Dietrich, A. & Kanso, R., 2010. A review of EEG, ERP, and neuroimaging studies of creativity and insight. *Psychological bulletin*, 136, 822–848.
- Dinges, D. I. & Powell, J. W., 1985. Microcomputer analyses of performance on a portable, simple visual RT task during sustained operations. *Behavioral Research Methods, Instrumentation and Computers*, 17, 652-655.
- Dresler, M., 2008. Kreativität als offenes Konzept. In: *Kreativität*. Stuttgart: s.n., 7-20.
- Dresler, M. et al., 2011. A double dissociation of memory impairments in major depression. *Journal of Psychiatric Research*, 45, 1593-1599.
- Drummond, S. P., Grethe, A. B. & Dinges, D. F. e. a., 2005. The neural basis of the psychomotor vigilance task. *Sleep*, 28, 1059-1068.
- Dudai, Y., Karni, A. & Born, J., 2015. The consolidation and transformation of memory. *Neuron*, 88, 20-32.
- Eastman, C. I., Mistlberger, R. E. & Rechtschaffen, A., 1984. Suprachiasmatic nuclei lesions eliminate circadian temperature and sleep rhythms in the rat. *Physiology & Behavior*, 32, 357–368.
- Everson, C. A., Bergmann, B. M. & Rechtschaffen, A., 1989. Sleep deprivation in the rat: III. Total sleep deprivation. *Sleep*, 12, 13-21.
- Everson, C. A., 1995. Functional consequences of sustained sleep deprivation in the rat. *Behavioural Brain Research*, 69, 43-54.
- Fenn, K. M., Nusbaum, H. C. & Margoliash, D., 2003. Consolidation during sleep of perceptual learning of spoken language. *Nature*, 425, 614-616.
- Ferrie, J. E. et al., 2007. A Prospective study of change in sleep duration: Associations with mortality in the Whitehall II cohort. *Sleep*, 30, 1659–1666.
- Ficca, G. et al., 2010. Naps, cognition and performance. *Sleep Medicine Reviews*, 14, 249–258.
- Fink, A. & Benedek, M., 2014. EEG alpha power and creative ideation. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 44, 111–123.
- Fink, A. et al., 2009. The creative brain: Investigation of brain activity during creative problem solving by means of EEG and fMRI. *Human Brain Mapping*, 30, 734-748.
- Finke, R. A., Ward, T. B. & Smith, S. M., 1992. Creative cognition: Theory, research, and applications. *MIT Press, Cambridge, MA*.
- Flaherty, A. W., 2005. Frontotemporal and dopaminergic control of idea generation and creative drive. *Journal of Comparative Neurology*, 493, 147-153.
- Gallupe, R. B., Bastianutti, L. M. & Cooper, W. H., 1991. Unblocking brainstorming. *Journal of Applied Psychology*, 76, 137-142.

- Genzel, L. et al., 2012. Sex and modulatory menstrual cycle effects on sleep related memory consolidation. *Psychoneuroendocrinology*, 37, 987-989.
- Gibson, C., Folley, B. S. & Park, S., 2009. Enhanced divergent thinking and creativity in musicians: A behavioral and near-infrared spectroscopy study. *Brain and Cognition*, 69, 162-169.
- Gilhooly, K. J., 2016. Incubation and intuition in creative problem solving. *Frontiers in Psychology*, 7.
- Gillberg, M., Kecklund, G., Axelsson, J. & Akerstedt, T., 1996. The effects of a short daytime nap after restricted night sleep. *Sleep*, 19, 570-575.
- Glaubman, H. et al., 1978. REM deprivation and divergent thinking. *Psychophysiology*, 15, 75-79.
- Griefahn, B., 2002. Einsatz eines Fragebogens (D-MEQ) zur Bestimmung des Chronotyps bei der Zuweisung eines Schichtarbeitsplatzes. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 54, 142-149.
- Griefahn, B., Künemund, C., Bröde, P. & Mehnert, P., 2001. Zur Validität der deutschen Übersetzung des Morningness-Eveningness-Questionnaires von Horne und Östberg. *Somnologie*, 5, Mai, 71-80.
- Groos, G. & Hendriks, J., 1982. Circadian rhythms in electrical discharge of rat suprachiasmatic neurones recorded in vitro. *Neuroscience Letters*, 34, 283-288.
- Guilford, J. P., 1950. Creativity. *American Psychologist*, 5, 444-454.
- Guilford, J. P., 1956. The structure of intellect. *Psychological Bulletin*, 53, 267-293.
- Habel, U. & Schneider, F., 2012. Testpsychologische Untersuchung. In: *Facharztwissen Psychiatrie und Psychotherapie*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 53-66.
- Hare, T. A., Camerer, C. F. & Rangel, A., 2009. Self-control in decision-making involves modulation of the vmPFC valuation system. *Science*, 324, 646-648.
- Harkins, S. G. & Petty, R. E., 1982. Effects of task difficulty and task uniqueness on social loafing. *Journal of Personality and Social Psychology*, 43, 1214-1229.
- Härmä, M., Knauth, P. & Ilmarinen, J., 1989. Daytime napping and its effects on alertness and short-term memory performance in shiftworkers. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 61, 341-345.
- Hartmann, E., 1968. The 90-minute sleep-dream cycle. *Archives of General Psychiatry*, 18, 280-286.
- Häusser, J. & Faulmüller, N., 2012. Institut für Psychiatrie, Hildesheim: s.n.
- Hayashi, M., Watanabe, M. & Hori, T., 1999. The effects of a 20 min nap in the mid-afternoon on mood, performance and EEG activity. *Clinical Neurophysiology*, 110, 272-279.
- Hillier, A., Alexander, J. K. & Beversdorf, D. J., 2006. The effect of auditory stressors on cognitive flexibility. *Neurocase*, 12, 228-231.
- Hobson, J. A., 2005. Sleep is of the brain, by the brain and for the brain. *Nature*, 437, 1254-1256.



- Hobson, J. A. & McCarley, R. W., 1977. The brain as a dream state generator: An activation-synthesis hypothesis of the dream process. *The American Journal of Psychiatry*, 134, 1335-1348.
- Hobson, J. A. & Pace-Schott, E. F., 2002. The cognitive neuroscience of sleep: neuronal systems, consciousness and learning. *Nature Reviews Neuroscience*, 3, 679-693.
- Hoddes, E. et al., 1973. Quantification of sleepiness: A new approach. *Psychophysiology*, 10, 431-436.
- Horne, J. A. & Östberg, O., 1976. A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms. *International Journal of Chronobiology*, 4, 97-110.
- Huber, R., Ghilardi, M. F., Massimini, M. & Tononi, G., 2004. Local sleep and learning. *Nature*, 430, 78-81.
- Hupbach, A., Gomez, R. L., Bootzin, R. R. & Nadel, L., 2009. Nap-dependent learning in infants. *Developmental Science*, 12, 1007-1012.
- Iber, C., Ancoli-Israel, S., Chesson, A. & Quan, S., 2007. *The AASM Manual for the Scoring of Sleep and Associated Events: Rules, Terminology and Technical Specifications*, 1st ed., Westchester, Illinois: American Academy of Sleep Medicine.
- Ibuka, N. & Kawamura, H., 1975. Loss of circadian rhythm in sleep-wakefulness cycle in the rat by suprachiasmatic nucleus lesions. *Brain Research*, 96, 76-81.
- Inouye, S. I. & Kawamura, H., 1979. Persistence of circadian rhythmicity in a mammalian hypothalamic "island" containing the suprachiasmatic nucleus. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 76, 5962-5966.
- Isaksen, S. G. & Murdock, M. C., 1993. The emergence of a discipline: Issues and approaches to the study of creativity. In: *The emergence of a discipline: Understanding and recognizing creativity*. Westport: Ablex, 13-47.
- Jenkins, J. G. & Dallenbach, K. M., 1924. Obliviscence during sleep and waking. *The American Journal of Psychology*, 35, 605-612.
- Jung, C. M. et al., 2011. Energy expenditure during sleep, sleep deprivation and sleep following sleep deprivation in adult humans. *The Journal of Physiology*, 589, 235-244.
- Jung, R. & Berger, W., 1979. Fünfzig Jahre EEG; Hans Bergers Entdeckung des Elektrenkephalogramms und seine ersten Befunde 1924-1931. *Archiv für Psychiatrie und Nervenerkrankungen*, 227, 279-300.
- Karlsson, J. L., 1970. Genetic association of giftedness and creativity with schizophrenia. *Hereditas*, 66, 177-182.
- Klem, G. H., Lüders, H. O., Jasper, H. H. & Elger, C., 1999. The ten-twenty electrode system of the International Federation. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 3-6.
- Koslowsky, M. & Babkoff, H., 1992. Meta-analysis of the relationship between total sleep deprivation and performance. *Chronobiology International: The Journal of Biological and Medical Rhythm Research*, 9, 132-136.
- Kozbelt, A., Beghetto, R. A. & Runco, M. A., 2010. Theories of creativity. In: *The Cambridge Handbook of Creativity*. s.l.:Cambridge University Press, 27-28.
- Kris, E., 1952. *Psychoanalytic explorations in art*. New York: International Universities Press.

- Krugianski, A. W., Friedman, I. & Zeevi, G., 1971. The effects of extrinsic incentive on some qualitative aspects of task performance. *Journal of Personality*, 39, 606-617.
- Kumar, V. K. & Holman, E. R., 1997. *The Creativity Styles Questionnaire--Revised (CSQ-R). Unpublished Psychological Test.*. Department of Psychology, West Chester University of Pennsylvania, West Chester: s.n.
- Kursawe, H. & Kubicki, S., 2012. Vigilanz und Schlaf. In: *Klinische Elektroenzephalographie*. s.l.:Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 113-136.
- Lahl, O., Wispel, C., Willigens, B. & Pietrowsky, R., 2008. An ultra short episode of sleep is sufficient to promote declarative memory performance. *Journal of Sleep Research*, 17(1), 3-10.
- Lamm, H. & Trommsdorff, G., 1973. Group versus individual performance on tasks requiring ideational proficiency (brainstorming): A review. *European Journal of Social Psychology*, 3, 361–388.
- Landmann, N. et al., 2016. Sleep strengthens but does not reorganize memory traces in a verbal creativity task. *Sleep*, 39(3), 705–713.
- Landmann, N. et al., 2014. The reorganisation of memory during sleep. *Sleep medicine reviews*, 18, 531-541.
- Latané, B., Williams, K. & Harkins, S., 1979. Many hands make light the work: The causes and consequences of social loafing. *Journal of Personality and Social Psychology*, 37, 822-832.
- Lau, E. Y. et al., 2015. Rapid-Eye-Movement-Sleep (REM) associated enhancement of working memory performance after a daytime nap. *PLoS ONE* 10 (5), 1-16.
- Lehrl, S., 2005. *Mehrfachwahl-Wortschatz-Intelligenztest MWT-B*. Balingen: Spitta Verlag.
- Lewin, I. & Glaubman, H., 1975. The effect of REM deprivation: is it detrimental, beneficial, or neutral?. *Psychophysiology*, 12, 349-353.
- Lewin, I. & Gombosh, D., 1973. Increase in REM time as a function of the need for divergent thinking. In: *Sleep 1972*. Basel: Karger, 399-403.
- Limb, C. J. & Braun, A. R., 2008. Neural substrates of spontaneous musical performance: An fMRI study of jazz improvisation. *PLoS one*, 3, e1679.
- Lindsley, D. B., Schreiner, L. H., Knowles, W. B. & Magoun, H. W., 1950. Behavioral and EEG changes following chronic brain stem lesions in the cat. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 2, 483-498.
- Linn, S. J. & Rhue, J. W., 1986. The fantasy-prone person: Hypnosis, imagination, and creativity. *Journal of Personality and Social Psychology*, 51, 404-408.
- Malow, B. A., 2004. Sleep deprivation and epilepsy. *Epilepsy Currents*, 4, 193-195.
- Martindale, C., 1999. Biological bases of creativity. In: *Handbook of creativity*. Cambridge: CambridgeUniversityPress, 137–152.
- Martindale, C. & Greenough, J., 1973. The differential effect of increased arousal on creative and intellectual performance. *The Journal of Genetic Psychology*, 123, 329-335.
- Martindale, C. & Hasenus, N., 1978. EEG differences as a function of creativity, stage of the creative process, and effort to be original. *Biological Psychology*, 157-167.

- Martindale, C., Hines, D., Mitchell, L. & Covello, E., 1984. EEG alpha asymmetry and creativity. *Personality and Individual Differences*, 5, 77-86.
- Mazzarello, P., 2000. What dreams may come?. *Nature*, 408, 523.
- McCarley, R. W. & Hobson, J. A., 1975. Neuronal excitability modulation over the sleep cycle: a structural and mathematical model. *Science*, 189, 58-60.
- McCarley, R. W. & Massaquoi, S. G., 1992. Neurobiological structure of the revised limit cycle reciprocal interaction model of REM cycle control. *Journal of Sleep Research*, 1, 126-131.
- McCormick, D. A., 1992. Neurotransmitter actions in the thalamus and cerebral cortex and their role in neuromodulation of thalamocortical activity. *Progress in Neurobiology*, 39, 337-388.
- McCormick, D. A. & Bal, T., 1997. Sleep and arousal: thalamocortical mechanisms. *Annual Review of Neuroscience*, 20, 185-215.
- McNeil, T. F., 1971. Prebirth and postbirth influence on the relationship between creative ability and recorded mental illness. *Journal of Personality*, 39, 391-406.
- Mednick, S. A., 1962. The associative basis of the creative process. *Psychological Review*, 69, 220-232.
- Mednick, S. C., Cai, D. J., Kanady, J. & Drummond, S. P. A., 2008. Comparing the benefits of caffeine, naps and placebo on verbal, motor and perceptual memory. *Behavioural Brain Research*, 193, 79-86.
- Mednick, S. C. et al., 2002. The restorative effect of naps on perceptual deterioration. *Nature Neuroscience*, 5, 677-681.
- Mednick, S., Nakayama, K. & Stickgold, R., 2003. Sleep-dependent learning: a nap is as good as a night. *Nature Neuroscience*, 6, 697-698.
- Mendelsohn, G. A., 1976. Associative and attentional processes in creative performance. *Journal of Personality*, 44, 341-369.
- Moore, R. Y. & Eichler, V. B., 1972. Loss of a circadian adrenal corticosterone rhythm following suprachiasmatic lesions in the rat. *Brain Research*, 42, 201-206.
- Moruzzi, G. & Magoun, H. W., 1949. Brain stem reticular formation and activation of the EEG. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 1, 455-473.
- Mullen, B., Johnson, C. & Salas, E., 1991. Productivity loss in brainstorming groups: A meta-analytic integration. *Basic and Applied Social Psychology*, 12, 3-23.
- Nemeth, C. J., Personnaz, B., Personnaz, M. & Goncalo, J. A., 2004. The liberating role of conflict in group creativity: A study in two countries. *European Journal of Social Psychology*, 34, 365-374.
- Nilsson, J. P. et al., 2005. Less effective executive functioning after one night's sleep deprivation. *Journal of Sleep Research*, 14, 1-6.
- Osborn, A. F., 1953. *Applied Imagination: Principles and procedures of creative thinking*. New York: Scribner.
- Pagel, J. F., Kwiatkowski, C. & Broyles, K. E., 1999. Dream use in film making. *Dreaming*, 9, 247-256.

- Pagel, J. F. & Kwiatkowski, C. F., 2003. Creativity and dreaming: Correlation of reported dream incorporation into waking behavior with level and type of creative interest. *Creativity Research Journal*, 15, 199-205.
- Pape, H.-C., 2014. Wachheit und Schlaf: Rhythmen des Gehirns im Muster des Elektroenzephalogramms. In: *Physiologie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 923-939.
- Parnes, S. J. & Meadow, A., 1959. Effects of "brainstorming" instructions on creative problem solving by trained and untrained subjects. *Journal of Educational Psychology*, 50, 171-176.
- Paulus, P. B., Dzindolet, M. T., Poletes, G. & Camacho, M. N., 1993. Perception of performance in group brainstorming: The illusion of group productivity. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 19, 78-89.
- Paulus, P. B. & Yang, H. C., 2000. Idea generation in groups: A basis for creativity in organizations. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 82, 76–87.
- Petrovsky, N. et al., 2014. Sleep deprivation disrupts prepulse inhibition and induces psychosis-like symptoms in healthy humans. *The Journal of Neuroscience*, 34, 9134-9140.
- Petty, R. E., Harkins, S. G. & Williams, K. D., 1980. The effects of group diffusion of cognitive effort on attitudes: an information-processing view. *Journal of Personality and Social Psychology*, 38, 81-92.
- Rechtschaffen, A. & Bergmann, B. M., 1995. Sleep deprivation in the rat by the disk-over-water method. *Behavioural Brain Research*, 69, 55-63.
- Rechtschaffen, A. & Kales, A., 1968. *A Manual of Standardized Terminology, Techniques and Scoring System for Sleep Stages of Human Subjects*, s.l.: U.S. Government Printing Office.
- Rhodes, M., 1961. An analysis of creativity. *The Phi Delta Kappan*, 42, 305-310.
- Rusak, B. & Groos, G., 1982. Suprachiasmatic stimulation phase shifts rodent circadian rhythms. *Science*, 215, 1407-1409.
- Ruth, J.-. E. & Birren, J. E., 1985. Creativity in Adulthood and Old Age: Relations to Intelligence, Sex and Mode of Testing. *International Journal of Behavioral Development*, 8(1), 99–109.
- Saper, C. B., Scammell, T. E. & Lu, J., 2005. Hypothalamic regulation of sleep and circadian rhythms. *Nature*, 437, 1257-1263.
- Sawyer, K., 2011. The cognitive neuroscience of creativity: A critical review. *Creativity Research Journal*, 23, 137-154.
- Schechter, N., Schmeidler, G. R. & Staal, M., 1965. Dream reports and creative tendencies in students of the arts, sciences, and engineering. *Journal of Consulting Psychology*, 29, 415-421.
- Schmitt, M. et al., 2006. Normwerte für das Vereinfachte Beck-Depressions-Inventar (BDI-V) in der Allgemeinbevölkerung. *Diagnostica*, 52, 51-59.
- Schmitt, M. & Maes, J., 2000. Vorschlag zur Vereinfachung des Beck-Depressions-Inventars (BDI). *Diagnostica*, 46, 38-46.
- Schwartz, S. & Maquet, P., 2002. Sleep imaging and the neuro-psychological assessment of dreams. *Trends in Cognitive Sciences*, 6, 23-30.

- Siegel, J. M., 2009. Sleep viewed as a state of adaptive inactivity. *Nature Reviews Neuroscience*, 10, 747-753.
- Simonton, D. K., 2000. Creativity: Cognitive, personal, developmental, and social aspects. *American Psychologist*, 55, 151-158.
- Smith, S. M. & Blankenship, S. E., 1989. Incubation effects. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 27, 311-314.
- Spoormaker, V., 2011. Das Gehirn im REMSchlaf–der Traum als kreativer Wahnsinn. In: *Kognitive Leistungen*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 149-160.
- Sternberg, R. J. & Lubart, T. I., 1999. The concept of creativity: Prospects and paradigms. In: *Handbook of Creativity*. Cambridge: University Press: s.n., 3-7.
- Stickgold, R., 2005. Sleep-dependent memory consolidation. *Nature*, 437, 1272-1278.
- Stickgold, R. & Walker, M. P., 2013. Sleep-dependent memory triage: evolving generalization through selective processing. *Nature Neuroscience*, 16, 139-145.
- Street, W. R., 1974. Brainstorming by individuals, coacting and interacting groups. *Journal of Applied Psychology*, 59, 433-436.
- Stroebe, W. & Diehl, M., 1994. Why groups are less effective than their members: On productivity losses in idea-generating groups. *European Review of Social Psychology*, 5, 271-303.
- Stroebe, W., Diehl, M. & Abakoumkin, G., 1992. The illusion of group effectivity. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 18, 643-650.
- Suler, J. R., 1980. Primary process thinking and creativity. *Psychological Bulletin*, 88, 144-165.
- Sylvia, W. H., Clark, P. M. & Monroe, L. J., 1978. Dream reports of subjects high and low in creative ability. *Journal of General Psychology*, 99, 205-211.
- Takahashi, M. & Arito, H., 2000. Maintenance of alertness and performance by a brief nap after lunch under prior sleep deficit. *Sleep*, 23, 813–819.
- Tamminen, J. et al., 2010. Sleep spindle activity is associated with the integration of new memories and existing knowledge. *The Journal of Neuroscience*, 30, 14356 –14360.
- Tassi, P. & Muzet, A., 2000. Sleep inertia. *Sleep Medicine Reviews*, 4, 341-353.
- Taub, J. M., 1979. Effects of habitual variations in napping on psychomotor performance, memory and subjective states. *International Journal of Neuroscience*, 9, 97-112.
- Taylor, D. W., Berry, P. C. & Block, C. H., 1958. Does group participation when using brainstorming facilitate or inhibit creative thinking?. *Administrative Science Quarterly*, 3, 23-47.
- Tononi, G. & Cirelli, C., 2006. Sleep function and synaptic homeostasis. *Sleep Medicine Reviews*, 10, 49–62.
- Unsere Erde*. 2007. [Film] Regie: A. Fothergill, M. Linfield. s.l.: s.n.
- Urban, K. K., 2004. *Kreativität: Herausforderung für Schule, Wissenschaft und Gesellschaft*. Münster: LIT Verlag.

- Urban, K. K., 2011. Möglichkeiten und Grenzen von Kreativitätsdiagnostik. In: C. Koop & O. Steenbuck, Hrsg. *Kreativität: Zufall oder harte Arbeit?*. Frankfurt, M.: Karg-Stiftung, 18-27.
- Valacich, J. S., Dennis, A. R. & Conolly, T., 1994. Idea generation in computer-based groups: a new ending to an old story. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 57, 448–467.
- van Kesteren, M. T., Rijpkema, M., Ruitter, D. J. & Fernández, G., 2010. Retrieval of associative information congruent with prior knowledge is related to increased medial prefrontal activity and connectivity. *The Journal of Neuroscience*, 30, 15888-15894.
- Wagner, U., Gais, S. & Born, J., 2001. Emotional memory formation is enhanced across sleep intervals with high amounts of rapid eye movement sleep. *Learning and Memory*, 8, 112-119.
- Wagner, U. et al., 2004. Sleep inspires insight. *Nature*, 427, 352-355.
- Walker, M. P., Liston, C., Hobson, J. A. & Stickgold, R., 2002. Cognitive flexibility across the sleep–wake cycle: REM-sleep enhancement of anagram problem solving. *Cognitive Brain Research*, 14, 317–324.
- Wallas, G., 1926. *The art of thought*. London: Cape.
- Ward, T. B., Smith, S. M. & Finke, R. A., 1999. Creative cognition. In: *Handbook of creativity*. New York: Cambridge University Press, 189-212.
- Weiß, H. R. & Weiß, B., 2006. *CFT 20-R. Grundintelligenztest Skala 2 – Revision*. Göttingen: Hogrefe.
- Weissman, D. H., Perkins, A. S. & Woldorff, M. G., 2008. Cognitive control in social situations: a role for the dorsolateral prefrontal cortex. *Neuroimage*, 40, 955-962.
- Wellach, I., 2015. *Praxisbuch EEG, 2. überarbeitete Auflage*. Stuttgart: Thieme.
- West, L. J., Janszen, H. H., Lester, B. K. & Cornelisoon, F. S., 1962. The psychosis of sleep deprivation. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 96, 66–70.
- Xie, L. et al., 2013. Sleep drives metabolite clearance from the adult brain. *Science*, 342, 373-377.
- Zschocke, S. & Hansen, H. C., 2012. Artefakte im EEG. In: S. Zschocke & H. C. Hansen, Hrsg. *Klinische Elektroenzephalographie*. Berlin, Heidelberg: Springer, 489-514.

## 8 Anhang

### 8.1 Anlage 1

**MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR PSYCHIATRIE**  
**DEUTSCHE FORSCHUNGSANSTALT FÜR PSYCHIATRIE**

Professor Dr. Dr. Dr. h.c. Florian Holsboer

Direktor

Max-Planck-Institut für Psychiatrie  
Prof. Dr. Axel Steiger  
Kraepelinstr. 2-10  
D-80804 München  
Telefon: +49(0)89 3 06 22-236  
Telefax: +49(0)89 3 06 22-552  
E-Mail: [steiger@mpipsykl.mpg.de](mailto:steiger@mpipsykl.mpg.de)  
Internet: [www.mpipsykl.mpg.de](http://www.mpipsykl.mpg.de)

Probandeninformation und -einverständniserklärung zur Untersuchung:

### **Wirkung von Nachmittagsschlaf auf die Gedächtniskonsolidierung**

Sehr geehrter Interessent,

Schlaf hat sich in den vergangenen Jahren als an der Verarbeitung vielfältiger geistiger Prozesse beteiligt erwiesen. In dieser Studie möchten wir prüfen, wie sich ein Nachmittagsschlaf auf Gedächtnisbildung, Kreativität und Risikoverhalten auswirkt. Die Teilnahme an der Studie wird mit 120,00 Euro honoriert.

Genauer Studienablauf: Sie werden von uns zunächst eingehend über die Untersuchung informiert. Die geplante Studie besteht aus drei Nachmittagen im Max-Planck-Institut für Psychiatrie und zwei kurzen Nachuntersuchungen per E-Mail. Die Studientage verbringen Sie in einem Einzelzimmer unserer Klinik, dem sogenannten Schlaflabor. Die drei Versuchsbedingungen werden in zufällig ausgewählter Reihenfolge absolviert, wir werden Sie jeweils frühzeitig über die anstehende Versuchsbedingung informieren. In der Woche vor den Studientagen sollen Sie regelmäßig zwischen 23 und 1 Uhr ins Bett gehen und zwischen

7 und 9 Uhr am nächsten Morgen aufstehen. Am Abend vor den Studientagen trinken Sie bitte keinen Alkohol. Am Morgen des Studientages stehen Sie bitte nicht später als 7 Uhr auf und trinken nicht mehr als eine Tasse Kaffee. Zu allen drei Versuchsbedingungen bitten wir Sie, um **13:00 Uhr** im Institut zu erscheinen.

**In der ersten Versuchsbedingung** erfolgt die Ableitung eines Schlaf-EEGs zwischen 14:30 und 16:00 Uhr. Beim Schlaf-EEG werden durch Elektroden, die auf Ihren Kopf mit leicht ablösbarem Elektrodenkleber befestigt werden, elektrische Ströme im Gehirn gemessen. Dadurch kann man auf einem Computerbildschirm ablesen, in welchem Schlafstadium Sie sich befinden. Vor und nach der Schlaf-EEG-Ableitung werden Sie gebeten, verschiedene psychologische Tests durchzuführen. Zunächst werden Sie – alleine oder in einer Kleingruppe mit zwei weiteren Probanden – eine Brainstorming-Aufgabe absolvieren, während der Sie in kurzer Zeit kreative Ideen zu einem vorgegebenen Themengebiet aufschreiben sollen. Anschließend werden Sie gebeten, einige Wortpaare auswendig zu lernen, diese werden anschließend und in einer kurzen Nachuntersuchung per E-Mail nach 4 Tagen wieder abgefragt. Zuletzt werden Ihnen am Computer einige Verlosungen präsentiert, die den Gewinn oder Verlust einer kleinen Geldsumme versprechen, und zwischen denen Sie auswählen können. Eine dieser Verlosungen wird später zufällig ausgewählt und tatsächlich durchgeführt. Dadurch können Sie die angegebene kleine Geldsumme gewinnen oder verlieren. Sie können die angebotenen Verlosungen grundsätzlich auch so auswählen, dass Sie kein eigenes Geld verlieren werden.

**In der zweiten Versuchsbedingung** werden Sie anstelle der Schlafableitung einen Film anschauen. Die psychologische Testung erfolgt wie in der ersten Versuchsbedingung.

**In der dritten Versuchsbedingung** wird eine EEG-Schlafableitung analog zur ersten Versuchsbedingung durchgeführt, die psychologische Testung beschränkt sich jedoch auf einige kurze Tests und Fragebögen vor der EEG-Schlafableitung.

**In dieser Studie werden die Vorschriften über die ärztliche Schweigepflicht und den Datenschutz eingehalten. Es werden persönliche Daten und Befunde über Sie erhoben, gespeichert und verschlüsselt (pseudonymisiert), d.h. weder Ihr Namen noch Ihre Initialen oder das exakte Geburtsdatum erscheinen im Verschlüsselungscode.**

**Im Falle Ihres Widerrufs der Einwilligung werden Ihre pseudonymisiert gespeicherten Daten in irreversibel anonymisierter Form weiter verwendet.**



**Der Zugang zu den Originaldaten und zum Verschlüsselungscode ist auf folgende Personen beschränkt: Prof. Dr. Axel Steiger und Dr. Martin Dresler. Die Unterlagen werden für 10 Jahre im Max-Planck-Institut für Psychiatrie München aufbewahrt.**

**Eine Entschlüsselung erfolgt lediglich in Fällen, in denen es Ihre eigene Sicherheit erfordert („medizinische Gründe“) oder falls es zu Änderungen in der wissenschaftlichen Fragestellung kommt („wissenschaftliche Gründe“).**

**Im Falle von Veröffentlichungen der Studienergebnisse bleibt die Vertraulichkeit der persönlichen Daten ebenfalls gewährleistet.**

Ein persönlicher Nutzen für Sie ist mit der Studie nicht verbunden, sie dient der neurowissenschaftlichen Grundlagenforschung. Die mit der Studie verbundenen Belastungen sind als gering anzusehen und stellen keine Gesundheitsgefährdung dar.

Es wird darauf hingewiesen, dass keine Wege- oder Unfallversicherung für Sie abgeschlossen wurde. Die Teilnahme an der Studie ist freiwillig. Ihre Einwilligung können Sie jederzeit ohne Angabe von Gründen und ohne Nachteile zurückziehen.

### **Einverständniserklärung**

Ich bin über Sinn und Ablauf der Studie „**Wirkung von Nachmittagsschlaf auf die Gedächtniskonsolidierung**“ aufgeklärt worden. Ich erkläre mich mit der Teilnahme an der Studie freiwillig einverstanden. Ich weiß, dass ich mein Einverständnis jederzeit und ohne Angabe von Gründen widerrufen kann. Das vorliegende Informationsblatt wurde mir ausgehändigt. Ich bin darüber informiert, dass **kein Wege- und Unfallversicherungsschutz** besteht.

München, den

---

Teilnehmer

---

aufklärender Studienleiter

**Ich bin mit der Erhebung und Verwendung persönlicher Daten und Befunddaten nach Maßgabe der Patienteninformation einverstanden.**

---

Name des Teilnehmers  
(in Druckbuchstaben)

---

Unterschrift des Teilnehmers

---

Datum

## 8.2 Anlage 2

### Schlafprotokoll

Bitte protokollieren Sie im Folgenden Ihre Schlafenszeiten während der letzten Woche vor dem Besuch im Schlaflabor.

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

Tag (Datum)	Uhrzeit - Aufstehen	Uhrzeit – zu Bett Gehen
Tag 1		
Tag 2		
Tag 3		
Tag 4		
Tag 5		
Tag 6		
Tag 7		
Tag 8 [Testtag]		-----

Wird von den Mitarbeitern des Schlaflabors ausgefüllt:

Probanden-Nr.: \_\_\_\_\_ Datum der Testung: \_\_\_\_\_

Gruppen-Nr.: \_\_\_\_\_

Besonderheiten: \_\_\_\_\_

### 8.3 Anlage 3

Name:
Datum:

Liebe Teilnehmer,

in dieser Aufgabe geht es um das Thema Produktentwicklung. Stellen Sie sich bitte vor, Sie arbeiten für die Produktentwicklungsabteilung einer großen Firma. Ihre Aufgabe ist es neuartige und innovative Produkte zu entwickeln. Wir werden Ihnen im Folgenden zwei verschiedene Kategorien von Produkten nennen.

Bitte denken Sie sich für jede der Kategorien **möglichst viele, möglichst neue, ausgefallene und unbekannte Produkte** aus.

Beschreiben Sie dabei jede Ihrer Ideen mit genau **3 stichwortartigen Merkmalen**.

Überlegen Sie sich zum Beispiel welche Eigenschaften Ihre Produkte haben sollten, was sie können, wie sie aussehen. Lassen Sie Ihrer Kreativität freien Lauf.

Für jede Produktkategorie haben Sie 10 Minuten Zeit.

## Danksagung

Nachfolgend möchte ich mich bei denjenigen bedanken, die bei der Fertigstellung dieser Dissertation mitgewirkt und mich auf vielen Ebenen unterstützt haben.

Zuerst bedanke ich mich bei dem ehemaligen Direktor des Max-Planck-Instituts Herrn Prof. Dr. Dr. Dr. h.c. mult. Florian Holsboer für die Möglichkeit, diese Studie durchführen zu dürfen.

Besonders bedanken möchte ich mich auch bei meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Axel Steiger, der dieses umfangreiche und spannende Projekt in seinem Schlaflabor unterstützt hat und mir stets sehr geduldig und zuverlässig bei der Umsetzung zur Seite stand. Für seine hilfreichen Anregungen bin ich sehr dankbar.

Außerdem danke ich Herrn Dr. Martin Dresler für die Betreuung und die konstruktive Kritik bei der Durchführung sowie Auswertung dieser Arbeit. Seine langjährige Erfahrung sowie seine kreativen Ideen haben die Versuchsreihe initiiert und kontinuierlich weiterentwickelt.

Mein Dank gilt ebenfalls Jan Häusser, der mir bei der Planung und Datenauswertung hilfsbereit zur Seite stand, sowie den Mitarbeitern des Schlaflabors, insbesondere Luise Vogl, Birte Balzer, Gabriele Kohl und Beate Briemenschneider, für die hervorragende Organisation und ihre immerzu freundliche Mitarbeit.

Des Weiteren danke ich der Volkswagenstiftung für den finanziellen Zuschuss sowie unseren motivierten Probanden, welche stets gut gelaunt und mit großer Ausdauer an den vielen Untersuchungen teilgenommen haben.

An dieser Stelle möchte ich selbstverständlich auch meinen Studienkollegen Johannes Stintzing, Johanna Pömmerl und Cynthia Marisch für die tolle Zusammenarbeit danken. Mit ihnen habe ich viele freie Tage im Schlaflabor verbracht, die ohne sie wesentlich eintöniger gewesen wären!

Zu guter Letzt ein großes Dankeschön an meine Eltern für die unzähligen motivierenden Worte und die uneingeschränkte Unterstützung.

## Eidesstattliche Versicherung

Stremmel, Fee Sophie

Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt,

dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

„Der Einfluss von Kurzschlaf auf Kreativität und kreative Gruppenprozesse unter Berücksichtigung polysomnographischer Eigenschaften“

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

Hamburg, 08.12.2020

---

Ort, Datum

Fee Sophie Stremmel

---

Unterschrift Doktorandin/Doktorand