

Aus dem
Institut für Medizinische Psychologie
und Verhaltensneurobiologie Tübingen

**Die Schlaf-assozierte Verarbeitung
von sozialen Informationen**

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

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

vorgelegt von

Encica, Laura Rebecca

2026

Dekanin: Professorin Dr. S. Y. Brucker

1. Berichterstatter: Privatdozentin Dr. S. Diekelmann

2. Berichterstatter: Professorin Dr. B. Derntl

Tag der Disputation: 30.04.2026

Für Paulina

INHALTSVERZEICHNIS

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	7
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	8
TABELLENVERZEICHNIS	10
1 EINLEITUNG	11
1.1 Schlaf	11
1.1.1 Funktionen des Schlafs.....	12
1.1.2 Schlafstadien und Schlafprofil.....	14
1.1.3 Schlafarchitektur	16
1.2 Gedächtnis	18
1.2.1 Gedächtnissysteme	18
1.2.2 Gedächtnisbildung	20
1.3 Gedächtnisbildung im Schlaf.....	22
1.3.1 Beitrag des Schlafs für die Gedächtniskonsolidierung	22
1.3.2 Rolle verschiedener Schlafphasen in der Gedächtniskonsolidierung	24
1.3.3. Neurobiologische Grundlagen	26
1.4 Soziales Lernen	30
1.4.1 Sozialer Vergleich	30
1.4.2 Soziale Informationsverarbeitung.....	31
1.4.3 Lernen über andere und über sich selbst.....	33
1.4.4 Die Rolle von Schlaf für soziales Lernen	35
1.5 Fragestellung und Hypothesen	38
2 MATERIAL UND METHODEN	39
2.1 Ethikvotum	39
2.2 Probandenkollektiv	39
2.3 Versuchsdesign.....	41
2.4 Versuchsablauf	43
2.5 Soziale Lernaufgabe	45
2.6 Kontrollvariablen	48
2.6.1 Vigilanztest	49
2.6.2 Fragebögen	49
2.6.2.1 Stanford Sleepiness Scale.....	49

2.6.2.2 Beck-Depressionsinventar II.....	50
2.6.2.3 Social Interaction Anxiety Scale und Social Phobia Scale.....	50
2.6.2.4 Self-Description Questionnaire	51
2.6.2.5 Abschlussfragebogen	51
2.6.2.6 Fragebogen zur Schlafqualität.....	51
2.6.2.7 Fragebogen zu Tagesaktivitäten	52
2.7 Polysomnographie	52
2.8 Statistische Analyse	53
3 ERGEBNISSE.....	55
3.1 Ergebnisse der sozialen Lernaufgabe.....	55
3.1.1 Bildung sozialer Überzeugungen	56
3.1.1.1 Baseline.....	57
3.1.2 Soziale Überzeugungen nach Schlaf und Wachsein	57
3.1.2.1 Abfrage 1	57
3.1.3 Veränderung der Schätzleistungserwartung.....	58
3.1.3.1 A1 – Baseline	59
3.1.4 Revision sozialer Überzeugungen	60
3.1.4.1 Abfrage 2	61
3.1.4.2 A2 – Baseline	62
3.1.5 Entwicklung sozialer Überzeugungen über die Zeit.....	64
3.1.5.1 Abfrage 3	64
3.1.5.2 A3 – Baseline	65
3.1.6 Sicherheitseinschätzung	66
3.1.7 Stimmungslage	70
3.2 Ergebnisse der Kontrollvariablen	76
3.2.1 Vigilanztest	76
3.2.2 Fragebögen	77
3.2.2.1 Stanford Sleepiness Scale.....	77
3.2.2.2 Beck-Depressionsinventar II.....	79
3.2.2.3 Social Interaction Anxiety Scale und Social Phobia Scale.....	80
3.2.2.4 Self-Description Questionnaire	82
3.3 Ergebnisse der Polysomnographie	83
4 DISKUSSION	87
4.1 Hypothese 1	87

4.2 Hypothese 2.....	89
4.3 Hypothese 3.....	92
4.4 Hypothese 4.....	94
4.5 Hypothese 5.....	97
4.6 Hypothese 6.....	99
4.7 Zusammenfassung der Ergebnisse.....	101
4.8 Klinische Implikationen.....	102
4.9 Limitationen.....	104
4.10 Fazit	106
5 ZUSAMMENFASSUNG	107
6 LITERATURVERZEICHNIS	109
7 ERKLÄRUNG ZUM EIGENANTEIL.....	122
8 DANKSAGUNG	124
9 ANHANG.....	125

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ACTH	Adrenocorticotropes Hormon
ANOVA	Analysis of Variance
BDI-II	Beck-Depressionsinventar II
BMI	Body-Mass-Index
C3, C4	EEG-Elektrodenpositionen nach dem 10-20-System
EEG	Elektroenzephalogramm
EMG	Elektromyogramm
EOG	Elektrookulogramm
GH	Growth Hormone
GHRH	Growth Hormone Releasing Hormone
Hz	Hertz
IEG	Immediate Early Gene
N1-N3	Non-REM Schlaf, Stadium 1-3
OH	Other-High
OL	Other-Low
PGO	Ponto-Geniculo-Occipital
REM	Rapid Eye Movement
S1-S4	Schlafstadien 1 bis 4
SD	Standard Deviation (Standardabweichung)
SDQ	Self-Description Questionnaire
SEM	Standard Error of the Mean (Standardfehler des Mittelwerts)
SH	Self-High
SIAS	Social Interaction Anxiety Scale
SL	Self-Low
SPS	Social Phobia Scale
SSS	Stanford Sleepiness Scale
SWS	Slow Wave Sleep
TST	Total Sleep Time (Gesamtschlafzeit)
WASO	Wake After Sleep Onset (Wachzeit nach dem Einschlafen)

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Vereinfachte Darstellung eines Hypnogramms im Verlauf einer Nacht.....	17
Abbildung 2: Systematik des Langzeitgedächtnisses	20
Abbildung 3: Stufenmodell der sozial-kognitiven Informationsverarbeitung aus Arsenio und Lemerise (Arsenio & Lemerise, 2004)	33
Abbildung 4: Design Experiment	42
Abbildung 5: Schätzleistungserwartung beim "Lernen"	56
Abbildung 6: Schätzleistungserwartung zum Zeitpunkt der Baseline unmittelbar nach dem "Lernen"	57
Abbildung 7: Schätzleistungserwartung zum Zeitpunkt der Abfrage 1.....	58
Abbildung 8: Veränderung der Leistungserwartung (A1 - Baseline).....	60
Abbildung 9: Leistungserwartung beim "Umlernen"	61
Abbildung 10: Leistungserwartung zum Zeitpunkt der Abfrage 2	61
Abbildung 11: Veränderung der Leistungserwartung (A2 - Baseline).....	63
Abbildung 12: Leistungserwartung zum Zeitpunkt der Abfrage 3	64
Abbildung 13: Veränderung der Leistungserwartung (A3 - Baseline).....	66
Abbildung 14: Veränderung der Sicherheitseinschätzung (A1 - Baseline)	68
Abbildung 15: Veränderung der Sicherheitseinschätzung (A2 - Baseline)	69
Abbildung 16: Veränderung der Sicherheitseinschätzung (A3 - Baseline)	70
Abbildung 17: Stimmung "Stolz" zu den drei Testzeitpunkten in der Lernphase	72
Abbildung 18: Stimmung "Freude" zu den drei Testzeitpunkten in der Lernphase	73
Abbildung 19: Stimmung "Müdigkeit" zu den drei Testzeitpunkten in der Lernphase	74
Abbildung 20: Stimmung "Müdigkeit" zu den drei Testzeitpunkten in der Testphase 1.....	75
Abbildung 21: Korrelation zwischen "Müdigkeit" und Veränderung der Leistungserwartung während des "Umlernens".....	76

Abbildung 22: Korrelation zwischen Schläfrigkeit und Veränderung der Leistungserwartung zum Zeitpunkt der Abfrage 2 (A2 - Baseline).....	79
Abbildung 23: Korrelation zwischen Depressivität und Veränderung der Leistungserwartung zum Zeitpunkt der Abfrage 2 (A2 - Baseline).....	80
Abbildung 24: Korrelation zwischen sozialer Ängstlichkeit und Veränderung der Leistungserwartung zum Zeitpunkt der Abfrage 3 (A3 - Baseline).....	81
Abbildung 25: Korrelation zwischen Selbstkonzept und Veränderung der Leistungserwartung zum Zeitpunkt der Abfrage 3 (A3 - Baseline).....	83
Abbildung 26: Korrelation zwischen Gesamtschlafzeit und Veränderung der Leistungserwartung zum Zeitpunkt der Abfrage 1 (A1 - Baseline).....	85
Abbildung 27: Korrelation zwischen Slow Oscillations und Veränderung der Leistungserwartung zum Zeitpunkt der Abfrage 1 (A1 - Baseline).....	86

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Werte der Sicherheitseinschätzung (Mittelwert \pm SEM)	67
Tabelle 2:	Deskriptive Statistik der Stimmung "Stolz" zu den drei Testzeitpunkten in der Lernphase für die Schlaf- und Wachgruppe	71
Tabelle 3:	Deskriptive Statistik der Stimmung "Freude" zu den drei Testzeitpunkten in der Lernphase	72
Tabelle 4:	Deskriptive Statistik der Stimmung "Müdigkeit" zu den drei Testzeitpunkten in der Lernphase	73
Tabelle 5:	Deskriptive Statistik der Stimmung "Müdigkeit" zu den drei Testzeitpunkten in der Testphase 1	75
Tabelle 6:	Deskriptive Statistik der Reaktionszeiten (in ms) im Vigilanztest zu den drei Testzeitpunkten	77
Tabelle 7:	Deskriptive Statistik der subjektiv empfundenen Schläfrigkeit zu den drei Testzeitpunkten	78
Tabelle 8:	Deskriptive Statistik für den Schweregrad der Depressivität in den Testphasen 1 und 2	80
Tabelle 9:	Deskriptive Statistik zum Ausprägungsgrad sozialer Ängstlichkeit	81
Tabelle 10:	Deskriptive Statistik zum Selbstkonzeptmodell	82
Tabelle 11:	Polysomnographische Daten der Schlafgruppe (n = 28)	84
Tabelle 12:	Deskriptive Statistik zur Anzahl von Schlafspindeln und Slow Oscillations	86

1 EINLEITUNG

Der Mensch ist ein soziales Wesen. Dies lässt sich unmittelbar nach der Geburt feststellen, da Babys ohne die Hilfe ihrer Mitmenschen, insbesondere der Mutter, nicht überlebensfähig sind. Um in einer sich ständig verändernden Umwelt bestehen zu können, müssen Menschen fähig sein, mit ihrem sozialen Umfeld zu interagieren. Das Erleben sozialer Erfahrungen stellt somit für jedes Individuum ein unverzichtbares Gut dar, mit dessen Hilfe man nicht nur über sich selbst lernt, sondern auch über andere. Diese Vielzahl an Eindrücken und Informationen, die tagsüber in der Schule, im Studium oder im Beruf gesammelt werden, muss letztendlich auch verarbeitet werden. Das Wissen, dass der Schlaf eine besondere Rolle bei der Verarbeitung von Informationen einnimmt, gewinnt in der Schlafforschung zunehmend an Bedeutung. Payne und Kensinger zeigen, dass sich bevorzugt emotionale Aspekte eines Erlebnisses im Gedächtnis gefestigt hatten, während weniger emotionale Faktoren vergessen wurden (Payne & Kensinger, 2010). Ebenso konnten Fischer und Born feststellen, dass der Abruf bestimmter Informationen, die später eine monetäre Belohnung versprechen sollten, besser im Gedächtnis behalten wurde (Fischer & Born, 2009). Wie aber steht es mit dem Erinnerungsvermögen in Bezug auf Informationen, die nicht nur uns selbst betreffen, sondern auch die Interaktion mit einem Mitmenschen? Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Beantwortung der Frage, inwiefern der Schlaf die Verarbeitung sozialer Informationen unterstützt.

1.1 Schlaf

Schlaf ist seit jeher ein unumgänglicher Teil unseres Lebens. Nachvollziehbar ist, dass dieses Thema bereits in der Antike aufgegriffen wurde. Hypnos stellt den griechischen Gott des Schlafs dar, der die Fähigkeit hat, Götter, Menschen und Tiere in den Tiefschlaf zu versetzen. Interessant erscheint, dass sein Bruder Thanatos der Gott des Todes ist. Beide lebten am Eingang der Unterwelt, welcher von dem Fluss Lethe gekreuzt wird, dem Fluss des Vergessens. Die Griechen

stellten folglich eine Verbindung zwischen Schlaf und Tod her und sahen diese Periode als eine Zeit an, in der Erinnerungen vergessen wurden. Möglicherweise entstand hieraus auch das Bild vom Schlaf als dem Bruder des Todes. Schließlich kann beim ersten Anblick Schlaf mit Tod verwechselt werden. Und selbst Ciceros (63 v. Chr.) bekanntes Zitat: „Den Schlaf nimm als das Bild des Todes“ verweist auf diesen faszinierenden, nicht ganz fassbaren Zustand. Über lange Zeit hinweg wurde der Schlaf als ein passiver Zustand betrachtet, der dem Tod vergleichbar ist (Siegel, 2009). Neuere Forschungen zeigen, dass Schlaf einen vorübergehenden Zustand reduzierter Bewusstseins- und Aktivitätslage darstellt (Tononi et al., 2024). Die Reaktionsfähigkeit auf Umweltreize ist dabei eingeschränkt. In Gegenüberstellung zum Koma kann der Schlaf jedoch durch entsprechende Reize unterbrochen werden (Zulley & Hajak, 2005). In dieser Hinsicht kann Schlaf als ein Zustand großer Verletzlichkeit angesehen werden. Während dieser Periode ist weder die Nahrungsbeschaffung noch die Fortpflanzung möglich. Schlaf muss folglich lebenswichtige Funktionen haben, die im nächsten Abschnitt eingehender erläutert werden. Schlaf tritt aller Voraussicht nach bei allen Wirbeltieren auf und sogar bei Wirbellosen wurden ähnliche Ruhephasen beobachtet (Cirelli & Tononi, 2008).

1.1.1 Funktionen des Schlafs

Das Phänomen des Schlafs mit seinen physiologischen Funktionen interessiert die Menschen nach wie vor. Glaubte man einst, der Schlaf sei ein rein inaktiver und passiver Zustand (Siegel, 2009), so bietet die moderne Schlafforschung weit mehr Lösungsansätze. Plausibel erscheint die Tatsache, dass während dieses passiven Vorgangs durch Reduktion aller biologischen Funktionen mehr Energie eingespart wird, als durch ruhiges Wachsein erreicht werden kann (Berger & Phillips, 1995; Siegel, 2005). Zudem ist die Proteinbiosynthese während des Schlafs erhöht, chemische Abbauprozesse werden beschleunigt und synthetische Prozesse verstärkt (Adam, 1980). Im Schlaf werden immunmodulatorische Funktionen begünstigt und Wachstumshormone erreichen zu dieser Zeit ihre Höchstwerte (Lange et al., 2010). Eine Studie an

Fadenwürmern zeigt, dass zelluläre Stressbedingungen, beispielsweise verursacht durch Hitze oder Kälte, ein verhaltensbedingtes Ruheprogramm induzieren (Hill et al., 2014). Tiere, die nicht in der Lage waren, dieses Ruheprogramm einzuleiten, wiesen erhöhte Konzentrationen zellulärer Stressreportergene auf, was wiederum ihre Überlebenschancen reduzierte. Dies erklärt, dass Schlaf Störungen der zellulären Homöostase abschwächt und die Überlebensfähigkeit erhöht. Er unterstützt jedoch nicht nur auf zellulärer Ebene, sondern reguliert ebenso metabolische Prozesse, die den Glukosestoffwechsel und die Appetitregulierung einschließen. Schlafmangel kann ein Risikofaktor für Fettleibigkeit und Typ-2-Diabetes darstellen, da der Schlaf ein wichtiger Modulator der Hormonfreisetzung ist (Knutson et al., 2007; Van Cauter et al., 2008). Mithilfe einer an Ratten durchgeführten Studie, in der die Tiere anhaltendem Schlafentzug ausgesetzt waren, konnte nachgewiesen werden, dass der Schlaf eine thermoregulatorische Funktion besitzt (Rechtschaffen & Bergmann, 1995). Die Nager zeigten ein auffällig wärmesuchendes Verhalten, während ein Enzym, das die Thermogenese reguliert, erhöht war. Eine weitere wichtige Erkenntnis, die diese Studie liefert, liegt in der lebenserhaltenden Funktion von Schlaf, da die Tiere innerhalb weniger Wochen verstarben. Beim Menschen kann chronischer Schlafmangel zu Reizbarkeit, Angst und Aggression führen (Krause et al., 2017) bis hin zu Suizidversuchen (Bernert & Joiner, 2007). Das dürfte bedeuten, dass ein Zusammenhang zwischen der nächtlichen Ruhephase und unserem Verhalten besteht. Im Alltag erleben wir unweigerlich viele Situationen affektiver Relevanz, die ohne Organisation zu einem emotionalen Ungleichgewicht und veränderten Verhalten führen würden. Inwiefern kann der Schlaf dazu beitragen, dass erworbene emotionale Erinnerungen verarbeitet werden? Cai schlägt vor, dass der Schlaf eine wichtige Rolle bei der Emotionsregulierung einnimmt (Cai, 1995). Eine der wohl faszinierendsten Eigenschaften des Schlafs stellt der positive Effekt dar, den dieser auf das Lernen und das Gedächtnis hat. Welche Rolle genau der Schlaf für das Gedächtnis darstellt, rückt zunehmend in den Gegenstand der Forschung. Inhalte können besser beibehalten werden, wenn nach der Informationsaufnahme statt einer Wachphase eine Schlafphase folgt (Barrett &

Ekstrand, 1972; Walker et al., 2002). Erfahrungen, die im Wachzustand gemacht werden, beeinflussen die regionale Hirnaktivität während des anschließenden Schlafs dahingehend, dass Hirnareale, die während der Bearbeitung einer Aufgabe aktiv waren, später im Schlaf wieder eine verstärkte Aktivierung aufzeigen (Maquet et al., 2000). Zahlreiche Studien befassten sich mit der Thematik der gedächtniskonsolidierenden Funktion des Schlafs (Peigneux et al., 2001; Walker & Stickgold, 2006). Hierbei handelt es sich um einen Prozess, bei dem kürzlich erlebte Erinnerungen im Schlaf reaktiviert und für das Langzeitgedächtnis umgewandelt werden (Rasch & Born, 2013). Eine ausführlichere Darstellung der Gedächtniskonsolidierung wird in Kapitel 1.2.2 erläutert.

1.1.2 Schlafstadien und Schlafprofil

Anfang des 20. Jahrhunderts gelang es Berger mithilfe seines Elektroenzephalogramms (EEG), den Grundstein für die moderne Schlafforschung zu legen. Bei dieser elektrophysiologischen Messmethode wird die elektrische Aktivität des Gehirns an der Schädeloberfläche abgeleitet und graphisch aufgezeichnet. Loomis und Kollegen konnten zeigen, dass ein Zusammenhang zwischen der jeweiligen Schlaftiefe und den verschiedenen elektroenzephalographischen Aufzeichnungen besteht und der Schlaf somit in unterschiedliche Stadien eingeteilt werden kann (Davis et al., 1937). Aserinsky und Kleitman beobachteten 1953 erstmalig ein Schlafstadium, das durch schnelle Augenbewegungen und vermehrte Hirnaktivität gekennzeichnet war, den REM-Schlaf (Rapid Eye Movement, REM). Diese bahnbrechende Entdeckung löste den ehemaligen Gedanken, der Schlaf sei ein passiver Zustand, ab und stellte sich als einen durchaus komplexen und geradezu hochaktiven Zustand dar. Initiiert durch die Erkenntnisse der letzten Jahrzehnte veröffentlichten Rechtschaffen und Kales die Standardkriterien zur Einteilung der Schlafstadien. Diese haben bis heute grundlegende Gültigkeit und wurden lediglich im Jahr 2007 durch die American Academy of Sleep Medicine überarbeitet (Iber, 2007). Demnach wird der Schlaf in REM-Schlaf und Non-REM-

Schlaf klassifiziert. Letzterer wird weiter unterteilt in die Stadien N1, N2 und N3. Um den Schlafverlauf in seiner Gesamtheit zu untersuchen, werden zusätzlich zur EEG-Ableitung ein Elektrookulogramm (EOG) und ein Elektromyogramm (EMG) benötigt. Diese registrieren Augenbewegungen sowie den Tonus der Haltemuskulatur und bilden gemeinsam mit dem EEG die sogenannte Polysomnographie. Die Definition der einzelnen Schlafstadien erfolgt auf elektrophysiologischer Ebene und soll im Folgenden erläutert werden. Im entspannten Wachzustand sind Alpha-Wellen mit einer Frequenz von 8 bis 13 Hz charakteristisch. Im EOG finden sich unregelmäßige Augenbewegungen, im EMG herrscht ein hoher Muskeltonus vor. Das Schlafstadium N1 bildet den Übergang zwischen Wach- und Schlafzustand und ist meist von kurzer Dauer (1 – 7 Minuten). Es ist gekennzeichnet durch kleiner und langsamer werdende Thetawellen (4 – 7 Hz), langsame rollende Augenbewegungen und Vertexzacken. Der Muskeltonus und die Herzfrequenz sinken. Stadium N2 symbolisiert den leichten Schlaf. Das EEG wird bestimmt von Graphoelementen wie Spindeln und K-Komplexen. K-Komplexe treten als Wellen negativer Auslenkung auf, unmittelbar gefolgt von einem positiven Ausschlag (Hori et al., 2001), mit niedriger Frequenz (1 – 2 Hz) und hoher Amplitude (125 – 150 μ V), die eine Dauer von 0,5 Sekunden nicht unterschreiten. Spindeln stellen kurze Wellenfolgen stabiler Frequenzen von 12 – 14 Hz mit an- und absteigender Amplitude dar, die für mindestens 0,5 Sekunden sichtbar sind (Trenker et al., 1998). Augenbewegungen sind nur noch gelegentlich erkennbar und der Muskeltonus nimmt im Vergleich zu Stadium N1 weiter ab. Nahezu 50 % der Gesamtschlafdauer fällt auf dieses Schlafstadium zurück (Rasch & Born, 2013). Das darauffolgende Stadium N3 ist gekennzeichnet durch langsame Delta-Wellen mit einer Frequenz von 1 – 4 Hz und einer Amplitude von mindestens 75 μ V. Im EOG sind Augenbewegungen nur selten feststellbar und der Muskeltonus im EMG reduziert sich fortwährend. Dieses Stadium, auch Slow Wave Sleep (Langsamer-Wellen-Schlaf) genannt, verdankt seinen Namen eben dieser charakteristischen Delta-Aktivität und gilt als Tiefschlafphase. Fast ein Viertel des menschlichen Schlafes besteht aus dieser Tiefschlafphase. Zusammengefasst werden die Stadien N1 bis N3 auch als orthodoxer Schlaf bezeichnet.

Demgegenüber steht der paradoxe Schlaf, bei dem es sich um den REM-Schlaf handelt. Paradox erscheint er deshalb, weil das EEG mit seiner hohen Frequenz und niedrigen Amplitude dem eines aufmerksamen wachen Menschen ähnelt. Charakteristisch ist das Auftreten von schnellen, konjugierten Augenbewegungen, welche ihm die Bezeichnung REM (Rapid Eye Movement) gaben. Im EMG liegt eine Muskelatonie vor, während gleichzeitig die Herz- und Atemfrequenz sowie der Blutdruck ansteigen. Bekannt ist, dass der Metabolismus des Gehirns während des Slow Wave Sleep (SWS) absinkt, wohingegen der Energieumsatz im REM-Schlaf mit dem bei Wachheit vergleichbar ist (Maquet, 1995). Annähernd 25 % des Gesamtschlafs entfallen bei Erwachsenen auf das REM-Stadium, während der Anteil bei Kindern deutlich höher liegen kann. Werden Versuchspersonen aus diesem Schlafstadium geweckt, berichten viele von intensiven und affektbetonten Traumerlebnissen mit geradezu halluzinatorischem Charakter, weshalb es auch als Traumschlaf bezeichnet wird.

1.1.3 Schlafarchitektur

Das Wechselspiel der unterschiedlichen Schlafphasen in einer Nacht unterliegt einem ultradianen Rhythmus und wird auch als Schlafarchitektur bezeichnet. Der Schlafverlauf beginnt mit dem oberflächlichen Schlaf (Stadium N1), der seinen Übergang in den leichten Schlaf N2 findet. Anschließend verläuft er stufenweise in die Tiefschlafphase N3 und in die erste REM-Phase. Dabei wechseln sich Non-REM und REM circa alle 90 Minuten ab und wiederholen sich vier bis fünf Mal in einer Nacht. In der ersten Nachthälfte überwiegt der Non-REM-Schlaf mit seinen tiefen Schlafphasen, wohingegen die zweite Hälfte der Nacht vermehrt von REM-Schlaf gekennzeichnet ist (Rasch & Born, 2013). Die graphische Darstellung der Abfolge solcher Schlafstadien erfolgt in einem Hypnogramm. Abbildung 1 zeigt das Hypnogramm eines gesunden Individuums.

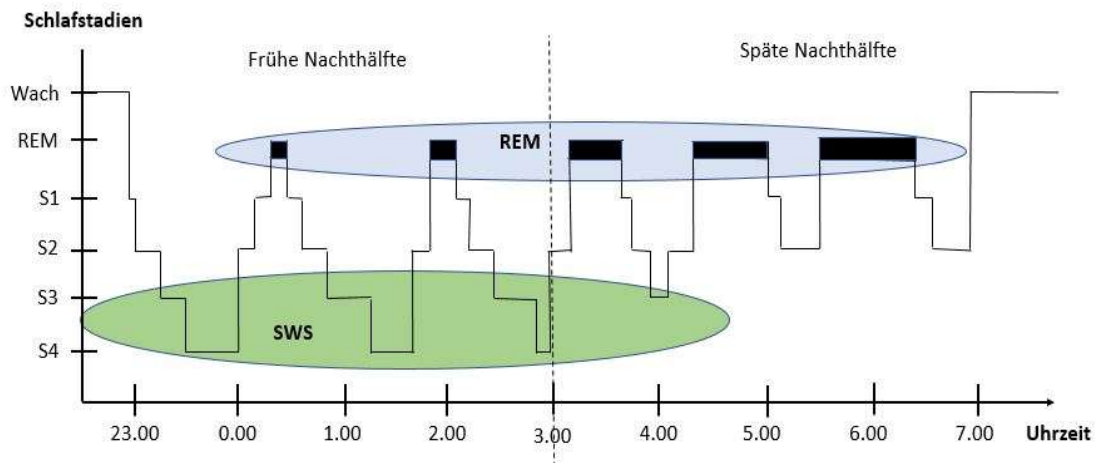


Abbildung 1: Vereinfachte Darstellung eines Hypnogramms im Verlauf einer Nacht
 Auf der Ordinate sind die Schlafstadien aufgetragen. Stadium S1 entspricht N1, S2 dem Stadium N2, S3 und S4 entsprechen dem Tiefschlafstadium N3. Auf der Abszisse ist die Uhrzeit dargestellt. Zu Schlafbeginn dominiert Tiefschlaf, im Verlauf der Nacht zeigt sich eine deutliche Zunahme des REM-Schlafs. Modifiziert aus Rasch und Born (Rasch & Born, 2013).

Die natürliche Schlafdauer variiert interindividuell und verändert sich mit dem Alter. Während sie bei Säuglingen durchaus zwischen 16 und 18 Stunden pro Tag betragen kann (Roffwarg et al., 1966), findet sich für Erwachsene im Mittel ein Wert von etwa 7 bis 8 Stunden (Stephoe et al., 2006). Nicht nur die Schlafzeit reduziert sich im Alter, auch die Häufigkeit des nächtlichen Erwachens, sogenannte Arousals, nimmt zu (Mathur & Douglas, 1995). Ebenso wie der Schlaf, unterliegen auch endokrine Systeme einem zirkadianen Rhythmus. Bierwolf et al. belegen, dass die Hypophysen-Nebennieren-Aktivität während des frühen nächtlichen Schlafs einen hemmenden Einfluss erfährt, sodass die Stresshormone ACTH (Adrenocorticotropes Hormon) und Cortisol unterdrückt werden (Bierwolf et al., 1997). Das Ende der Nacht zeugt von einem deutlichen Anstieg der Konzentrationen von ACTH und Cortisol, die morgens kurz nach dem Aufwachen ihr Maximum erreichen. Die Hormonausschüttung könnte als adaptive Reaktion auf den Stress des Aufwachens gedeutet werden (Born et al., 1999; Späth-Schwalbe et al., 1992).

1.2 Gedächtnis

Seit der Antike beschäftigt das Gedächtnis Philosophen wie Aristoteles und Hippokrates. Während Aristoteles den Sitz des Verstandes und der Erinnerung im Herzen lokalisierte, vermutete Hippokrates das menschliche Gedächtnis im Gehirn. Unter dem Begriff Gedächtnis (Mnestik) versteht man die Fähigkeit, Informationen abzuspeichern, aufzubewahren und bei Bedarf wieder abzurufen. Ohne dieses würden Eindrücke und Erfahrungen verloren gehen. Es stellt die Voraussetzung für unser Verhalten dar, welches über einst vergangene Erlebnisse das gegenwärtige und zukünftige Verhalten lenkt. Erste Gedächtnisexperimente lieferte der deutsche Psychologe Ebbinghaus (1850 - 1909), indem er eine Liste sinnloser Silben (z. B. CAZ, WUX und NAK) auswendig lernte. Anschließend notierte er, wie viele er sich einprägen konnte und berücksichtigte dabei nicht nur, wie lange die Erinnerung anhielt, sondern die Anzahl der Wiederholungen. Nach einmaligem Lernen lag seine Behaltensleistung immer bei circa sieben Silben, die er kurz darauf aber wieder vergaß. Nach wiederholtem Lernen steigerte sich seine Behaltensleistung (Ebbinghaus, 1885). Er schlussfolgerte daraus, dass Erinnerungen im Gedächtnis in Stufen abgespeichert werden müssen und legte so einen Grundstein für die Erforschung der verschiedenen Gedächtnissysteme.

1.2.1 Gedächtnissysteme

1968 präsentierten Atkinson und Shiffrin ihr Mehrspeichermodell, bei dem drei Gedächtnisformen unterschieden werden. Es handelt sich hierbei um das sensorische Gedächtnis (Ultrakurzzeitgedächtnis), das Kurzzeitgedächtnis und das Langzeitgedächtnis. Anfangs wird ein visueller oder auditiver Reiz unbewusst im sensorischen Gedächtnis aufgenommen und nur für Millisekunden gespeichert. Die aufgenommene Information geht schnell verloren, allerdings ist die Kapazität dieser Gedächtnisform relativ groß. Dies erscheint unter dem Aspekt sinnvoll, dass nicht alle eintreffenden Informationen, zumal es sich um eine enorme Anzahl handelt, verarbeitet werden können. Je nach Relevanz

erfolgt eine Übertragung der Reize in das Kurzzeitgedächtnis. Die Informationen werden verarbeitet und diesmal bewusst wahrgenommen. Die Speicherkapazität beträgt hier sieben Bedeutungseinheiten (± 2) für Sekunden bis wenige Minuten (Miller, 1994). 1974 postulierten Baddeley und Kollegen den Begriff des Arbeitsgedächtnisses, da das Kurzzeitgedächtnis anhand ihrer Auffassung Informationen nicht nur speichert, sondern aktiv verarbeitet und schließlich an das Langzeitgedächtnis übermittelt. Die beiden Begriffe werden heute teilweise noch synonym verwendet (Baddeley, 2012). Das Arbeitsgedächtnis ist zudem an vielen höheren kognitiven Funktionen beteiligt und stellt somit die Grundlage verschiedener exekutiver Funktionen dar (Smith & Jonides, 1999), die eine Adaptation an alltägliche Situationen erlauben. Eine wesentlich höhere Speicherkapazität besitzt das Langzeitgedächtnis, sodass man von einem permanenten Wissensspeicher ausgehen kann. Dieses kann qualitativ unterteilt werden in einen deklarativen und einen non-deklarativen Anteil (Squire & Zola, 1996), siehe Abbildung 2. Das deklarative Gedächtnis beinhaltet Faktenwissen (semantisches Gedächtnis) sowie persönliche Ereignisse und Erlebnisse (episodisches Gedächtnis), an die sich bewusst (explizit) erinnern lässt. Das non-deklarative Gedächtnis ist dem Bewusstsein nicht direkt zugänglich und wird deshalb auch als implizites Gedächtnis bezeichnet. Es lässt sich in vier Teilsysteme gliedern: prozedurales Gedächtnis, Priming, klassische Konditionierung und non-assoziatives Lernen. Das prozedurale Gedächtnis beinhaltet das Erlernen heterogener Fertigkeiten wie beispielsweise Fahrradfahren. Als anatomisches Korrelat des deklarativen Gedächtnissystems können Areale des medialen Temporallappens, wie der Hippocampus (Eichenbaum, 2000), angesehen werden, während das non-deklarative Gedächtnis von diesen Strukturen unabhängiger zu sein scheint (Walker & Stickgold, 2006).

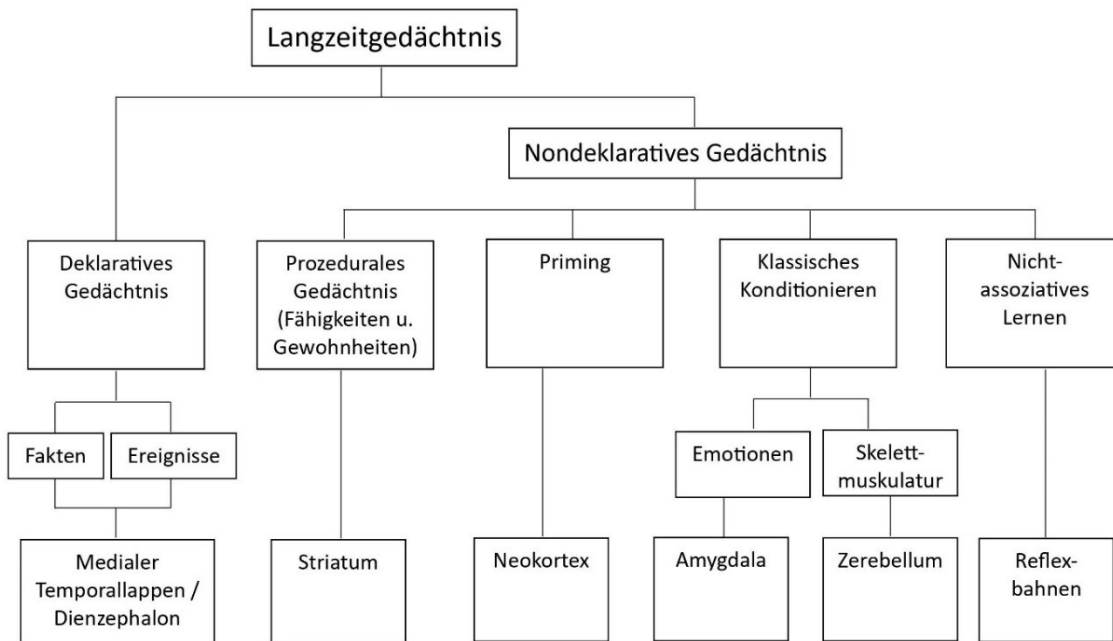


Abbildung 2: Systematik des Langzeitgedächtnisses
 Modifiziert aus Squire and Zola (Squire & Zola, 1996).

1.2.2 Gedächtnisbildung

Die Gedächtnisbildung lässt sich im Allgemeinen in drei Phasen einteilen, bestehend aus Enkodierung, Konsolidierung und Abruf. Bei der Enkodierung handelt es sich um die initiale Phase der Informationsverarbeitung, in der neue Reize aufgenommen und weiterverarbeitet werden. Der aufgenommene Reiz führt zur Bildung einer neuen labilen Gedächtnisspur, die vorerst sehr anfällig für Störungen ist (Rasch & Born, 2013). Die Stabilisierung und Festigung solcher anfangs fragiler Gedächtnisspuren wird als Konsolidierung bezeichnet. Ohne sie würden die kürzlich erworbenen Informationen u. a. mit der Zeit oder aufgrund interferierender neuer Materials schnell in Vergessenheit geraten (Wixted, 2004). In der Abrufphase werden die gespeicherten Informationen wieder verfügbar gemacht. Bereits vor über hundert Jahren erkannten Müller und Pilzecker, dass beim Lernen neuronale Prozesse aktiviert und sukzessive gefestigt werden (Müller & Pilzecker, 1900). Dabei werden die neu enkodierten Erinnerungen in bereits existierende Langzeiterinnerungen integriert und mit diesen verknüpft (Born et al., 2006). Die Konsolidierung kann auf synaptischer oder systemischer Ebene ablaufen. Während die synaptische Konsolidierung

direkt im Anschluss an das Lernen erfolgt, nimmt die Systemkonsolidierung längere Zeit in Anspruch, die über Jahre gehen kann (Dudai, 2004). Die Hypothese der synaptischen Homöostase besagt, dass die Informationsaufnahme während einer Wachphase einen Anstieg der synaptischen Stärke im Gehirn bewirkt. In der anschließenden Schlafperiode würden die synaptischen Verbindungen global herunterreguliert, um ein Gesamtgleichgewicht der synaptischen Stärke zu bewahren und die Synapsen für nachfolgende Enkodierungen wieder zur Verfügung zu stellen (Diekelmann & Born, 2010; Vyazovskiy et al., 2008). Sie stellt somit eine eher passive Form der Gedächtniskonsolidierung dar. Bei der aktiven Systemkonsolidierung hingegen werden neue Informationen, die während einer Wachphase erlebt wurden, parallel in neokortikalen Netzwerken und im Hippocampus kodiert. Im Schlaf erfahren die neuen Gedächtnisspuren eine erneute Reaktivierung und Umverteilung in den neuronalen Netzwerken. Diese werden sukzessive an bereits bestehende neokortikale Repräsentationen angepasst, die zu qualitativen Umwandlungen dieser führen können (Diekelmann & Born, 2010; McClelland et al., 1995). Dieser hippocampal-neokortikale Dialog wurde insbesondere für die deklarative Gedächtniskonsolidierung beschrieben. Nach Marr stellt der Hippocampus eine Art schnell lernenden temporären Speicher dar, der eine begrenzte Anzahl an Informationen aufnehmen kann (Marr, 1971). Der Neokortex fungiert als langsam lernender permanenter Speicher, auf den die Informationen dann schrittweise übertragen werden. Um die neuen Erinnerungen nicht zu vergessen, werden diese in Offline-Phasen, beispielsweise in einer Schlafphase, in der keine zusätzlichen Interferenzen stattfinden, wiederholt reaktiviert und gefestigt. Mit der Zeit entsteht somit eine gewisse Unabhängigkeit vom Hippocampus. Diese kann durch Studien bestätigt werden, die sich mit Schädigungen am Hippocampus beschäftigten. Patienten mit Läsionen in diesem Bereich waren nicht imstande, neue deklarative Erinnerungen aufzunehmen und litten somit unter einer anterograden Amnesie. Zeitgleich wiesen sie eine retrograde Amnesie auf für Ereignisse, die eine bestimmte Zeit vor dem Eintritt der Läsion stattfanden. Auf ältere Erinnerungen konnte zurückgegriffen werden, da diese bereits im Neokortex gespeichert wurden (Squire & Zola, 1996). Im

Gegensatz zum deklarativen Gedächtnis sind bei der prozeduralen Gedächtniskonsolidierung verschiedene Hirnregionen beteiligt. Hierzu gehören unter anderem das Kleinhirn, das Striatum und der motorische Kortex (Ungerleider et al., 2002). Bei der prozeduralen Gedächtniskonsolidierung glaubte man lange Zeit, diese sei nicht auf den Hippocampus angewiesen. Neuere Studien zeigen jedoch eine Beteiligung des Hippocampus an der Konsolidierung von prozeduralen Erinnerungen (Albouy et al., 2013).

1.3 Gedächtnisbildung im Schlaf

Unser heutiges Wissen über die Rolle des Schlafs für die Gedächtnisbildung findet seinen Ursprung bereits im 19. Jahrhundert, als dem Gedächtnisforscher Ebbinghaus auffiel, dass nach einer Lernperiode die Vergessensrate zügig ansteigt, aber eine Nacht Schlaf hilft, das Vergessen zu reduzieren (Ebbinghaus, 1885). Rosa Heine berichtete 1914 in ihrer Dissertation, dass der Lernerfolg vor dem Schlafengehen am höchsten sei (Heine, 1914). Dies könnte einerseits daran liegen, dass im Schlaf gewisse neuronale Aktivierungsmuster vorkommen (Piosczyk et al., 2009). Andererseits könnte die im Wachzustand erfolgende weitere Reizaufnahme die Speicherung der alten Informationen stören, sodass die im Schlaf fehlenden Interferenzen einen positiven Einfluss auf die Gedächtnisbildung ausüben (Van Ormer, 1933).

1.3.1 Beitrag des Schlafs für die Gedächtniskonsolidierung

Zahlreiche Studien bestätigen den Effekt des Schlafs sowohl auf das deklarative als auch auf das prozedurale Gedächtnis (Fischer et al., 2002; Ruch et al., 2012). Deklarative Gedächtnisinhalte können besser behalten werden, wenn auf die Lernphase eine Schlafphase anstatt einer äquivalent langen Periode des Wachseins folgt (Jenkins & Dallenbach, 1924; Jessica D Payne et al., 2012). Eine Studie von Gais und Kollegen verdeutlicht dies, indem sie Probanden Vokabellisten auswendig lernen ließen (Gais et al., 2006). Diejenigen, die

innerhalb der nächsten Stunden nach dem Lernen schlafen durften, zeigten bessere Ergebnisse als Probanden, die sich erst später schlafen legten. Der Abruf erfolgte dann für beide Gruppen nach einem Retentionsintervall mit Erholungsschlaf, um Auswirkungen von Müdigkeit und zirkadianen Faktoren zu vermeiden, sowie die Menge an Interferenzen auf einem ähnlichen Niveau zu halten. Neben deklarativen Aufgaben wurden auch non-deklarative Aufgaben getestet und auch hier war ein positiver Effekt von Schlaf auf die Gedächtnisbildung nachweisbar. Solche prozeduralen Aufgaben stellen beispielsweise sequenzielle motorische Aufgaben dar, sogenanntes „finger tapping“. In einer Studie von Fischer und Kollegen sollten Versuchspersonen hierzu eine vorgegebene Fingerfolge so schnell wie möglich mit ihrer Hand tippen (Fischer et al., 2002). Motorische Erinnerungen wurden besser konsolidiert, dies zeigte sich durch eine erhöhte Geschwindigkeit der Sequenzleistung beim Abrufttest, wenn nach der Übung geschlafen wurde, im Vergleich zu äquivalenten Wachintervallen. Und auch in dieser Studie wurden zirkadiane Rhythmen sowie Effekte von Müdigkeit ausgeschlossen, indem die Wiederholungsprüfung erst nach einer Erholungsnacht stattfand. Die empirischen Studien verdeutlichen, dass die konsolidierende Wirkung des Schlafs in allen Gedächtnissystemen eine Rolle spielt. Es stellt sich die Frage, welche Erinnerungen konsolidiert, welche überschrieben und welche schlichtweg vergessen werden. Hierbei spielt eine gewisse Intention beim Enkodieren eine Rolle. Persönlich relevante Inhalte werden während des Schlafs stärker konsolidiert als Elemente, denen keine größere Bedeutung zugeschrieben wird (Rauchs et al., 2011). Ebenso verhält es sich bei Erinnerungen, die in Verbindung mit einer zu erwartenden Belohnung stehen (Fischer & Born, 2009). Probanden, die zwei Sequenzen einer motorischen Fingertapping-Aufgabe trainierten, zeigten nach einer Nacht Schlaf Leistungssteigerungen bei der Sequenz, die zuvor mit einer monetären Belohnung assoziiert wurde. Interessant erscheint zudem die Studie von Van Dongen und Kollegen, die feststellen konnten, dass Inhalte, die eine zukünftige Relevanz, also einen zukünftigen Nutzen bringen, bevorzugt konsolidiert werden und dieser Effekt schlafabhängig ist (van Dongen et al., 2012). Die Versuchsteilnehmer lernten hierzu zwei Sets von Bild-Ort-Assoziationen, von

denen ein Set nach einem 14-stündigen Behaltensintervall, das entweder eine Wach- oder eine Schlafphase beinhaltete, erneut abgefragt wurde. Entgegen der Erwartung der Probanden wurden beim Abrufftest beide Sets getestet. Die Gedächtnisleistung der Schlafgruppe war der Wachgruppe signifikant überlegen, und zwar für das Set, welches als später relevant klassifiziert wurde.

1.3.2 Rolle verschiedener Schlafphasen in der Gedächtniskonsolidierung

Der Schlaf kann, wie in 1.1.2 beschrieben, nicht monolithisch betrachtet werden, sondern vereinigt verschiedene Schlafstadien. So ist nicht verwunderlich, dass nach der Entdeckung des REM-Schlafs, in Abgrenzung zum Non-REM-Schlaf, die Frage aufkam, welchen Beitrag die verschiedenen Schlafstadien zu der schlafabhängigen Gedächtniskonsolidierung haben könnten. Werden Erinnerungen eher während des SWS oder im REM-Schlaf verarbeitet und gespeichert? Frühere Studien befassten sich häufig mit dem REM-Schlaf und bedienten sich hierbei der umstrittenen Methode der selektiven REM-Schlaf-Deprivation. Sobald die Anzeichen von REM-Schlaf aufkamen, wurde der Schlaf unterbrochen. Tierversuche zeigten signifikante Gedächtnisdefizite nach REM-Schlafentzug (Fishbein, 1971; Shaffery et al., 2006; Smith et al., 1998). Dies konnte allerdings in Humanexperimenten nicht ausreichend bestätigt werden. Während einige Studien die Befunde verschlechterter Gedächtnisleistungen bestätigten (Karni et al., 1994; Tilley & Empson, 1978), zeigten andere Studien unveränderte Gedächtnisfunktionen (Castaldo et al., 1974; Ekstrand et al., 1971). Die uneinheitliche Befundlage könnte auf die umstrittene Methode an sich zurückzuführen sein. Durch die wiederholten Unterbrechungen des Schlafs könnte eine Stressreaktion verursacht worden sein, die die Erinnerungsdefizite verschuldet (Born & Gais, 2000) und nicht mit dem Verlauf des natürlichen nächtlichen Schlafs vergleichbar ist. Um dieses Deprivationsparadigma zu umgehen, nutzten Ekstrand und Kollegen den natürlichen zirkadianen Rhythmus der verschiedenen Schlafphasen (Barrett & Ekstrand, 1972; Yaroush et al., 1971). Während, wie bereits erwähnt, SWS bevorzugt in der ersten Nachthälfte dominiert, findet sich in der zweiten Nachthälfte vorwiegend REM-Schlaf

(siehe vereinfachtes Hypnogramm, Abb. 1). Studenten wurden hinsichtlich ihres Erinnerungsvermögens für Wort-Paar-Assoziationen nach einem vierstündigen Behaltensintervall getestet. Die erste Gruppe lernte vor dem Zubettgehen, der Abruf fand nach den ersten vier Stunden Schlaf (der von SWS dominiert ist) statt. Die zweite Gruppe durfte zuerst den Tiefschlaf abarbeiten, wurde für die Lernphase geweckt und absolvierte den Abruf nach der zweiten Nachthälfte (REM-reicher Schlaf). Die Lernphase der letzten Gruppe erfolgte tagsüber, wobei der Abruf nach einem Behaltensintervall von vier Stunden ohne Schlaf stattfand. Die erste Gruppe war den anderen beiden Gruppen hinsichtlich des Erinnerungsvermögens überlegen. Dies lässt den Schluss zu, dass ein Zusammenhang zwischen der Menge an SWS und einer verbesserten Gedächtnisfunktion besteht. Da Ekstrand und Kollegen in ihren Experimenten nur deklarative Aufgaben nutzten, konnte ihre Hypothese nur auf die deklarative Gedächtniskonsolidierung bezogen werden.

Aufbauend auf dem Konzept von Ekstrand konnte die Arbeitsgruppe von Born diese Hypothese stützen und auch auf das non-deklarative Gedächtnis erweitern, indem sie prozedurale Gedächtnisaufgaben einbauten (Plihal & Born, 1997, 1999). Probanden, die ihre Lernphase vor der ersten Nachthälfte absolvierten, schnitten bei deklarativen Gedächtnisaufgaben, im Gegensatz zu einer Kontrollgruppe, besser ab, waren aber schlechter bei prozeduralen Aufgaben. Umgekehrt verhielt es sich bei Probanden, die vor der zweiten Nachthälfte lernen durften, sie zeigten verbesserte Gedächtnisleistungen bei prozeduralen Gedächtnisaufgaben. Die Studienergebnisse scheinen darauf hinzuweisen, dass der frühe SWS-reiche Schlaf die Konsolidierung von deklarativen Gedächtnisinhalten fördert, während der späte REM-reiche Schlaf die Konsolidierung des nicht-deklarativen Gedächtnisses unterstützt (Smith, 2001). Die Hypothese, dass unterschiedliche Schlafstadien an der Konsolidierung verschiedener Gedächtniserinnerungen beteiligt sind, bezeichnet die „Dual Process Hypothese“ (Rasch & Born, 2013). Andere Studien hingegen zeigten, dass weitere Merkmale berücksichtigt werden müssen. Die Ergebnisse einer Studie von Rauchs und Kollegen deuten darauf hin, dass das deklarative Gedächtnis auch vom REM-reichen Spätschlaf profitieren kann (Rauchs et al.,

2004). Gais und andere zeigten wiederum, dass SWS positive Effekte auf das prozedurale Gedächtnis haben kann (Gais et al., 2000). Aufgrund der unterschiedlichen Datenlage liegt die Vermutung nahe, dass das Zusammenspiel von SWS und REM-Schlaf optimale Bedingungen für die Konsolidierung sowohl deklarativer als auch nicht-deklarativer Gedächtnisinhalte bietet (Gais et al., 2000). Die sequentielle Hypothese besagt, dass die zyklische Abfolge von SWS und REM die besten Voraussetzungen für die Gedächtniskonsolidierung schafft (Giuditta et al., 1995). Da Gedächtnisaufgaben nicht ausschließlich deklarativ sind, sondern auch prozedurale Anteile beinhalten und umgekehrt, wird deutlich, dass die schlafbezogene Gedächtniskonsolidierung auf der Interaktion zwischen verschiedenen Systemen beruht (Born & Wagner, 2004).

1.3.3. Neurobiologische Grundlagen

Schlafphasen zeichnen sich durch spezifische elektrische Feldpotentialrhythmen der Gehirnaktivität aus, die Informationsübertragungen zwischen den verschiedenen Hirnregionen erlauben. Charakteristisch für den SWS sind neokortikale langsame Oszillationen (Slow Oscillations), Spindeln und Rippel (Sharp-Wave-Ripples). Diese könnten an der Reaktivierung und Umverteilung von Gedächtnisrepräsentationen beteiligt sein (Rasch & Born, 2013). Wie in Abschnitt 1.2.2 beschrieben, dient der Hippocampus als eine Art Zwischenspeicher, der die neu kodierten Informationen allmählich auf den Neokortex überträgt. Für den Transfer sind unter anderem Slow Oscillations verantwortlich, die im Neokortex entstehen und sich auf subkortikale Gebiete wie den Hippocampus ausbreiten. Diese Slow Oscillations (< 1 Hz) sind neuronale Membranpolarisationen, die in ihrem „Down-State“ eine Hyperpolarisation und in ihrem „Up-State“ eine Depolarisation auslösen. In der Zeit der Depolarisation werden Schlafspindeln (12 – 14 Hz) im Thalamus generiert und gelangen als thalamo-kortikale Spindeln in neokortikale Gebiete. Parallel entstehen im Hippocampus Sharp-Wave-Ripples (100 – 300 Hz), die schnell depolarisierende Ereignisse darstellen (Klinzing et al., 2019).

Die Theorie der aktiven Systemkonsolidierung geht davon aus, dass die im Wachzustand enkodierten Ereignisse während des darauffolgenden SWS, durch Slow Oscillations initiiert, wiederholt im Hippocampus reaktiviert werden. Dies geschieht synchron mit thalamo-kortikalen Spindeln und hippocampalen Rippeln. Die aufeinander abgestimmten Ereignisse führen zur Bildung von Spindel-Rippel-Events (Phasenkopplung von Spindeln und Rippeln), welche den Transfer der reaktivierten Informationen vom Hippocampus zum Neokortex bewirken. Die „Ankunft“ des hippocampalen „Outputs“ im Neokortex erfolgt zeitgleich mit der Spindelaktivität während des Up-States der Slow Oscillations und führt zu kontinuierlichen synaptischen plastischen Veränderungen. Die hierdurch erfolgte Speicherung der Informationen im Kortex, auch als synaptische Konsolidierung bezeichnet, wird durch den anschließenden REM-Schlaf unterstützt (Diekelmann & Born, 2010). Kennzeichnend für den REM-Schlaf bei Ratten sind ponto-geniculo-occipitale (PGO) Wellen und Theta-Aktivität. Beim Menschen sind diese elektrischen Feldpotentialschwingungen weit weniger ausgeprägt. Ausgelöst werden die PGO-Wellen durch einen Anstieg synchronisierter Aktivität, die sich vom Hirnstamm (Pons) bevorzugt in Richtung Nucleus Geniculatum und zum visuellen Kortex erstrecken (Axmacher et al., 2008; Buzsáki, 2002). Sie stehen in zeitlicher Beziehung zu Theta Oscillations, da beide phasengekoppelt miteinander verbunden sind (Karashima et al., 2007). Außerdem soll eine Zunahme der PGO-Wellendichte während REM plastische Prozesse fördern und somit in Zusammenhang mit einer effektiven Konsolidierung stehen (Datta, 2000). Studien an Ratten zeigten, dass eine Aktivierung von Zellen, die die PGO-Wellen erzeugen, zu einer erhöhten Konzentration an sogenannten „immediate early genes“ (IEGs) beitragen (Datta et al., 2008). Diese „immediate early genes“ werden mit Plastizität in Verbindung gebracht. Theta Oscillations (4 – 8 Hz) könnten als eine Art Taktgeber dienen, welche die Informationsübertragung vom Neokortex zu hippocampalen Strukturen koordinieren und infolgedessen synaptisch-plastische Prozesse begünstigen (Battaglia et al., 2011). Fogel und Kollegen lieferten den ersten Beweis für den Beitrag der Theta Oscillations für die Konsolidierung des deklarativen Gedächtnisses (Fogel et al., 2007). Theta-Aktivität soll während des REM-Schlafs unter anderem zur Konsolidierung

emotionaler Erinnerungen beitragen (Nishida et al., 2009). In einer Studie von Nishida und Kollegen korrelierte die Verbesserung des emotionalen Gedächtnisses mit der Menge an REM-Schlaf und mit dem Ausmaß der Theta-Aktivität während der REM-Phase.

Überdies ist die Theta-Aktivität im REM-Schlaf an dem Downscaling-Prozess beteiligt (Born & Feld, 2012). Während sich die Gesamtfeuerungsraten im Hippocampus während aufeinanderfolgender Non-REM-Episoden erhöhten, nahm die Entladungsrate während des dazwischenliegenden REM-Schlafs ab. Dabei ist interessant, dass dieser Rückgang der Feuerungsrate in Verbindung mit Ripple-Ereignissen steht (Grosmark et al., 2012).

Diesen Daten zufolge könnte ein vorangegangener Ripple Gedächtnisrepräsentationen für die weitere Verarbeitung markiert haben, sodass der REM-Schlaf auf diese Repräsentationen einwirken könnte. Folglich würde ein Theta-assoziiertes Selektionsmechanismus zwischen relevanten und irrelevanten Erinnerungen entscheiden (Klinzing et al., 2019). Diese Theorie ist bis dato jedoch noch nicht ausreichend erforscht.

Während des Schlafs können nicht nur neurophysiologische Veränderungen beobachtet werden. Der Schlaf und die verschiedenen Schlafstadien zeichnen sich auch durch ein bestimmtes neurochemisches Milieu mit verschiedenen Neuromodulatoren und Hormonen aus. Im SWS sinkt die cholinerge Aktivität auf ein Minimum, während im anschließenden REM-Schlaf ein Anstieg von Acetylcholin im Hippocampus nachgewiesen werden konnte. Forscher sehen einen Zusammenhang zwischen Acetylcholin und der Gedächtniskonsolidierung (Graves et al., 2001). Hasselmo schlägt vor, dass hohe Acetylcholinspiegel, die im Wachzustand vorhanden sind, die Enkodierung neuer Informationen erleichtern (Hasselmo, 1999). Die geringe cholinerge Aktivität während SWS hingegen begünstigt die Kommunikation der Informationen vom Hippocampus zurück zum entorhinalen Kortex. Der REM-Schlaf könnte letztlich bewirken, dass neokortikale Strukturen im Sinne einer Reanalyse diese neuen Informationen in Bezug auf frühere Repräsentationen neu interpretieren und dadurch sogar neue Feedforward-Repräsentationen für zukünftiges Verhalten entwickeln. Auf ganz ähnliche Weise verhält es sich beim Stresshormon Cortisol, welches ebenfalls

einem zyklischen Verlauf obliegt. In der ersten Nachthälfte ist die Cortisolkonzentration auf ein Minimum reduziert, in der zweiten Nachthälfte steigt die Konzentration an und findet in den frühen Morgenstunden ihren höchsten Wert. Auch hier zeigt sich ein Zusammenhang zwischen der Glukokortikoidausschüttung und der Konsolidierung von Erinnerungen. In einer Studie führte die pharmakologische Erhöhung der Kortisolkonzentration während SWS zu einer Hemmung der Konsolidierung deklarativer Gedächtnisinhalte (Wagner & Born, 2008).

Unterschiedlich verhält es sich bei der noradrenergen Aktivität, die in der Wachphase hoch ist, während SWS mittlere Werte zeigt und während REM auf ein Minimum reduziert ist. Die noradrenerge Aktivität soll eine Rolle bei der Gedächtniskonsolidierung spielen, da sie mit dem depolarisierenden Anstieg der Slow Oscillations während SWS zusammenzuhängen scheint (Eschenko et al., 2012). Gais und Kollegen zeigten, dass eine pharmakologische Reduzierung des Noradrenalinpiegels im SWS zu einer schlechteren Abrufleistung bei einer Geruchserkennungsaufgabe führte, während eine Erhöhung der NoradrenalinKonzentration gegenteilige Resultate zeigte (Gais et al., 2011). Eine andere Studie belegte jedoch, dass die Gabe von Noradrenalin-Wiederaufnahmehemmern während REM die prozeduralen Fähigkeiten der Probanden überraschenderweise nicht einschränkte (Rasch et al., 2009). Die uneinheitliche Befundlage zeigt, dass es hier weiterer Forschung bedarf. Ein weiteres Hormon, welches in Abhängigkeit zirkadianer Rhythmik steht, ist das sogenannte „Growth Hormone“ (GH). Das Wachstumshormon wird zunehmend zu Beginn der Schlafperiode, die von SWS charakterisiert ist, sezerniert (Takahashi et al., 1968; Van Cauter & Copinschi, 2000). Da während des Tiefschlafs deklarative Gedächtnisinhalte bevorzugt konsolidiert werden, liegt die Vermutung nahe, dass ein Zusammenhang zwischen der Wirkung des somatotropen Hormons und der Gedächtnisbildung besteht. Hallschmid et al. präsentierten 2011 Evidenz für diese Hypothese (Hallschmid et al., 2011). Die Gabe von intranasalem Growth Hormone Releasing Hormone (GHRH) reduzierte die Freisetzung von Growth Hormone (GH) innerhalb von 3 Stunden bei 12 jungen Männern. Zuvor gelernte Wortpaare wurden anschließend schlechter

wiedergegeben. Die Konsolidierung prozeduraler Gedächtnisinhalte, die anhand einer „finger tapping“ Aufgabe untersucht wurde, wurde nicht beeinträchtigt.

1.4 Soziales Lernen

Menschen interagieren im täglichen Leben ständig mit anderen und repräsentieren sich im Kontext der sie umgebenden sozialen Welt (Müller-Pinzler et al., 2017). Viele neue Ereignisse müssen dabei verarbeitet werden. Es stellt sich die Frage, wieso Menschen Informationen in der Begegnung mit anderen sammeln. Sharot und Garrett gehen davon aus, dass Individuen Informationen dergestalt sammeln und integrieren, um ihr eigenes Verhalten steuern zu können. Somit sollen Vorhersagen getroffen werden und das eigene Handeln zukunftsorientiert in Richtung Belohnung statt Verlust gelenkt werden können (Sharot & Garrett, 2016). Verschiedene Studien zeigen, dass bereits Neugeborene schon unmittelbar nach der Geburt ein erhöhtes Interesse und eine gewisse Vorliebe gegenüber sozialen Reizen aufweisen (Goren et al., 1975; Macchi Cassia et al., 2001; Maurer & Young, 1983). Grossmann und Johnson gehen davon aus, dass diese Neigung gegenüber sozialen im Vergleich zu nicht-sozialen Reizen das Resultat eines neuronalen Systems sein kann, welches sich fortwährend im Laufe der Evolution entwickelt hat (Grossmann & Johnson, 2007). Die Fähigkeit, von anderen zu lernen, könnte zu einer der bedeutendsten Anpassungen unserer Spezies gehören (Csibra & Gergely, 2006).

1.4.1 Sozialer Vergleich

Etymologisch betrachtet leitet sich das Wort „sozial“ vom lateinischen „socius“ ab und bedeutet „gemeinsam“ oder „verbunden“. Socius leitet sich von dem Verb „sequi“ ab, was wiederum als „sich anschließen“ verstanden werden kann. Demzufolge ist jeder Mensch von Geburt an sozial. Kennzeichnend für die menschliche Gesellschaft sind tägliche Interaktionen zwischen den Individuen, wobei viele Routineentscheidungen dabei sozial bedingt sind. Persönlichkeit und Zustandsmerkmale sowohl der eigenen Person als auch von anderen

beeinflussen oftmals soziale Entscheidungen (Ni & Li, 2021). Dabei ist nicht außer Acht zu lassen, dass für ein erfolgreiches zwischenmenschliches Interagieren die korrekte mentale Repräsentation anderer notwendig ist. Im sozialen Umfeld vergleichen sich Menschen stetig mit anderen. Diese Vergleiche wiederum beeinflussen die Entscheidung des Einzelnen, sodass dieser sich effizient an situationsbedingte Veränderungen anpassen kann. Der soziale Vergleich ist evolutionären Ursprungs und lässt sich bei vielen Arten beobachten (Gilbert et al., 1995). Festinger legte den Grundstein für die Theorie des sozialen Vergleichs, die besagt, dass der menschliche Organismus das Bedürfnis hat, seine Meinungen und Fähigkeiten im Vergleich mit anderen zu bewerten (Festinger, 1954). Man unterscheidet zwischen dem Aufwärtsvergleich (Upward Comparison) und dem Abwärtsvergleich (Downward Comparison). Beim aufwärtsgerichteten Vergleich erfolgt der Vergleich mit „überlegenen“ Standards, wodurch einerseits negative Emotionen hervorgerufen werden, andererseits aber Verbesserungen der eigenen Fähigkeiten resultieren können (Bandura, 1978). Besteht der Wunsch, das Selbstwertgefühl zu erhöhen, oder wird das positive Selbstbild angezweifelt, so bietet sich ein Abwärtsvergleich an (Wills, 1981). In einer Studie von Wood und Kollegen wurden Frauen, die an Brustkrebs leiden, befragt, welche Vergleichsperspektive ihnen bei der Bewältigung ihres bedrohlichen Ereignisses am ehesten zusagt (Wood et al., 1985). Dabei suchten sich die Patientinnen Vergleichsziele aus, deren Situation der ihren noch unterlegener war.

1.4.2 Soziale Informationsverarbeitung

Crick und Dodge entwickelten ein Stufenmodell, das die Verarbeitung sozial-kognitiver Informationen anschaulich darstellt und von Lemerise und Arsenio erweitert wurde (Arsenio & Lemerise, 2004; Crick & Dodge, 1994). Diese Ansätze wurden zwar in Anlehnung an die Verarbeitung von Informationen im Kindes- und Jugendalter beschrieben, können jedoch zum Verständnis von Informationsverarbeitungsprozessen von Erwachsenen beitragen. Es wurde vorgeschlagen, dass, wenn Personen einen sozialen Situationshinweis erfahren,

verschiedene mentale Schritte durchlaufen werden, um anschließend sozial kompetente Verhaltensweisen ausführen zu können. Im ersten Schritt (Encoding of Cues) werden soziale Hinweisreize aus der Umwelt wahrgenommen und enkodiert, siehe Abbildung 3. Zudem erfolgt bereits hier eine Selektion in wichtige und zu vernachlässigende Reize. Der zweite Schritt (Interpretation of Cues) beinhaltet die Interpretation der relevanten Hinweisreize. Dabei fließen emotionale Aspekte in die Bewertung mit ein. In diesem Zusammenhang wird das eigene Verhalten sowie das des Gegenübers reflektiert. Während des dritten Schrittes (Clarification of Goals) und des vierten Schrittes (Response Access or Construction) werden mögliche Reaktionen auf die Situation anhand im Langzeitgedächtnis gespeicherter früherer Erfahrungen abgerufen und bewertet. Dabei werden soziale, instrumentelle sowie weitere mögliche Konsequenzen in die Entscheidungsfindung integriert. Die Entscheidung für eine Reaktion findet im fünften Schritt, der „Response Decision“ statt. Beim sechsten und letzten Schritt (Behavior Enactment) wird die Reaktion ausgeführt. Unter gewissen Bedingungen, beispielsweise in Situationen, die mit viel Erregung verbunden sind, erfolgt die Reaktion nicht nach Durchlauf aller genannten Verarbeitungsschritte, sondern kann ohne gezieltes Nachdenken erfolgen. Auf der anderen Seite finden sich Menschen in komplexen alltäglichen sozialen Situationen wieder, in denen sie reagieren, während neue soziale Informationen und Reize auf sie eintreffen. Folglich finden häufig mehrere Prozessschritte parallel statt (Arsenio & Lemerise, 2004; Crick & Dodge, 1994).

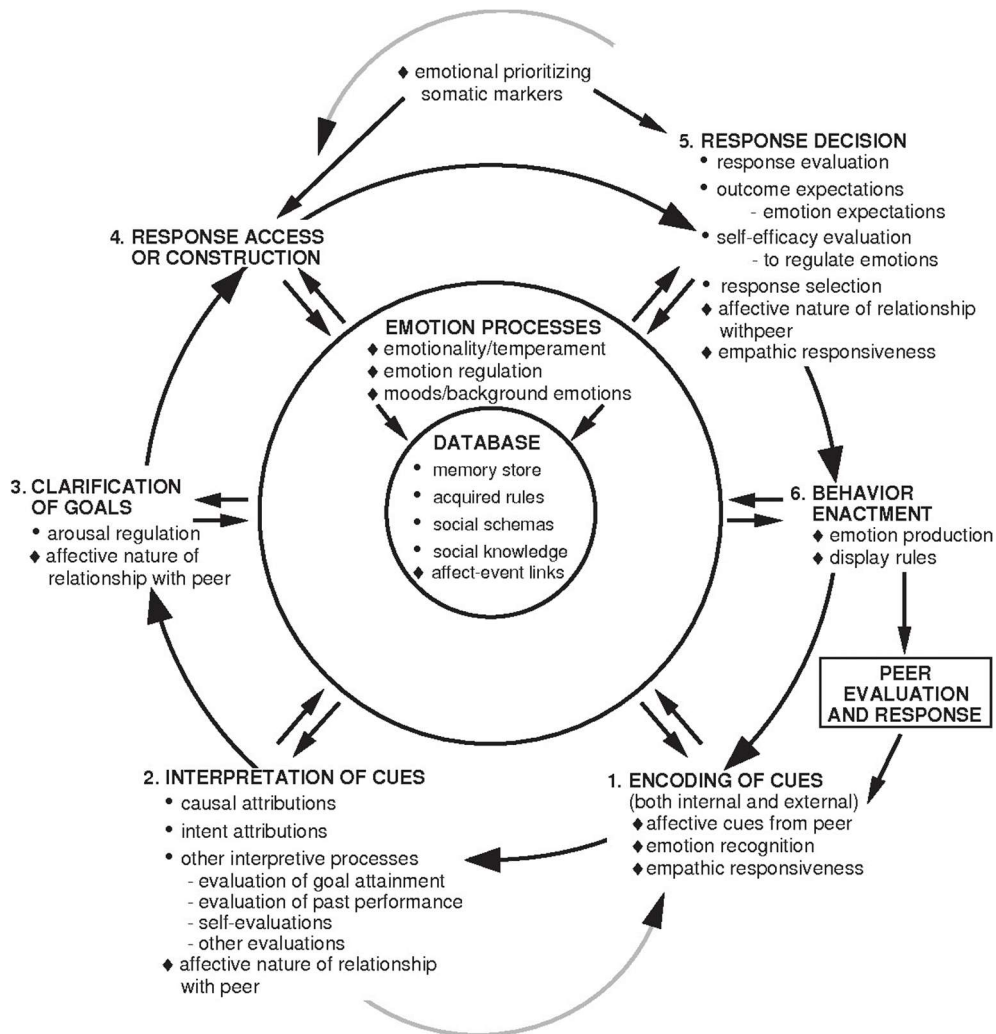


Abbildung 3: Stufenmodell der sozial-kognitiven Informationsverarbeitung aus Arsenio und Lernerise (Arsenio & Lernerise, 2004)

Die mit Punkten versehenen Elemente stammen aus dem Modell der sozialen Informationsverarbeitung von Crick und Dodge (Crick & Dodge, 1994). Die mit Rauten markierten Elemente wurden von Arsenio und Lernerise (Arsenio & Lernerise, 2004) ergänzt.

1.4.3 Lernen über andere und über sich selbst

Soziale Informationen spielen im täglichen Leben eine große Rolle. Menschen nutzen diese Informationen, um sich eine Meinung über andere zu bilden, sie besser einschätzen zu lernen und fundierte Entscheidungen für zukünftige Interaktionen treffen zu können. Zum Beispiel, wenn es darum geht, jemandem zu vertrauen oder mit ihm zu kooperieren (Bhanji & Delgado, 2014). In einer Studie von Fareri und Kollegen spielten Probanden ein computergestütztes Ballwurfspiel mit drei fiktiven Partnern, von denen ein Partner als „gut“

wahrgenommen wurde, da er häufig den Ball zum Probanden spielte (Fareri et al., 2012). Der zweite fiktive Partner wurde als „schlecht“ eingestuft, da dieser kaum Ballwürfe in Richtung des Probanden warf, während der dritte als neutraler Spieler galt. In einer anschließenden Spielrunde mit denselben Partnern investierten die Probanden seltener in den als „schlecht“ deklarierten Partner im Vergleich mit dem guten oder dem neutralen. Soziale Eindrücke in Erfahrung mit anderen beeinflussen nicht nur das spätere Lernen, sondern auch die Entscheidungsfindung, besonders bei negativen Erfahrungen. Sie erhöhen die Sensibilität für künftige soziale Ergebnisse und die Teilnehmer sind empfänglicher für Feedback, das mit diesen Eindrücken übereinstimmt. Wie wird aber das Feedback, das wir über uns selbst erhalten, aufgenommen und verarbeitet? Selbstbezogenes Feedback wird durch unterschiedliche Motivationsfaktoren moduliert (Müller-Pinzler et al., 2019). In einer Studie von Sharot und Kollegen aktualisierten die Teilnehmer ihre Überzeugungen vor allem in Bezug auf Informationen, die besser als gedacht waren, im Vergleich zu solchen, die als schlechter eingestuft wurden (Sharot et al., 2011). Diesbezüglich erhielten die Teilnehmer Aussagen zu unerwünschten Lebensereignissen, wie z. B. die Wahrscheinlichkeit, die Alzheimer-Krankheit zu erleben. Hier handelt es sich um Ereignisse, auf deren Eintreffen kaum Einfluss genommen werden kann. Aus diesem Grund gestalteten Müller-Pinzler und Kollegen ein Experiment, in welchem die Probanden die Möglichkeit erhielten, ihre Leistung zu verbessern (Müller-Pinzler et al., 2019). Die hierfür verwendete soziale Lernaufgabe ähnelt derjenigen unserer Studie, die im Abschnitt 2.5 beschrieben wird. Wichtig ist hierbei zu erwähnen, dass die Probanden manipuliertes Feedback zu ihren kognitiven Schätzleistungen erhielten und sie dieses auch tatsächlich annahmen. Die Verhaltensdaten zeigen, dass die Teilnehmer ihre Leistungserwartungsbewertungen mit der Zeit an das gegebene Feedback anpassten. Interessanterweise zeigten die Teilnehmer in diesem Experiment im Vergleich zu der Studie von Sharot und Kollegen eine Aktualisierungsverzerrung in Bezug auf sich selbst in Richtung negativer Informationen. Personen, die das Leistungsfeedback anderer einsahen, verarbeiteten die positiven wie auch negativen Informationen gleichermaßen. Im Hinblick auf die eigene

Leistungseinschätzung hingegen lernten sie vorwiegend aus dem negativen Feedback. Dies könnte damit zusammenhängen, dass gerade negatives Feedback einen besonderen Stellenwert erhält, da es einen Anreiz zur Verbesserung initiiert (Müller-Pinzler et al., 2019). Positive Verzerrungen wurden oft verzeichnet bei Ereignissen, auf die man kaum Einfluss ausüben kann, wie beispielsweise die Intelligenz oder unerwünschte Lebensereignisse betreffend (Eil & Rao, 2011; Kuzmanovic et al., 2016). Dies könnte einen Schutzmechanismus darstellen, da eine negative Voreingenommenheit in diesem Zusammenhang eine Gefahr für einen selbst bedeuten könnte (Jordan & Audia, 2012). Somit werden Menschen, die mit unveränderbaren Selbstmerkmalen konfrontiert werden, durch nachteiliges Feedback weniger affektiv gestört und sind eher bereit, diese hinzunehmen (Dauenheimer et al., 2002). Ist der Mensch jedoch in der Lage, eine Änderung zu induzieren, dominiert grundsätzlich der selbsteinschätzende Realismus (Roese & Olson, 2007). Selbstverbesserung geschieht weitgehend in Bereichen, die persönlich bedeutsam sind, im Gegensatz zu Bereichen, denen kein hoher Stellenwert beigemessen wird (Crocker, 2002). Feedback, welches zum jetzigen Zeitpunkt selbstbedrohlich erscheint, wird in der Zukunft wahrscheinlich von Nutzen sein, da verbesserungsorientiertes Feedback zu einer Leistungssteigerung führen kann (Sedikides & Hepper, 2009).

1.4.4 Die Rolle von Schlaf für soziales Lernen

Frühere Studien konnten bereits zeigen, dass Informationen, die für das Individuum von Bedeutung sind, bevorzugt im Schlaf konsolidiert werden. Die Informationslast, die täglich auf ein Individuum einprasselt, ist enorm. Mit welchem Mechanismus schafft das Gehirn, diese große Anzahl an Reizen zu verarbeiten? Stickgold und Kollegen gehen davon aus, dass der Schlaf nicht zur Speicherung aller kürzlich enkodierten Informationen führt, sondern eine sogenannte „Gedächtnissortierung“ stattfindet. Bei der selektiven Konsolidierung werden Reize auf ihre Relevanz hin bewertet und nur bedeutsame Hinweise in der anschließenden Schlafphase gespeichert. Diese diskriminierende

Gedächtniskonsolidierung soll dem Organismus helfen, sich erfolgreich an eine sich stetig verändernde Umwelt anpassen zu können (Stickgold & Walker, 2013) und ist sogar überlebenswichtig (Payne et al., 2008). Bei den Informationen, die eine Markierung für zukünftige Relevanz erhalten, handelt es sich um emotionale Erinnerungen (Payne et al., 2008), Inhalte, die mit einer Belohnung verknüpft sind (Fischer & Born, 2009), oder Informationen, die mit einer Abruferwartung gepaart sind (T. J. Cunningham et al., 2014). Die reine Ankündigung eines zukünftigen Gedächtnistests führte zu verbesserten Leistungen nach dem Schlaf sowohl bei deklarativen, als auch bei prozeduralen Aufgaben (Wilhelm et al., 2011). Folglich ist eine verbale Anweisung ausreichend, um für die Zukunft relevante Hinweise als nicht zu vergessen einzustufen und diese nach dem Lernen beizubehalten (van Dongen et al., 2012). In einer Studie von Saletin und Kollegen wurden den Probanden verschiedene Items mit der Instruktion präsentiert, diese entweder zu vergessen oder sie in Erinnerung zu behalten (Saletin et al., 2011). Diejenigen, die nach der Aufgabe schlafen durften, zeigten ein besseres Erinnerungsvermögen für die Items, die als zu behalten deklariert wurden. Zusätzlich zeigt diese Studie, dass Schlaf nicht nur das Erinnern, sondern auch das gezielte Vergessen unterstützt. Man kann annehmen, dass dieser Prozess von einer unterschiedlichen Hippocampusaktivierung während der Enkodierung abhängt, der als Hinweis für die Offline-Wiederverarbeitung relevanter Gedächtniserinnerungen während anschließender Schlafphasen nach dem Lernen dient (Rauchs et al., 2011). Schnelle Schlafspindeln im linken parietalen Kortex korrelierten positiv mit den Items, die zum Erinnern anregten, und negativ mit den Items, die als zu vergessen präsentiert wurden (Saletin et al., 2011). Die Ergebnisse zeigen, dass irrelevant markierte Erinnerungen nicht schlicht passiv zerfallen, sondern dass schlafabhängige Mechanismen nicht nur das Erinnern, sondern auch das Vergessen aktiv stärken. Somit erfolgt nicht nur eine rasche Reaktion, sondern auch eine unmittelbare und effektive Anpassung an eine sich stetig verändernde Umwelt (Stickgold & Walker, 2013).

Viele empirische Studien befassten sich mit der Verarbeitung neutralen sowie emotionalen Materials im Schlaf oder betrachteten den Effekt des Schlafs auf das Gedächtnis für persönliche Ereignisse und Fähigkeiten. Bisher untersuchten nur

sehr wenige Arbeiten die Rolle des Schlafs bei der Festigung von sozialen Informationen. Soziale Informationen sind jedoch für den Menschen überaus bedeutsam, da er als soziales Wesen entscheiden muss, wie er sich in zukünftigen sozialen Interaktionen verhalten soll. Schlaf könnte die Konsolidierung sozialer Erinnerungen gegenüber nicht-sozialen Erinnerungen begünstigen, um das Individuum auf zwischenmenschlichen Kontakt vorzubereiten und seine soziale Fitness sicherzustellen (Diekelmann et al., 2018). Tatsächlich deuten erste Studien darauf hin, dass ebendiese Informationen nach einer Nacht erholsamen Schlafs verarbeitet und gespeichert werden. Prehn-Kristensen und Kollegen verwendeten in ihrem Experiment ausschließlich soziale Stimuli wie menschliche Gesichter. Sie konnten feststellen, dass Schlaf die Erkennung sozial bedeutsamer Reize nach einer Schlafphase besser unterstützt als nach einer Wachphase (Prehn-Kristensen et al., 2017). Zu dem gleichen Ergebnis gelangten auch Mograss und seine Mitarbeiter, die ebenfalls menschliche Gesichter als Stimuli in ihrer Studie einsetzten (Mograss et al., 2008). Die Probanden prägten sich verschiedene Gesichter ein, die sie nach einem Retentionsintervall, das durch Schlaf oder wache Aktivitäten gekennzeichnet war, von neuen beigefügten Elementen unterscheiden sollten. Die Teilnehmer, die schlafen durften, zeigten bessere Ergebnisse im Alt/Neu-Effekt als die Wachgruppe.

In diesem Kontext können auch Studien von Bedeutung sein, die sich mit den Auswirkungen von Schlafmangel auf das Sozialverhalten beschäftigen, da Schlafentzug das soziale Funktionieren beeinträchtigen kann (Beattie et al., 2015). Verschiedene Experimente haben gezeigt, dass Schlafentzug die Leistung bei Aufgaben zur sozialen Entscheidungsfindung beeinträchtigt (Anderson & Dickinson, 2010; Killgore et al., 2007; Libedinsky et al., 2011). Dass der Einfluss von Schlaf auf das Lernen über die soziale Welt bereits sehr früh im Leben beginnt, zeigt eine Studie von Reeb-Sutherland und Kollegen. Sie unterzogen einen Monat alte Säuglinge einer Untersuchung, in der diesen im Schlaf entweder ein sozialer Stimulus (weibliche Stimme) oder ein nicht-sozialer Stimulus (Ton) präsentiert wurde, jeweils gefolgt von einem anschließenden Luftstoß auf ihr Augenlid. Tatsächlich zeigen die Ergebnisse, dass Säuglinge

eine höhere Lernleistung hervorbringen, wenn sie auf den sozialen Stimulus konditioniert wurden (Reeb-Sutherland et al., 2011).

1.5 Fragestellung und Hypothesen

Menschen bewegen sich in ihrem Leben vorwiegend in einem sozialen Rahmen. Dabei überprüfen sie ihr Verhalten (Bandura & Locke, 2003) und entwickeln Überzeugungen über ihre eigenen Fähigkeiten (Bem, 2017) und die Fähigkeiten anderer Menschen. Solche Bewertungen können als Gedächtnis für soziale Informationen betrachtet werden. In der vorliegenden Arbeit soll untersucht werden, ob Schlaf die Konsolidierung solcher sozialer Gedächtnisinhalte, insbesondere von Überzeugungen über eigene Fähigkeiten und die Fähigkeiten anderer Personen, fördert.

Im Folgenden sollen sechs Hypothesen überprüft werden:

1. Schlaf verstärkt die Konsolidierung und damit den Abruf von sozialen Informationen über sich selbst (Selbsteinschätzung) und über andere (Fremdeinschätzung) im Vergleich zu Wachheit.
2. Schlaf stabilisiert die sozialen Informationen über sich selbst und über andere, sodass ein Umlernen nach Schlaf im Vergleich zu Wachheit erschwert ist.
3. Soziale Informationen über sich selbst werden im Schlaf stärker konsolidiert als soziale Informationen über andere.
4. Negatives Feedback über sich selbst wird im Schlaf stärker konsolidiert als positives Feedback über sich selbst.
5. Nach Schlaf besteht eine höhere Sicherheit in Bezug auf gelernte soziale Informationen über sich selbst und über andere als nach Wachheit.
6. Die Schlafeffekte sind nach 3 Wochen noch nachweisbar oder sogar verstärkt.

2 MATERIAL UND METHODEN

2.1 Ethikvotum

Die Studie wurde von der Ethik-Kommission der Medizinischen Fakultät der Eberhard Karls Universität Tübingen beurteilt und unter der Projektnummer 341/2020B02 genehmigt. Vor Beginn der Versuche erfolgte eine schriftliche und mündliche Aufklärung über die Studie und die Probanden unterschrieben eine Einverständniserklärung.

2.2 Probandenkollektiv

An dem Experiment nahmen insgesamt 62 Probandinnen und Probanden teil, wovon drei vollständig ausgeschlossen werden mussten ($n = 2$ wegen eines technischen Fehlers, $n = 1$ wegen zu wenig Tiefschlaf (10 Minuten)). Final belief sich die Anzahl der ausgewerteten Datensätze auf $n = 59$ (36 Frauen und 23 Männer). Die Probanden waren zwischen 18 und 28 Jahre alt. Dabei betrug das Durchschnittsalter $22,4 \pm 2,7$ Jahre (Mittelwert \pm SD). Bei sechs Probanden konnten die Ergebnisse nur teilweise ausgewertet werden. Eine Person (aus der Wachgruppe) konnte aus gesundheitlichen Gründen den letzten Studientermin nicht wahrnehmen, weshalb ihre Mitspielerin wegen der Glaubhaftigkeit der Coverstory für den letzten Termin ebenfalls ausgeschlossen werden musste. Zwei weitere konnten aus gesundheitlichen Gründen ebenfalls nicht zum letzten Termin erscheinen. Dennoch wurden ihre jeweiligen Partner eingeladen, im Glauben, ihr Mitspieler sei in einem separaten Raum anwesend. Somit fehlten für $n = 4$ Probanden die Daten der letzten Sitzung (nach 3 Wochen). Bei einem weiteren Teilnehmer der Schlafgruppe lagen im EEG zu viele Artefakte vor, sodass er nicht in die Schlafanalyse einbezogen werden konnte.

Die Probandenakquise erfolgte anhand eines Telefoninterviews, in dem Ausschlusskriterien besprochen wurden (siehe Anhang A). Bei den Ausschlusskriterien handelte es sich um unregelmäßige Schlafgewohnheiten (Schlaf unter 6 Stunden), Schlafstörungen, Schichtarbeit in den letzten 6 Wochen, Nachtschicht, Langstreckenflüge in den vergangenen 3 Wochen vor

dem Experiment, regelmäßigen Mittagschlaf sowie die Teilnahme an anderen Schlafstudien im gleichen Zeitraum. Personen, die unter Übergewicht ($BMI > 25$) oder Untergewicht ($BMI < 18$) litten, starken physischen Belastungen ausgesetzt waren oder neurologische beziehungsweise psychiatrische Erkrankungen aufwiesen, wurden von der Studienteilnahme ausgeschlossen. Keiner der Probanden gab an, Medikamente einzunehmen, die den Schlaf oder die Gedächtnisleistung beeinflussten. Zu den Medikamenten, die nicht berücksichtigt wurden, gehörten orale Kontrazeptiva, Eisenpräparate und Thyreostatika. Voraussetzung zur Studienteilnahme war der Abschluss der allgemeinen Hochschulreife sowie Deutsch als Muttersprache. Die Teilnehmer wurden instruiert, am Abend vor dem Versuchstag spätestens um 23 Uhr zu Bett zu gehen und am Morgen vor 8 Uhr aufzustehen. Weitere Anweisungen betrafen den Verzicht auf koffeinhaltige Getränke sowie das Auslassen eines Mittagschlafs während der Versuchstage.

Die Rekrutierung der Studienteilnehmer erfolgte über eine Rundmail des Universitätsverteilers sowie über Aushänge an der Universität Tübingen. Die Teilnehmer der Wachgruppe erhielten eine Aufwandsentschädigung von 45 €, wohingegen die Probanden der Schlafgruppe 95 € bekamen. Im Falle eines Abbruchs des Experiments reduzierte sich die Aufwandsentschädigung anteilig. Zur Charakterisierung der Stichprobe wurden zusätzlich mehrere Kontrollvariablen erhoben, um mögliche systematische Unterschiede zwischen der Schlaf- und der Wachgruppe im Vorfeld zu überprüfen. Hierzu zählten Maße der depressiven Symptomatik (BDI-II), der sozialen Ängstlichkeit (SIAS/SPS), des Selbstkonzepts (SDQ), der Vigilanz sowie der subjektiv empfundenen Schläfrigkeit (SSS). Die Analysen ergaben keine signifikanten Gruppenunterschiede in den psychologischen Kontrollvariablen. Für die Vigilanzleistung zeigten sich zeitabhängige Effekte ohne gruppenspezifische Unterschiede. Bei der subjektiven Schläfrigkeit traten zeitabhängige Effekte auf, die zusätzlich eine Interaktion mit dem Faktor Gruppe aufwiesen (siehe hierzu Abschnitt 3.2.2.1). Eine detaillierte Darstellung der deskriptiven Statistiken sowie der entsprechenden Ergebnisse findet sich in Kapitel 3.2 (Ergebnisse der Kontrollvariablen).

2.3 Versuchsdesign

Zu Beginn der Studie wurden die Versuchsteilnehmer in einem between-subject Design randomisiert und balanciert nach Geschlecht der Schlafgruppe oder der Wachgruppe zugeteilt. Der erste Termin der Schlafgruppe beinhaltete eine Eingewöhnungsnacht im Schlaflabor mit polysomnographischer Aufzeichnung, um sich an die Räumlichkeiten sowie die Verkabelung während des Schlafs zu gewöhnen. Der zweite Termin bestand in der Bearbeitung einer sozialen Lernaufgabe (Lernphase), die am Versuchsabend stattfand (22:00 Uhr), siehe Abbildung 4. Hierzu wurden zwei Teilnehmer zeitgleich eingeladen, die angeblich gemeinsam kognitive Schätzaufgaben abwechselnd lösen sollten (Coverstory). Den Probanden wurde gesagt, dass sie Eigenschaften verschiedener Objekte aus 4 Kategorien schätzen sollen. Dabei konnten sie vermeintlich den anderen Spieler beim Lösen der Aufgaben beobachten. Zusätzlich sollten sie die eigene Leistung und die des anderen Mitspielers einschätzen. Nach jeder Schätzfrage erhielten die Teilnehmer dazu systematisch ein manipuliertes Feedback in zwei verschiedenen Schätzkategorien, welches auch der andere Proband einsehen konnte. Jeder Teilnehmer erhielt in der einen Kategorie ein eher positives (normalverteilt um das 65. Perzentil) und in der anderen ein eher negatives Feedback (um das 35. Perzentil). Im Vergleich dazu diente eine fiktive Referenzstichprobe von 350 Studenten, die diese Aufgaben zuvor gelöst hätten. Dies diente dem Ziel, dass jeder Proband seine Schätzfähigkeiten und die des anderen erlernen konnte und somit seine Selbsteinschätzung für die darauffolgenden Runden danach richten konnte. An das „Lernen“ schloss sich eine Baseline-Abfrage an. In dieser sollten die Teilnehmer wie zuvor Schätzaufgaben bearbeiten, mit dem Unterschied, keine Leistungsrückmeldung zu erhalten. Zudem sollten sie dennoch ihre eigene Leistungserwartung und die des anderen angeben. Hier wurde festgestellt, inwieweit die Probanden das Leistungsfeedback angenommen haben. Nach einer polysomnographisch überwachten Nacht im Schlaflabor durchliefen die Probanden der Schlafgruppe am Morgen um ca. 09:00 Uhr erneut eine Abfrage (Abfrage 1), um zu überprüfen,

wie sie die Rückmeldungen über ihre Schätzfähigkeiten verarbeitet hatten. Anschließend bearbeiteten die Probanden im Sinne eines Interferenzlernens erneut dieselben Kategorien, jedoch erhielten sie für die Kategorie, für die sie zuvor positives Feedback bekamen, nun negatives Feedback und umgekehrt. So wurde ein Umlernen induziert. Darauf folgte eine weitere Abfragesession (Abfrage 2), die sich wie die anderen Abfragen gestaltete, um zu überprüfen, in welchem Ausmaß sich die zu Beginn gelernten Informationen im Schlaf gefestigt hatten.

Die Probanden der Wachgruppe bearbeiteten die soziale Lernaufgabe (Lernen) am Morgen um 10:00 Uhr, gefolgt von der Baseline-Abfrage. Am Abend desselben Tages um ca. 21:00 Uhr absolvierten sie analog zur Schlafgruppe die Testphase 1, die eine Abfrage mit anschließendem Umlernen sowie eine weitere Abfragesession beinhaltete. Zwischen diesen beiden Terminen sollten die Teilnehmer ihren gewohnten alltäglichen Tätigkeiten nachgehen.

Beide Gruppen wurden 3 Wochen später um 09:00 Uhr erneut vorstellig, um die Testphase 2 zu bearbeiten. Es wurden erneut Schätzaufgaben präsentiert (Abfrage 3), mit Bildern von zu schätzenden Objekten, welche den Probanden beim „Lernen“ in der ersten Lernphase bereits gezeigt wurden. Die Teilnehmer wurden gebeten, ohne Hilfe eines Feedbacks die Aufgaben zu lösen und erneut Leistungsvorhersagen für sich und die andere Person zu machen. Diese Abfrage diente der Überprüfung der Verarbeitung von sozialen Informationen über einen längeren Zeitraum, die eigene Person und die andere betreffend.

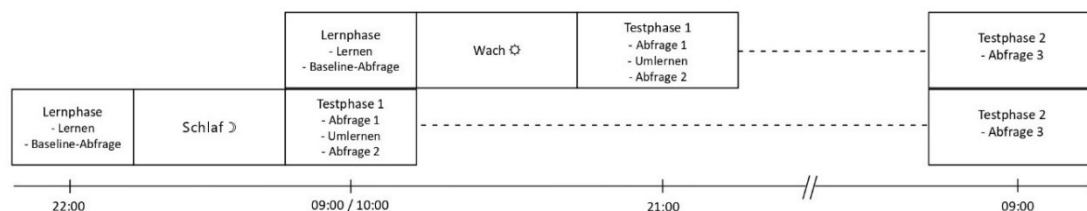


Abbildung 4: Design Experiment

Probanden der Wachgruppe (oben) lernen die sozialen Informationen am Morgen, Probanden der Schlafgruppe (unten) lernen am Abend. Testphase 1 findet nach 11 - 12 Stunden statt. Testphase 2 erfolgt nach ca. 3 Wochen morgens.

2.4 Versuchsablauf

Für die Eingewöhnungsnacht kamen die Probanden der Schlafgruppe um 21:30 Uhr ins Institut und füllten eine Einverständniserklärung sowie ein Formular zum Datenschutz aus. Anschließend wurden den Teilnehmern Elektroden am Kopf angebracht, damit sie sich an das Schlafen mit der Verkabelung gewöhnen konnten. Um 23:00 Uhr wurde das Licht ausgeschaltet und die Probanden wurden gebeten, zu schlafen. Um ca. 07:30 Uhr wurden die Probanden geweckt, die Elektroden entfernt und sie wurden gebeten, direkt einen Fragebogen zur Schlafqualität auszufüllen (siehe Anhang G).

Zum ersten Untersuchungstag erschienen die Probanden der Schlafgruppe um 20:30 Uhr im Schlaflabor. Es wurden bis auf wenige Ausnahmen immer zwei Probanden gleichzeitig einbestellt, um den sozialen Kontext der später durchgeführten Lernaufgabe glaubhafter vermitteln zu können. Die Teilnehmer wurden in separaten Räumen zu ihren persönlichen Daten, aktuellem Gesundheitszustand, Medikamenteneinnahme und Wohlbefinden befragt (siehe Anhang B). Des Weiteren wurde abgeklärt, ob die Verhaltensregeln bezüglich der Schlafens- und Aufstehzeit sowie der Verzicht, koffeinhaltige Getränke zu konsumieren, eingehalten wurden. Es folgte die Anbringung der Kopfelektroden, um den Schlaf polysomnographisch aufzeichnen zu können. Im Anschluss erhielten die Probanden eine Einführung in die Coverstory der sozialen Lernaufgabe. Den Probanden wurde mitgeteilt, dass sie *„Schätzfragen in verschiedenen Kategorien präsentiert“* bekommen und sie *„diese so gut wie möglich beantworten“* sollen. *„Neben dem Beantworten der Schätzaufgaben ist ein weiteres Ziel, die eigene Schätzleistung und die Schätzleistung der anderen Person so gut wie möglich vorherzusagen.“* Die darauffolgende Übungsphase sowie alle weiteren Aufgaben absolvierten die Teilnehmer in zwei separaten Räumen am Computer, wobei ihnen vermittelt wurde, dass diese synchronisiert seien.

Das Experiment startete mit der Lernphase (Lernen + Baseline-Abfrage). Nach Bearbeitung der Schätzaufgaben wurde die subjektive Schläfrigkeit der Probanden mithilfe der Stanford Sleepiness Scale (siehe Anhang H) erhoben

sowie ein Vigilanztest absolviert. Darauf folgte ein Behaltensintervall von 11 Stunden, in dem die Probanden polysomnographisch überwacht schlafen durften. Um 07:30 Uhr wurden die Probanden geweckt, die Elektroden entfernt und sie wurden gebeten, einen Schlafragebogen zur Erfassung der Schlafqualität auszufüllen. Jeglicher Kontakt und Austausch zwischen den Probanden wurde während des gesamten Studienablaufs vermieden, um die Coverstory nicht zu gefährden. Um 09:00 Uhr durchliefen die Probanden die Testphase 1, bestehend aus der Abfrage 1, dem Umlernen und der Abfrage 2. Darauf folgte wie am Vorabend eine Messung der State-Variablen (Vigilanztest und Stanford Sleepiness Scale) sowie ein Abschlussfragebogen (siehe Anhang I). Den Abschluss der Testphase 1 bildete die Erhebung der klinischen Variablen mittels Beck-Depressionsinventar II (siehe Anhang J), das jedoch nicht Gegenstand dieser Arbeit ist.

Für die Probanden der Wachbedingung begann das Experiment um 09:30 Uhr mit ihrem Einverständnis zur Studie und zum Datenschutz. Des Weiteren wurden die Ein- und Ausschlusskriterien besprochen, die unter anderem die Zubettgehzeit am Vorabend sowie den Verzicht, koffeinhaltige Getränke zu konsumieren, beinhalteten. Das Experiment startete um 10:00 Uhr mit der Lernphase (Lernen + Baseline-Abfrage) analog dem Ablauf der Schlafgruppe. Zum Abschluss der ersten Studienphase erhielten die Probanden ein Protokoll, in welches sie ihre Tagesaktivitäten (siehe Anhang F) für die kommende Zeit bis zum nächsten Testtermin notieren sollten. Des Weiteren wurden sie angewiesen, in dieser Zeit keinen Mittagschlaf zu halten, übermäßigen Stress zu vermeiden und keinen exzessiven Sport zu betreiben. Ein Aktivitätsarmband (MotionWatch von CamNtech, UK), das körperliche Bewegungen erfasst und einen Lichtsensor enthält, sollte während der Retentionsperiode durchgängig getragen werden. Die Teilnehmer der Wachgruppe erschienen wieder um ca. 21:00 Uhr im Institut, um die Testphase 1 zu absolvieren, bestehend aus Abfrage 1, Umlernen und Abfrage 2. Wie bei der Schlafgruppe folgte auch hier der Abschlussfragebogen, die Messung der State-Variablen (Stanford Sleepiness Scale und Vigilanztest) sowie die Erfassung der klinischen Variablen (Beck-Depressionsinventar II). Allen Teilnehmern wurde am Ende der Testphase 1 ein Schlafragebogen

ausgehändigt, der am Tag der Testphase 2 ausgefüllt mitgebracht werden sollte. Dieser fand 3 Wochen später statt und lief für beide Gruppen gleich ab. Die Testphase 2 beinhaltete wieder die Kontrolle der Ein- und Ausschlusskriterien und begann um ca. 09:00 Uhr mit der Abfrage 3. Darauf folgten, wie bei der Testphase 1, die Stanford Sleepiness Scale, der Vigilanztest und ein Abschlussfragebogen. Hinzu kam die Erhebung psychologischer Variablen zur Persönlichkeit mittels des Self-Description Questionnaire (siehe Anhang K) sowie die Erfassung klinischer Variablen mit dem Beck-Depressionsinventar II und der Social Interaction Anxiety Scale (siehe Anhang L). Abschließend fand ein Debriefing statt. Den Probanden wurde dargelegt, dass es in dem Experiment *„um die Verarbeitung von Feedback ging, d. h. wie passen wir unsere Erwartung an Feedback an oder auch nicht an, je nachdem, ob das Feedback besser oder schlechter ist und je nachdem, ob es sich auf uns selbst oder auf andere bezieht. Das Feedback wurde vom Computer kontrolliert und hat sich nicht auf die tatsächliche Leistung bezogen.“*

Eine Übersicht der zeitlichen Abläufe der einzelnen Versuchsgruppen findet sich in den Ablaufprotokollen im Anhang (siehe Anhang C bis E).

2.5 Soziale Lernaufgabe

Im Mittelpunkt dieser Studie steht die von Müller-Pinzler entwickelte soziale Lernaufgabe, die sich mit der Untersuchung sozialer Emotionen beschäftigt (Müller-Pinzler et al., 2019). Erstellt wurde diese Aufgabe mit MATLAB R2018a (MathWorks, USA). Um zu untersuchen, wie die Probanden soziale Informationen verarbeiten, wurde ihnen eine Coverstory vermittelt. Unter dem vermeintlichen Studientitel „Der Einfluss von Schlaf auf die Schätzfähigkeit“, wurden sie über die Testparameter getäuscht, indem ihnen erklärt wurde, es ginge um die Untersuchung der kognitiven Schätzfähigkeit.

Alle Aufgaben bearbeiteten die Probanden in zwei sich nebeneinander befindlichen Räumen, an einem Computer, der scheinbar mit dem des anderen über eine Kabelverbindung verbunden sei. Vor dem Start der eigentlichen Aufgabe erhielten die Probanden in separaten Räumen eine Instruktion, in der

die Probanden den Ablauf kennenlernen konnten. Dabei wurde den Probanden erklärt, dass sie in verschiedenen aufeinanderfolgenden Runden Bilder von Objekten präsentiert bekommen würden, deren Eigenschaften (Höhe von Gebäuden, Gewicht von Tieren, Anzahl von Lebensmitteln und Entfernung von Verkehrsmitteln) sie einschätzen sollten. Jedem Probanden wurden zwei dieser Eigenschaften (z.B. Höhe und Gewicht), vom Programm willkürlich ausgewählt, zugewiesen. Nun sollte jeder Proband diese Eigenschaften an verschiedenen ihm dargebotenen Objekten schätzen. Im Anschluss erhielten die Teilnehmer ein Feedback, welches ohne ihr Wissen programmgesteuert manipuliert wurde. Eine der Eigenschaften (z.B. Höhe) wurde der hohen Schätzfähigkeit zugewiesen, die andere (z.B. Gewicht) der niedrigen. Das Feedback des anderen Mitspielers konnte eingesehen werden, um nicht nur die eigene, sondern auch die Schätzfähigkeit des Gegenspielers zu erlernen. Den Probanden wurde mitgeteilt, dass diese Informationen nötig seien, um in einer weiteren Runde die eigene Schätzfähigkeit oder die des anderen vorhersagen zu können. Eine möglichst exakte Vorhersage würde zusätzlich mit bis zu 10 Cent pro Durchgang entlohnt. Die Lernaufgabe startete mit der Information, welche Person mit Schätzen beginnen darf (Selbst oder Anderer) und welche Eigenschaft (z.B. die Höhe) zugewiesen wurde. Beide Teilnehmer sollten dann eine erwartete Schätzleistung auf einer kontinuierlichen Skala (0 % – 100 %) per Mausklick angeben. Anschließend erschien ein Bild des Objektes, dessen Eigenschaft geschätzt werden sollte (in diesem Fall z.B. ein Gebäude). Wieder gaben die Teilnehmer per Mausklick ihre Schätzung auf der Skala ab, die nun vorgegebene Werte enthielt (z.B. 36 m – 64 m). Um die Coverstory nicht zu gefährden, hatten die Probanden 10 Sekunden Zeit, die Schätzung abzugeben. Im Anschluss erschien das manipulierte Feedback auf dem Bildschirm, welches entweder eine hohe Schätzfähigkeit (normalverteilt um das 65. Perzentil) oder eine niedrige Schätzfähigkeit (um das 35. Perzentil) im Vergleich zu einer angeblichen Referenzstichprobe von 350 Studenten bezeugte. Für die weiteren Durchgänge konnte das bereits erlernte Feedback zur Vorhersage der Schätzleistung herangezogen werden. Insgesamt gab es im Lerndurchgang 40 Schätzzunden (mit jeweils 10 Bildern pro Kategorie). Nach 16 Schätzzunden wurden die

Teilnehmer gebeten, Angaben zu ihrem derzeitigen Gefühlszustand zu machen. Die Skala erstreckte sich von „gar nicht“ bis „sehr stark“ und enthielt die Aussagen: „Ich fühle mich innerlich angespannt/ gestresst“, „Ich fühle mich stolz/erfolgreich“, „Ich fühle mich peinlich berührt/ blamiert“, „Ich fühle mich freudig/ fröhlich“ und „Ich fühle mich müde/ schläfrig“. Darauf folgten weitere 14 SchätZRunden, nachdem wieder dieselben Fragen zum persönlichen Wohlbefinden präsentiert wurden. Den Abschluss bildeten weitere 10 SchätZRunden sowie die Fragen zur subjektiven Stimmungslage. An das „Lernen“ schloss sich die erste Baseline-Abfrage an, um einen Eindruck zu gewinnen, in welchem Umfang die Probanden die Informationen zur Schätzfähigkeit gelernt hatten. Die Durchgänge der Abfrage gestalteten sich ähnlich zum „Lernen“, sodass wieder zu Beginn angezeigt wurde, wer mit dem Schätzen am Zuge ist (Selbst oder Anderer) und welche Kategorie geschätzt werden soll (z.B. die Höhe). Die Verknüpfung der Kategorien mit den Bedingungen blieb bestehen. Wieder wurden die Probanden gebeten, die erwartete Schätzleistung für sich (in der Selbst-Runde) oder für die andere Person (in der Anderer-Runde) im Vergleich zu einer Referenzgruppe von 350 Studenten auf einer Skala von 0 % - 100 % anzugeben. Im Unterschied zum „Lernen“ gab es hier jedoch nur 20 SchätZRunden (mit jeweils 5 Bildern pro Kategorie) und es fand nun zusätzlich ein Sicherheits-Rating zur Schätzung „Wie sicher bist du, dass du/ der andere besser als x % abschneiden wird?“ statt. Die Skala reichte von „sehr unsicher (0)“ bis zu „sehr sicher (100)“. Erst im Anschluss an das Rating wurde das Bild mit dem Objekt gezeigt, welches geschätzt werden sollte. Eine weitere Änderung bestand darin, dass die Teilnehmer diesmal kein Feedback zu ihrer Schätzleistung oder der Schätzleistung der anderen Person erhielten, um den Verlauf des Experiments nicht zu beeinflussen. Dafür konnten sie zusätzlich bis zu 10 Cent pro Durchgang dazuverdienen, wenn sie eine möglichst genaue Vorhersage der Schätzleistung erbringen würden. Die Belohnung diente einerseits der Motivation, andererseits, um ehrliche Antworten zu erzielen. Die weiteren Abfragen (Abfrage 1 – Abfrage 3) entsprachen hinsichtlich des Aufbaus und des Ablaufs der Baseline-Abfrage. Die Abfragen 1 und 2 der Schlafbedingung fanden am nächsten Morgen nach einem ca. 11-stündigen Behaltensintervall statt, um

zu untersuchen, inwieweit die Informationen zur eigenen Schätzfähigkeit, aber auch die der anderen Person, im Schlaf verarbeitet wurden. Im Gegensatz dazu, fanden die Abfragen bei der Wachbedingung nach einer ca. 12-stündigen Retentionsperiode ohne Schlaf am Abend statt.

Um herauszufinden, inwieweit sich die zuvor erlernten Informationen über die Schätzfähigkeit gefestigt hatten, erfolgte im Anschluss an Abfrage 1 sowohl bei der Schlafgruppe als auch bei der Wachgruppe ein Umlernen. Dieses ähnelte dem „Lernen“ mit dem Unterschied, dass die Feedbacks für die hohe Schätzfähigkeit und für die niedrige Schätzfähigkeit vertauscht wurden. Die Kategorien blieben dabei dieselben. Erhielt Proband 1 beim Lernen in der Kategorie Höhe beispielsweise ein eher positives Feedback und in der Kategorie Gewicht ein eher negatives, so wurde ihm nun „beigebracht“, dass er vermeintlich gut im Gewichteschätzen und weniger gut im Höheschätzen sei. Dabei wurden in dieser Runde neue Bilder gezeigt. Eine weitere Änderung betraf die Anzahl der Durchgänge, die sich auf insgesamt 40 Runden belief (20x Selbst, 20x Anderer mit jeweils 10 präsentierten Bildern pro Kategorie). Zwischengeschaltet wurden die Fragen zum persönlichen Wohlbefinden. Darauf folgte wieder eine Testung, die Abfrage 2, die der Baseline-Abfrage glich und sich auf 20 SchätZRunden (mit jeweils 5 Bildern pro Kategorie) belief. 3 Wochen später erschienen die Probanden zu Testphase 2, welche die Abfrage 3 beinhaltete. Der Ablauf entsprach der ersten Baseline-Abfrage mit dem Unterschied, dass zwischen den insgesamt 60 SchätZRunden (15 Bilder pro Kategorie) die Fragen zum Wohlbefinden eingeblendet wurden. Die Abfrage diente der Untersuchung, ob und wie sich die Probanden über einen längeren Zeitraum die Informationen zur Schätzfähigkeit eingeprägt hatten.

2.6 Kontrollvariablen

Zu den Kontrollvariablen in der vorliegenden Studie gehören ein Vigilanztest, die Stanford Sleepiness Scale (SSS), das Beck-Depressionsinventar II (BDI-II), die Social Interaction Anxiety Scale (SIAS), die Social Phobia Scale (SPS), der Self-

Description Questionnaire (SDQ), ein Abschlussfragebogen, ein Fragebogen zur Schlafqualität sowie ein Fragebogen zu Tagesaktivitäten.

2.6.1 Vigilanztest

Der Vigilanztest erfolgte am Computer, um die Konzentrationsfähigkeit und das Reaktionsvermögen der Probanden unter monotonen Rahmenbedingungen zu evaluieren. Auf einem geteilten Bildschirm wurde in unregelmäßigen Zeitabständen ein roter Punkt eingeblendet, der sich entweder auf der linken oder der rechten Bildseite befand. Ziel war es, schnellstmöglich auf das Zeichen zu reagieren und eine zuvor definierte Taste auf der Tastatur zu klicken. Erschien der Kreis auf der linken Bildhälfte, so sollte mit der linken Hand bestätigt werden, andernfalls mit der rechten Hand. Im Anschluss wurde die Reaktionszeit eingeblendet, welche der Zeit entspricht, die zwischen dem Erscheinen des Signals und dem Tastendruck des Probanden liegt. Wurde die falsche Taste gedrückt, erschien eine Fehlermeldung (Diekelmann et al., 2013).

2.6.2 Fragebögen

2.6.2.1 Stanford Sleepiness Scale

Die Bearbeitung der Stanford Sleepiness Scale (Hoddes et al., 1973) erfolgte sowohl bei der Schlafgruppe als auch bei der Wachgruppe beim ersten Termin nach der Lernsession, beim zweiten Termin nach der Abfragesession und beim dritten Termin im Anschluss an die Abfrage 3. Die Stanford Schläfrigkeitsskala beinhaltet eine 7-Punkte-Skala zur Messung der subjektiv empfundenen Schläfrigkeit. Sie findet Anwendung zur Einschätzung des aktuellen Wachheitsniveaus des Probanden, wobei der Wert 1 dem niedrigsten und der Wert 7 dem höchsten Grad der Schläfrigkeit entspricht.

2.6.2.2 Beck-Depressionsinventar II

Das Beck-Depressionsinventar II (BDI-II) (Beck et al., 1996) bearbeiteten die Probanden in der deutschsprachigen Übersetzung von Hautzinger (Hautzinger et al., 1994) während des zweiten und dritten Termins, jeweils nach der sozialen Lernaufgabe. Hierbei handelt es sich um einen Selbstbeurteilungstest zur Erfassung des Schweregrades depressiver Symptome. Der Test enthält 21 Gruppen von Aussagen (u. a. zu den Themen Versagensgefühle, Selbstablehnung und Veränderungen der Schlafgewohnheiten) mit jeweils vier Antwortmöglichkeiten, die mit den Zahlen 0 bis 3 kodiert werden. Die Probanden wurden gebeten zu jedem Symptombereich eine Aussage anzukreuzen, die am ehesten ihrer Gemütslage der letzten zwei Wochen entspricht. Die Werte der einzelnen Aussagen werden zu einem Gesamtwert addiert, der zwischen 0 und 63 Punkten liegen kann. Je höher dieser Gesamtwert ausfällt, desto stärker ist der Grad der depressiven Symptomatik. 0 bis 12 Punkte weisen auf keine bzw. auf eine klinisch unauffällige Depression hin. Bei Werten zwischen 13 und 19 liegt ein leichtes, zwischen 20 und 28 ein mittelgradiges und zwischen 29 bis 63 ein schweres depressives Syndrom vor.

2.6.2.3 Social Interaction Anxiety Scale und Social Phobia Scale

Die Social Interaction Anxiety Scale (SIAS) bearbeiteten die Teilnehmer der Studie zusammen mit der Social Phobia Scale (SPS) (Mattick & Clarke, 1998), in deutscher Übersetzung von Stangier (Stangier et al., 1999), am letzten Testtermin, drei Wochen nach der Lernsession. Beide Skalen stellen Selbstbeurteilungsinstrumente mit jeweils 20 Aussagen dar, die ein fünfstufiges Antwortsystem von „überhaupt nicht zutreffend“ bis „sehr stark zutreffend“ beinhalten. Dabei berücksichtigt die Soziale-Interaktions-Angst-Skala (SIAS) Ängste in sozialen Interaktionen, während die Soziale-Phobie-Skala (SPS) Ängste in Bewertungs- und Leistungssituationen erfasst. Die Werte der einzelnen Aussagen werden zu einem Gesamtscore summiert. Für die SIAS liegt der von Stangier und Kollegen errechnete Cut-off-Wert bei ≥ 30 (Stangier et al., 1999).

Bei der SPS ist ein Gesamtwert von 20 oder größer als klinisch relevant anzusehen.

2.6.2.4 Self-Description Questionnaire

Die Erfassung des Self-Description Questionnaire (SDQ) (Marsh & O'NEILL, 1984) erfolgte bei der Testphase 2. Es handelt sich hierbei um die Erfassung eines multidimensionalen Selbstkonzepts bei jungen Erwachsenen. Zu 14 Aussagesätzen wurden die Probanden gebeten, auf einer 8-Punkte-Skala ihre Zustimmung oder Ablehnung anzugeben. Zwischengeschaltet wurden fünf Aussagen zur Einschätzung der eigenen Schätzfähigkeiten, die dem gleichen Punktesystem unterliegen (1 = definitiv falsch bis 8 = definitiv richtig).

2.6.2.5 Abschlussfragebogen

Die Bearbeitung des Abschlussfragebogens erfolgte beim zweiten Testtermin (Testphase 1) und beim dritten Termin (Testphase 2). Dieser setzte sich unter anderem aus Fragen zu den zuvor geleisteten Schätzaufgaben zusammen („*Wie gut warst Du bzw. dein Mitspieler darin, das Gewicht von Tieren einzuschätzen?*“). Des Weiteren sollten die Probanden beschreiben, was in ihren Augen das Ziel der Studie war und ob sie das Gefühl hatten, dass ihr Feedback auf ihre Leistung bezogen war.

2.6.2.6 Fragebogen zur Schlafqualität

Den Probanden der Schlafgruppe wurde nach der Lernsession ein Fragebogen zur Schlafqualität ausgehändigt, der unverzüglich nach dem Aufstehen am nächsten Morgen ausgefüllt werden sollte. Dieser gab einen Einblick in die Gemütslage der Teilnehmer jeweils vor und nach dem Zubettgehen sowie die subjektiv empfundene Qualität ihres Schlafs. Außerdem wurde geprüft, ob Personen in der Einschlafphase deutliche Bildeindrücke hatten. Ein weiterer

Fragebogen zur Schlafqualität mit denselben Fragen wurde nach der Testphase 1 ausgehändigt (ebenso den Probanden der Wachgruppe), der an dem Morgen des letzten Termins nach dem Aufstehen ausgefüllt werden sollte.

2.6.2.7 Fragebogen zu Tagesaktivitäten

Der Fragebogen zu Tagesaktivitäten betraf nur die Teilnehmer der Wachbedingung, die notieren sollten, welchen alltäglichen Tätigkeiten sie zwischen den ersten beiden Testterminen nachgegangen sind, um substantielle Schlafphasen am Tag auszuschließen.

2.7 Polysomnographie

Alle Teilnehmer der Schlafbedingung unterzogen sich einer Nacht mit polysomnographisch überwachtem Schlaf. Mittels verschiedener Ableitungen (EEG, EMG und EOG) konnte die Schlafarchitektur jedes Probanden nach erfolgter Lernsession bestimmt werden. Ausgewertet wurden dabei die Schlafstadien S1 – S4 sowie das REM-Stadium anhand der Bewertungskriterien von Rechtschaffen und Kales (Kales & Rechtschaffen, 1968). Die Elektroden wurden anhand des 10-20-Systems nach Herbert Jasper (Klem et al., 1999) angebracht. C3 und C4, zur Ableitung des Elektroenzephalogramms, wurden auf der Schädeloberfläche neben dem Vertex positioniert. Für das Elektrokulogramm (EOG) wurde eine Elektrode rechts unterhalb der rechten Augenhöhle und eine weitere links oberhalb der linken Augenhöhle platziert. Für die Ableitung des Elektromyogramms fanden zwei Elektroden am Kinn des Probanden (*M. mentalis*) Anwendung. Beidseits am Processus mastoideus des Os temporale lagen die Referenzelektroden an, während die Erdungselektrode am Os frontale angebracht wurde. Um die Impedanz während des EEG zu verringern, wurden die ausgewählten Hautpartien zuvor desinfiziert, mit einer abrasiven Elektrodenpaste (Everi, Spes medica) behandelt und mit einer

Elektrodencreme (lic2) beschickt. Zur Aufzeichnung der Daten wurde der Verstärker von BrainAmp MR plus (Brainvision) verwendet.

2.8 Statistische Analyse

Die statistischen Analysen wurden mit IBM SPSS Statistics (Version 28.0.1.1) sowie JASP (Version 0.17.3.0) durchgeführt. Das Signifikanzniveau wurde auf $\alpha = 0.05$ festgelegt. Zur Beantwortung der Fragestellungen wurden für jeden Messzeitpunkt (Baseline, A1, A2 und A3) sowie für die Veränderungswerte relativ zur Baseline separate Varianzanalysen mit Messwiederholungen durchgeführt. In jedem Modell wurde der Gruppenfaktor Sleep vs. Wake als Between-Subject-Faktor berücksichtigt. Die Faktoren Fähigkeit (High vs. Low) und Agent (Self vs. Other) wurden jeweils als Within-Subject-Faktoren einbezogen. Es wurden keine formalen Tests der Normalverteilung oder Varianzhomogenität durchgeführt. Da Varianzanalysen als relativ robust gegenüber moderaten Abweichungen von diesen Voraussetzungen gelten, wurden die Ergebnisse im Rahmen der üblichen Anwendungsgrenzen interpretiert.

Die während der sozialen Lernaufgabe erhobenen Stimmungslagen wurden ebenfalls mittels Varianzanalysen mit Messwiederholungen analysiert (Within-Faktor Zeit, Between-Faktor Sleep vs. Wake).

Für die Auflösung signifikanter Interaktionen wurden a priori definierte Kontraste berechnet, getrennt für die Schlaf- und Wachgruppe (Self-High vs. Self-Low; Other-High vs. Other-Low). Paarweise Vergleiche wurden, sofern zutreffend, mittels Bonferroni-Korrektur oder Holm-Korrektur adjustiert (wie jeweils im Text angegeben).

Obwohl Haupteffekte und Interaktionen in den jeweiligen Gesamtmodellen geprüft wurden, erfolgten ergänzend separate Analysen für die Bedingungen Self und Other. Diese Schritte waren hypothesenbasiert (Hypothesen 3 und 4) und dienten der gezielten Untersuchung möglicher Unterschiede in der Konsolidierung selbstbezogener und fremdbezogener sozialer Informationen. Daher wurden an einzelnen Stellen Post-hoc-Analysen berichtet, auch wenn die

entsprechenden Interaktionen in den Gesamtmodellen nicht signifikant waren. Diese Analysen erfolgten ausschließlich zur Überprüfung der genannten Hypothesen.

Für Kontrollvariablen (z. B. Vigilanzleistung, Fragebogendaten) wurden ebenfalls ANOVAs mit Messwiederholungen durchgeführt (Within-Faktor Zeit, Between-Faktor Sleep vs. Wake).

Für einzelne Messzeitpunkte wurden zusätzlich separate Varianzanalysen zur Analyse der absoluten Erwartungswerte berechnet. Paarweise Vergleiche wurden, sofern zutreffend, mittels t-Tests durchgeführt.

Zusätzlich wurden explorative Korrelationen berechnet, um Zusammenhänge zwischen Veränderungswerten der Leistungserwartung, polysomnographischen Parametern, Fragebogendaten und Stimmungslagen zu prüfen. Hierfür kamen bivariate Pearson-Korrelationen bzw. Spearman-Korrelationen zum Einsatz. Eine Adjustierung für multiple Tests erfolgte nicht, da diese Analysen explorativen Charakter hatten.

3 ERGEBNISSE

3.1 Ergebnisse der sozialen Lernaufgabe

Um herauszufinden, inwieweit Schlaf bei der Stabilisierung von sozialen Informationen beteiligt ist, bearbeiteten die Teilnehmer in der ersten Sitzung, der „Lernphase“ beim „Lernen“ eine soziale Lernaufgabe (siehe 2.3 Versuchsdesign für Details), in der sie ihre eigene Schätzfähigkeit (Bedingung „Self“) und die des Anderen (Bedingung „Other“) erlernen konnten (Abbildung 4). Dabei erhielten sie ein manipuliertes Leistungsfeedback, welches entweder einer hohen Fähigkeit oder einer niedrigen Fähigkeit zugewiesen wurde, wodurch 4 Feedback-Bedingungen entstanden: Agentenbedingung (Self vs. Other) x Fähigkeitsbedingung (High vs. Low). In der „Lernphase“ wurden somit neue Überzeugungen über sich und über eine andere Person (als Kontrollbedingung) gebildet. In der anschließenden Baseline-Abfrage wurde getestet, inwieweit sich die neu gebildeten Überzeugungen bereits gefestigt hatten.

In der Testphase 1, die nach einer Nacht Schlaf für die Schlafgruppe bzw. einem Wachintervall für die Wachgruppe stattfand, bearbeiteten alle Probanden die Abfrage 1, die strukturell der Baseline-Abfrage entsprach. Diese Abfrage diente der Untersuchung, inwieweit sich die neu gebildeten Überzeugungen durch Schlaf oder Wachsein verfestigt hatten. Im Anschluss beim „Umlernen“ absolvierten die Teilnehmer erneut die soziale Lernaufgabe, allerdings wurden die Feedback-Bedingungen vertauscht, sodass die vorherige Fähigkeitsbedingung „High“ nun der Bedingung „Low“ entsprach und umgekehrt. Das dadurch induzierte Umlernen und die darauffolgende Abfrage 2 dienten der Überprüfung, in welchem Ausmaß sich die in der „Lernphase“ gebildeten Überzeugungen gefestigt hatten.

Drei Wochen später wurde die Abfrage 3 durchgeführt, die strukturell den vorherigen Abfragen entsprach. Sie hatte zum Ziel, die Beständigkeit der Überzeugungen der Probanden über einen längeren Zeitraum zu analysieren.

3.1.1 Bildung sozialer Überzeugungen

Beim „Lernen“ gaben die Teilnehmenden ihre eigene Schätzleistung bzw. die der anderen Person auf einer Skala von 0 % - 100 % an, bevor sie das jeweilige Objekt einschätzten. Die Grafik (Abbildung 5) zeigt, dass die Probanden vor der jeweiligen Schlaf- bzw. Wachphase die Informationen zur Schätzfähigkeit erfolgreich erlernt hatten und das erhaltene Feedback tatsächlich annahmen. Die Lernkurven näherten sich mit fortschreitenden Durchgängen für die Fähigkeitsbedingung „High“ der hohen Schätzfähigkeit (normalverteilt um das 65. Perzentil) und für die Fähigkeitsbedingung „Low“ der niedrigen Schätzfähigkeit (um das 35. Perzentil) an.

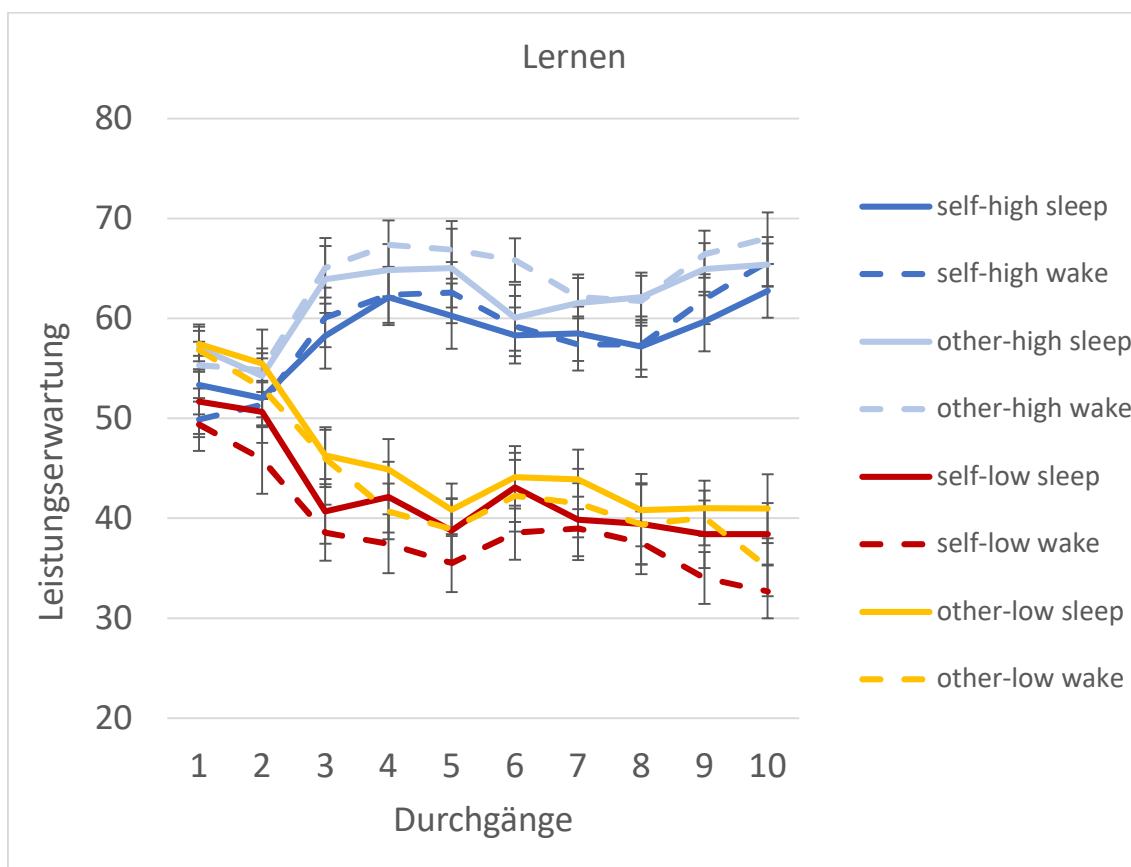


Abbildung 5: Schätzleistungserwartung beim "Lernen"

Die Schätzleistungserwartung der Probanden ist auf der Ordinate dargestellt, während die Abszisse die Anzahl der Durchgänge zeigt. Ein Durchgang besteht aus vier Schätzzunden. Die durchgezogenen Linien repräsentieren die Schlafgruppe, die unterbrochenen Linien die Wachgruppe. Innerhalb jeder Gruppe sind die Bedingungen farblich codiert: Dunkelblau = „Self-High“, Hellblau = „Other-High“, Rot = „Self-Low“, Gelb = „Other-Low“.

3.1.1.1 Baseline

Zum Zeitpunkt der Baseline zeigte sich in einer Varianzanalyse mit den Faktoren Fähigkeit (High vs. Low), Agent (Self vs. Other) und Gruppe (Sleep vs. Wake) ein deutlicher Haupteffekt der Fähigkeitsbedingung ($F_{1,57} = 352.16, p < 0.001$). Die Leistungserwartungen lagen in der High-Bedingung höher als in der Low-Bedingung (Abbildung 6). Auch für den Faktor Agent ergab sich ein signifikanter Haupteffekt ($F_{1,57} = 986.90, p < 0.001$). Insgesamt wurden der anderen Person (Other) höhere Fähigkeiten zugeschrieben als der eigenen Person (Self). Der Gruppenfaktor Sleep vs. Wake zeigte keinen signifikanten Haupteffekt ($F_{1,57} = 2.36, p = 0.13$). Für keine der Interaktionen zwischen den Faktoren Fähigkeit, Agent und Gruppe ergaben sich signifikante Effekte (alle $p > 0.20$). Damit lagen die Leistungserwartungen zum Zeitpunkt der Baseline in beiden Gruppen entsprechend der Manipulation konsistent vor.

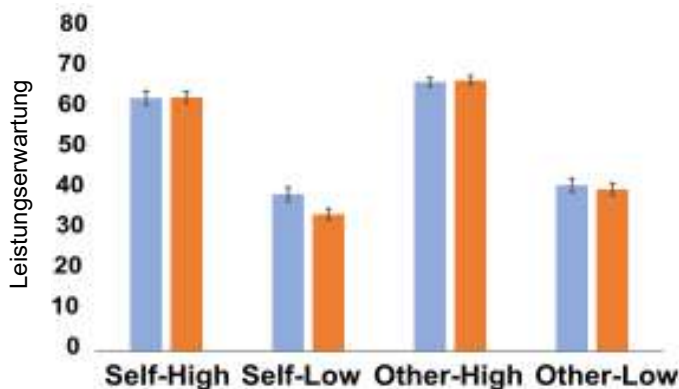


Abbildung 6: Schätzleistungserwartung zum Zeitpunkt der Baseline unmittelbar nach dem "Lernen"

Links ist die Leistungserwartung dargestellt. Der blaue Balken repräsentiert die Schlafgruppe, der orange Balken die Wachgruppe.

3.1.2 Soziale Überzeugungen nach Schlaf und Wachsein

3.1.2.1 Abfrage 1

Zum Zeitpunkt der Abfrage 1 zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt der Fähigkeitsbedingung ($F_{1,57} = 38.45, p < 0.001$). Die Leistungserwartungen lagen

in der „High“-Bedingung höher als in der „Low“-Bedingung (Abbildung 7). Es zeigte sich zudem ein signifikanter Haupteffekt der Agentenbedingung Self vs. Other ($F_{1,57} = 246.23, p < 0.001$). Die Leistungserwartungen für andere Personen (Other) waren insgesamt höher als für die eigene Person (Self). Darüber hinaus ergab sich ein signifikanter Haupteffekt der Gruppe Sleep vs. Wake ($F_{1,57} = 5.15, p = 0.027$). Die Leistungserwartungen fielen in der Schlafgruppe insgesamt höher aus, als in der Wachgruppe. Für keine der Interaktionen zwischen den Faktoren ergaben sich signifikante Effekte (alle $p > 0.05$). Aufgrund der fehlenden Interaktionen waren keine weiteren Post-hoc-Analysen erforderlich.

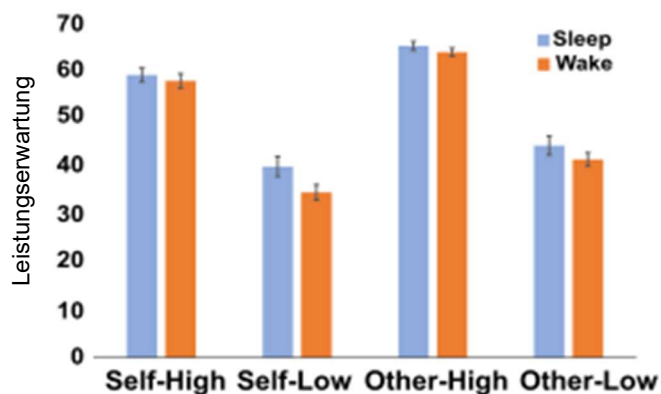


Abbildung 7: Schätzleistungserwartung zum Zeitpunkt der Abfrage 1

Links ist die Leistungserwartung dargestellt. Der blaue Balken repräsentiert die Schlafgruppe, der orange Balken die Wachgruppe.

3.1.3 Veränderung der Schätzleistungserwartung

Als Maß für die Veränderung der Schätzleistungserwartung der Probanden wurde die Differenz zwischen der Leistungserwartung zu den Zeitpunkten der Abfragen 1, 2 und 3 und der Leistungserwartung bei der Baseline-Abfrage nach dem „Lernen“ verwendet. Dies bedeutet, dass die Veränderung der Leistungserwartung durch den Vergleich der Abfragen mit der Baseline-Abfrage nach dem „Lernen“ ermittelt wurde, um zu untersuchen, wie sich die Erwartungen der Probanden im Verlauf der Studie veränderten.

Zur Erfassung der grundlegenden Effekte wurde eine ANOVA mit wiederholten Messungen mit den Faktoren (High vs. Low) für die Fähigkeitsbedingung, (Self vs. Other) für die Agentenbedingung und (Sleep vs. Wake) für die Gruppenbedingung verwendet. Alle Haupteffekte und Interaktionen wurden im Modell berücksichtigt. Im weiteren Verlauf wird der Begriff Leistungserwartung stellvertretend für die Schätzleistungserwartung verwendet, um die Darstellung zu vereinfachen.

3.1.3.1 A1 – Baseline

Zum Zeitpunkt der Abfrage 1 zeigte sich für die Veränderung der Leistungserwartung ein signifikanter Haupteffekt der Fähigkeitsbedingung ($F_{1,57} = 46.20$, $p < 0.001$). Die Veränderungen fielen in der High-Bedingung stärker aus als in der Low-Bedingung. Es zeigte sich zudem ein signifikanter Haupteffekt der Agentenbedingung ($F_{1,57} = 9.07$, $p = 0.004$). Die Veränderungen der Leistungserwartungen waren insgesamt größer für Other als für Self. Für den Gruppenfaktor Sleep vs. Wake ergab sich kein signifikanter Haupteffekt ($F_{1,57} = 2.70$, $p = 0.10$). Ebenso ergaben sich keine signifikanten Interaktionen zwischen den Faktoren Fähigkeit und Gruppe ($F_{1,57} = 0.08$, $p = 0.77$) sowie zwischen Fähigkeit, Agent und Gruppe ($F_{1,57} = 0.39$, $p = 0.53$). Auch die übrigen geprüften Interaktionen zwischen den Faktoren (alle $p > 0.05$) waren nicht signifikant. Damit zeigten sich in der Veränderung der Leistungserwartungen zum Zeitpunkt von Abfrage 1 keine Unterschiede zwischen der Schlaf- und der Wachgruppe.

Um mögliche Unterschiede innerhalb der selbst- und fremdbezogenen Bedingungen entsprechend der Hypothesen 3 und 4 gezielt zu prüfen, wurden trotz fehlender Interaktion ergänzend zwei separate ANOVAs mit wiederholten Messungen durchgeführt. Diese Analysen erfolgten hypothesenbasiert und ergänzen die Befunde der Gesamtanalyse.

Für die Selbst-Bedingungen (Self-High vs. Self-Low) zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt der Fähigkeitsbedingung ($F_{1,57} = 31.80$, $p < 0.001$). Weder die

Interaktion zwischen Fähigkeit und Gruppe ($F_{1,57} = 0.30$, $p = 0.58$) noch der Gruppenfaktor selbst ($F_{1,57} = 0.62$, $p = 0.43$) waren signifikant.

Ein ähnliches Muster zeigte sich in der Analyse für die fremdbezogenen Bedingungen Other-High und Other-Low. Auch hier lag ein signifikanter Haupteffekt der Fähigkeitsbedingung vor ($F_{1,57} = 32.25$, $p < 0.001$), während die Interaktion zwischen Fähigkeit und Gruppe nicht signifikant war ($F_{1,57} = 0.01$, $p = 0.90$). Für den Gruppenfaktor ergab sich ein signifikanter Effekt ($F_{1,57} = 4.58$, $p = 0.03$). Da dieser Effekt jedoch im Gesamtmodell nicht durch eine entsprechende Interaktion bestätigt wurde, wird er als ergänzender Befund berichtet, jedoch nicht weiter inhaltlich interpretiert (Abbildung 8).

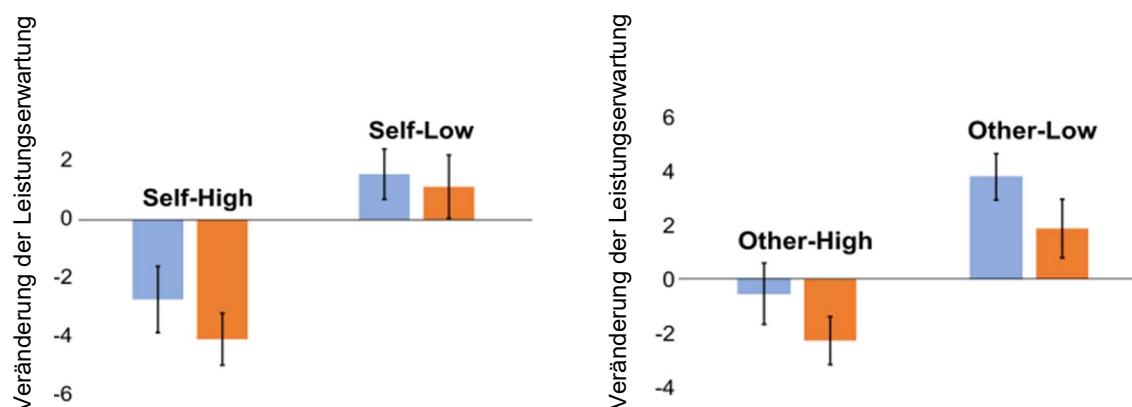


Abbildung 8: Veränderung der Leistungserwartung (A1 - Baseline)

Die Veränderung der Leistungserwartung zum Zeitpunkt der Abfrage 1 (A1 - Baseline) ist jeweils links dargestellt. Die Balken repräsentieren die Schlafgruppe (blau) und die Wachgruppe (orange) für die Bedingungen Self-High, Self-Low, Other-High und Other-Low.

3.1.4 Revision sozialer Überzeugungen

Beim „Umlernen“ mit vertauschten Feedback-Bedingungen wurde ersichtlich, dass sowohl die Wachgruppe als auch die Schlafgruppe das neue Feedback zu denselben Kategorien annahmen (Abbildung 9). Die Lernkurven bestätigten, dass bei beiden Gruppen ein Umlernen stattfand, indem die Teilnehmenden das neue Feedback aktiv nutzten, um ihre vorherigen Überzeugungen anzupassen. Das ursprüngliche Niveau, bei dem etwa 65 % der Fähigkeitsbedingung „High“

und 35 % der Fähigkeitsbedingung „Low“ zugeordnet wurden, konnte jedoch nicht erneut erreicht werden.

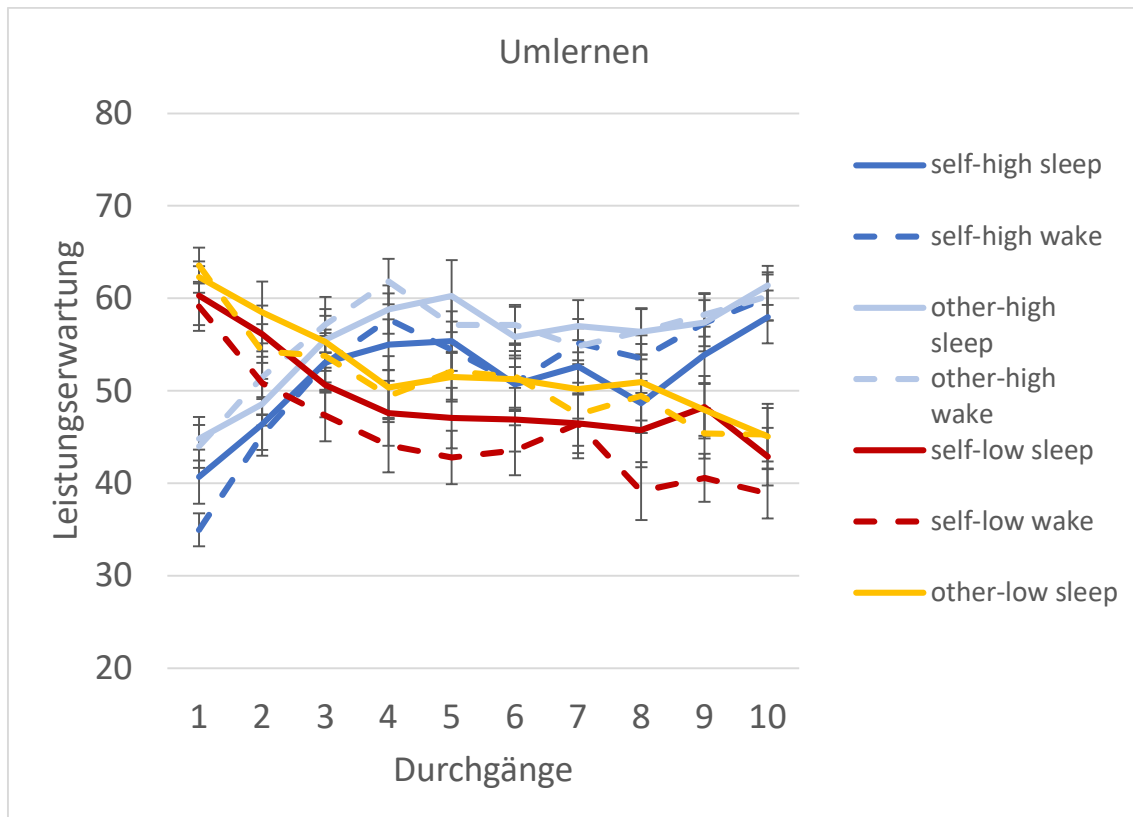


Abbildung 9: Leistungserwartung beim "Umlernen"

Die Leistungserwartung der Probanden ist auf der Ordinate dargestellt, während die Abszisse die Anzahl der Durchgänge zeigt. Ein Durchgang besteht aus vier Schätzrunden. Die durchgezogenen Linien repräsentieren die Schlafgruppe, die unterbrochenen die Wachgruppe. Innerhalb jeder Gruppe sind die Bedingungen farblich codiert: Dunkelblau = „Self-High“, Hellblau = „Other-High“, Rot = „Self-Low“, Gelb = „Other-Low“.

3.1.4.1 Abfrage 2

Eine Varianzanalyse mit wiederholten Messungen ergab nach dem Umlernen bei der Abfrage 2 einen signifikanten Haupteffekt der Fähigkeitsbedingung ($F_{1,57} = 24.35$, $p < 0.001$), einen signifikanten Haupteffekt der Agentenbedingung ($F_{1,57} = 14.50$, $p < 0.001$) sowie einen signifikanten Haupteffekt der Gruppe Sleep vs. Wake ($F_{1,57} = 10.90$, $p = 0.002$). Die dreifache Interaktion zwischen Fähigkeit, Agent und Gruppe war ebenfalls signifikant ($F_{1,57} = 13.98$, $p < 0.001$). Zur genaueren Untersuchung dieser Interaktion wurden hypothesenbasierte Post-

hoc-Analysen durchgeführt. Dabei zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen der Schlaf- und Wachgruppe ausschließlich in der Bedingung Other-Low ($p_{\text{Bonf}} = 0.028$), siehe Abbildung 10. In den übrigen Bedingungen fanden sich keine signifikanten Gruppenunterschiede. Damit bestätigten die Analysen das erfolgreiche Umlernen in beiden Gruppen, während sich nur in der Bedingung Other-Low ein Gruppenunterschied zeigte.

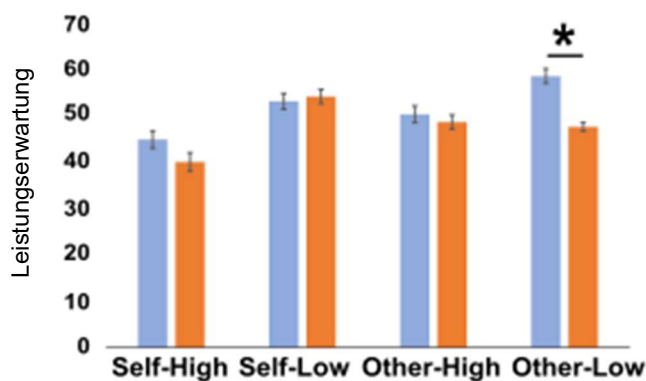


Abbildung 10: Leistungserwartung zum Zeitpunkt der Abfrage 2

Die Leistungserwartung ist links dargestellt. Der blaue Balken repräsentiert die Schlafgruppe, der orange Balken die Wachgruppe. Signifikante Post-hoc Vergleiche sind Bonferroni-korrigiert dargestellt: $*p < 0,05$.

3.1.4.2 A2 – Baseline

Die Ergebnisse für die Veränderung der Schätzleistungserwartung zum Zeitpunkt der Abfrage 2 (A2 - Baseline) zeigten einen signifikanten Haupteffekt der Fähigkeitsbedingung ($F_{1,57} = 222.60$, $p < 0.001$). Für die Agentenbedingung Self vs. Other ergab sich kein signifikanter Haupteffekt ($F_{1,57} = 0.80$, $p = 0.36$). Der Gruppenfaktor Sleep vs. Wake zeigte einen signifikanten Effekt ($F_{1,57} = 6.10$, $p = 0.016$). Darüber hinaus war die dreifache Interaktion zwischen Fähigkeit, Agent und Gruppe signifikant ($F_{1,57} = 18.20$, $p < 0.001$).

Zur näheren Betrachtung dieser Interaktion wurden post-hoc Analysen durchgeführt. Ein signifikanter Unterschied ergab sich ausschließlich für die Bedingung Other-Low, in der die Schlafgruppe stärkere positive Veränderungen aufwies als die Wachgruppe ($p_{\text{holm}} = 0.008$; $p_{\text{Bonf}} = 0.02$), siehe Abbildung 11.

Ergänzend wurden entsprechend der Hypothesen 3 und 4 separate Varianzanalysen mit Messwiederholungen für die selbstbezogenen (Self-High vs. Self-Low) und die fremdbezogenen Bedingungen (Other-High vs. Other-Low) berechnet. Für die Selbst-Bedingungen zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt der Fähigkeitsbedingung ($F_{1,57} = 185.10, p < 0.001$). Die Interaktion zwischen Fähigkeitsbedingung und Gruppe war signifikant ($F_{1,57} = 4.05, p = 0.049$), während der Gruppenfaktor selbst nicht signifikant war ($F_{1,57} = 0.12, p = 0.72$). Die post-hoc Analysen ergaben keine signifikanten Gruppenunterschiede. Für die Fremd-Bedingungen zeigte sich ebenfalls ein signifikanter Haupteffekt der Fähigkeitsbedingung ($F_{1,57} = 175.29, p < 0.001$). Die Interaktion zwischen Fähigkeitsbedingung und Gruppe war nicht signifikant ($F_{1,57} = 3.14, p = 0.082$). Der Gruppenfaktor zeigte einen signifikanten Effekt ($F_{1,57} = 15.93, p < 0.001$). In den post-hoc Analysen ergab sich ein signifikanter Unterschied in der Bedingung Other-Low, in der die Schlafgruppe größere positive Veränderungen zeigte als die Wachgruppe ($p_{\text{holm}} < 0.001; p_{\text{Bonf}} = 0.002$). Damit war das Umlernen insgesamt erfolgreich, wobei gruppenspezifische Unterschiede insbesondere in der Bedingung Other-Low auftraten.

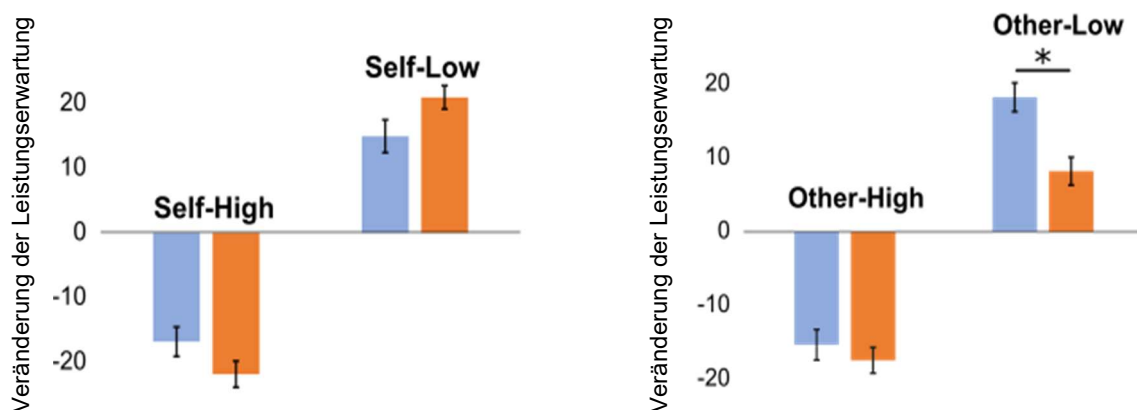


Abbildung 11: Veränderung der Leistungserwartung (A2 - Baseline)

Die Veränderung der Leistungserwartung zum Zeitpunkt der Abfrage 2 (A2 - Baseline) ist jeweils links dargestellt. Die Balken repräsentieren die Schlafgruppe (blau) und die Wachgruppe (orange) für die Bedingungen Self-High, Self-Low, Other-High und Other-Low. Signifikante Post-hoc Vergleiche sind markiert: * $p < 0.05$.

3.1.5 Entwicklung sozialer Überzeugungen über die Zeit

3.1.5.1 Abfrage 3

Zum Zeitpunkt der Abfrage 3 zeigte sich, dass sich die Leistungserwartungen der Teilnehmenden wieder den Werten der Baseline annäherten (siehe Abbildung 12). Eine Varianzanalyse mit wiederholten Messungen ergab einen signifikanten Haupteffekt der Fähigkeitsbedingung ($F_{1,57} = 52.34, p < 0.001$). Die Leistungserwartungen lagen für die High-Bedingung weiterhin höher als für die Low-Bedingung.

Es zeigte sich zudem ein signifikanter Haupteffekt der Agentenbedingung Self vs. Other ($F_{1,57} = 28.53, p < 0.001$). Insgesamt fielen die Leistungserwartungen für andere Personen (Other) höher aus als für die eigene Person (Self).

Für den Gruppenfaktor Sleep vs. Wake zeigte sich kein signifikanter Effekt ($F_{1,57} = 0.005, p = 0.95$). Ebenso wurden keine signifikanten Interaktionen zwischen den Faktoren gefunden (alle p-Werte lagen über 0.05). Damit ergab sich kein Hinweis auf gruppenspezifische Unterschiede in den Leistungserwartungen zum Zeitpunkt der Abfrage 3.

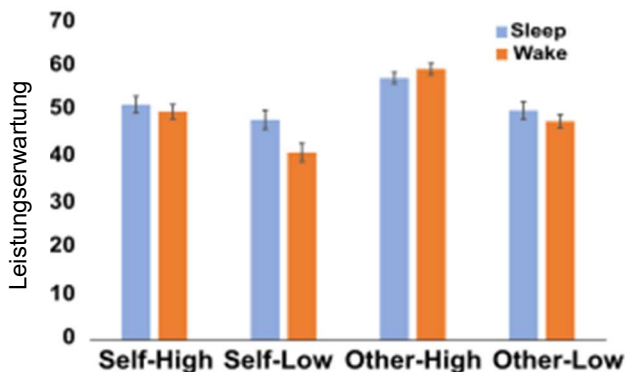


Abbildung 12: Leistungserwartung zum Zeitpunkt der Abfrage 3

Die Leistungserwartung ist links dargestellt. Der blaue Balken repräsentiert die Schlafgruppe, der orange Balken die Wachgruppe.

3.1.5.2 A3 – Baseline

Die Ergebnisse für die Veränderung der Schätzleistungserwartung zum Zeitpunkt der Abfrage 3 (A3 - Baseline) zeigten einen signifikanten Haupteffekt der Fähigkeitsbedingung ($F_{1,53} = 145.56$, $p < 0.001$). Der signifikante Haupteffekt zeigt, dass hohe Fähigkeiten weniger positiv und niedrige Fähigkeiten weniger negativ beurteilt wurden als gegenüber der Baseline.

Für die Agentenbedingung Self vs. Other wurde ein statistischer Trend beobachtet ($F_{1,53} = 3.37$, $p = 0.072$), ohne dass ein signifikanter Effekt vorlag. Der Gruppenfaktor Sleep vs. Wake war nicht signifikant ($F_{1,53} = 0.26$, $p = 0.60$). Zudem waren weder die Interaktion zwischen Fähigkeitsbedingung und Gruppe ($F_{1,53} = 0.04$, $p = 0.83$) noch die dreifache Interaktion zwischen Fähigkeit, Agent und Gruppe ($F_{1,53} = 0.29$, $p = 0.59$) signifikant. Auch die übrigen geprüften Interaktionen zwischen den Faktoren zeigten keine signifikanten Effekte. Somit ergaben sich keine Hinweise auf gruppenspezifische Unterschiede in der Veränderung der Überzeugungen nach drei Wochen.

Ergänzend wurden entsprechend den Hypothesen 3 und 4 separate Varianzanalysen mit Messwiederholungen für die selbstbezogenen und die fremdbezogenen Bedingungen durchgeführt. Für die Selbst-Bedingungen (Self-High vs. Self-Low) ergab sich ein signifikanter Haupteffekt der Fähigkeitsbedingung ($F_{1,53} = 116.02$, $p < 0.001$). Weder die Interaktion zwischen Fähigkeitsbedingung und Gruppe ($F_{1,53} = 0.005$, $p = 0.943$) noch der Gruppenfaktor selbst ($F_{1,53} = 1.18$, $p = 0.28$) waren signifikant. Für die Fremd-Bedingungen (Other-High vs. Other-Low) zeigte sich ebenfalls ein signifikanter Haupteffekt der Fähigkeitsbedingung ($F_{1,53} = 109.09$, $p < 0.001$). Auch hier ergaben sich weder eine signifikante Interaktion zwischen Fähigkeitsbedingung und Gruppe ($F_{1,53} = 0.22$, $p = 0.63$) noch ein signifikanter Gruppenfaktor ($F_{1,53} = 0.34$, $p = 0.55$), siehe Abbildung 13.

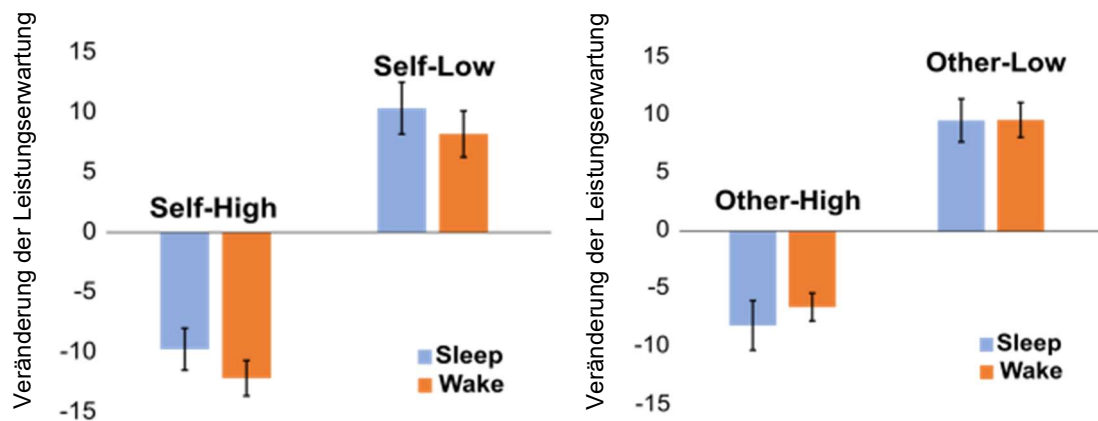


Abbildung 13: Veränderung der Leistungserwartung (A3 - Baseline)

Die Veränderung der Leistungserwartung zum Zeitpunkt der Abfrage 3 (A3 - Baseline) ist jeweils links dargestellt. Die Balken repräsentieren die Schlafgruppe (blau) und die Wachgruppe (orange) für die Bedingungen Self-High, Self-Low, Other-High und Other-Low.

3.1.6 Sicherheitseinschätzung

Während der Baseline und jeweils bei den Abfragen 1, 2 und 3 absolvierten die Probanden nach der Eingabe ihrer Schätzleistung ein Sicherheits-Rating „Wie sicher bist du dir bei dieser Einschätzung?“. Dabei sollten sie auf einer Skala von „sehr unsicher“ (0) bis „sehr sicher“ (100) ihre Einschätzung für ihre eigene Schätzleistung oder die der anderen Person für das im Anschluss gezeigte Objekt abgeben.

Zur Analyse der zeitlichen Entwicklung wurde eine ANOVA mit wiederholten Messungen durchgeführt, wobei der Faktor Zeit als Within-Subject-Faktor sowie die Faktoren Fähigkeit (High vs. Low), Agent (Self vs. Other) und der Gruppenfaktor (Sleep vs. Wake) berücksichtigt wurden.

Die Analyse ergab einen signifikanten Haupteffekt des Faktors Zeit ($F_{3,159} = 20.60$, $p < 0.001$), siehe Tabelle 1. Zudem zeigte sich eine signifikante dreifache Interaktion zwischen Fähigkeit, Agent und Zeit ($F_{3,159} = 10.38$, $p < 0.001$). Post-hoc-Analysen zeigten in allen Bedingungen signifikant niedrigere Sicherheitseinschätzungen bei der Abfrage 3 im Vergleich zur Baseline (alle $p < 0.001$). In den meisten Bedingungen traten zusätzlich bereits zwischen Baseline und Abfrage 2 signifikante Unterschiede auf. Eine Ausnahme bildete die

Bedingung Other-Low, für die ausschließlich zwischen Baseline und Abfrage 3 ein signifikanter Unterschied bestand ($p < 0.001$).

Eine Interaktion zwischen den Faktoren Agent und Gruppe wurde ebenfalls gefunden ($F_{1,53} = 4.76$, $p = 0.034$). Die anschließenden Post-hoc-Analysen ergaben jedoch keine signifikanten paarweisen Unterschiede (alle $p > 0.24$).

Tabelle 1: Werte der Sicherheitseinschätzung (Mittelwert \pm SEM)

		Baseline	Abfrage 1	Abfrage 2	Abfrage 3
Sleep	Self-High	61.75 \pm 2.09	59.42 \pm 2.07	54.12 \pm 2.62	52.08 \pm 3.28
	Self-Low	63.44 \pm 2.28	60.38 \pm 2.59	53.76 \pm 2.17	52.24 \pm 3.04
	Other-High	64.67 \pm 2.29	61.85 \pm 2.14	55.30 \pm 2.37	52.34 \pm 3.04
	Other-Low	62.83 \pm 2.32	57.41 \pm 2.49	57.43 \pm 2.37	51.33 \pm 3.09
Wake	Self-High	59.33 \pm 2.60	54.85 \pm 2.75	52.89 \pm 3.50	47.79 \pm 3.28
	Self-Low	61.09 \pm 2.24	57.59 \pm 2.21	49.65 \pm 2.95	52.64 \pm 2.77
	Other-High	65.31 \pm 2.09	57.78 \pm 2.33	47.65 \pm 2.93	49.95 \pm 2.78
	Other-Low	55.35 \pm 2.77	50.92 \pm 2.72	49.27 \pm 2.99	46.78 \pm 3.32

Zur detaillierteren Betrachtung der Veränderungen in den Sicherheitseinschätzungen wurden anschließend für jede Abfrage separate Analysen der Veränderungswerte (Abfrage – Baseline) berechnet.

Eine Varianzanalyse mit wiederholten Messungen zeigte zum Zeitpunkt der Abfrage 1 (A1 – Baseline) keine signifikanten Haupteffekte. Weder die Fähigkeitsbedingung ($F_{1,57} = 0.03$, $p = 0.84$) noch die Agentenbedingung ($F_{1,57} = 3.48$, $p = 0.06$) erreichten Signifikanz. Der Gruppenfaktor selbst war ebenfalls nicht signifikant ($F_{1,57} = 0.48$, $p = 0.49$). Ebenso ergaben sich keine bedeutsamen Interaktionen zwischen Fähigkeit und Gruppe ($F_{1,57} = 3.91$, $p = 0.05$) oder zwischen Fähigkeit, Agent und Gruppe ($F_{1,57} = 1.04$, $p = 0.31$). Auch die übrigen geprüften Interaktionen zwischen den Faktoren waren nicht signifikant. Damit ergaben sich zum Zeitpunkt der Abfrage 1 keine Hinweise auf

Unterschiede in den Sicherheitseinschätzungen zwischen den Bedingungen oder zwischen den Gruppen (Abbildung 14).

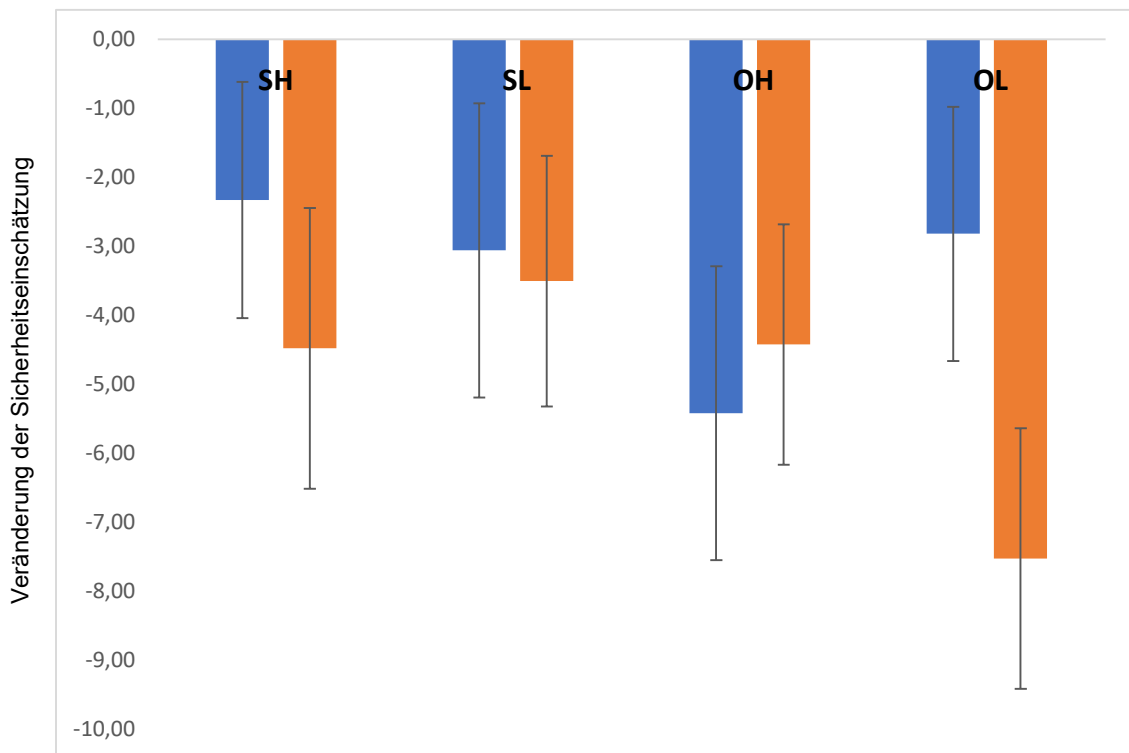


Abbildung 14: Veränderung der Sicherheitseinschätzung (A1 - Baseline)

Die Veränderung der Sicherheitseinschätzung zum Zeitpunkt der Abfrage 1 (A1 – Baseline) ist links dargestellt. Die Balken repräsentieren die Schlafgruppe (blau) und die Wachgruppe (orange) für die Bedingungen Self-High (SH), Self-Low (SL), Other-High (OH) und Other-Low (OL).

Für die Veränderung der Sicherheitseinschätzungen zum Zeitpunkt der Abfrage 2 (A2 – Baseline) zeigte die Varianzanalyse mit wiederholten Messungen keine signifikanten Haupteffekte. Weder die Fähigkeitsbedingung ($F_{1,57} = 1.64$, $p = 0.20$) noch die Agentenbedingung ($F_{1,57} = 0.33$, $p = 0.56$) erreichten Signifikanz. Auch der Gruppenfaktor Sleep vs. Wake war nicht signifikant ($F_{1,57} = 0.51$, $p = 0.47$). Ebenso ergaben sich keine signifikanten Interaktionen. Weder die Interaktion zwischen Fähigkeit und Gruppe ($F_{1,57} = 0.49$, $p = 0.48$) noch die dreifache Interaktion zwischen Fähigkeit, Agent und Gruppe ($F_{1,57} = 3.22$, $p = 0.07$) war bedeutsam. Auch die übrigen geprüften Interaktionen zwischen den Faktoren zeigten keine signifikanten Effekte. Damit ergaben sich zum Zeitpunkt der Abfrage 2 keine Hinweise auf Unterschiede in den

Sicherheitseinschätzungen zwischen den Bedingungen oder zwischen den Gruppen (Abbildung 15).

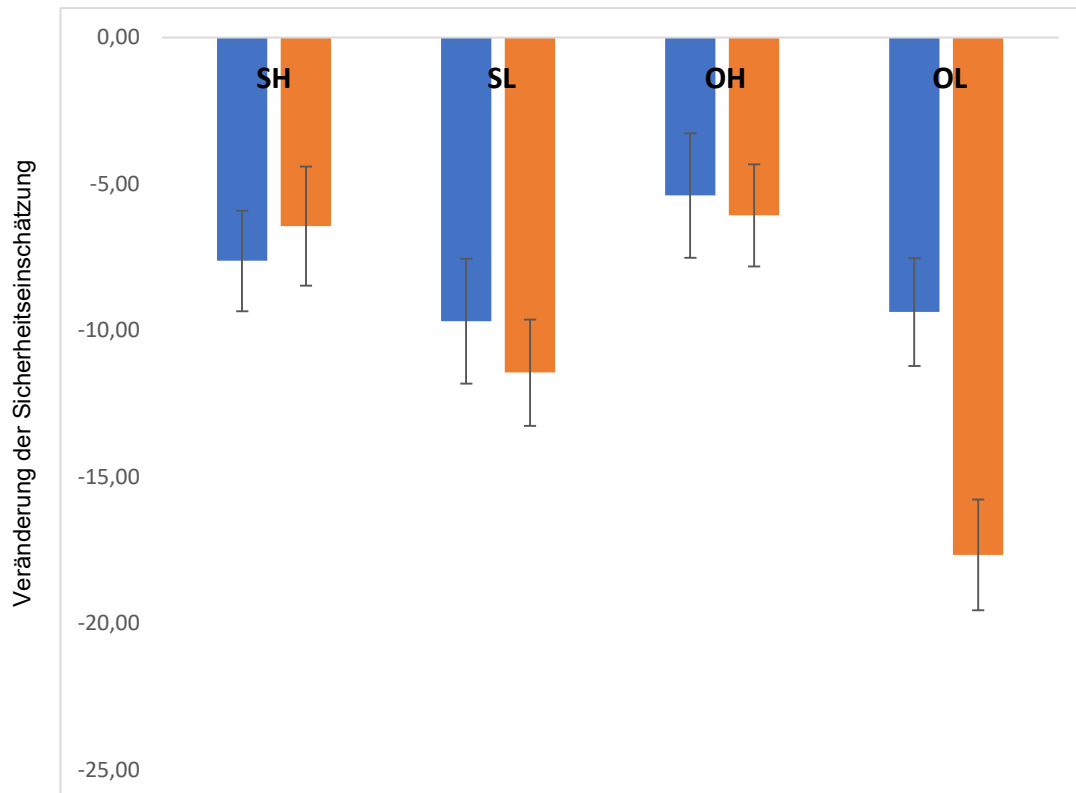


Abbildung 15: Veränderung der Sicherheitseinschätzung (A2 - Baseline)

Die Veränderung der Sicherheitseinschätzung zum Zeitpunkt der Abfrage 2 (A2 – Baseline) ist links dargestellt. Die Balken repräsentieren die Schlafgruppe (blau) und die Wachgruppe (orange) für die Bedingungen Self-High (SH), Self-Low (SL), Other-High (OH) und Other-Low (OL).

Die Ergebnisse zur Veränderung der Sicherheitseinschätzungen zum Zeitpunkt der Abfrage 3 (A3 – Baseline) zeigten einen signifikanten Haupteffekt der Fähigkeitsbedingung ($F_{1,57} = 9.40$, $p = 0.003$), siehe Abbildung 16. Für die Agentenbedingung ergab sich kein signifikanter Haupteffekt ($F_{1,57} = 2.14$, $p = 0.14$). Der Gruppenfaktor war ebenfalls nicht signifikant ($F_{1,57} = 0.0004$, $p = 0.98$). Es wurde eine signifikante Interaktion zwischen Fähigkeit und Gruppe gefunden ($F_{1,57} = 8.14$, $p = 0.006$). Die dreifache Interaktion zwischen Fähigkeit, Agent und Gruppe war hingegen nicht signifikant ($F_{1,57} = 0.01$, $p = 0.92$). Auch die übrigen Interaktionen zwischen den Faktoren waren nicht signifikant. Damit ergaben sich zum Zeitpunkt der Abfrage 3 keine Hinweise auf Unterschiede

zwischen der Schlaf- und der Wachgruppe hinsichtlich der Veränderung der Sicherheitseinschätzungen.

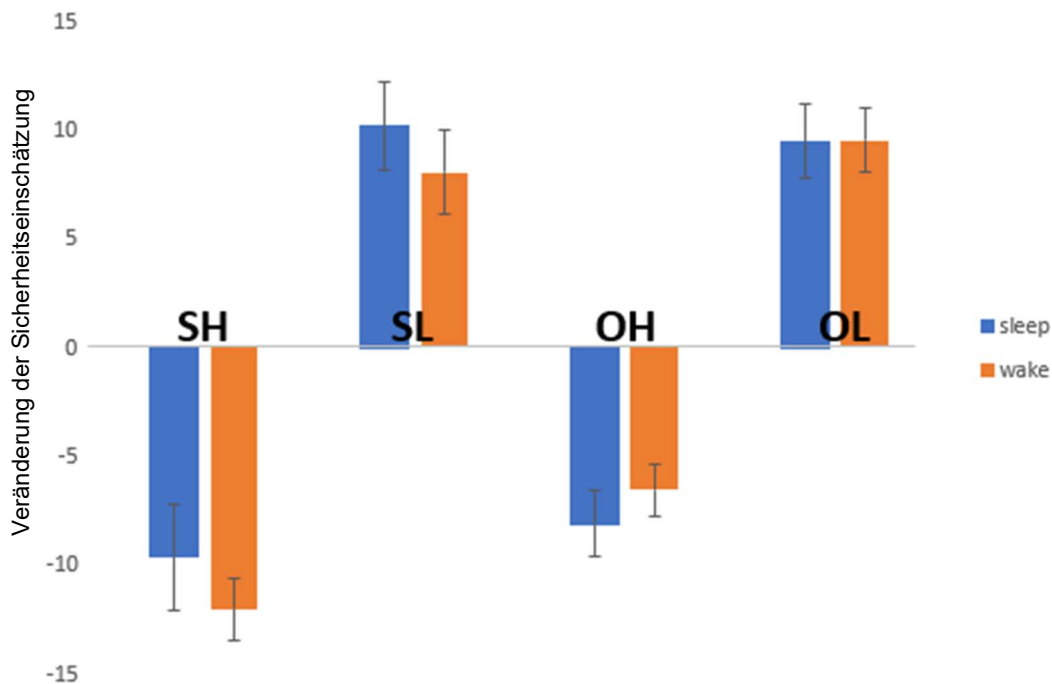


Abbildung 16: Veränderung der Sicherheitseinschätzung (A3 - Baseline)

Die Veränderung der Sicherheitseinschätzung zum Zeitpunkt der Abfrage 3 (A3 – Baseline) ist links dargestellt. Die Balken repräsentieren die Schlafgruppe (blau) und die Wachgruppe (orange) für die Bedingungen Self-High (SH), Self-Low (SL), Other-High (OH) und Other-Low (OL).

3.1.7 Stimmungslage

Bei der Bearbeitung der sozialen Lernaufgabe wurden den Teilnehmern während des „Lernens“ (Lernphase) und des „Umlernens“ (Testphase 1) zu jeweils drei verschiedenen Zeitpunkten fünf Fragen zu ihrem derzeitigen Gefühlszustand gestellt (siehe 2.5 Soziale Lernaufgabe für Details). Dabei wurden die Gemütslagen Anspannung, Stolz, Peinlichkeit, Freude und Müdigkeit kontrolliert. Um die verschiedenen Gemütszustände der Teilnehmer analysieren zu können, wurde für jede Stimmungslage eine ANOVA mit wiederholten Messungen mit den Faktoren Gruppe (Sleep vs. Wake) und Zeit (für die verschiedenen Zeitpunkte:

1, 2, 3) durchgeführt. Es werden im Folgenden nur die Stimmungswerte berichtet, für die signifikante Effekte festgestellt wurden. Für alle anderen Stimmungen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede.

Für die Stimmungslage „Stolz“ ergab die Analyse während der Lernphase einen signifikanten Haupteffekt des Faktors Zeit ($F_{2,114} = 22.79$, $p < 0.001$). Für den Gruppenfaktor sowie die Interaktion zwischen Zeit und Gruppe ergaben sich keine signifikanten Effekte. Die anschließenden Post-hoc-Analysen zeigten sowohl in der Schlafgruppe als auch in der Wachgruppe signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Messzeitpunkten. In der Schlafgruppe waren die Zeitpunkte 1 und 2 ($p_{\text{Bonf}} = 0.002$) sowie die Zeitpunkte 2 und 3 ($p_{\text{Bonf}} = 0.002$) signifikant verschieden. Für die Wachgruppe ergaben sich ebenfalls signifikante Unterschiede zwischen Zeitpunkt 1 und Zeitpunkt 2 ($p_{\text{Bonf}} < 0.001$) sowie zwischen Zeitpunkt 2 und Zeitpunkt 3 ($p_{\text{Bonf}} = 0.002$). Die deskriptive Statistik zur Stimmung „Stolz“ in der Schlaf- und Wachgruppe während der Lernphase ist in Tabelle 2 (Mittelwert \pm SEM) dargestellt. In der Tabelle werden die Mittelwerte sowie die zugehörigen Standardfehler für beide Gruppen zu den Zeitpunkten 1, 2 und 3 aufgeführt. Der zeitliche Verlauf der Stimmung „Stolz“ ist in Abbildung 17 dargestellt.

Tabelle 2: Deskriptive Statistik der Stimmung "Stolz" zu den drei Testzeitpunkten in der Lernphase für die Schlaf- und Wachgruppe

Time	Group	N	Mean	SD	SE	Coefficient of variation
1	sleep	29	45.387	14.366	2.668	0.317
	wake	30	45.742	13.681	2.498	0.299
2	sleep	29	26.347	24.214	4.496	0.919
	wake	30	24.649	25.048	4.573	1.016
3	sleep	29	44.862	17.019	3.160	0.379
	wake	30	43.314	14.010	2.558	0.323

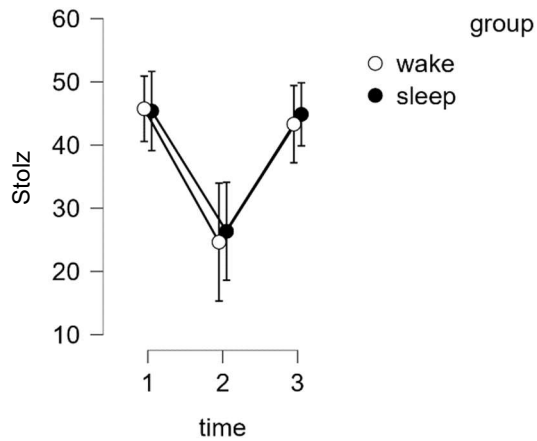


Abbildung 17: Stimmung "Stolz" zu den drei Testzeitpunkten in der Lernphase
 Ausgefüllte Kreise repräsentieren die Schlafgruppe, leere Kreise die Wachgruppe.

Für die Stimmungslage „Freude“ zeigte die Analyse während der Lernphase ebenfalls einen signifikanten Haupteffekt des Faktors Zeit ($F_{2,114} = 6.42$, $p = 0.002$). Für den Gruppenfaktor sowie für die Interaktion zwischen Zeit und Gruppe wurden keine signifikanten Effekte gefunden. Die Post-hoc-Analysen ergaben einen signifikanten Unterschied in der Wachgruppe zwischen Zeitpunkt 1 und Zeitpunkt 3 ($p_{Bonf} = 0.009$). In der Schlafgruppe konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Zeitpunkten festgestellt werden. Die deskriptive Statistik für „Freude“ kann aus Tabelle 3 (Mittelwert \pm SEM) entnommen werden. Abbildung 18 veranschaulicht den zeitlichen Verlauf der Stimmung „Freude“ während der Lernphase.

Tabelle 3: Deskriptive Statistik der Stimmung "Freude" zu den drei Testzeitpunkten in der Lernphase

Group 0 = Wachgruppe, Group 1 = Schlafgruppe.

Time	Group	N	Mean	SD	SE	Coefficient of variation
1	0	30	61.386	17.276	3.154	0.281
	1	29	58.627	14.092	2.617	0.240
2	0	30	58.985	15.747	2.875	0.267
	1	29	55.334	14.403	2.675	0.260
3	0	30	53.373	16.293	2.975	0.305
	1	29	55.038	13.096	2.432	0.238

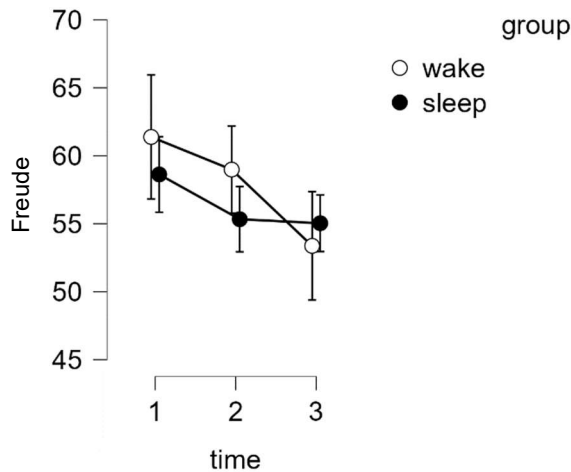


Abbildung 18: Stimmung "Freude" zu den drei Testzeitpunkten in der Lernphase
Ausgefüllte Kreise repräsentieren die Schlafgruppe, leere Kreise die Wachgruppe.

Für die Stimmungslage „Müdigkeit“ ergab die Analyse während der Lernphase einen signifikanten Haupteffekt des Gruppenfaktors ($F_{1,57} = 14.56, p < 0.001$). Weder der Faktor Zeit noch die Interaktion zwischen Zeit und Gruppe erreichten Signifikanz. Die Post-hoc-Analysen ergaben signifikante Unterschiede zwischen der Schlaf- und der Wachgruppe zu allen drei Messzeitpunkten: Zeitpunkt 1 ($p_{Bonf} = 0.048$), Zeitpunkt 2 ($p_{Bonf} = 0.003$) und Zeitpunkt 3 ($p_{Bonf} = 0.003$). Die deskriptive Statistik zur Stimmungslage „Müdigkeit“ für beide Gruppen während der Lernphase ist in Tabelle 4 (Mittelwert \pm SEM) dargestellt. Der zeitliche Verlauf der Müdigkeitswerte ist in Abbildung 19 dargestellt.

Tabelle 4: Deskriptive Statistik der Stimmung "Müdigkeit" zu den drei Testzeitpunkten in der Lernphase

Group 0 = Wachgruppe, Group 1 = Schlafgruppe.

Time	Group	N	Mean	SD	SE	Coefficient of variation
1	0	30	32.891	25.215	4.604	0.767
	1	29	52.506	21.902	4.067	0.417
2	0	30	31.277	24.947	4.555	0.798
	1	29	56.231	22.883	4.249	0.407
3	0	30	33.542	28.702	5.240	0.856
	1	29	59.092	23.493	4.362	0.398

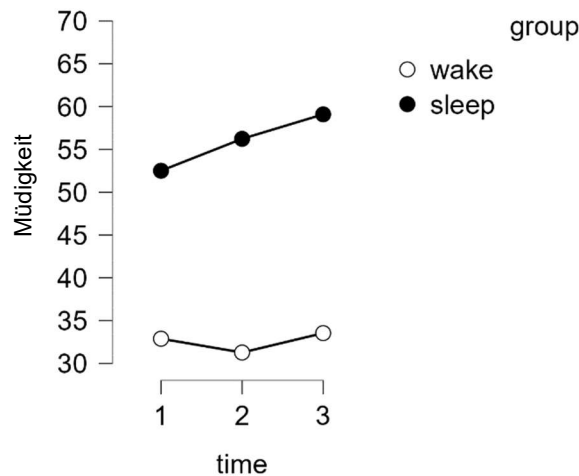


Abbildung 19: Stimmung "Müdigkeit" zu den drei Testzeitpunkten in der Lernphase
 Ausgefüllte Kreise repräsentieren die Schlafgruppe, leere Kreise die Wachgruppe.

Auch während der Testphase 1 ergaben sich für die Stimmungslage „Müdigkeit“ signifikante Effekte. Es zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt des Faktors Zeit ($F_{2,114} = 12.38, p < 0.001$) sowie ein signifikanter Gruppenfaktor ($F_{1,57} = 13.17, p < 0.001$). Die Interaktion zwischen Zeit und Gruppe war hingegen nicht signifikant. Die Post-hoc-Analysen zeigten, dass in der Wachgruppe ein signifikanter Unterschied zwischen Zeitpunkt 1 und Zeitpunkt 3 bestand ($p_{\text{Bonf}} < 0.001$). Zudem ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen der Schlaf- und Wachgruppe zu allen drei Zeitpunkten: Zeitpunkt 1 ($p_{\text{Bonf}} = 0.020$), Zeitpunkt 2 ($p_{\text{Bonf}} = 0.038$) und Zeitpunkt 3 ($p_{\text{Bonf}} = 0.003$). Die deskriptive Statistik zur Stimmungslage „Müdigkeit“ in der Testphase 1 ist in Tabelle 5 (Mittelwert \pm SEM) dargestellt. Der zeitliche Verlauf der Müdigkeitswerte während des „Umlernens“ ist in Abbildung 20 dargestellt.

Tabelle 5: Deskriptive Statistik der Stimmung "Müdigkeit" zu den drei Testzeitpunkten in der Testphase 1

Group 0 = Wachgruppe, Group 1 = Schlafgruppe.

Time	Group	N	Mean	SD	SE	Coefficient of variation
1	0	30	52.852	24.138	4.407	0.457
	1	29	31.424	22.595	4.196	0.719
2	0	30	56.438	27.207	4.967	0.482
	1	29	36.368	23.389	4.343	0.643
3	0	30	62.721	26.685	4.872	0.425
	1	29	37.459	22.961	4.264	0.613

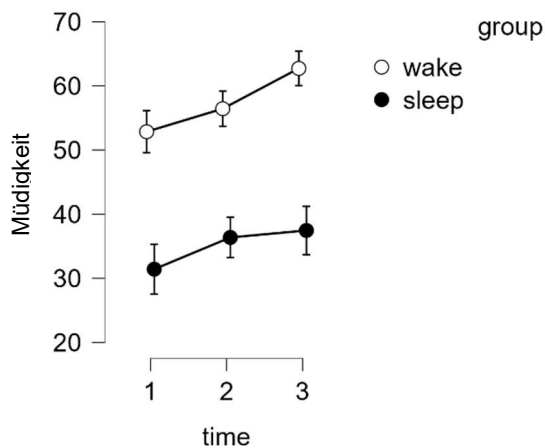


Abbildung 20: Stimmung "Müdigkeit" zu den drei Testzeitpunkten in der Testphase 1
Ausgefüllte Kreise repräsentieren die Schlafgruppe, leere Kreise die Wachgruppe.

Neben den Analysen der Stimmungslagen wurde ergänzend untersucht, ob diese mit der Veränderung der Leistungserwartung zusammenhängen. Dabei zeigte sich ausschließlich für die Stimmungslage „Müdigkeit“ während der Testphase 1 eine signifikante negative Korrelation in der Bedingung Other-Low. Die Berechnung der Korrelationen erfolgte gruppenübergreifend, das heißt unter Einbezug aller Probanden der Schlaf- und Wachgruppe. Diese Korrelation war zu allen drei Zeitpunkten signifikant (Zeitpunkt 1: $r = -0.419$, $p < 0.001$; Zeitpunkt 2: $r = -0.485$, $p < 0.001$; Zeitpunkt 3: $r = -0.545$, $p < 0.001$), siehe Abbildung 21. Für alle weiteren Stimmungslagen konnten keine signifikanten Korrelationen mit der Veränderung der Leistungserwartung festgestellt werden.

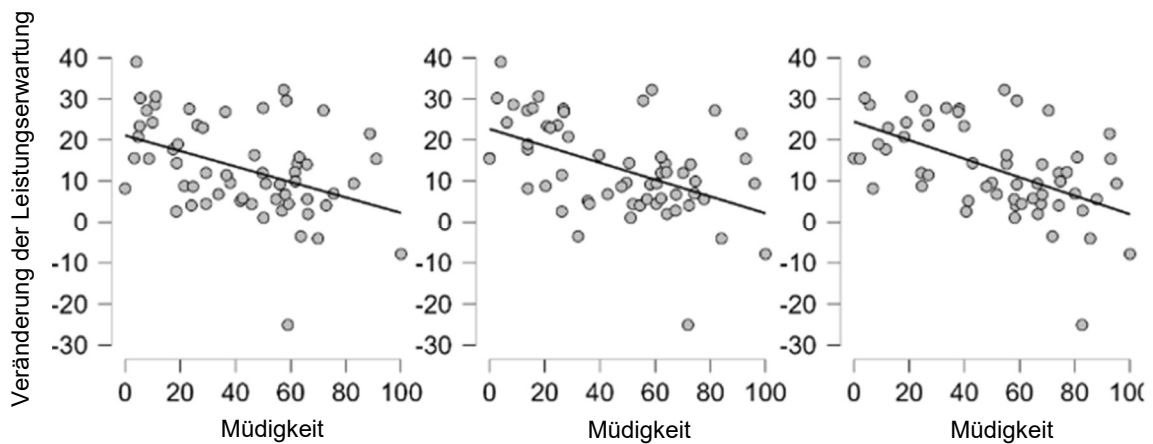


Abbildung 21: Korrelation zwischen "Müdigkeit" und Veränderung der Leistungserwartung während des "Umlernens"

Gezeigt sind die drei Testzeitpunkte in der Bedingung „Other-Low“. Auf der Ordinate ist die Veränderung der Leistungserwartung dargestellt, während die Abszisse die Stimmungsvariable „Müdigkeit“ zeigt.

3.2 Ergebnisse der Kontrollvariablen

3.2.1 Vigilanztest

Die Teilnehmer absolvierten den Vigilanztest an allen drei Testterminen. Die Analyse ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen der Schlaf- und der Wachgruppe ($F_{1,57} = 0.11$, $p = 0.73$). Zudem zeigte sich keine signifikante Interaktion zwischen Zeit und Gruppe ($F_{2,114} = 0.01$, $p = 0.99$). Allerdings zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt des Faktors Zeit ($F_{2,114} = 5.23$, $p = 0.007$). Die deskriptive Statistik für die Reaktionszeiten beider Gruppen ist in Tabelle 6 (Mittelwert \pm SEM) dargestellt.

Tabelle 6: Deskriptive Statistik der Reaktionszeiten (in ms) im Vigilanztest zu den drei Testzeitpunkten
 1 = Lernphase, 2 = Testphase 1, 3 = Testphase 2. Sleep = Schlafgruppe, Wake = Wachgruppe.

Time	Group	N	Mean	SD	SE	Coefficient of variation
1	sleep	29	407.482	42.767	7.942	0.105
	wake	30	411.891	48.985	8.943	0.119
2	sleep	29	399.636	38.829	7.210	0.097
	wake	30	408.012	39.930	7.290	0.098
3	sleep	29	450.215	161.214	29.937	0.358
	wake	30	454.901	155.239	28.343	0.341

3.2.2 Fragebögen

3.2.2.1 Stanford Sleepiness Scale

Die Bearbeitung der Stanford Schläfrigkeitsskala erfolgte an allen drei Testterminen direkt im Anschluss an die Baseline bzw. die Abfragen 2 und 3. Zur Analyse der Schläfrigkeitsniveaus wurde eine ANOVA mit wiederholten Messungen mit den Faktoren Gruppe (Sleep vs. Wake) und Zeit durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten einen signifikanten Haupteffekt des Faktors Zeit ($F_{2,106} = 4.25$, $p = 0.017$) sowie eine signifikante Interaktion zwischen Zeit und Gruppe ($F_{2,106} = 43.55$, $p < 0.001$). Ein signifikanter Gruppeneffekt wurde nicht gefunden ($F_{1,53} = 0.07$, $p = 0.78$). Post-hoc-Vergleiche ergaben signifikante Unterschiede zwischen der Schlaf- und der Wachgruppe bei der Baseline sowie bei Abfrage 2 (beide $p_{\text{holm}} < 0.001$), während sich bei Abfrage 3 kein signifikanter Gruppenunterschied zeigte ($p_{\text{holm}} = 1.000$). Zusätzliche paarweise Vergleiche über die Zeit innerhalb der Gruppen ergaben innerhalb der Schlafgruppe signifikante Unterschiede zwischen der Baseline und Abfrage 2 sowie zwischen der Baseline und Abfrage 3 (beide $p_{\text{holm}} < 0.001$). Innerhalb der Wachgruppe ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen der Baseline und Abfrage 2 ($p_{\text{holm}} < 0.001$), zwischen der Baseline und Abfrage 3 ($p_{\text{holm}} = 0.017$) sowie zwischen Abfrage 2 und Abfrage 3 ($p_{\text{holm}} < 0.001$).

Um mögliche Einflussfaktoren der Schläfrigkeit auf die Veränderung der Leistungserwartung zu untersuchen, wurden Korrelationen zwischen den Werten der Schläfrigkeitsskala der jeweiligen Testsitzungen und den Leistungserwartungen in den verschiedenen Überzeugungsbedingungen durchgeführt. Eine signifikante Korrelation wurde lediglich für die Bedingung Other-Low zum Zeitpunkt des „Umlernens“ gefunden. Hier zeigte sich eine negative Korrelation zwischen der Schläfrigkeit nach Abfrage 2 und der Veränderung der Leistungserwartung (nach Pearson: $r = -0.459$, $p < 0.001$, nach Spearman: $\rho = -0.461$; $p < 0.001$), siehe Abbildung 22. Die Korrelationen wurden gruppenübergreifend berechnet. Die deskriptive Statistik für den Grad der subjektiv empfundenen Schläfrigkeit ist in Tabelle 7 (Mittelwert \pm SEM) dargestellt.

Tabelle 7: Deskriptive Statistik der subjektiv empfundenen Schläfrigkeit zu den drei Testzeitpunkten

1 = nach der Baseline, 2 = nach Abfrage 2, 3 = nach Abfrage 3. Sleep = Schlafgruppe, Wake = Wachgruppe.

Time	Group	N	Mean	SD	SE	Coefficient of variation
1	sleep	27	3.889	0.892	0.172	0.229
	wake	28	2.429	0.959	0.181	0.395
2	sleep	27	2.741	0.984	0.189	0.359
	wake	28	4.143	0.970	0.183	0.234
3	sleep	27	2.889	0.801	0.154	0.277
	wake	28	3.107	1.257	0.238	0.405

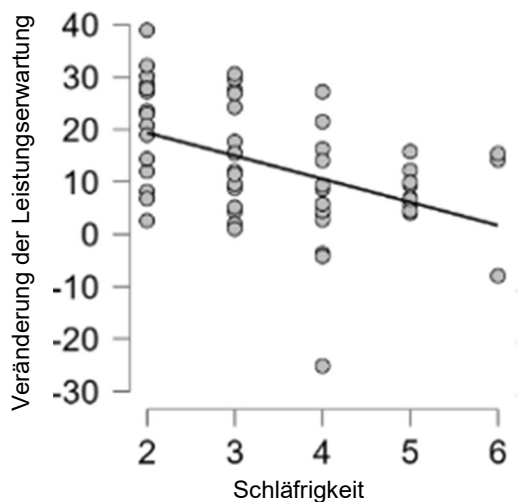


Abbildung 22: Korrelation zwischen Schläfrigkeit und Veränderung der Leistungserwartung zum Zeitpunkt der Abfrage 2 (A2 - Baseline)

Betrachtet wird die Bedingung „Other-Low“. Auf der Ordinate ist die Veränderung der Leistungserwartung dargestellt, während die Abszisse den Grad der Schläfrigkeit zeigt.

3.2.2.2 Beck-Depressionsinventar II

Das Beck-Depressionsinventar (BDI-II) wurde in den Testphasen 1 und 2 erfasst. Aus den Ergebnissen resultierte weder ein signifikanter Haupteffekt des Faktors Zeit ($F_{1,53} = 0.053$, $p = 0.819$) noch eine signifikante Interaktion zwischen Zeit und Gruppe ($F_{1,53} = 1.833$, $p = 0.182$). Ein signifikanter Gruppeneffekt wurde ebenfalls nicht gefunden ($F_{1,53} = 1.103$, $p = 0.298$). Zusätzlich wurde untersucht, ob eine Korrelation zwischen dem Schweregrad depressiver Symptome und der Veränderung der Leistungserwartung der Probanden besteht. Eine negative Korrelation wurde zwischen der Veränderung der Leistungserwartung in Testphase 1 (A2 – Baseline) für die Bedingung Other-Low und dem BDI-Score in derselben Testphase festgestellt (Pearson: $r = -0.24$, $p = 0.059$; Spearman: $\rho = -0.28$; $p = 0.028$), siehe Abbildung 23. Die Korrelationen wurden gruppenübergreifend berechnet. Die deskriptive Statistik für den Schweregrad depressiver Symptome beider Gruppen ist in Tabelle 8 (Mittelwert \pm SEM) dargestellt.

Tabelle 8: Deskriptive Statistik für den Schweregrad der Depressivität in den Testphasen 1 und 2

1 = Testphase 1, 2 = Testphase 2. Sleep = Schlafgruppe, Wake = Wachgruppe.

Time	Group	N	Mean	SD	SE	Coefficient of variation
1	sleep	27	5.741	4.015	0.773	0.699
	wake	28	7.786	6.669	1.260	0.857
2	sleep	27	6.222	5.213	1.003	0.838
	wake	28	7.107	5.356	1.012	0.754

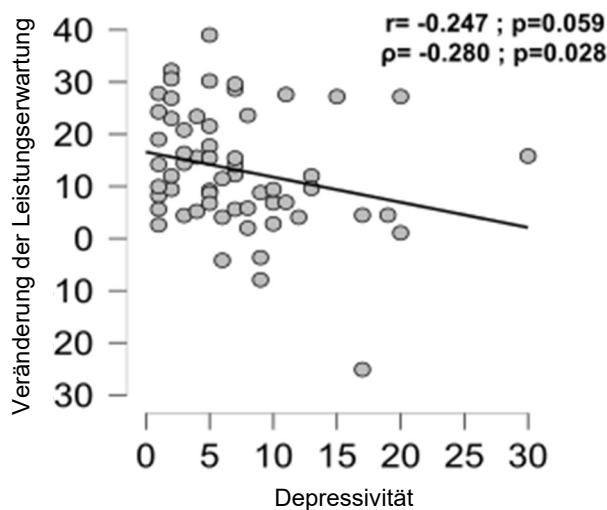


Abbildung 23: Korrelation zwischen Depressivität und Veränderung der Leistungserwartung zum Zeitpunkt der Abfrage 2 (A2 - Baseline)

Betrachtet wird die Other-Low-Bedingung. Die Ordinate zeigt die Veränderung der Leistungserwartung, während die Abszisse den Schweregrad der Depressivität darstellt.

3.2.2.3 Social Interaction Anxiety Scale und Social Phobia Scale

Die Probanden bearbeiteten die beiden Fragebögen Soziale-Interaktions-Angst-Skala (SIAS) und Soziale-Phobie-Skala (SPS) am letzten Testtermin. Zur Überprüfung der Vergleichbarkeit der Gruppen wurden unabhängige t-Tests zwischen der Schlaf- und der Wachgruppe für die SIAS und die SPS durchgeführt. Dabei zeigten sich für keine der beiden Skalen signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen (beide $p > 0.05$).

Für die SIAS wurde gruppenübergreifend eine signifikante negative Korrelation in Bezug auf die Veränderung der Leistungserwartung zum Zeitpunkt der Abfrage 3 (A3 – Baseline) in der Bedingung Other-Low gefunden (Pearson: $r = -0.356$,

$p = 0.008$; Spearman: $\rho = -0.331$, $p = 0.014$), siehe Abbildung 24. Die deskriptive Statistik für den Schweregrad sozialer Ängstlichkeit beider Gruppen ist in Tabelle 9 (Mittelwert \pm SEM) dargestellt. Für die SPS konnten keine gruppenübergreifenden signifikanten Korrelationen festgestellt werden, weshalb diese hier nicht berichtet werden.

Tabelle 9: Deskriptive Statistik zum Ausprägungsgrad sozialer Ängstlichkeit
 Sleep = Schlafgruppe, Wake = Wachgruppe.

	SIAS (social anxiety scale)	
	sleep	wake
Valid	27	28
Missing	2	2
Mean	18.722	20.607
Std. Deviation	10.341	9.890
Minimum	6.000	5.000
Maximum	52.000	39.000

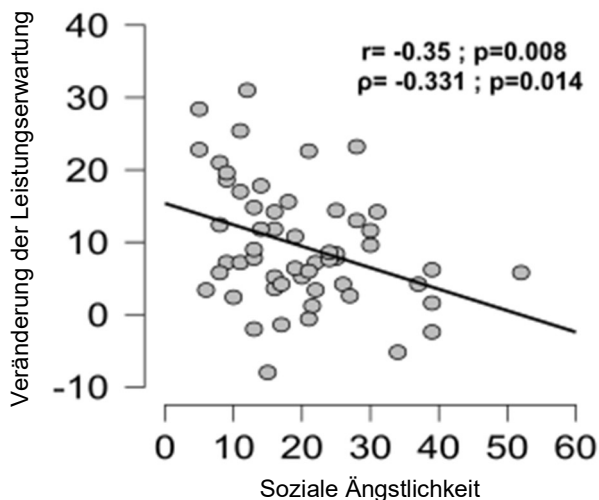


Abbildung 24: Korrelation zwischen sozialer Ängstlichkeit und Veränderung der Leistungserwartung zum Zeitpunkt der Abfrage 3 (A3 - Baseline)
 Betrachtet wird die Other-Low-Bedingung. Die Ordinate zeigt die Veränderung der Leistungserwartung, während die Abszisse den Ausprägungsgrad sozialer Ängstlichkeit darstellt.

3.2.2.4 Self-Description Questionnaire

Die Erhebung des Self-Description Questionnaire (SDQ) fand in Testphase 2 statt. Zur Überprüfung der Vergleichbarkeit der Gruppen wurde ein unabhängiger t-Test zwischen der Schlaf- und der Wachgruppe für den SDQ durchgeführt. Dabei zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen ($p > 0.43$).

Es wurden gruppenübergreifend signifikante Korrelationen zwischen der Veränderung der Leistungserwartung zum Zeitpunkt der Abfrage 3 (A3 – Baseline) und dem SDQ in der Bedingung Other-Low festgestellt (Pearson: $r = 0.423$, $p = 0.001$; Spearman: $\rho = 0.433$; $p < 0.001$), siehe Abbildung 25. Die deskriptive Statistik für den Selbstwert beider Gruppen ist in Tabelle 10 (Mittelwert \pm SEM) dargestellt.

Tabelle 10: Deskriptive Statistik zum Selbstkonzeptmodell
Sleep = Schlafgruppe, Wake = Wachgruppe.

	SDQ (Self-Description Questionnaire)	
	sleep	wake
Valid	27	28
Missing	2	2
Mean	85.333	82.786
Std. Deviation	10.550	13.276
Minimum	62.000	48.000
Maximum	105.000	108.000

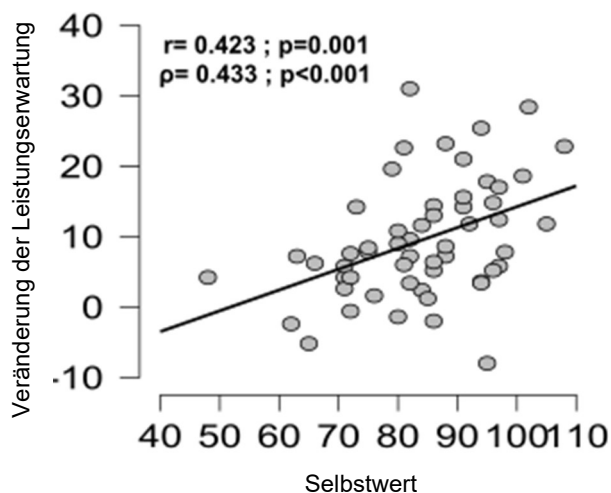


Abbildung 25: Korrelation zwischen Selbstkonzept und Veränderung der Leistungserwartung zum Zeitpunkt der Abfrage 3 (A3 - Baseline)
 Betrachtet wird die Other-Low-Bedingung. Die Ordinate zeigt die Veränderung der Leistungserwartung, während die Abszisse den Selbstwert darstellt.

3.3 Ergebnisse der Polysomnographie

Die Polysomnographie der Schlafgruppe ($n = 28$) ergab ein normales Schlafmuster. Erfasst wurden unter anderem die Gesamtschlafdauer (Total Sleep Time, TST), der Anteil der nächtlichen Wachzeit nach dem Einschlafen (Wake After Sleep Onset, WASO) sowie die Verweildauer in den einzelnen Schlafstadien. Tabelle 11 veranschaulicht die durchschnittliche Verweildauer in Minuten (Mittelwert \pm SEM).

Tabelle 11: Polysomnographische Daten der Schlafgruppe (n = 28)

Angegeben sind die absoluten Werte in Minuten als Mittelwert \pm Standardfehler des Mittelwerts (mean \pm SEM). WASO = Gesamtzeit wach, S1 = Schlafstadium 1, S2 = Schlafstadium 2, S3 = Schlafstadium 3, S4 = Schlafstadium 4, SWS = Slow-Wave-Schlaf, REM = Rapid-Eye-Movement-Schlaf, TST = Gesamtschlafzeit. Ein Proband wurde aufgrund einer unzureichenden Dauer des Slow-Wave-Schlafs (< 10 Minuten) ausgeschlossen, ein weiterer aufgrund starker Artefaktbelastung in der Ableitung.

Subject	WASO	S1	S2	S3	S4	SWS	REM	TST
1	15	40	242.5	30	59	89	91.5	463
2	3	27	234	50.5	5	55.5	166.5	483
3	2	73.5	230	50.5	18	68.5	115.5	487.5
4	16.5	54	252.5	53	12	65	102	473.5
5	9.5	45	208.5	45.5	61	106.5	117	477
6	16.5	59.5	223	66.5	21.5	88	111.5	482
7	3	101	223	50.5	2.5	53	125.5	502.5
8	5.5	67	214.5	38.5	32.5	71	118.5	471
9	15.5	41	239.5	60.5	38	98.5	104	483
10	3.5	32	246	45.5	33	78.5	121	477.5
11	9	38.5	268	32	0.5	32.5	136	475
12	36.5	74.5	202.5	44.5	27	71.5	86.5	435
13	0.5	23.5	290.5	46	6	52	161	527
15	43.5	38	224.5	65	8.5	73.5	103	439
16	11	54	246.5	43	26	69	95	464.5
17	5	40.5	248	47.5	18.5	66	139.5	494
18	33.5	54	242.5	47	53	100	81	477.5
19	0	16.5	254.5	60.5	40	100.5	144	515.5
20	11	36	272	38	37.5	75.5	99	482.5
21	5.5	44	254.5	42.5	9	51.5	120	470
22	8	55	251.5	46.5	40	86.5	110	503
23	4	34.5	241.5	52.5	58	110.5	93	479.5
24	6.5	48.5	244.5	30.5	35	65.5	125.5	484
25	23	52	247	31.5	27	58.5	122	479.5
27	4	25.5	198.5	106	92.5	198.5	62	484.5
28	1	46.5	211	54.5	52.5	107	122	486.5
29	5	44	235.5	69	5	74	127.5	481
30	24.5	46.5	219.5	62.5	3.5	66	117	449
MEAN	11.5	46.9	238.1	50.4	29.4	79.7	114.9	479.5
SEM	2.11	3.26	3.94	2.85	4.17	5.62	4.25	3.63
14 (scoring impossible)	0	18	105	40	0.5	40.5	24	187.5
26 (eliminated subj.)	51	49.5	174	10.5	0	10.5	120	354

Die polysomnographischen Daten wurden auf mögliche Korrelationen mit der Veränderung der Leistungserwartung hin untersucht. Eine signifikante Korrelation wurde zwischen der Gesamtschlafdauer und der Veränderung der Leistungserwartung zum Zeitpunkt der Abfrage 1 (A1 – Baseline) in der Bedingung Self-Low festgestellt.

Die Korrelationsanalyse nach Pearson ergab einen Wert von $r = 0.343$ ($p = 0.074$), während die Spearman-Korrelation $\rho = 0.402$ ($p = 0.034$) betrug, siehe Abbildung 26.

Die Korrelationen wurden gruppenübergreifend berechnet. Unter Berücksichtigung einer Korrektur für multiple Vergleiche wird dieser Zusammenhang jedoch nicht als signifikant angesehen. Weitere signifikante Korrelationen zwischen Parametern der Schlafarchitektur und der Veränderung der Leistungserwartung wurden nicht gefunden.

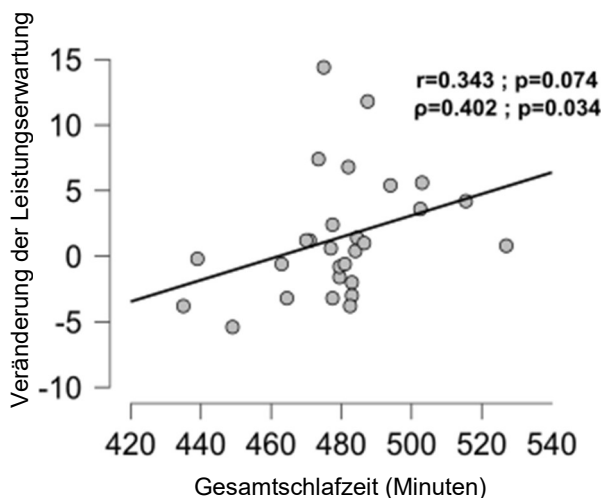


Abbildung 26: Korrelation zwischen Gesamtschlafzeit und Veränderung der Leistungserwartung zum Zeitpunkt der Abfrage 1 (A1 - Baseline)

Betrachtet wird die Self-Low-Bedingung. Die Ordinate zeigt die Veränderung der Leistungserwartung, während die Abszisse die Gesamtschlafzeit in Minuten darstellt.

Zusätzlich wurden die Schlafmuster auf mögliche Korrelationen mit der Veränderung der Überzeugungen während des Schlafs untersucht. Ein signifikanter Zusammenhang wurde zwischen der Veränderung der Leistungserwartung und der Anzahl an Slow Oscillations festgestellt. Die Veränderung der Leistungserwartung zum Zeitpunkt der Abfrage 1 (A1 – Baseline) in der Bedingung Other-Low korrelierte negativ mit der Anzahl der Slow Oscillations. In C3 ergab sich eine Korrelation von $r = -0.441$ ($p = 0.019$; $\rho = -0.374$, $p = 0.050$), und in C4: $r = -0.442$ ($p = 0.019$; $\rho = -0.346$, $p = 0.071$), siehe Abbildung 27. Die Korrelationen wurden auch hier gruppenübergreifend berechnet. Unter Berücksichtigung multipler Vergleiche können diese Zusammenhänge jedoch nicht mehr als signifikant eingestuft werden. Weitere

signifikante Korrelationen wurden nicht gefunden. Die deskriptive Statistik der Schlafmuster, einschließlich der Anzahl der Schlafspindeln und Slow Oscillations, ist in Tabelle 12 (Mittelwert \pm SEM) dargestellt.

Tabelle 12: Deskriptive Statistik zur Anzahl von Schlafspindeln und Slow Oscillations
 Angegeben sind die Mittelwerte (\pm SEM) der Slow Oscillations sowie der langsamen und schnellen Schlafspindeln, erfasst über die EEG-Kanäle C3 und C4.

	Count SLOW SP C3	Count FAST SP C3	Count SO C3	Count SLOW SP C4	Count FAST SP C4	Count SO C4
Valid	28	28	28	28	28	28
Missing	0	0	0	0	0	0
Mean	755.607	1.238.107	1.101.929	796.250	1.285.857	1.128.107
SEM	81.519	112.516	54.084	82.241	102.294	54.417
SD	431.358	595.378	286.188	435.180	541.287	287.949
Minimum	6.000	7.000	727.000	26.000	66.000	675.000
Maximum	1.781.000	2.098.000	1.822.000	1.675.000	2.085.000	1.874.000

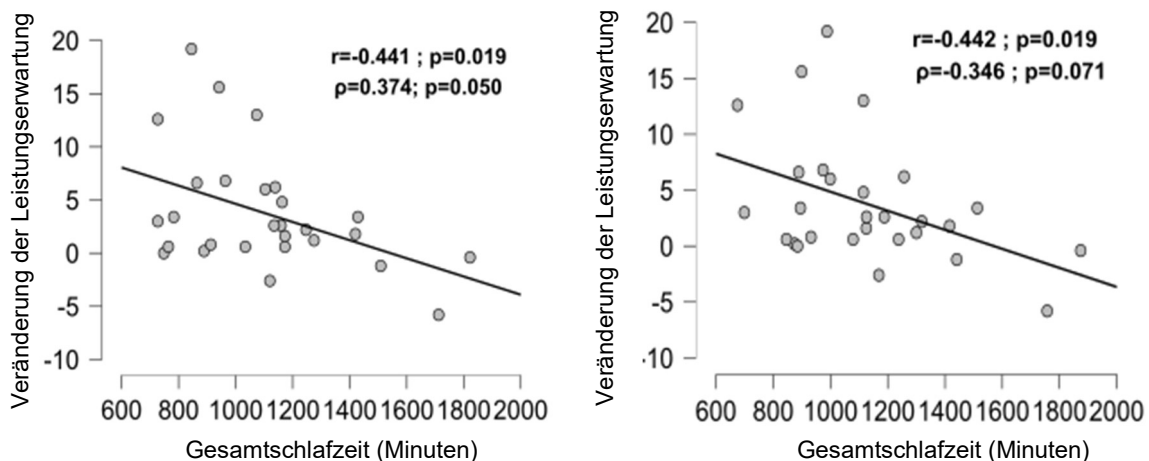


Abbildung 27: Korrelation zwischen Slow Oscillations und Veränderung der Leistungserwartung zum Zeitpunkt der Abfrage 1 (A1 - Baseline)

Betrachtet wird die Other-Low-Bedingung. Die Ordinate zeigt die Veränderung der Leistungserwartung, während die Abszisse die Anzahl der Slow Oscillations über die EEG-Kanäle C3 (links) und C4 (rechts) darstellt.

4 DISKUSSION

In der vorliegenden Studie wurde die Bedeutung des Schlafs für die Bildung und Anpassung sozialer Gedächtnisinhalte untersucht. Es ist gut belegt, dass soziale Rückmeldungen die Wahrnehmungen und Überzeugungen über eigene und fremde Fähigkeiten verändern können (Czekalla et al., 2021; Müller-Pinzler et al., 2019). Während frühere Forschungsprojekte bereits die Rolle des Schlafs für die Gedächtniskonsolidierung und die emotionale Verarbeitung belegen (Diekelmann & Born, 2010; Payne, 2011), bleibt weitgehend unklar, inwiefern Schlaf soziale Kognitionen, insbesondere die Anpassung und Stabilisierung von Überzeugungen über sich selbst und andere, beeinflusst. Diese Arbeit schließt an diese Forschungslücke an, indem sie untersucht, wie Schlaf die Entstehung neuer sozialer Überzeugungen sowie deren Anpassung nach der Konfrontation mit inkonsistenten sozialen Rückmeldungen beeinflusst. Besonderes Augenmerk liegt auf der Differenzierung zwischen selbstbezogenen und fremdbezogenen Leistungserwartungen. Zudem wird analysiert, inwieweit spezifische Schlafparameter, unter anderem die Gesamtschlafdauer und die Anzahl der Slow Oscillations, mit Veränderungen sozialer Überzeugungen in Verbindung stehen. Ein weiterer Schwerpunkt der Studie ist die Frage, wie sich die Sicherheit über diese Überzeugungen im Verlauf der Zeit verändert. Außerdem wird untersucht, wie Schlaf diese Sicherheit beeinflusst und ob sich dieser Effekt zwischen selbst- und fremdbezogenen Überzeugungen unterscheidet. Schließlich wurden auch weitere Faktoren berücksichtigt, um die Rolle von Depression, Selbstwertgefühl und sozialer Angst bei der Bildung und Revision sozialer Überzeugungen zu untersuchen.

4.1 Hypothese 1

Schlaf verstärkt die Konsolidierung und damit den Abruf von sozialen Informationen über sich selbst (Selbsteinschätzung) und über andere (Fremdeinschätzung) im Vergleich zu Wachheit

Die Ergebnisse dieser Studie unterstützen die Hypothese, dass Schlaf die Konsolidierung sozialer Informationen verstärkt und die Stabilität von Fähigkeitsüberzeugungen erhöht. Nach einer Schlafphase zeigte sich eine insgesamt höhere Gedächtnisstabilität im Vergleich zur Wachphase. Teilnehmer, die geschlafen hatten, wiesen eine geringere Aktualisierung ihrer Überzeugungen auf als diejenigen, die wach geblieben waren. Dies deutet darauf hin, dass Schlaf den Zugriff auf zuvor gebildete soziale Einschätzungen erleichtert und deren Veränderung durch neue Informationen reduziert. Dieser Befund steht im Einklang mit früheren Ergebnissen, die zeigen, dass Schlaf deklarative und emotionale Gedächtnisinhalte (Antony & Paller, 2017; Tempesta et al., 2018) stärkt. Inwieweit diese Effekte auf sozial bedeutsame Informationen ausgedehnt werden können, bleibt jedoch noch zu untersuchen. Insbesondere wird angenommen, dass Schlaf Gedächtnisspuren selektiv stabilisiert, indem er bedeutsame Informationen festigt und weniger relevante oder widersprüchliche Inhalte abschwächt (Stickgold & Walker, 2013). Explorative Analysen zeigten zudem Zusammenhänge zwischen physiologischen Schlafparametern, wie der Gesamtschlafdauer und der Anzahl der Slow Oscillations, und den Veränderungen sozialer Überzeugungen. Diese Faktoren könnten funktional relevant sein, indem sie die Konsolidierung sozial bedeutsamer Inhalte unterstützen. Darüber hinaus zeigte sich nach dem Schlaf eine insgesamt bessere Erinnerungsleistung für die bewerteten Fähigkeitsüberzeugungen im Vergleich zur Wachbedingung. Dies spricht für einen aktiven Konsolidierungsprozess, der soziale Informationen als besonders relevant behandelt und somit deren Stabilität fördert. Teilnehmer, die geschlafen hatten, bewerteten sowohl ihre eigenen Fähigkeiten als auch die von anderen im Durchschnitt positiver als diejenigen, die wach geblieben waren. Dieses Muster deutet darauf hin, dass Schlaf nicht nur das Gedächtnis stabilisiert, sondern auch affektive Bewertungen sozialer Informationen beeinflusst. Interessanterweise war dieser Effekt bei fremdbezogenen Überzeugungen besonders ausgeprägt, während selbstbezogene Überzeugungen weitgehend stabil blieben. Diese Differenz könnte durch die unterschiedliche emotionale Relevanz erklärt werden. Selbstbezogene Überzeugungen sind stärker mit dem Selbstkonzept verbunden

und daher resistenter gegenüber Veränderungen (Elder et al., 2022; García-Arch et al., 2024). Fremdbezogene Überzeugungen hingegen zeigten eine größere Flexibilität und eine stärkere Positivitätsverzerrung nach dem Schlaf. Dieser Befund ist mit der Annahme vereinbar, dass Schlaf sozial-adaptive Prozesse unterstützt, indem er positive Bewertungen über andere fördert. Dies wiederum stärkt soziale Bindungen und prosoziales Verhalten (Stotsky et al., 2020). Frühere Arbeiten legen zudem nahe, dass Schlaf affektive Inhalte neu bewertet und negative Emotionen abschwächt, was die selektive Konsolidierung emotional bedeutsamer Informationen begünstigt (J. D. Payne et al., 2012; Walker & van der Helm, 2009).

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse, dass Schlaf die Konsolidierung sozialer Informationen nicht nur stabilisiert, sondern deren affektive Bewertung differenziert moduliert. Diese Erkenntnisse schaffen eine wichtige Grundlage, um im Anschluss die Bedingungen zu untersuchen, unter denen Schlaf soziale Überzeugungen sowohl stabilisiert als auch flexibel anpasst.

4.2 Hypothese 2

Schlaf stabilisiert die sozialen Informationen über sich selbst und über andere, sodass ein Umlernen nach Schlaf im Vergleich zu Wachheit erschwert ist

Die Ergebnisse dieser Studie liefern Unterstützung für die Hypothese, dass Schlaf die Stabilität sozialer Informationen erhöht und damit deren Revision erschwert. Wie bereits bei Hypothese 1 erwähnt, zeigte sich ein differenziertes Muster in der Stabilität sozialer Informationen nach dem Schlaf. Während selbstbezogene Überzeugungen weitgehend stabil blieben, waren fremdbezogene Überzeugungen flexibler und unterlagen einer positiven Neubewertung. Ein zentraler Befund im Rahmen von Hypothese 2 ist jedoch, dass diese positive Neubewertung insbesondere bei niedrigen fremdbezogenen Fähigkeitsbewertungen auftrat. Während bereits positive Einschätzungen der Fähigkeiten anderer relativ stabil blieben, wurden niedrige Bewertungen nach

dem Schlaf signifikant positiver. Dies deutet darauf hin, dass Schlaf vorwiegend negative soziale Urteile über andere modifiziert, während positive Einschätzungen keiner weiteren Anpassung bedürfen. Die Ergebnisse der Sicherheitsbewertungen stützen diese Interpretation, da das Vertrauen in alle Überzeugungen mit der Zeit tendenziell abnahm. Auffällig war jedoch, dass die Gewissheit über die zuvor negativ bewerteten Fähigkeiten anderer nach dem Schlaf zunächst stabil blieb und erst drei Wochen später eine deutliche Reduktion zeigte. Die selektive Flexibilität steht im Einklang mit Forschungsergebnissen, die zeigen, dass Schlaf nicht nur Gedächtnisinhalte konsolidiert, sondern auch eine Neubewertung sozial oder emotional bedeutsamer Informationen fördert (Xia et al., 2023). Eine mögliche Erklärung für die größere Veränderungsbereitschaft bei niedrigen fremdbezogenen Bewertungen könnte in ihrer geringeren Verankerung im bestehenden Wissensnetzwerk liegen. Während selbstbezogene Überzeugungen stärker in das Selbstkonzept integriert und daher resistenter gegenüber Veränderungen sind (García-Arch et al., 2024), scheinen fremdbezogene Überzeugungen, insbesondere negative, weniger stabil und dadurch eher einer positiven Revision zugänglich zu sein. Dieser Befund stimmt mit Theorien überein, die vorschlagen, dass Schlaf nicht nur der stabilisierenden Konsolidierung dient, sondern auch eine kognitive Reorganisation ermöglicht (Yoshida & Toyozumi, 2023), um sich an neue Umweltaforderungen anzupassen. Im Gegensatz zu den flexibleren fremdbezogenen Überzeugungen zeigten selbstbezogene Fähigkeitsüberzeugungen auch nach dem Schlaf kaum Veränderungen. Eine Erklärung könnte die hohe emotionale Relevanz dieser Informationen sein. Selbstbezogene Überzeugungen sind eng mit der Identitätswahrnehmung verknüpft und spielen eine zentrale Rolle für die Stabilität des Selbstkonzepts. Schlaf scheint insbesondere bei emotional bedeutenden Inhalten eine Verfestigung bestehender Überzeugungen zu bewirken (Cairney et al., 2014; Payne, 2011), was erklären könnte, warum selbstbezogene Informationen nach dem Schlaf weniger flexibel waren. Die selektive Neubewertung negativer fremdbezogener Überzeugungen deutet darauf hin, dass Schlaf nicht nur Gedächtnisinhalte sichert, sondern auch adaptive Prozesse unterstützt, die eine positivere Wahrnehmung sozialer Interaktionen fördern. Die

neurophysiologischen Mechanismen, die den beobachteten Effekten zugrunde liegen, sind derzeit noch nicht vollständig verstanden. Verschiedene schlafspezifische Merkmale, die in früheren Studien mit Gedächtniskonsolidierung in Verbindung gebracht wurden, insbesondere Slow Oscillations und Schlafspindeln (Wei et al., 2018), wurden analysiert. Trotz der bekannten Rolle dieser Mechanismen bei der Stabilisierung und Umstrukturierung von Gedächtnisinhalten (Mölle et al., 2009) konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Ausprägung dieser Schlafparameter und der Revision sozialer Überzeugungen festgestellt werden. Gerade vor dem Hintergrund der selektiven positiven Neubewertung niedriger fremdbezogener Fähigkeitsbewertungen wäre durchaus denkbar, dass spezifische Schlafprozesse diese Anpassung beeinflussen könnten. Frühere Arbeiten legen nahe, dass Slow Oscillations und Spindeln die Integration neuer Informationen in bestehende Wissensstrukturen fördern und dabei auch affektive Bewertungen modulieren (Rodheim et al., 2023). Es bleibt daher eine offene Frage, inwiefern diese Schlafmerkmale gezielt soziale Bewertungen stabilisieren oder verändern. Zukünftige Studien sollten durch experimentelle Manipulation dieser Schlafparameter die kausalen Zusammenhänge zwischen spezifischen neurophysiologischen Prozessen und der sozialen Überzeugungsbildung sowie deren Revision weiter untersuchen. Diese Vorgehensweise könnte nicht nur dazu beitragen, die zugrunde liegenden Mechanismen besser zu verstehen, sondern auch aufzuzeigen, welche schlafabhängigen Prozesse die Flexibilität oder Stabilität sozialer Urteile und deren Modifikation beeinflussen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass Schlaf einerseits die Stabilität sozialer Informationen über sich selbst und andere erhöht und damit das Umlernen nach einer Schlafphase im Vergleich zu Wachheit erschwert.

Andererseits zeigt sich eine selektive Flexibilität, vor allem bei der Neubewertung negativer fremdbezogener Überzeugungen, die nach Schlaf optimistischer eingeschätzt werden. Dieser Befund erweitert die bisherigen Erkenntnisse zur Rolle des Schlafs bei der Gedächtniskonsolidierung. Er verdeutlicht, dass Schlaf sowohl stabilisierende als auch adaptive, reevaluative Prozesse unterstützt. Dadurch wirkt Schlaf als komplexer Mechanismus, der die Stabilität sozialer

Informationen wahr und zugleich deren flexible Anpassung in Abhängigkeit von deren emotionaler und sozialer Relevanz ermöglicht.

4.3 Hypothese 3

Soziale Informationen über sich selbst werden im Schlaf stärker konsolidiert als soziale Informationen über andere

Aufbauend auf den Ergebnissen zu Hypothese 1 und 2, die zeigen, dass Schlaf sowohl die Stabilisierung sozialer Informationen fördert als auch eine gezielte Neubewertung fremdbezogener Überzeugungen ermöglicht, beschäftigt sich Hypothese 3 mit der Frage, ob selbstbezogene Informationen im Schlaf bevorzugt konsolidiert werden im Vergleich zu Informationen über andere Personen.

Die vorliegenden Daten bestätigen diese Annahme. Soziale Informationen über die eigene Person unterliegen im Schlaf einem besonders robusten Konsolidierungsprozess. Während fremdbezogene Überzeugungen nach dem Schlaf Veränderungen, insbesondere in Form einer positiven Neubewertung zeigten, blieben selbstbezogene Überzeugungen weitgehend unverändert. Bemerkenswert ist, dass die Stabilität selbstbezogener Überzeugungen nicht nur gegenüber positiven, sondern auch gegenüber negativen Einschätzungen bestand. Dies deutet darauf hin, dass Informationen über die eigene Person besonders widerstandsfähig gegenüber Veränderungen sind. Diese Befunde lassen darauf schließen, dass Schlaf die affektive Bewertung sozialer Informationen auf differenzierte Weise beeinflusst, abhängig davon, ob die Informationen die eigene Person oder andere betreffen. Die stärkere Positivitätsverzerrung bei fremdbezogenen Überzeugungen könnte unter anderem durch sozial-adaptive Prozesse erklärt werden. Positive Einschätzungen über andere fördern soziale Bindungen und prosoziales Verhalten (Stotsky et al., 2020), was aus evolutionärer Perspektive zur Stabilisierung sozialer Beziehungen beiträgt. Schlaf könnte solche Tendenzen

verstärken, indem er sozial relevante Informationen emotional neu bewertet und dabei positive Bewertungen bevorzugt (J. D. Payne et al., 2012; Walker & van der Helm, 2009). Die Stabilität selbstbezogener Überzeugungen könnte auf ihrer hohen emotionalen Relevanz beruhen (Conway, 2005; Elder et al., 2022). Selbstbezogene Informationen sind emotional aufgeladener und werden daher besser erinnert als fremdbezogene (S. J. Cunningham et al., 2014; Symons & Johnson, 1997). Schlaf scheint besonders effektiv in der Konsolidierung solcher emotional bedeutsamen Inhalte zu sein (Hu et al., 2006; Wagner et al., 2001). Allerdings liefert die Forschung hierzu uneinheitliche Befunde. Während einige Studien diese Annahme stützen, konnten andere den Effekt nicht bestätigen (Lipinska et al., 2019; Schäfer et al., 2020). Diese Inkonsistenzen könnten auf methodische Unterschiede und die individuelle Relevanz der Inhalte zurückzuführen sein (Davidson et al., 2021). Angesichts dieser uneindeutigen Evidenzlage in der bisherigen Forschung liefern die vorliegenden Ergebnisse neue Hinweise darauf, unter welchen Bedingungen Schlaf affektive Bewertungen sozialer Inhalte beeinflusst. Sie erweitern die bestehende Perspektive, indem sie zeigen, dass Schlaf nicht nur die Konsolidierung sozialer Inhalte unterstützt, sondern deren affektive Bewertung vor allem bei fremdbezogenen Überzeugungen moduliert.

Ein weiterer möglicher Grund für die verstärkte Stabilisierung selbstbezogener Überzeugungen liegt in ihrer zentralen Rolle für die Identitätsbildung und ihre enge Verknüpfung mit dem Selbstkonzept (Rodriguez & Loos-Sant'Ana, 2015; Van der Beek et al., 2017). Diese enge Verknüpfung könnte dazu führen, dass sie im Schlaf besonders stabilisiert werden, um ein konsistentes Selbstbild aufrechtzuerhalten. Dieser Prozess wird durch die positiv verzerrte Verarbeitung selbstrelevanter sozialer Rückmeldungen unterstützt (Korn et al., 2012). Schlaf könnte dabei eine doppelte Funktion übernehmen. Einerseits stabilisiert er Gedächtnisinhalte, andererseits schwächt er widersprüchliche Informationen ab, die dem bestehenden Selbstbild widersprechen. Neuere Befunde legen nahe, dass Menschen inkonsistentes Feedback gezielt weniger integrieren, wenn es ihr Selbstkonzept gefährden würde (Elder et al., 2023). Die Sicherung des Selbstkonzepts im Schlaf könnte somit eine adaptiv schützende Funktion

erfüllen, indem sie zur Wahrung der psychischen Integrität und Kohärenz des Selbst in herausfordernden Situationen beiträgt (Diehl & Hay, 2011; Taylor & Brown, 1988). In Übereinstimmung mit dieser Annahme zeigen Studien, dass selbstrelevante Informationen bevorzugt verarbeitet und im Gedächtnis langfristig gefestigt werden (Symons & Johnson, 1997; Yaoi et al., 2015). Schlaf könnte diesen Effekt noch verstärken, indem er nicht nur die Konsolidierung solcher Inhalte fördert, sondern sie zugleich vor nachträglicher Modifikation schützt. Alternativ könnte die Stabilität selbstbezogener Überzeugungen auf Unterschieden in der Gedächtnisrepräsentation beruhen. Während autobiografische Daten häufig in tief verankerte semantische Wissensstrukturen integriert sind (Conway & Pleydell-Pearce, 2000), bleibt unklar, wie fremdbezogene Informationen in Gedächtnisnetzwerke eingebunden werden. Die tiefere Verankerung selbstbezogener Informationen in diesen semantischen Strukturen könnte ihre größere Gedächtnisstabilität erklären. Studien, die den direkten Vergleich zwischen der Konsolidierung selbstbezogener und fremdbezogener Informationen im Schlaf untersuchen, fehlen bisher jedoch. Zusammenfassend stützen die Ergebnisse die Hypothese, dass soziale Informationen über die eigene Person im Schlaf stärker konsolidiert werden als solche über andere. Diese verstärkte Konsolidierung könnte auf die emotionale und kognitive Relevanz selbstbezogener Überzeugungen sowie auf schlafspezifische Mechanismen der Gedächtnisverarbeitung zurückzuführen sein. Die Stabilität selbstbezogener Überzeugungen deutet darauf hin, dass Schlaf nicht nur Gedächtnisinhalte sichert, sondern auch zur Aufrechterhaltung eines stabilen Selbstbildes beiträgt.

4.4 Hypothese 4

Negatives Feedback über sich selbst wird im Schlaf stärker konsolidiert als positives Feedback über sich selbst

Die Ergebnisse dieser Studie liefern keine eindeutige Unterstützung für die Annahme, dass negatives Feedback über die eigene Person im Schlaf stärker

konsolidiert wird als positives Feedback. Stattdessen blieben selbstbezogene Überzeugungen, unabhängig von der Valenz des Feedbacks, weitgehend stabil. Dieses Ergebnis steht im Widerspruch zu früheren Befunden, die eine verstärkte Konsolidierung emotional negativer Inhalte während des Schlafs nahelegen (Denis et al., 2022; Payne et al., 2008). Eine mögliche Erklärung könnte darin liegen, dass selbstbezogene Überzeugungen besonders resistent gegenüber Veränderungen sind, insbesondere dann, wenn neues Feedback potenziell weitreichende Auswirkungen auf das Selbstkonzept hätte. In solchen Fällen wird widersprüchliche Information seltener integriert (Elder et al., 2023). Negative Rückmeldungen über die eigene Person stehen zudem häufig im Konflikt mit einem positiv geprägten Selbstbild und werden daher möglicherweise abgeschwächt, um kognitive Dissonanz zu vermeiden (Guadagno & Burger, 2007; Strack & Deutsch, 2004). Schlaf könnte diesen Abwehrmechanismus zusätzlich unterstützen, indem er inkonsistente Informationen schwächt und so zur Stabilisierung des Selbstbildes beiträgt (Korn et al., 2012; Sterpenich et al., 2009). Andererseits zeigen frühere Untersuchungen, dass hochintensive negative Erlebnisse im Schlaf besonders stark konsolidiert werden (Payne et al., 2008). Dieser Effekt wurde insbesondere für stark negativ bewertete emotionale Inhalte nachgewiesen. In der vorliegenden Studie könnte das negative Feedback als nicht ausreichend intensiv empfunden worden sein, um eine vergleichbare Konsolidierungsreaktion auszulösen. Dies legt nahe, dass der Grad der affektiven Erregung eine entscheidende Rolle bei der schlafbasierten Konsolidierung negativer selbstbezogener Informationen spielen könnte (Groch et al., 2013). Besonders relevant wird dieser Befund im klinischen Kontext. Bei Erkrankungen wie Depressionen oder sozialer Angst, die durch negative Selbstüberzeugungen gekennzeichnet sind, könnte die verstärkte Konsolidierung dieser dysfunktionalen Inhalte im Schlaf dazu beitragen, dass diese negativen Überzeugungen stabilisiert und aufrechterhalten werden. Schlaf fördert die selektive Konsolidierung emotionaler Erinnerungen, wodurch insbesondere negative Erfahrungen und die damit verbundenen Überzeugungen verstärkt werden können (Goldstein & Walker, 2014). Diese Annahme wird durch Ergebnisse von Koban und Kollegen (Koban et al., 2017) unterstützt, die zeigen,

dass selbstbezogene Überzeugungen, insbesondere bei Personen mit sozialer Angst, einem verzerrten Lernprozess unterliegen. In ihrer Studie wurde festgestellt, dass negative Rückmeldungen über die eigene Leistung bei sozial ängstlichen Personen stärker verinnerlicht wurden als positive Informationen. Dies unterstreicht, dass selbstbezogene Inhalte nicht nur eng mit dem Selbstkonzept verknüpft sind, sondern auch selektiv verarbeitet werden. Während bei klinischen Populationen eine verstärkte Konsolidierung negativer selbstbezogener Überzeugungen im Schlaf beobachtet werden kann, zeigen sich bei gesunden Personen andere Muster. Interessanterweise konnte in der vorliegenden Studie nicht bestätigt werden, dass negatives Feedback stärker konsolidiert wird. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte darin liegen, dass positive Selbstüberzeugungen, die bereits stark im Selbstkonzept verankert sind, keine signifikante Verstärkung durch zusätzliches positives Feedback erfahren. Studien zeigen, dass selbstbezogene Überzeugungen, die eng mit dem bestehenden Selbstbild übereinstimmen, besonders resistent gegenüber externer Beeinflussung sind (Korn et al., 2012). In diesem Zusammenhang könnte die starke Etablierung positiver Selbstüberzeugungen in der Studie dazu geführt haben, dass positives Feedback keinen merklichen Effekt auf die Stabilisierung dieser Überzeugungen hatte.

Zusammenfassend legen die vorliegenden Daten nahe, dass selbstbezogene Überzeugungen im Schlaf gefestigt werden, unabhängig davon, ob sie positiv oder negativ konnotiert sind. Die Annahme einer bevorzugten Konsolidierung negativer selbstbezogener Informationen fand in dieser Untersuchung keine eindeutige Unterstützung. Vielmehr scheint der Schlafmechanismus eine selektive Filterung vorzunehmen, bei der insbesondere solche Informationen verstärkt oder stabilisiert werden, die mit dem bestehenden Selbstkonzept kohärent sind. Dadurch werden bestehende Selbstüberzeugungen gefestigt und gegenüber externen Veränderungen widerstandsfähiger gemacht. Diese Prozesse tragen zur Aufrechterhaltung psychischer Stabilität bei und liefern wichtige Ansatzpunkte für die weitere Erforschung der schlafabhängigen Konsolidierung sozialer Informationen und deren klinische Relevanz.

4.5 Hypothese 5

Nach Schlaf besteht eine höhere Sicherheit in Bezug auf gelernte soziale Informationen über sich selbst und über andere als nach Wachheit

Die Ergebnisse der Sicherheitseinschätzungen liefern nur teilweise Unterstützung für Hypothese 5. Während die Sicherheit in Bezug auf soziale Überzeugungen insgesamt über die Zeit abnahm, zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen der Schlaf- und der Wachgruppe hinsichtlich des allgemeinen Vertrauens in selbst- und fremdbezogene Überzeugungen. Damit konnte die Annahme, dass Schlaf zu einer höheren Sicherheit in sozialen Überzeugungen führt, nicht eindeutig bestätigt werden. Interessanterweise zeigten die detaillierten Analysen jedoch einen unterschiedlichen Verlauf der Sicherheitseinschätzungen, abhängig von der Art der Überzeugung und dem Zeitverlauf. Ein bemerkenswertes Ergebnis war, dass die Sicherheit in allen Überzeugungen, unabhängig davon, ob sie sich auf die eigenen oder fremden Fähigkeiten bezogen, von der Baseline bis Abfrage 3 kontinuierlich abnahm. Eine Ausnahme bildeten jedoch die fremdbezogenen niedrigen Fähigkeitsüberzeugungen. Während die Sicherheit in diesen Überzeugungen in der Schlafgruppe zunächst stabil blieb, zeigte sich erst nach drei Wochen ein signifikanter Rückgang. Dieses Muster deutet darauf hin, dass Schlaf die Sicherheit in bestimmte Überzeugungen, insbesondere negative Einschätzungen über die Fähigkeiten anderer, kurzfristig stabilisieren könnte.

Entgegen der Erwartung zeigte die Analyse keine generelle Erhöhung der Sicherheit durch Schlaf im Vergleich zur Wachbedingung. Weder bei den selbstbezogenen noch bei den fremdbezogenen Überzeugungen ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen. Die Befunde stehen nicht im Einklang mit der ursprünglichen Annahme, dass Schlaf generell zu einer erhöhten Sicherheit in sozialen Überzeugungen führt. Ein möglicher Erklärungsansatz für die spezifische Stabilisierung der Sicherheit in fremdbezogene niedrige Fähigkeitsüberzeugungen könnte in schlafspezifischen Konsolidierungsprozessen liegen. Frühere Forschung hat gezeigt, dass Schlaf

insbesondere emotional bedeutsame oder sozial relevante Informationen verstärkt speichern kann (J. D. Payne et al., 2012; Wagner et al., 2001). Fremdbezogene, negative Überzeugungen könnten als sozial relevante Warnsignale interpretiert werden, deren Stabilität adaptiv sein könnte, um das soziale Umfeld besser einschätzen zu können. Bemerkenswert ist zudem, dass die Interaktion zwischen der Art der Überzeugung (selbst- vs. fremdbezogen) und dem Schlafzustand nur bei Abfrage 2 signifikant war, also unmittelbar nach der Aktualisierung durch neues Feedback. Zu den anderen Zeitpunkten war diese Interaktion nicht nachweisbar. Dies deutet darauf hin, dass Schlaf einen kurzfristigen Einfluss auf die Sicherheit sozialer Überzeugungen hat, dieser Effekt jedoch mit der Zeit abnimmt. Die Stabilität fremdbezogener niedriger Fähigkeitsüberzeugungen nahm erst nach drei Wochen ab, was auf eine zeitlich begrenzte Wirkung des Schlafs auf die Sicherheit sozialer Überzeugungen hinweist. Die selektive Stabilisierung der Sicherheit in fremdbezogenen negativen Überzeugungen deutet darauf hin, dass Schlaf nicht nur der Speicherung von Informationen dient, sondern auch dazu beiträgt, die subjektive Gewissheit bezüglich relevanter Einschätzungen vorübergehend zu festigen. Diese erhöhte Sicherheit könnte eine adaptive Funktion erfüllen. Sie ermöglicht in sozialen Situationen schnelle und klare Bewertungen, insbesondere dann, wenn potenziell negative Eigenschaften anderer als Warnsignale interpretiert werden. Dass dieser Effekt zeitlich begrenzt ist, spricht dafür, dass Schlaf kurzfristig eine erhöhte Handlungssicherheit bereitstellt, ohne die langfristige Flexibilität sozialer Urteile einzuschränken.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Hypothese 5 nur eingeschränkt unterstützt wird. Schlaf führte nicht generell zu einer höheren Sicherheit in sozialen Überzeugungen, stabilisierte jedoch kurzfristig die Sicherheit in fremdbezogenen niedrigen Fähigkeitsüberzeugungen. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass Schlaf nicht alle sozialen Informationen gleichermaßen konsolidiert, sondern insbesondere die Sicherheit in fremdbezogene negative Überzeugungen kurzfristig stabilisieren könnte.

4.6 Hypothese 6

Die Schlafeffekte sind nach 3 Wochen noch nachweisbar oder sogar verstärkt

Die Ergebnisse dieser Studie stützen nicht die Hypothese, dass die positiven Schlafwirkungen auf die Stabilisierung sozialer Überzeugungen auch langfristig, nach drei Wochen, noch nachweisbar oder sogar verstärkt wären. Zwar zeigte sich nach der ersten Nacht Schlaf ein stabilisierender Effekt auf neu gebildete Überzeugungen, dieser war jedoch zeitlich begrenzt und konnte langfristig nicht aufrechterhalten werden. Vielmehr näherten sich die Überzeugungen beider Gruppen allmählich wieder ihrem ursprünglichen Lernmuster an. Dies legt nahe, dass der Einfluss des Schlafs auf die Konsolidierung neu erlernter Überzeugungen wahrscheinlich nur kurzfristig anhält. Ein möglicher Erklärungsansatz für diese zeitlich begrenzte Stabilisierung könnte in der Interferenz durch das nachfolgende Umlernen liegen. Widersprüchliche Informationen, die unmittelbar nach dem Schlaf präsentiert wurden, könnten den stabilisierenden Effekt des Schlafs auf die neu gebildeten Überzeugungen beeinträchtigt haben. Studien wie die von Ellenbogen und Kollegen berichteten sogar von einer schützenden Rolle des Schlafs gegenüber retroaktiver Interferenz, indem Schlaf Gedächtnisstrukturen stärkt und den Einfluss neuer, danach gelernter Informationen reduziert (Ellenbogen et al., 2006). Frühere Studien zur Gedächtniskonsolidierung haben jedoch gezeigt, dass dieser Schutz begrenzt ist. Insbesondere wenn neue, widersprüchliche Informationen kurz nach dem Schlaf eingeführt werden, können diese die zuvor verstärkten Erinnerungen destabilisieren (Deliens et al., 2013). Neuere Befunde legen zudem nahe, dass dieser Schutz möglicherweise überschätzt wurde, da Erinnerungen weiterhin anfällig für Störungen sind, wenn sie direkt nach dem Schlaf widersprüchlichen Informationen ausgesetzt sind (Pöhlchen et al., 2021). Vor dem Hintergrund dieser Befunde erscheint es plausibel, dass in der vorliegenden Untersuchung die durch Schlaf initial stabilisierenden Überzeugungen langfristig nicht aufrechterhalten werden konnten, da das Umlernen bereits unmittelbar nach der ersten Nacht erfolgte. Ein weiterer relevanter Aspekt betrifft Unterschiede in der

langfristigen Stabilität zwischen selbst- und fremdbezogenen Überzeugungen. Während beide Kategorien eine gewisse Wiederherstellung der ursprünglichen Überzeugungen zeigten, war dieser Effekt bei fremdbezogenen Überzeugungen ausgeprägter. Dies könnte darauf hindeuten, dass unterschiedliche kognitive Mechanismen für die langfristige Speicherung von selbst- und fremdbezogenen Informationen verantwortlich sind. Die zugrundeliegenden neurophysiologischen Mechanismen, die mit der langfristigen Stabilisierung von Überzeugungen in Verbindung stehen, konnten in dieser Studie nicht eindeutig identifiziert werden. Zwar zeigen frühere Forschungsarbeiten, dass schlafspezifische Merkmale wie Slow Oscillations und Schlafspindeln eine wichtige Rolle bei der Gedächtniskonsolidierung spielen (Wei et al., 2018), doch konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen diesen Schlafparametern und der langfristigen Aufrechterhaltung von Überzeugungen festgestellt werden. Es ist denkbar, dass diese Schlafmerkmale zwar kurzfristige konsolidierende Effekte auf neu erlernte Informationen haben, jedoch nicht in der Lage sind, die langfristige Stabilität dieser Inhalte zu fördern, insbesondere wenn später widersprüchliche Informationen präsentiert werden. Weiterhin könnte die Flexibilität fremdbezogener Überzeugungen durch schlafabhängige neurophysiologische Prozesse leichter beeinflusst werden, was die unterschiedlichen Auswirkungen von Schlaf auf selbst- und fremdbezogene Überzeugungen erklärt.

Insgesamt lässt sich zusammenfassen, dass Hypothese 6 nicht bestätigt werden konnte. Zwar zeigte sich unmittelbar nach dem Schlaf ein stabilisierender Effekt auf neu gebildete soziale Überzeugungen, dieser war jedoch nicht von Dauer. Die langfristige Aufrechterhaltung der Überzeugungen blieb aus, was auf eine zeitlich begrenzte Wirkung des Schlafs hinweist. Vor dem Hintergrund dieser Befunde erscheint es sinnvoll, zukünftige Untersuchungen gezielt auf die kausalen Effekte spezifischer Schlafparameter, wie Slow Oscillations und Schlafspindeln, auszurichten. Die gezielte Manipulation dieser Merkmale könnte dazu beitragen, ihre Rolle bei der langfristigen Konsolidierung und Stabilisierung von Überzeugungen besser zu verstehen sowie mögliche Interaktionen mit nachfolgendem Umlernen systematisch zu erfassen. Darüber hinaus sollten

zukünftige Studien prüfen, ob eine zeitliche Verzögerung zwischen initialem Lernen und nachfolgendem Umlernen den konsolidierenden Effekt des Schlafs stärkt. Auch der Einbezug einer Kontrollgruppe ohne widersprüchliche Informationen wäre hilfreich, um den isolierten Langzeiteffekt des Schlafs besser beurteilen zu können. Nicht zuletzt könnten weitere Untersuchungen klären, ob spezifische Schlafphasen oder -parameter unterschiedliche Effekte auf selbst- und fremdbezogene Überzeugungen haben und in welchem Ausmaß diese durch das Selbstkonzept moduliert werden. Eine differenzierte Betrachtung dieser Faktoren könnte wesentlich zum besseren Verständnis der Mechanismen schlafabhängiger Konsolidierung sozialer Informationen beitragen.

4.7 Zusammenfassung der Ergebnisse

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse, dass Schlaf eine zentrale Rolle bei der Festigung und Anpassung sozialer Überzeugungen spielt. Schlaf unterstützt nicht nur die Stabilisierung bereits bestehender Überzeugungen, sondern ermöglicht auch deren Neubewertung, insbesondere bei negativen Einschätzungen anderer Personen. Dabei zeigte sich, dass fremdbezogene Überzeugungen nach dem Schlaf eher positiver beurteilt wurden, während selbstbezogene Überzeugungen aufgrund ihrer engen Verbindung mit dem Selbstkonzept deutlich stabiler blieben. Diese Unterschiede deuten darauf hin, dass soziale Informationen je nach Perspektive unterschiedlich verarbeitet werden.

Auffällig war, dass Schlaf bestehende Selbstüberzeugungen unabhängig davon, ob das erhaltene Feedback positiv oder negativ war, weitgehend unverändert ließ. Dies spricht dafür, dass solche Überzeugungen besonders stabil und weniger anfällig für Veränderungen sind. Gleichzeitig konnte bei negativen Einschätzungen über andere Personen eine kurzfristige Stabilisierung der Überzeugungssicherheit festgestellt werden, die jedoch nach einigen Wochen wieder abnahm. Insgesamt zeigt sich, dass der Einfluss des Schlafs auf soziale Überzeugungen primär kurzfristig wirkt und mit der Zeit abnimmt. Dies trifft vor allem dann zu, wenn nach dem Schlaf widersprüchliche Informationen präsentiert

werden.

Diese Befunde deuten darauf hin, dass Schlaf eine selektive und zeitlich begrenzte Wirkung auf soziale Kognitionen hat. Er trägt dazu bei, das Selbstbild zu stabilisieren und ermöglicht gleichzeitig eine flexible Anpassung sozialer Bewertungen an emotionale und soziale Anforderungen. Zukünftige Studien sollten genauer untersuchen, welche Rolle spezifische Schlafphasen bei der Festigung sozialer Informationen spielen und wie diese gezielt beeinflusst werden können.

4.8 Klinische Implikationen

Die vorliegenden Befunde liefern erste Hinweise darauf, dass schlafabhängige Prozesse in der sozialen Überzeugungsbildung auch für klinisch relevante Fragestellungen von Bedeutung sein könnten. Viele psychische Störungen wie Depressionen oder soziale Angst zeichnen sich durch rigide, negativ gefärbte Überzeugungen über sich selbst und andere sowie durch eine eingeschränkte Flexibilität in der Anpassung dieser Überzeugungen aus. In diesem Zusammenhang könnte Schlaf nicht nur zur Stabilisierung bestehender kognitiver Schemata beitragen, sondern auch eine adaptive Neubewertung sozialer Informationen unterstützen.

Explorative Analysen innerhalb der gesunden Stichprobe zeigten, dass individuelle Unterschiede in depressiven Symptomen, im Selbstwertgefühl und in sozialer Angst mit der Art und Weise der Überzeugungsbildung zusammenhängen, insbesondere im Hinblick auf die Aktualisierung fremdbezogener Überzeugungen. So war ein höheres Maß an depressiven Symptomen mit geringeren positiven Anpassungen bei der Einschätzung niedriger Fähigkeiten anderer assoziiert. Dies könnte auf eine verstärkte Tendenz hindeuten, negative Überzeugungen über andere zu verfestigen. Dieser Befund steht im Einklang mit Studien, die zeigen, dass depressive Individuen dazu neigen, negative Informationen stärker zu gewichten und weniger bereit sind, positive Rückmeldungen in ihre Überzeugungen zu integrieren (Korn et al., 2014; Kube & Rozenkrantz, 2021). Darüber hinaus neigten Teilnehmende mit

höheren Depressionswerten eher dazu, Situationen negativer zu bewerten. Zum Beispiel korrigierten sie positive Einschätzungen anderer Personen nachträglich nach unten, was die typische negative Weltsicht bei Depression widerspiegelt. Ein gegenteiliger Zusammenhang zeigte sich für das Selbstwertgefühl. Personen mit höherem Selbstwert hielten eher an positiven Einschätzungen anderer fest und zeigten langfristig eine größere Bereitschaft zur positiven Neubewertung zuvor niedrig eingeschätzter Fähigkeiten. Dies könnte auf eine insgesamt optimistischere Grundhaltung gegenüber anderen und eine größere kognitive Flexibilität hinweisen. Frühere Arbeiten legen nahe, dass ein hohes Maß an Selbstwertgefühl mit einer adaptiveren Verarbeitung sozialer Informationen und einem insgesamt positiveren Bild anderer einhergeht (Baumeister et al., 2003). Teilnehmer mit erhöhter sozialer Angst zeigten hingegen ein gegenteiliges Muster. Sie neigten dazu, hohe Erwartungen an die Fähigkeiten anderer nach dem Schlaf nach unten zu revidieren und waren weniger bereit, niedrig eingeschätzte Fähigkeiten positiv umzudeuten. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit der Forschung, die eine verstärkte negative Interpretationsverzerrung bei sozial ängstlichen Personen beschreibt, bei der andere kritischer und in einem weniger positiven Licht wahrgenommen werden (Amir et al., 2010).

Diese Befunde, auch wenn sie auf einer nicht-klinischen Stichprobe basieren, verdeutlichen das Potenzial schlafabhängiger Prozesse in der Therapie psychischer Störungen. Sie legen nahe, dass Schlaf nicht nur eine stabilisierende Funktion hat, sondern auch zur Förderung adaptiver Reinterpretationen beitragen kann. Dies ist besonders im Hinblick auf dysfunktionale soziale Kognitionen von Bedeutung. Vor dem Hintergrund, dass viele psychiatrische Erkrankungen mit Schlafstörungen einhergehen, erscheint es umso wichtiger, die Rolle des Schlafs in der Bildung und Veränderung sozialer Überzeugungen systematisch in klinischen Populationen zu untersuchen.

Zukünftige Studien sollten untersuchen, inwieweit schlafbasierte Interventionen, etwa durch gezielte Beeinflussung bestimmter Schlafparameter, die Flexibilität sozialer Überzeugungen fördern und negative Denkweisen abschwächen können. Ein besseres Verständnis dieser Prozesse könnte zu neuen

therapeutischen Ansätzen führen, die Schlaf gezielt nutzen, um maladaptive Überzeugungen zu verändern und die psychische Resilienz zu stärken. Solche Erkenntnisse könnten auch helfen, die Rolle von Stimmung, Selbstwertgefühl und sozialer Angst bei der Bildung und Veränderung sozialer Überzeugungen besser zu verstehen. Darauf aufbauend könnten neue Interventionsmethoden entwickelt werden, die die Anpassungsfähigkeit und Resilienz in herausfordernden sozialen oder emotionalen Situationen fördern.

4.9 Limitationen

Wie jede empirische Untersuchung weist auch die vorliegende Studie einige Limitationen auf, die bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden sollten. Ein potenzieller Störfaktor ergibt sich aus dem Studiendesign, das eine zeitlich versetzte Testung der beiden Versuchsgruppen beinhaltete. Während die Schlafgruppe die erste Lernsitzung am Abend und das Umlernen am darauffolgenden Morgen absolvierte, fand das erste Lernen am Morgen und das Umlernen am Abend für die Wachgruppe statt. Hierdurch könnten circadiane Einflüsse die kognitive Leistungsfähigkeit und somit auch die Ergebnisse beeinflusst haben. Zur Kontrolle dieser möglichen Störfaktoren wurden sowohl objektive Vigilanzdaten (siehe 2.6.1 für Details) als auch subjektive Angaben zur Schläfrigkeit (Stanford Sleepiness Scale, siehe 2.6.2.1 für Details) zu allen drei Testzeitpunkten erhoben. Die Ergebnisse der Vigilanztests zeigen, dass die Reaktionszeiten in der Vigilanzaufgabe zu allen Zeitpunkten zwischen den Gruppen vergleichbar waren. Zwar zeigte sich ein Zeiteffekt mit insgesamt verlangsamten Reaktionszeiten am Morgen, insbesondere bei der Testphase 2 nach drei Wochen, jedoch wurde kein signifikanter Unterschied zwischen der Schlaf- und der Wachgruppe festgestellt. Dies deutet darauf hin, dass circadiane Unterschiede in der Vigilanz keine wesentlichen Auswirkungen auf die Ergebnisse hatten. Die objektiven Vigilanzdaten unterstützen somit die Annahme, dass sich beide Gruppen hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit zu den verschiedenen Testzeitpunkten nicht systematisch unterschieden. Dennoch sollte der zeitliche Verlauf des Experiments, bei dem die Gruppen zu

unterschiedlichen Tageszeiten getestet wurden, als potenzieller Störfaktor in Betracht gezogen werden.

Im Gegensatz zu den objektiven Vigilanzdaten zeigten sich bei der subjektiv erlebten Schläfrigkeit erwartbare Unterschiede in Abhängigkeit vom Tageszeitpunkt. So war die Schlafgruppe bei der Lernsituation am Abend subjektiv müder, während die Wachgruppe bei der Abfrage 2 am Abend über höhere Werte berichtete. Diese Unterschiede spiegelten sich jedoch nur in einem Fall in den Überzeugungsmaßen wider. In der Bedingung „Other-Low“ zeigte sich eine signifikante negative Korrelation zwischen dem Schläfrigkeitsniveau nach der zweiten Abfrage und der Veränderung der Leistungserwartung. Insgesamt stützen die Vigilanzdaten die Annahme, dass sich beide Gruppen hinsichtlich objektiver Leistungsniveaus nicht systematisch unterschieden, sodass circadiane Effekte die Ergebnisse vermutlich nicht wesentlich beeinflusst haben. Eine weitere Limitation betrifft die Generalisierbarkeit der Befunde. Die Stichprobe bestand ausschließlich aus jungen, gesunden Erwachsenen, wodurch die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Altersgruppen oder klinische Populationen begrenzt ist. Zudem beruhte die Erhebung psychologischer Variablen wie depressive Symptome, Selbstwertgefühl und soziale Angst ausschließlich auf Selbstberichtsverfahren, welche potenziell durch Antwortverzerrungen beeinflusst sein können.

Ein weiterer Limitationspunkt betrifft die polysomnographischen Daten. Zwar zeigten sich interessante Korrelationen zwischen bestimmten Schlafparametern und der Veränderung der Leistungserwartung in den Bedingungen Self-Low und Other-Low zum Zeitpunkt der Abfrage 1, diese erwiesen sich nach Korrektur für multiple Vergleiche jedoch als nicht signifikant. Dies deutet darauf hin, dass die Zusammenhänge zwischen Schlafmustern und Leistungserwartungen möglicherweise schwächer sind als ursprünglich angenommen. Zudem könnten komplexere Interaktionen zwischen spezifischen Schlafparametern und Überzeugungsveränderungen bestehen, die in der vorliegenden Studie nicht vollständig erfasst wurden.

Darüber hinaus könnte die Stichprobengröße von 28 Probanden in der Schlafgruppe die Entdeckung kleinerer Effekte eingeschränkt haben. Eine

größere Stichprobe könnte präzisere Ergebnisse liefern. Externe Variablen wie Umwelteinflüsse und persönliche Lebensumstände der Teilnehmer könnten ebenfalls die Schlafmuster und Leistungserwartungen verzerrt haben. Eine bessere Kontrolle dieser Faktoren könnte die Validität zukünftiger Studien erhöhen.

Zudem wurden langfristige Auswirkungen der Schlafarchitektur auf die Leistungserwartungen nicht erfasst, da nach drei Wochen keine polysomnographischen Daten erhoben wurden. Langzeitmessungen der Schlafarchitektur wären hilfreich, um mögliche langfristige Effekte auf Überzeugungsveränderungen systematisch zu untersuchen. Trotz dieser Einschränkungen liefern die vorliegenden Ergebnisse wichtige Hinweise auf die Rolle schlafbezogener Prozesse bei der Konsolidierung sozialer Überzeugungen und bilden eine fundierte Grundlage für weiterführende Forschung.

4.10 Fazit

Die vorliegenden Ergebnisse verdeutlichen, dass Schlaf eine zentrale Rolle bei der schlaf-assoziierten Verarbeitung sozialer Informationen einnimmt. Insbesondere zeigt sich, dass er selbstbezogene Überzeugungen stabilisiert und gleichzeitig positive Updates in den Überzeugungen über andere begünstigt. Dies legt nahe, dass Schlaf nicht nur zur Festigung des Selbstkonzepts beiträgt, sondern auch die Flexibilität und Anpassungsfähigkeit in der sozialen Wahrnehmung unterstützt. Damit liefert die vorliegende Arbeit wertvolle Einsichten in die komplexen Zusammenhänge zwischen Schlaf und sozialer Kognition und zeigt auf, wie schlafbezogene Prozesse die Verarbeitung und Bewertung sozialer Informationen beeinflussen können.

5 ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Dissertation untersucht die Rolle des Schlafs bei der Konsolidierung, Stabilisierung und Anpassung sozialer Überzeugungen. Dabei stand insbesondere im Fokus, wie Schlaf selbstbezogene und fremdbezogene Überzeugungen beeinflusst und inwieweit er adaptive Anpassungsprozesse innerhalb sozialer Kognitionen unterstützt.

In einem experimentellen Studiendesign wurden 59 gesunde, junge Erwachsene randomisiert einer Schlaf- oder Wachgruppe zugeteilt. Das Studiendesign umfasste drei Testphasen. Zu Beginn bewerteten die Teilnehmenden in einer sozialen Lernaufgabe ihre eigenen Schätzfähigkeiten sowie die der anderen Person und erhielten daraufhin teils eher positives, teils eher negatives, jedoch manipuliertes Feedback. Dieses Feedback wurde im Rahmen einer Coverstory als Echtleistung dargestellt, um soziale Lernprozesse realistisch zu simulieren. Nach der ersten Phase folgte für die Schlafgruppe eine polysomnographisch überwachte Nacht, während die Wachgruppe tagsüber wach blieb. Anschließend erfolgte eine Umlernphase, bei der die Feedbackzuteilungen vertauscht wurden, um eine Neubewertung der zuvor gelernten Überzeugungen zu induzieren. Drei Wochen später fand ein Follow-up statt, um langfristige Veränderungen in der Verarbeitung sozialer Informationen zu erfassen. Während des gesamten Experiments wurden neben den Leistungserwartungen auch psychologische Variablen wie depressive Symptome, Selbstwertgefühl und soziale Angst erhoben, um individuelle Unterschiede in der Verarbeitung sozialer Informationen zu berücksichtigen.

Die Ergebnisse zeigten, dass Schlaf selbstbezogene Überzeugungen weitgehend stabilisierte, unabhängig vom Feedback, was auf eine enge Verknüpfung mit dem stabilen Selbstkonzept hinweist und diese Überzeugungen weniger anfällig für kurzfristige Veränderungen macht. Fremdbezogene Überzeugungen erwiesen sich als flexibler. Negative Einschätzungen anderer wurden nach dem Schlaf positiver bewertet, was auf eine adaptive Neubewertung sozialer Informationen hinweist. Diese Effekte nahmen jedoch über die Zeit ab und waren nach einem längeren Zeitraum nicht mehr

nachweisbar. Explorative Analysen zeigten zudem, dass individuelle Unterschiede in depressiven Symptomen, Selbstwertgefühl und sozialer Angst die Art der Überzeugungsbildung beeinflussten. Höhere Depressionswerte förderten die Verfestigung negativer Fremdüberzeugungen, während höheres Selbstwertgefühl mit größerer kognitiver Flexibilität und positiveren Neubewertungen einherging.

Die Befunde legen nahe, dass Schlaf kognitive Schemata stabilisiert und gleichzeitig flexible Anpassungen sozialer Bewertungen ermöglicht. Dies hat wichtige Implikationen für psychische Störungen wie Depression oder soziale Angst. Die Arbeit liefert wertvolle Erkenntnisse zu den Wechselwirkungen von Schlaf und sozialer Kognition und weist zudem auf das Potenzial therapeutischer Schlafinterventionen hin.

6 LITERATURVERZEICHNIS

- Adam, K. (1980). Sleep as a restorative process and a theory to explain why. *Prog Brain Res*, 53, 289-305. [https://doi.org/10.1016/s0079-6123\(08\)60070-9](https://doi.org/10.1016/s0079-6123(08)60070-9)
- Albouy, G., King, B. R., Maquet, P., & Doyon, J. (2013). Hippocampus and striatum: dynamics and interaction during acquisition and sleep-related motor sequence memory consolidation. *Hippocampus*, 23(11), 985-1004. <https://doi.org/10.1002/hipo.22183>
- Amir, N., Bomyea, J., & Beard, C. (2010). The effect of single-session interpretation modification on attention bias in socially anxious individuals. *J Anxiety Disord*, 24(2), 178-182. <https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2009.10.005>
- Anderson, C., & Dickinson, D. L. (2010). Bargaining and trust: the effects of 36-h total sleep deprivation on socially interactive decisions. *J Sleep Res*, 19(1 Pt 1), 54-63. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2869.2009.00767.x>
- Antony, J. W., & Paller, K. A. (2017). Hippocampal contributions to declarative memory consolidation during sleep. *The hippocampus from cells to systems: Structure, connectivity, and functional contributions to memory and flexible cognition*, 245-280.
- Arsenio, W. F., & Lemerise, E. A. (2004). Aggression and moral development: Integrating social information processing and moral domain models. *Child development*, 75(4), 987-1002.
- Axmacher, N., Helmstaedter, C., Elger, C. E., & Fell, J. (2008). Enhancement of neocortical-medial temporal EEG correlations during non-REM sleep. *Neural plasticity*, 2008.
- Baddeley, A. (2012). Working memory: theories, models, and controversies. *Annu Rev Psychol*, 63, 1-29. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120710-100422>
- Bandura, A. (1978). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Advances in Behaviour Research and Therapy*, 1(4), 139-161. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0146-6402\(78\)90002-4](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0146-6402(78)90002-4)
- Bandura, A., & Locke, E. A. (2003). Negative self-efficacy and goal effects revisited. *J Appl Psychol*, 88(1), 87-99. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.88.1.87>
- Barrett, T. R., & Ekstrand, B. R. (1972). Effect of sleep on memory. 3. Controlling for time-of-day effects. *J Exp Psychol*, 96(2), 321-327. <https://doi.org/10.1037/h0033625>
- Battaglia, F. P., Benchenane, K., Sirota, A., Pennartz, C. M. A., & Wiener, S. I. (2011). The hippocampus: hub of brain network communication for memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 15(7), 310-318. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.05.008>
- Baumeister, R. F., Campbell, J. D., Krueger, J. I., & Vohs, K. D. (2003). Does High Self-Esteem Cause Better Performance, Interpersonal Success, Happiness, or Healthier Lifestyles? *Psychol Sci Public Interest*, 4(1), 1-44. <https://doi.org/10.1111/1529-1006.01431>

- Beattie, L., Kyle, S. D., Espie, C. A., & Biello, S. M. (2015). Social interactions, emotion and sleep: A systematic review and research agenda. *Sleep medicine reviews*, 24, 83-100.
- Beck, A. T., Steer, R. A., & Brown, G. (1996). Beck depression inventory—II. *Psychological assessment*.
- Bem, D. J. (2017). An experimental analysis of self-persuasion. In *Attitude change* (pp. 177-204). Routledge.
- Berger, R. J., & Phillips, N. H. (1995). Energy conservation and sleep. *Behav Brain Res*, 69(1-2), 65-73. [https://doi.org/10.1016/0166-4328\(95\)00002-b](https://doi.org/10.1016/0166-4328(95)00002-b)
- Bernert, R. A., & Joiner, T. E. (2007). Sleep disturbances and suicide risk: a review of the literature. *Neuropsychiatric disease and treatment*, 3(6), 735-743.
- Bhanji, J. P., & Delgado, M. R. (2014). The social brain and reward: social information processing in the human striatum. *Wiley Interdiscip Rev Cogn Sci*, 5(1), 61-73. <https://doi.org/10.1002/wcs.1266>
- Bierwolf, C., Struve, K., Marshall, L., Born, J., & Fehm, H. L. (1997). Slow wave sleep drives inhibition of pituitary-adrenal secretion in humans. *J Neuroendocrinol*, 9(6), 479-484. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2826.1997.00605.x>
- Born, J., & Feld, G. B. (2012). Sleep to upscale, sleep to downscale: balancing homeostasis and plasticity. *Neuron*, 75(6), 933-935. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2012.09.007>
- Born, J., & Gais, S. (2000). REM sleep deprivation: the wrong paradigm leading to wrong conclusions. *Behavioral and Brain Sciences*, 23(6), 912-913.
- Born, J., Hansen, K., Marshall, L., Mölle, M., & Fehm, H. L. (1999). Timing the end of nocturnal sleep. *Nature*, 397(6714), 29-30. <https://doi.org/10.1038/16166>
- Born, J., Rasch, B., & Gais, S. (2006). Sleep to remember. *Neuroscientist*, 12(5), 410-424. <https://doi.org/10.1177/1073858406292647>
- Born, J., & Wagner, U. (2004). Awareness in memory: being explicit about the role of sleep. *Trends Cogn Sci*, 8(6), 242-244. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.04.010>
- Buzsáki, G. (2002). Theta oscillations in the hippocampus. *Neuron*, 33(3), 325-340.
- Cai, Z. J. (1995). An integrative analysis to sleep functions. *Behav Brain Res*, 69(1-2), 187-194. [https://doi.org/10.1016/0166-4328\(95\)00005-e](https://doi.org/10.1016/0166-4328(95)00005-e)
- Cairney, S. A., Durrant, S. J., Hulleman, J., & Lewis, P. A. (2014). Targeted memory reactivation during slow wave sleep facilitates emotional memory consolidation. *Sleep*, 37(4), 701-707, 707a. <https://doi.org/10.5665/sleep.3572>
- Castaldo, V., Krynicki, V., & Goldstein, J. (1974). Sleep stages and verbal memory. *Perceptual and Motor Skills*, 39(3), 1023-1030.
- Cirelli, C., & Tononi, G. (2008). Is sleep essential? *PLoS Biol*, 6(8), e216. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0060216>
- Conway, M. A. (2005). Memory and the self. *Journal of memory and language*, 53(4), 594-628.

- Conway, M. A., & Pleydell-Pearce, C. W. (2000). The construction of autobiographical memories in the self-memory system. *Psychol Rev*, 107(2), 261-288. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.107.2.261>
- Crick, N. R., & Dodge, K. A. (1994). A review and reformulation of social information-processing mechanisms in children's social adjustment. *Psychological bulletin*, 115(1), 74.
- Crocker, J. (2002). Contingencies of self-worth: Implications for self-regulation and psychological vulnerability. *Self and Identity*, 1(2), 143-149.
- Csibra, G., & Gergely, G. (2006). Social learning and social cognition: The case for pedagogy. *Processes of change in brain and cognitive development. Attention and performance XXI*, 21, 249-274.
- Cunningham, S. J., Brebner, J. L., Quinn, F., & Turk, D. J. (2014). The self-reference effect on memory in early childhood. *Child Dev*, 85(2), 808-823. <https://doi.org/10.1111/cdev.12144>
- Cunningham, T. J., Chambers, A. M., & Payne, J. D. (2014). Prospection and emotional memory: how expectation affects emotional memory formation following sleep and wake. *Frontiers in psychology*, 5, 862.
- Czekalla, N., Stierand, J., Stolz, D. S., Mayer, A. V., Voges, J. F., Rademacher, L., Paulus, F. M., Krach, S., & Müller-Pinzler, L. (2021). Self-beneficial belief updating as a coping mechanism for stress-induced negative affect. *Sci Rep*, 11(1), 17096. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-96264-0>
- Datta, S. (2000). Avoidance task training potentiates phasic pontine-wave density in the rat: A mechanism for sleep-dependent plasticity. *J Neurosci*, 20(22), 8607-8613. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.20-22-08607.2000>
- Datta, S., Li, G., & Auerbach, S. (2008). Activation of phasic pontine-wave generator in the rat: a mechanism for expression of plasticity-related genes and proteins in the dorsal hippocampus and amygdala. *Eur J Neurosci*, 27(7), 1876-1892. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2008.06166.x>
- Dauenheimer, D. G., Stahlberg, D., Spreemann, S., & Sedikides, C. (2002). Self-enhancement, self-verification, or self-assessment? The intricate role of trait modifiability in the self-evaluation process. *Revue internationale de psychologie sociale*.
- Davidson, P., Jönsson, P., Carlsson, I., & Pace-Schott, E. (2021). Does Sleep Selectively Strengthen Certain Memories Over Others Based on Emotion and Perceived Future Relevance? *Nat Sci Sleep*, 13, 1257-1306. <https://doi.org/10.2147/nss.S286701>
- Davis, H., Davis, P. A., Loomis, A. L., Harvey, E. N., & Hobart, G. (1937). CHANGES IN HUMAN BRAIN POTENTIALS DURING THE ONSET OF SLEEP. *Science*, 86(2237), 448-450. <https://doi.org/10.1126/science.86.2237.448>
- Deliens, G., Schmitz, R., Caudron, I., Mary, A., Leproult, R., & Peigneux, P. (2013). Does recall after sleep-dependent memory consolidation reinstate sensitivity to retroactive interference? *PLoS One*, 8(7), e68727. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0068727>

- Denis, D., Sanders, K. E. G., Kensinger, E. A., & Payne, J. D. (2022). Sleep preferentially consolidates negative aspects of human memory: Well-powered evidence from two large online experiments. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 119(44), e2202657119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2202657119>
- Diehl, M., & Hay, E. L. (2011). Self-concept differentiation and self-concept clarity across adulthood: associations with age and psychological well-being. *Int J Aging Hum Dev*, 73(2), 125-152. <https://doi.org/10.2190/AG.73.2.b>
- Diekelmann, S., & Born, J. (2010). The memory function of sleep. *Nat Rev Neurosci*, 11(2), 114-126. <https://doi.org/10.1038/nrn2762>
- Diekelmann, S., Paulus, F. M., & Krach, S. (2018). Sleep to be social: The critical role of sleep and memory for social interaction. *Behav Brain Sci*, 41, e10. <https://doi.org/10.1017/s0140525x17001327>
- Diekelmann, S., Wilhelm, I., Wagner, U., & Born, J. (2013). Sleep to implement an intention. *Sleep*, 36(1), 149-153. <https://doi.org/10.5665/sleep.2322>
- Dudai, Y. (2004). The neurobiology of consolidations, or, how stable is the engram? *Annu Rev Psychol*, 55, 51-86. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.55.090902.142050>
- Ebbinghaus, H. (1885). *Über das gedächtnis: untersuchungen zur experimentellen psychologie*. Duncker & Humblot.
- Eichenbaum, H. (2000). A cortical-hippocampal system for declarative memory. *Nat Rev Neurosci*, 1(1), 41-50. <https://doi.org/10.1038/35036213>
- Eil, D., & Rao, J. M. (2011). The good news-bad news effect: asymmetric processing of objective information about yourself. *American Economic Journal: Microeconomics*, 3(2), 114-138.
- Ekstrand, B. R., Sullivan, M. J., Parker, D. F., & West, J. N. (1971). Spontaneous recovery and sleep. *Journal of experimental psychology*, 88(1), 142.
- Elder, J., Davis, T., & Hughes, B. (2022). Maintaining Stable and Certain Self-Views: Self-Beliefs with More Semantic Implications are More Stable and Confident.
- Elder, J. J., Davis, T. H., & Hughes, B. L. (2023). A Fluid Self-Concept: How the Brain Maintains Coherence and Positivity across an Interconnected Self-Concept While Incorporating Social Feedback. *J Neurosci*, 43(22), 4110-4128. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.1951-22.2023>
- Ellenbogen, J. M., Hulbert, J. C., Stickgold, R., Dinges, D. F., & Thompson-Schill, S. L. (2006). Interfering with theories of sleep and memory: sleep, declarative memory, and associative interference. *Curr Biol*, 16(13), 1290-1294. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2006.05.024>
- Eschenko, O., Magri, C., Panzeri, S., & Sara, S. J. (2012). Noradrenergic neurons of the locus coeruleus are phase locked to cortical up-down states during sleep. *Cerebral Cortex*, 22(2), 426-435.
- Fareri, D. S., Chang, L. J., & Delgado, M. R. (2012). Effects of direct social experience on trust decisions and neural reward circuitry. *Front Neurosci*, 6, 148. <https://doi.org/10.3389/fnins.2012.00148>
- Festinger, L. (1954). A theory of social comparison processes. *Human relations*, 7(2), 117-140.

- Fischer, S., & Born, J. (2009). Anticipated reward enhances offline learning during sleep. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn*, 35(6), 1586-1593. <https://doi.org/10.1037/a0017256>
- Fischer, S., Hallschmid, M., Elsner, A. L., & Born, J. (2002). Sleep forms memory for finger skills. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 99(18), 11987-11991. <https://doi.org/10.1073/pnas.182178199>
- Fishbein, W. (1971). Disruptive effects of rapid eye movement sleep deprivation on long-term memory. *Physiol Behav*, 6(4), 279-282. [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(71\)90155-7](https://doi.org/10.1016/0031-9384(71)90155-7)
- Fogel, S. M., Smith, C. T., & Cote, K. A. (2007). Dissociable learning-dependent changes in REM and non-REM sleep in declarative and procedural memory systems. *Behav Brain Res*, 180(1), 48-61. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2007.02.037>
- Gais, S., Lucas, B., & Born, J. (2006). Sleep after learning aids memory recall. *Learn Mem*, 13(3), 259-262. <https://doi.org/10.1101/lm.132106>
- Gais, S., Plihal, W., Wagner, U., & Born, J. (2000). Early sleep triggers memory for early visual discrimination skills. *Nat Neurosci*, 3(12), 1335-1339. <https://doi.org/10.1038/81881>
- Gais, S., Rasch, B., Dahmen, J. C., Sara, S., & Born, J. (2011). The memory function of noradrenergic activity in non-REM sleep. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23(9), 2582-2592.
- García-Arch, J., Friedrich, S., Wu, X., Cucurell, D., & Fuentemilla, L. (2024). Beyond the Positivity Bias: The Processing and Integration of Self-Relevant Feedback Is Driven by Its Alignment With Pre-Existing Self-Views. *Cognitive Science*, 48(11), e70017.
- Gilbert, P., Price, J., & Allan, S. (1995). Social comparison, social attractiveness and evolution: How might they be related? *New Ideas in Psychology*, 13(2), 149-165. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0732-118X\(95\)00002-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0732-118X(95)00002-X)
- Giuditta, A., Ambrosini, M. V., Montagnese, P., Mandile, P., Cotugno, M., Grassi Zucconi, G., & Vecchia, S. (1995). The sequential hypothesis of the function of sleep. *Behav Brain Res*, 69(1-2), 157-166. [https://doi.org/10.1016/0166-4328\(95\)00012-i](https://doi.org/10.1016/0166-4328(95)00012-i)
- Goldstein, A. N., & Walker, M. P. (2014). The role of sleep in emotional brain function. *Annu Rev Clin Psychol*, 10, 679-708. <https://doi.org/10.1146/annurev-clinpsy-032813-153716>
- Goren, C. C., Sarty, M., & Wu, P. (1975). Visual following and pattern discrimination of face-like stimuli by newborn infants. *Pediatrics*, 56(4), 544-549.
- Graves, L., Pack, A., & Abel, T. (2001). Sleep and memory: a molecular perspective. *Trends in Neurosciences*, 24(4), 237-243. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0166-2236\(00\)01744-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0166-2236(00)01744-6)
- Groch, S., Wilhelm, I., Diekelmann, S., & Born, J. (2013). The role of REM sleep in the processing of emotional memories: evidence from behavior and event-related potentials. *Neurobiol Learn Mem*, 99, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2012.10.006>

- Grosmark, A. D., Mizuseki, K., Pastalkova, E., Diba, K., & Buzsáki, G. (2012). REM sleep reorganizes hippocampal excitability. *Neuron*, 75(6), 1001-1007. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2012.08.015>
- Grossmann, T., & Johnson, M. H. (2007). The development of the social brain in human infancy. *European Journal of Neuroscience*, 25(4), 909-919.
- Guadagno, R. E., & Burger, J. M. (2007). Self-concept clarity and responsiveness to false feedback. *Social Influence*, 2(3), 159-177.
- Hallschmid, M., Wilhelm, I., Michel, C., Perras, B., & Born, J. (2011). A role for central nervous growth hormone-releasing hormone signaling in the consolidation of declarative memories. *PLoS One*, 6(8), e23435.
- Hasselmo, M. E. (1999). Neuromodulation: acetylcholine and memory consolidation. *Trends in Cognitive Sciences*, 3(9), 351-359. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(99\)01365-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1364-6613(99)01365-0)
- Hautzinger, M., Bailer, M., Worall, H., & Keller, F. (1994). Beck-depressions-inventar (BDI). *Bern: Huber*.
- Heine, R. (1914). *über Wiedererkennen und rückwirkende Hemmung*. Johann Ambrosius Barth.
- Hill, A. J., Mansfield, R., Lopez, J. M., Raizen, D. M., & Van Buskirk, C. (2014). Cellular stress induces a protective sleep-like state in *C. elegans*. *Current biology*, 24(20), 2399-2405.
- Hoddes, E., Zarcone, V., Smythe, H., Phillips, R., & Dement, W. C. (1973). Quantification of sleepiness: a new approach. *Psychophysiology*, 10(4), 431-436. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1973.tb00801.x>
- Hori, T., Sugita, Y., Koga, E., Shirakawa, S., Inoue, K., Uchida, S., Kuwahara, H., Kousaka, M., Kobayashi, T., Tsuji, Y., Terashima, M., Fukuda, K., & Fukuda, N. (2001). Proposed supplements and amendments to 'A Manual of Standardized Terminology, Techniques and Scoring System for Sleep Stages of Human Subjects', the Rechtschaffen & Kales (1968) standard. *Psychiatry Clin Neurosci*, 55(3), 305-310. <https://doi.org/10.1046/j.1440-1819.2001.00810.x>
- Hu, P., Stylos-Allan, M., & Walker, M. P. (2006). Sleep facilitates consolidation of emotional declarative memory. *Psychol Sci*, 17(10), 891-898. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2006.01799.x>
- Iber, C. (2007). The AASM manual for the scoring of sleep and associated events: rules, terminology, and technical specification. (*No Title*).
- Jenkins, J. G., & Dallenbach, K. M. (1924). Obliviscence during sleep and waking. *The American Journal of Psychology*, 35(4), 605-612.
- Jordan, A. H., & Audia, P. G. (2012). Self-enhancement and learning from performance feedback. *Academy of management review*, 37(2), 211-231.
- Kales, A., & Rechtschaffen, A. (1968). *A manual of standardized terminology, techniques and scoring system for sleep stages of human subjects*. US Department of Health, Education and Welfare, Public Health Service
- Karashima, A., Katayama, N., & Nakao, M. (2007). Phase-locking of spontaneous and tone-elicited pontine waves to hippocampal theta waves during REM sleep in rats. *Brain Res*, 1182, 73-81. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2007.08.060>
- Karni, A., Tanne, D., Rubenstein, B. S., Askenasy, J. J., & Sagi, D. (1994). Dependence on REM sleep of overnight improvement of a perceptual

- skill. *Science*, 265(5172), 679-682.
<https://doi.org/10.1126/science.8036518>
- Killgore, W. D., Killgore, D. B., Day, L. M., Li, C., Kamimori, G. H., & Balkin, T. J. (2007). The effects of 53 hours of sleep deprivation on moral judgment. *Sleep*, 30(3), 345-352. <https://doi.org/10.1093/sleep/30.3.345>
- Klem, G. H., Lüders, H. O., Jasper, H. H., & Elger, C. (1999). The ten-twenty electrode system of the International Federation. The International Federation of Clinical Neurophysiology. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol Suppl*, 52, 3-6.
- Klinzing, J. G., Niethard, N., & Born, J. (2019). Mechanisms of systems memory consolidation during sleep. *Nat Neurosci*, 22(10), 1598-1610.
<https://doi.org/10.1038/s41593-019-0467-3>
- Knutson, K. L., Spiegel, K., Penev, P., & Van Cauter, E. (2007). The metabolic consequences of sleep deprivation. *Sleep Med Rev*, 11(3), 163-178.
<https://doi.org/10.1016/j.smrv.2007.01.002>
- Koban, L., Schneider, R., Ashar, Y. K., Andrews-Hanna, J. R., Landy, L., Moscovitch, D. A., Wager, T. D., & Arch, J. J. (2017). Social anxiety is characterized by biased learning about performance and the self. *Emotion*, 17(8), 1144-1155. <https://doi.org/10.1037/emo0000296>
- Korn, C. W., Prehn, K., Park, S. Q., Walter, H., & Heekeren, H. R. (2012). Positively biased processing of self-relevant social feedback. *J Neurosci*, 32(47), 16832-16844. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.3016-12.2012>
- Korn, C. W., Sharot, T., Walter, H., Heekeren, H. R., & Dolan, R. J. (2014). Depression is related to an absence of optimistically biased belief updating about future life events. *Psychol Med*, 44(3), 579-592.
<https://doi.org/10.1017/s0033291713001074>
- Krause, A. J., Simon, E. B., Mander, B. A., Greer, S. M., Saletin, J. M., Goldstein-Piekarski, A. N., & Walker, M. P. (2017). The sleep-deprived human brain. *Nat Rev Neurosci*, 18(7), 404-418.
<https://doi.org/10.1038/nrn.2017.55>
- Kube, T., & Rozenkrantz, L. (2021). When Beliefs Face Reality: An Integrative Review of Belief Updating in Mental Health and Illness. *Perspect Psychol Sci*, 16(2), 247-274. <https://doi.org/10.1177/1745691620931496>
- Kuzmanovic, B., Jefferson, A., & Vogeley, K. (2016). The role of the neural reward circuitry in self-referential optimistic belief updates. *Neuroimage*, 133, 151-162.
- Lange, T., Dimitrov, S., & Born, J. (2010). Effects of sleep and circadian rhythm on the human immune system. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1193(1), 48-59.
- Libedinsky, C., Smith, D. V., Teng, C. S., Namburi, P., Chen, V. W., Huettel, S. A., & Chee, M. W. (2011). Sleep deprivation alters valuation signals in the ventromedial prefrontal cortex. *Front Behav Neurosci*, 5, 70.
<https://doi.org/10.3389/fnbeh.2011.00070>
- Lipinska, G., Stuart, B., Thomas, K. G. F., Baldwin, D. S., & Bolinger, E. (2019). Preferential Consolidation of Emotional Memory During Sleep: A Meta-Analysis. *Front Psychol*, 10, 1014.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01014>

- Macchi Cassia, V., Simion, F., & Umiltà, C. (2001). Face preference at birth: The role of an orienting mechanism. *Developmental Science*, 4(1), 101-108.
- Maquet, P. (1995). Sleep function(s) and cerebral metabolism. *Behav Brain Res*, 69(1-2), 75-83. [https://doi.org/10.1016/0166-4328\(95\)00017-n](https://doi.org/10.1016/0166-4328(95)00017-n)
- Maquet, P., Laureys, S., Peigneux, P., Fuchs, S., Petiau, C., Phillips, C., Aerts, J., Del Fiore, G., Degueldre, C., Meulemans, T., Luxen, A., Franck, G., Van Der Linden, M., Smith, C., & Cleeremans, A. (2000). Experience-dependent changes in cerebral activation during human REM sleep. *Nat Neurosci*, 3(8), 831-836. <https://doi.org/10.1038/77744>
- Marr, D. (1971). Simple memory: a theory for archicortex. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 262(841), 23-81. <https://doi.org/10.1098/rstb.1971.0078>
- Marsh, H. W., & O'NEILL, R. (1984). Self description questionnaire III: the construct validity of multidimensional self-concept ratings by late adolescents. *Journal of educational measurement*, 21(2), 153-174.
- Mathur, R., & Douglas, N. J. (1995). Frequency of EEG arousals from nocturnal sleep in normal subjects. *Sleep*, 18(5), 330-333. <https://doi.org/10.1093/sleep/18.5.330>
- Mattick, R. P., & Clarke, J. C. (1998). Development and validation of measures of social phobia scrutiny fear and social interaction anxiety. *Behav Res Ther*, 36(4), 455-470. [https://doi.org/10.1016/s0005-7967\(97\)10031-6](https://doi.org/10.1016/s0005-7967(97)10031-6)
- Maurer, D., & Young, R. (1983). Newborns' following of natural and distorted arrangements of facial features. *Infant Behavior and Development*, 6(1), 127-131.
- McClelland, J. L., McNaughton, B. L., & O'Reilly, R. C. (1995). Why there are complementary learning systems in the hippocampus and neocortex: insights from the successes and failures of connectionist models of learning and memory. *Psychol Rev*, 102(3), 419-457. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.102.3.419>
- Miller, G. A. (1994). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. 1956. *Psychol Rev*, 101(2), 343-352. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.101.2.343>
- Mograss, M. A., Guillem, F., & Godbout, R. (2008). Event-related potentials differentiates the processes involved in the effects of sleep on recognition memory. *Psychophysiology*, 45(3), 420-434. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2007.00643.x>
- Möller, M., Eschenko, O., Gais, S., Sara, S. J., & Born, J. (2009). The influence of learning on sleep slow oscillations and associated spindles and ripples in humans and rats. *Eur J Neurosci*, 29(5), 1071-1081. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2009.06654.x>
- Müller-Pinzler, L., Czekalla, N., Mayer, A. V., Stolz, D. S., Gazzola, V., Keysers, C., Paulus, F. M., & Krach, S. (2019). Negativity-bias in forming beliefs about own abilities. *Sci Rep*, 9(1), 14416. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50821-w>
- Müller-Pinzler, L., Krach, S., Krämer, U. M., & Paulus, F. M. (2017). The Social Neuroscience of Interpersonal Emotions. *Curr Top Behav Neurosci*, 30, 241-256. https://doi.org/10.1007/7854_2016_437

- Müller, G. E., & Pilzecker, A. (1900). *Experimentelle Beiträge zur Lehre vom Gedächtniss*. J.A. Barth.
<https://books.google.de/books?id=5RdCAQAAMAAJ>
- Ni, Y., & Li, J. (2021). Neural mechanisms of social learning and decision-making. *Sci China Life Sci*, 64(6), 897-910.
<https://doi.org/10.1007/s11427-020-1833-8>
- Nishida, M., Pearsall, J., Buckner, R. L., & Walker, M. P. (2009). REM sleep, prefrontal theta, and the consolidation of human emotional memory. *Cereb Cortex*, 19(5), 1158-1166. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhn155>
- Payne, J. D. (2011). Learning, memory, and sleep in humans. *Sleep Medicine Clinics*, 6(1), 15-30.
- Payne, J. D., Chambers, A. M., & Kensinger, E. A. (2012). Sleep promotes lasting changes in selective memory for emotional scenes. *Front Integr Neurosci*, 6, 108. <https://doi.org/10.3389/fnint.2012.00108>
- Payne, J. D., & Kensinger, E. A. (2010). Sleep's Role in the Consolidation of Emotional Episodic Memories. *Current Directions in Psychological Science*, 19(5), 290-295. <https://doi.org/10.1177/0963721410383978>
- Payne, J. D., Stickgold, R., Swanberg, K., & Kensinger, E. A. (2008). Sleep preferentially enhances memory for emotional components of scenes. *Psychological science*, 19(8), 781-788.
- Payne, J. D., Tucker, M. A., Ellenbogen, J. M., Wamsley, E. J., Walker, M. P., Schacter, D. L., & Stickgold, R. (2012). Memory for semantically related and unrelated declarative information: the benefit of sleep, the cost of wake. *PLoS One*, 7(3), e33079.
- Peigneux, P., Laureys, S., Delbeuck, X., & Maquet, P. (2001). Sleeping brain, learning brain. The role of sleep for memory systems. *Neuroreport*, 12(18), A111-A124.
- Piosczyk, H., Kloepfer, C., Riemann, D., & Nissen, C. (2009). Schlaf, Plastizität und Gedächtnis. *Somnologie - Schlafforschung und Schlafmedizin*, 13(1), 43-51. <https://doi.org/10.1007/s11818-009-0404-x>
- Plihal, W., & Born, J. (1997). Effects of early and late nocturnal sleep on declarative and procedural memory. *Journal of cognitive neuroscience*, 9(4), 534-547.
- Plihal, W., & Born, J. (1999). Effects of early and late nocturnal sleep on priming and spatial memory. *Psychophysiology*, 36(5), 571-582.
- Pöhlchen, D., Pawlizki, A., Gais, S., & Schönauer, M. (2021). Evidence against a large effect of sleep in protecting verbal memories from interference. *J Sleep Res*, 30(2), e13042. <https://doi.org/10.1111/jsr.13042>
- Prehn-Kristensen, A., Molzow, I., Forster, A., Siebenhuhner, N., Gesch, M., Wiesner, C. D., & Baving, L. (2017). Memory consolidation of socially relevant stimuli during sleep in healthy children and children with attention-deficit/hyperactivity disorder and oppositional defiant disorder: What you can see in their eyes. *Biol Psychol*, 123, 196-204.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2016.12.017>
- Rasch, B., & Born, J. (2013). About sleep's role in memory. *Physiol Rev*, 93(2), 681-766. <https://doi.org/10.1152/physrev.00032.2012>

- Rasch, B., Pommer, J., Diekelmann, S., & Born, J. (2009). Pharmacological REM sleep suppression paradoxically improves rather than impairs skill memory. *Nature neuroscience*, *12*(4), 396-397.
- Rauchs, G., Bertran, F., Guillery-Girard, B., Desgranges, B., Kerrouche, N., Denise, P., Foret, J., & Eustache, F. (2004). Consolidation of strictly episodic memories mainly requires rapid eye movement sleep. *Sleep*, *27*(3), 395-401. <https://doi.org/10.1093/sleep/27.3.395>
- Rauchs, G., Feyers, D., Landeau, B., Bastin, C., Luxen, A., Maquet, P., & Collette, F. (2011). Sleep contributes to the strengthening of some memories over others, depending on hippocampal activity at learning. *J Neurosci*, *31*(7), 2563-2568. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3972-10.2011>
- Rechtschaffen, A., & Bergmann, B. M. (1995). Sleep deprivation in the rat by the disk-over-water method. *Behav Brain Res*, *69*(1-2), 55-63. [https://doi.org/10.1016/0166-4328\(95\)00020-t](https://doi.org/10.1016/0166-4328(95)00020-t)
- Reeb-Sutherland, B. C., Fifer, W. P., Byrd, D. L., Hammock, E. A., Levitt, P., & Fox, N. A. (2011). One-month-old human infants learn about the social world while they sleep. *Dev Sci*, *14*(5), 1134-1141. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2011.01062.x>
- Rodheim, K., Kainec, K., Noh, E., Jones, B., & Spencer, R. M. (2023). Emotional memory consolidation during sleep is associated with slow oscillation–spindle coupling strength in young and older adults. *Learning & Memory*, *30*(9), 237-244.
- Rodriguez, S. N., & Loos-Sant'Ana, H. (2015). Self-concept, self-esteem and self-efficacy: The role of self-beliefs in the coping process of socially vulnerable adolescents. *Journal of Latino/Latin American Studies*, *7*(1), 33-44.
- Roese, N. J., & Olson, J. M. (2007). Better, stronger, faster: Self-serving judgment, affect regulation, and the optimal vigilance hypothesis. *Perspectives on Psychological Science*, *2*(2), 124-141.
- Roffwarg, H. P., Muzio, J. N., & Dement, W. C. (1966). Ontogenetic development of the human sleep-dream cycle. *Science*, *152*(3722), 604-619. <https://doi.org/10.1126/science.152.3722.604>
- Ruch, S., Marques, O., Duss, S. B., Oppliger, D., Reber, T. P., Koenig, T., Mathis, J., Roth, C., & Henke, K. (2012). Sleep stage II contributes to the consolidation of declarative memories. *Neuropsychologia*, *50*(10), 2389-2396. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.06.008>
- Saletin, J. M., Goldstein, A. N., & Walker, M. P. (2011). The role of sleep in directed forgetting and remembering of human memories. *Cereb Cortex*, *21*(11), 2534-2541. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhr034>
- Schäfer, S. K., Wirth, B. E., Staginnus, M., Becker, N., Michael, T., & Sopp, M. R. (2020). Sleep's impact on emotional recognition memory: A meta-analysis of whole-night, nap, and REM sleep effects. *Sleep Med Rev*, *51*, 101280. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2020.101280>
- Sedikides, C., & Hepper, E. G. (2009). Self-improvement. *Social and Personality Psychology Compass*, *3*(6), 899-917.
- Shaffery, J. P., Lopez, J., Bissette, G., & Roffwarg, H. P. (2006). Rapid eye movement sleep deprivation revives a form of developmentally regulated

- synaptic plasticity in the visual cortex of post-critical period rats. *Neuroscience Letters*, 391(3), 96-101.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.neulet.2005.08.044>
- Sharot, T., & Garrett, N. (2016). Forming Beliefs: Why Valence Matters. *Trends Cogn Sci*, 20(1), 25-33. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2015.11.002>
- Sharot, T., Korn, C. W., & Dolan, R. J. (2011). How unrealistic optimism is maintained in the face of reality. *Nature neuroscience*, 14(11), 1475-1479.
- Siegel, J. M. (2005). Clues to the functions of mammalian sleep. *Nature*, 437(7063), 1264-1271. <https://doi.org/10.1038/nature04285>
- Siegel, J. M. (2009). Sleep viewed as a state of adaptive inactivity. *Nat Rev Neurosci*, 10(10), 747-753. <https://doi.org/10.1038/nrn2697>
- Smith, C. (2001). Sleep states and memory processes in humans: procedural versus declarative memory systems. *Sleep Med Rev*, 5(6), 491-506.
<https://doi.org/10.1053/smr.2001.0164>
- Smith, C. T., Conway, J. M., & Rose, G. M. (1998). Brief paradoxical sleep deprivation impairs reference, but not working, memory in the radial arm maze task. *Neurobiol Learn Mem*, 69(2), 211-217.
<https://doi.org/10.1006/nlme.1997.3809>
- Smith, E. E., & Jonides, J. (1999). Storage and executive processes in the frontal lobes. *Science*, 283(5408), 1657-1661.
<https://doi.org/10.1126/science.283.5408.1657>
- Späth-Schwalbe, E., Schöller, T., Kern, W., Fehm, H. L., & Born, J. (1992). Nocturnal adrenocorticotropin and cortisol secretion depends on sleep duration and decreases in association with spontaneous awakening in the morning. *J Clin Endocrinol Metab*, 75(6), 1431-1435.
<https://doi.org/10.1210/jcem.75.6.1334495>
- Squire, L. R., & Zola, S. M. (1996). Structure and function of declarative and nondeclarative memory systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 93(24), 13515-13522.
- Stangier, U., Heidenreich, T., Berardi, A., Golbs, U., & Hoyer, J. (1999). Die erfassung sozialer phobie durch social interaction anxiety scale (SIAS) und die social phobia scale (SPS). *Zeitschrift für klinische Psychologie*.
- Stephoe, A., Peacey, V., & Wardle, J. (2006). Sleep duration and health in young adults. *Archives of internal medicine*, 166(16), 1689-1692.
- Sterpenich, V., Albouy, G., Darsaud, A., Schmidt, C., Vandewalle, G., Dang Vu, T. T., Deseilles, M., Phillips, C., Degueldre, C., Balteau, E., Collette, F., Luxen, A., & Maquet, P. (2009). Sleep promotes the neural reorganization of remote emotional memory. *J Neurosci*, 29(16), 5143-5152. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.0561-09.2009>
- Stickgold, R., & Walker, M. P. (2013). Sleep-dependent memory triage: evolving generalization through selective processing. *Nat Neurosci*, 16(2), 139-145. <https://doi.org/10.1038/nn.3303>
- Stotsky, M. T., Bowker, J. C., & Etkin, R. G. (2020). Receiving Prosocial Behavior: Examining the Reciprocal Associations between Positive Peer Treatment and Psychosocial and Behavioral Outcomes. *J Res Adolesc*, 30(2), 458-470. <https://doi.org/10.1111/jora.12537>

- Strack, F., & Deutsch, R. (2004). Reflective and impulsive determinants of social behavior. *Pers Soc Psychol Rev*, 8(3), 220-247.
https://doi.org/10.1207/s15327957pspr0803_1
- Symons, C. S., & Johnson, B. T. (1997). The self-reference effect in memory: a meta-analysis. *Psychol Bull*, 121(3), 371-394.
<https://doi.org/10.1037/0033-2909.121.3.371>
- Takahashi, Y., Kipnis, D., & Daughaday, W. (1968). Growth hormone secretion during sleep. *The Journal of clinical investigation*, 47(9), 2079-2090.
- Taylor, S. E., & Brown, J. D. (1988). Illusion and well-being: a social psychological perspective on mental health. *Psychol Bull*, 103(2), 193-210.
- Tempesta, D., Socci, V., De Gennaro, L., & Ferrara, M. (2018). Sleep and emotional processing. *Sleep Med Rev*, 40, 183-195.
<https://doi.org/10.1016/j.smrv.2017.12.005>
- Tilley, A. J., & Empson, J. A. C. (1978). REM sleep and memory consolidation. *Biological Psychology*, 6(4), 293-300.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0301-0511\(78\)90031-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0301-0511(78)90031-5)
- Tononi, G., Boly, M., & Cirelli, C. (2024). Consciousness and sleep. *Neuron*, 112(10), 1568-1594. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2024.04.011>
- Trenker, E., Rappelsberger, P., Hajek, J., Zeitlhofer, J., & Dorffner, G. (1998). AUTOMATISCHE ERKENNUNG VON SCHLAFSPINDELN.
- Ungerleider, L. G., Doyon, J., & Karni, A. (2002). Imaging brain plasticity during motor skill learning. *Neurobiol Learn Mem*, 78(3), 553-564.
<https://doi.org/10.1006/nlme.2002.4091>
- Van Cauter, E., & Copinschi, G. (2000). Interrelationships between growthhormone and sleep. *Growth hormone & IGF research*, 10, S57-S62.
- Van Cauter, E., Spiegel, K., Tasali, E., & Leproult, R. (2008). Metabolic consequences of sleep and sleep loss. *Sleep Med*, 9 Suppl 1(0 1), S23-28. [https://doi.org/10.1016/s1389-9457\(08\)70013-3](https://doi.org/10.1016/s1389-9457(08)70013-3)
- Van der Beek, J. P., Van der Ven, S. H., Kroesbergen, E. H., & Leseman, P. P. (2017). Self-concept mediates the relation between achievement and emotions in mathematics. *British Journal of Educational Psychology*, 87(3), 478-495.
- van Dongen, E. V., Thielen, J. W., Takashima, A., Barth, M., & Fernández, G. (2012). Sleep supports selective retention of associative memories based on relevance for future utilization. *PLoS One*, 7(8), e43426.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0043426>
- Van Ormer, E. B. (1933). Sleep and retention. *Psychological bulletin*, 30(6), 415.
- Vyazovskiy, V. V., Cirelli, C., Pfister-Genskow, M., Faraguna, U., & Tononi, G. (2008). Molecular and electrophysiological evidence for net synaptic potentiation in wake and depression in sleep. *Nat Neurosci*, 11(2), 200-208. <https://doi.org/10.1038/nn2035>
- Wagner, U., & Born, J. (2008). Memory consolidation during sleep: interactive effects of sleep stages and HPA regulation. *Stress*, 11(1), 28-41.
- Wagner, U., Gais, S., & Born, J. (2001). Emotional memory formation is enhanced across sleep intervals with high amounts of rapid eye movement sleep. *Learning & Memory*, 8(2), 112-119.

- Walker, M. P., Brakefield, T., Morgan, A., Hobson, J. A., & Stickgold, R. (2002). Practice with sleep makes perfect: sleep-dependent motor skill learning. *Neuron*, 35(1), 205-211. [https://doi.org/10.1016/s0896-6273\(02\)00746-8](https://doi.org/10.1016/s0896-6273(02)00746-8)
- Walker, M. P., & Stickgold, R. (2006). Sleep, memory, and plasticity. *Annu Rev Psychol*, 57, 139-166. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.56.091103.070307>
- Walker, M. P., & van der Helm, E. (2009). Overnight therapy? The role of sleep in emotional brain processing. *Psychol Bull*, 135(5), 731-748. <https://doi.org/10.1037/a0016570>
- Wei, Y., Krishnan, G. P., Komarov, M., & Bazhenov, M. (2018). Differential roles of sleep spindles and sleep slow oscillations in memory consolidation. *PLoS Comput Biol*, 14(7), e1006322. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1006322>
- Wilhelm, I., Diekelmann, S., Molzow, I., Ayoub, A., Mölle, M., & Born, J. (2011). Sleep selectively enhances memory expected to be of future relevance. *J Neurosci*, 31(5), 1563-1569. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.3575-10.2011>
- Wills, T. A. (1981). Downward comparison principles in social psychology. *Psychological bulletin*, 90(2), 245.
- Wixted, J. T. (2004). The psychology and neuroscience of forgetting. *Annu Rev Psychol*, 55, 235-269. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.55.090902.141555>
- Wood, J. V., Taylor, S. E., & Lichtman, R. R. (1985). Social comparison in adjustment to breast cancer. *J Pers Soc Psychol*, 49(5), 1169-1183. <https://doi.org/10.1037//0022-3514.49.5.1169>
- Xia, T., Yao, Z., Guo, X., Liu, J., Chen, D., Liu, Q., Paller, K. A., & Hu, X. (2023). Updating memories of unwanted emotions during human sleep. *Curr Biol*, 33(2), 309-320.e305. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2022.12.004>
- Yaoi, K., Osaka, M., & Osaka, N. (2015). Neural correlates of the self-reference effect: evidence from evaluation and recognition processes. *Front Hum Neurosci*, 9, 383. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00383>
- Yaroush, R., Sullivan, M. J., & Ekstrand, B. R. (1971). Effect of sleep on memory: II. Differential effect of the first and second half of the night. *Journal of experimental psychology*, 88(3), 361.
- Yoshida, K., & Toyozumi, T. (2023). Computational role of sleep in memory reorganization. *Current opinion in neurobiology*, 83, 102799.
- Zulley, J., & Hajak, G. (2005). Grundlegendes Wissen über den Schlaf. *Verhaltenstherapie*, 15(4), 212-218.

7 ERKLÄRUNG ZUM EIGENANTEIL

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Dissertation am Institut für Medizinische Psychologie der Universität Tübingen unter Betreuung von Frau PD Dr. Susanne Diekelmann durchgeführt habe.

Die Konzeption der Studie erfolgte in enger Absprache mit Frau PD Dr. Susanne Diekelmann, Frau Dr. Christine Barner und Frau Dr. Julia Carbone.

Nach fachlicher Einarbeitung durch Frau Dr. Christine Barner führte ich sämtliche Versuche eigenständig durch. Die Probandenrekrutierung, die Auswertung der polysomnographischen Daten sowie die Auswertung der Literatur erfolgten eigenverantwortlich durch mich. An der Interpretation und Darstellung der statistischen Ergebnisse war ich gemeinsam mit Frau Dr. Christine Barner und Frau Dr. Julia Carbone beteiligt. Die Interpretation der Ergebnisse habe ich eigenständig vorgenommen.

Die schriftliche Ausarbeitung der Dissertationsschrift habe ich selbstständig verfasst, mit inhaltlicher Beratung durch Frau PD Dr. Susanne Diekelmann und Frau Dr. Julia Carbone.

Aus der vorliegenden Dissertation ist das folgende Manuskript hervorgegangen, das derzeit noch nicht veröffentlicht ist:

Julia Carbone, Christine Barner, Laura Encica, Jan Born, Susanne Diekelmann, Nora Czekalla, Alexander Schröder, Laura Müller-Pinzler, Sören Krach

Assessment of the Effect of Sleep on Formation of Beliefs about Oneself.
(Manuskript eingereicht)

Mein Beitrag umfasste die Planung und Durchführung der Experimente sowie die Datenauswertung. Ich war zudem an der Überarbeitung des Manuskripts beteiligt.

Zur Überprüfung von Rechtschreibung und Grammatik habe ich das KI-Tool ChatGPT (OpenAI, Version 4) unterstützend eingesetzt. Alle durch das KI-Tool

erzeugten Inhalte wurden von mir vor Verwendung sorgfältig überprüft und angepasst.

Ich versichere, die vorliegende Dissertation selbstständig und nur unter Zuhilfenahme der angegebenen Hilfsmittel verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben. Die Arbeit wurde weder vollständig noch in Auszügen einer anderen Prüfungsbehörde zur Bewertung vorgelegt und auch zu keinem anderen Zweck eingereicht oder veröffentlicht.

Tübingen, den 26.01.2026

Laura Encica

8 DANKSAGUNG

Mein besonderer Dank gilt Herrn Professor Dr. Jan Born, der mir das Thema dieser Promotion ermöglichte und mir die Chance gab, mich am Institut für Medizinische Psychologie und Verhaltensneurobiologie intensiv mit den Beziehungen von Schlaf und Gedächtnis wissenschaftlich auseinanderzusetzen.

Für die fachliche Begleitung und das mir entgegengebrachte Vertrauen danke ich meiner Doktormutter, Frau PD Dr. Susanne Diekelmann, deren Expertise und wertvolle Anregungen diese Arbeit maßgeblich geprägt haben. Ihr beeindruckendes Engagement als Wissenschaftlerin, Lehrende und Arbeitsgruppenleiterin war für mich stets eine große Unterstützung.

Ebenso danke ich Dr. Christine Barner, meiner ehemaligen Betreuerin, die mich insbesondere bei der Probandenakquise und der Durchführung der Experimente unterstützt hat. Ganz besonders gilt mein Dank Dr. Julia Carbone, meiner aktuellen Betreuerin, die mich während der Schreibphase mit großem Einsatz begleitet und beraten hat. Ihre stetige Verfügbarkeit, sowie ihre zuverlässige und unterstützende Art waren in dieser intensiven Phase von unschätzbarem Wert.

Ein großer Dank geht auch an Lisa-Marie Bastian, die mir bei technischen Herausforderungen stets schnell und kompetent weiterhalf.

Meinen Eltern gebührt mein tief empfundener Dank, die mir durch ihre bedingungslose Unterstützung und das Ermöglichen dieser Promotion die Grundlage für meine wissenschaftliche Arbeit geschaffen haben.

Mein Dank gilt auch meinen Freunden, die mir in stressigen Zeiten zur Seite standen. Besonders erwähnen möchte ich Paulina Schaefer, ohne deren Unterstützung und Ermutigung ich diesen Weg nicht eingeschlagen hätte.

Mein Partner war mir in allen Phasen der Arbeit eine unverzichtbare Stütze, dafür danke ich ihm von Herzen.

Nicht zuletzt möchte ich mich bei allen Probandinnen und Probanden bedanken, die bereitwillig an der Studie teilgenommen und diese Forschung ermöglicht haben.

9 ANHANG

Anhang A: Erste Fragen zur Person - Interview

Erste Fragen zur Person - Interview

Allgemeine Angaben

- **Alter:**
- **Geschlecht:** m w d
- **Raucher:** nein ja **Anzahl Zigaretten/Tag:**
- **Muttersprache:**
- **Aktuelle Beschäftigung** (Arbeit, Ausbildung, Studium/Studiengang...):
- **Höchster Schulabschluss:**
- **Aktuell starke Belastungen** (Lernphase, Wettkampf...)? nein ja
Welche?

Schlafgewohnheiten

- **Zu-Bett-geh-Zeit:**
- **Einschlafzeit (min):**
- **Aufstehzeit:**
- **Stunden Schlaf pro Nacht:**
- **Schichtarbeit in den letzten 6 Wochen?** ja nein
- **Nachtwachen in den letzten 6 Wochen?** ja nein

- **Nachtschicht in der Vergangenheit?** ja nein
- **Langstreckenflug in den vergangenen 3 Wochen?** ja nein
- **Üblicherweise auch Schlaf tagsüber? Wenn ja, wann, wie viel?**

Medizinisches

- **Neurologische/psychiatrische Erkrankungen** (Depression, Schizophrenie; Epilepsie, Migräne, Diabetes, Tinnitus...):
- **Andere Erkrankungen/Symptome:** ja nein
- **Medikamente** (auch Pille/Hormonspirale, Eisentabletten...):
- **Größe:** **Gewicht:** **BMI (18-25 ok):**

Teilnahme an anderen Studien: nein ja

- **Thema/Inhalt der Studie?**
- **Wann?**

Bei geplanter Teilnahme:

- **Corona-Infektion** ja , wann? Vollständig genesen? nein
- **Corona-Impfung** ja , wann? nein
- **Corona-Test** ja , nicht älter als 72 Stunden nein

Weitere Anmerkungen:

Anhang B: Fragebogen zu Probandendaten

Fragebogen zu Probandendaten

- ❖ Code:
- ❖ Datum:
- ❖ Brillenträger: ja nein
- ❖ Kontaktlinsen: ja nein

	Testphase 1	Testphase 2	Testphase 3
❖ Gesundheit heute?			
❖ Schnelltest, genesen oder vollständig geimpft?			
❖ Medikamente/Drogen heute?			
❖ Wann zum letzten Mal Kaffee oder Cola?			
❖ Wann zum letzten Mal Alkohol getrunken?			
❖ Heute besonderen Stress gehabt?			
❖ Heute Schlaf tagsüber? Wenn ja, wann, wie viel?			
❖ Zu welcher Uhrzeit letzte Nacht ins Bett?			
❖ Wann heute aufgestanden?			
❖ Wie viel Stunden Schlaf letzte Nacht?			
❖ Heute Mittagsschlaf gehalten?			

- ❖ Besonderheiten:

Anhang C: Ablaufprotokoll Schlafgruppe Eingewöhnungsnacht

Proband links:

Datum:

Proband rechts:

Protokoll Experiment 1A Schlafgruppe

1.-7.: siehe Dokument Instruktionen

Eingewöhnungsnacht (abends)		li	re
Zeit	Fragebögen:	-	-
21.30	<ul style="list-style-type: none"> - Corona Clearing Bogen, ggf. Corona-Schnelltest - Probandeninformation - Einverständniserklärung - Datenschutz - Probandendaten - Probandenentgelt 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23.00	<ul style="list-style-type: none"> - Schlaf bis ca. 7.30 Uhr - Handynummer da lassen - Instruktion Toilette - Schlafragebogen auf Tisch deponieren 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.30	<ul style="list-style-type: none"> - wecken (nicht aus Tiefschlaf) - Schlafragebogen ausfüllen lassen - Datensicherung (EEG) 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Anhang D: Ablaufprotokoll Schlafgruppe Versuchsnacht

Proband links:

Datum:

Proband rechts:

Protokoll Experiment 1A Schlafgruppe

Versuchsnacht (abends)		li	re
Zeit	Fragebögen:	-	-
20.30	Corona Clearing Bogen, ggf. Corona-Schnelltest	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20.40	<i>Links:</i> Interview Probandendaten (Check ob alle Ein- und Ausschlusskriterien ok)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20.50	Verkabeln Proband links	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21.25	<i>Rechts:</i> Probandendaten (Check ob alle Ein- und Ausschlusskriterien ok)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Verkabeln Proband rechts	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21.55	Instruktion 1. für beide Probanden gleichzeitig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22.00	Lernsession (Schätzaufgabe): Handy im Kontrollraum deponieren!!!	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	- Instruktion 2. - Instruktion starten (ohne VP-Code möglich) - Instruktion 3.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	- Run LOOPfix (VP-Code [1] und [2], bzw. [2] und [1] für Mitspieler; Name des jeweiligen Mitspielers, Abfrage = 0) - Instruktion 4.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	- Run LOOPAbfrage, (Abfrage = 0) (keine Eingabe bei "Versuchsperson einrichten" wenn Programm nicht unterbrochen wurde) - Instruktion 5.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Nach Lernsession:		
22.25	Stanford Schläfrigkeitsskala (SSS)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22.35	Vigilanztest (1): Schätzstudie > Vigilanzaufgabe > Vigilanztest (E-Run) > VP eingeben > Session eingeben (1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Handy zurückgeben	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23.00	- Schlaf bis ca. 7.30 Uhr - Handynummer am Nachttisch lassen - Instruktion Toilette - Schlaffragebogen auf Nachttisch deponieren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Datensicherung (Tests)		
Testphase 1 (nach ca. 11 Stunden, morgens)			
	Fragebögen:		
7.30	- wecken (nicht aus Tiefschlaf) - Schlaffragebogen ausfüllen lassen - abkabeln, duschen lassen - Datensicherung (EEG)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.00	Abfragesession (Schätzaufgabe): Handy im Kontrollraum deponieren!!!	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Run LOOPAbfrage (1) (VP-Code [1] und [2], bzw. [2] und [1] für Mitspieler; Name des jeweiligen Mitspielers, Abfrage = 1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Run ReLOOPfix (keine Eingabe bei "Versuchsperson einrichten" wenn Programm nicht unterbrochen wurde, Abfrage = 2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Run LOOPAbfrage (2) (VP-Code [1] und [2], bzw. [2] und [1] für Mitspieler; Name des jeweiligen Mitspielers, Abfrage = 2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Proband links:

Datum:

Proband rechts:

Nach Abfragesession:			
9.30	Stanford Schläfrigkeitsskala (SSS)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.35	Vigilanztest (2): VP eingeben > Session eingeben (2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.40	Abschlussfragebogen (Achtung: nicht-zutreffende Kategorien wegstreichen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.45	Fragebogen: BDI Depressivität + Handy zurück	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.50	Instruktion 7. für die Zeit bis zur Testung nach 3 Wochen Schlaffragebogen mitgeben	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Datensicherung (EEG + Tests), Fragebögen einsortieren, aufräumen etc.		
Testphase 2 (nach 3 Wochen)			
8.45	Corona Clearing Bogen Schlaffragebogen zurücknehmen (alles ausgefüllt?) Probandendaten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.00	Run LOOPAbfrage (3) (VP-Code [1] und [2], bzw. [2] und [1] für Mitspieler; Name des jeweiligen Mitspielers) Abfrage = 3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.30	Stanford Schläfrigkeitsskala (SSS)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.35	Vigilanztest (3): VP eingeben > Session eingeben (3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.40	Abschlussfragebogen (Achtung: nicht-zutreffende Kategorien wegstreichen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.45	Fragebogen Selbstkonzept Fragebogen SIAS: soziale Ängstlichkeit Fragebogen BDI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.55	Aufklärung 8. (erst mündlich dann schriftlich mit Unterschrift!)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Datensicherung (Tests), Fragebögen einsortieren, aufräumen etc. Kontodaten abgeben (Anja, roter Briefkasten)		

Anhang E: Ablaufprotokoll Wachgruppe

Proband links:

Datum:

Proband rechts:

Protokoll Experiment 1A Wachgruppe

MotionWatch Nummer:

Testphase 1 (morgens)		li	re
Zeit	Fragebögen:	-	-
9.30	- Corona Clearing Bogen, ggf. Corona-Schnelltest - Probandeninformation - Einverständniserklärung - Datenschutz		<input type="checkbox"/>
9.40	<i>Links:</i> Interview Probandendaten (Check ob alle Ein- und Ausschlusskriterien ok) Probandenentgelt		<input type="checkbox"/>
	<i>Rechts:</i> Interview Probandendaten (Check ob alle Ein- und Ausschlusskriterien ok) Probandenentgelt		<input type="checkbox"/>
9.55	Instruktion 1. für beide Probanden gleichzeitig		<input type="checkbox"/>
10.00	Lernsession (Schätzaufgabe): Handy im Kontrollraum deponieren!!!	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	- Instruktion 2. - Aufgabenerklärung starten (ohne VP-Code möglich) - Instruktion 3.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Run LOOPfix (VP-Code [1] und [2], bzw. [2] und [1] für Mitspieler; Name des jeweiligen Mitspielers, Abfrage = 0) - Instruktion 4.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	- Run LOOPAbfrage, (Abfrage= 0) (keine Eingabe bei "Versuchsperson einrichten" wenn Programm nicht unterbrochen wurde) - Instruktion 5.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Nach Lernsession:		
10.30	Stanford Schläfrigkeitsskala (SSS)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.35	Vigilanztest (1): Schätzstudie > Vigilanzaufgabe > Vigilanztest (E-Run) > VP eingeben > Session eingeben (1) Handy zurückgeben	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.45	- Instruktion 6. für die Zeit bis zur Testung am nächsten Termin - Fragebogen Tagesaktivitäten mitgeben + MotionWatch anlegen (Marker drücken) Datensicherung (Tests)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Testphase 1 (nach ca. 12 Stunden, abends)			
	Fragebögen:		
20.45	Corona Clearing Bogen Fragebogen Tagesaktivitäten zurücknehmen (alles ausgefüllt? Tagschlaf ja/nein?) Probandendaten + Handy zur Seite	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21.00	Abfragesession (Schätzaufgabe): Handy im Kontrollraum deponieren!!!	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Run LOOPAbfrage (1) (VP-Code [1] und [2], bzw. [2] und [1] für Mitspieler; Name des jew. Mitspielers, Abfrage = 1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Run ReLOOPfix (keine Eingabe bei "Versuchsperson einrichten" wenn Programm nicht unterbrochen wurde, Abfrage = 2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Seite 1/2

Proband links:

Datum:

Proband rechts:

	Run LOOPAbfrage (2) (VP-Code [1] und [2], bzw. [2] und [1] für Mitspieler; Name des jew. Mitspielers, Abfrage =2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nach Abfragesession:			
21.30	Stanford Schläfrigkeitsskala (SSS)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21.35	Vigilanztest (2): VP eingeben > Session (2) → Bildschirm an	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21.40	Abschlussfragebogen (Achtung: nicht-zutreffende Kategorien wegstreichen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21.45	Fragebogen BDI Depressivität + Handy zurück	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21.50	Instruktion 7. für die Zeit bis zur Testung nach 3 Wochen Schlaffragebogen mitgeben	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Datensicherung (EEG + Tests), Fragebögen einsortieren, aufräumen etc.		
Testphase 2 (nach 3 Wochen)			
8.45	Corona Clearing Formular Probandendaten Schlaffragebogen zurücknehmen (alles ausgefüllt?)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.00	Run LOOPAbfrage (3) (VP-Code [1] und [2], bzw. [2] und [1] für Mitspieler; Name des jew. Mitspielers, Abfrage=3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.30	Stanford Schläfrigkeitsskala (SSS)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.35	Vigilanztest (3): VP eingeben > Session (3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.40	Abschlussfragebogen (Achtung: nicht-zutreffende Kategorien wegstreichen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.45	Fragebogen Selbstkonzept Fragebogen SIAS: soziale Ängstlichkeit Fragebogen BDI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.55	Aufklärung 8. (erst mündlich dann schriftlich mit Unterschrift!)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Datensicherung (Tests), Fragebögen einsortieren, aufräumen etc. Kontodaten abgeben (Anja, roter Briefkasten)		

Anhang F: Fragebogen zu Tagesaktivitäten

Fragebogen zu Tagesaktivitäten

Probanden – Code:

Datum:

Bitte notieren Sie kurz in Stichpunkten, welchen Tätigkeiten Sie an dem Tag nach Verlassen des Labors nachgegangen sind.

Vormittags:

Mittags:

Nachmittags:

Abends:

Tagsüber geschlafen: Nein 0
Ja 0 _____ min, Uhrzeit: _____

Anhang G: Fragebogen zur Schlafqualität

Fragebogen zur Schlafqualität (SF-A-R)

Probandencode: _____ Datum: __. __. __ Uhrzeit: __: __

Licht aus: __: __ Uhr Eingeschlafen: __: __ Uhr Licht an/Aufgewacht: __: __ Uhr

Anleitung:

Die folgenden Fragen beziehen sich darauf, wie Sie in der letzten Nacht geschlafen haben. Kreuzen Sie bitte die Antworten an, die für Sie am ehesten zutreffen. Gehen Sie bei der Beantwortung der Fragen zügig voran und lassen Sie keine Frage aus. Bitte sofort nach dem Aufwachen morgens ausfüllen!

1.) Konnten Sie, nachdem Sie sich schlafen gelegt hatten, gleich einschlafen?

Ja.	
Nein, erst nach 10 min.	
Nein, erst nach 20 min.	
Nein, erst nach 40 min.	
Nein, erst nach 1 Stunde.	
Nein, erst nach mehr als 1 Stunde.	
Ich konnte überhaupt nicht schlafen.	

1.a) Falls Nein, welches waren die Gründe? (Mehrfachnennungen möglich)

Persönliche / berufliche Probleme	
Geräusche im Zimmer oder von draußen	
Beschäftigung mit Tagesereignissen	
Ungewohnte Schlafumgebung	
Sonstige:	

2.) In der Einschlafphase hat man hin und wieder plötzlich deutliche Bildeindrücke. War dies gestern Abend bei Ihnen so?

Nein	Bin nicht sicher	Ja, sehr deutlich

3.) Hatten Sie während der Einschlafphase Muskelzuckungen in den Armen oder Beinen?

Nein	Leicht	Stark

4.) Sind Sie gestern nach dem Einschlafen nachts wieder aufgewacht?

Nein	1x	2x	3x	>3x

Fragebogen zur Schlafqualität (SF-A-R)

4.a) Falls Ja, welches waren die Gründe? (Mehrfachnennungen möglich)

Persönliche / berufliche Probleme	
Geräusche im Zimmer oder von draußen	
Ich musste zur Toilette	
Ich hatte schlecht geträumt	
Sonstige:	

4.b) Falls Ja, wie lange waren Sie ungefähr wach? (Schätzen Sie bitte.)

1. Aufwachen	Dauer (min):	
2. Aufwachen	Dauer (min):	
3. Aufwachen	Dauer (min):	
4. Aufwachen	Dauer (min):	

4.) Können Sie sich erinnern, ob Sie heute Nacht geträumt haben?

Nein, ich kann mich nicht erinnern geträumt zu haben	
Ja, ich habe geträumt, kann mich aber nicht mehr an den Trauminhalt erinnern.	
Ja, ich habe geträumt und kann mich an den Trauminhalt erinnern.	

5a.) Falls ja, welche Gefühle hatten Sie während des Träumens (Mehrfachnennungen möglich)

Angenehm	Neutral	Unangenehm

5b) Falls ja, was war (grob) der Inhalt der Träume

5.) Haben Sie in der letzten Nacht geschwitzt?

Nein	Leicht	Stark

6.) Haben Sie heute Morgen Kopfschmerzen?

Nein	Leicht	Stark

7.) War der gestrige Tag für Sie anstrengend?

Nein	Ein wenig	Sehr

Fragebogen zur Schlafqualität (SF-A-R)

Probandencode: _____ Datum: ____ . ____ . ____ Uhrzeit: ____ : ____

Anleitung:

Auf dieser Seite finden Sie einige Wörter, mit denen Sie beschreiben können, wie Sie sich gestern Abend fühlten, wie Sie heute Nacht geschlafen haben und wie Sie sich heute Morgen fühlen. Kreuzen Sie hinter jedem Wort an, in welchem Ausmaß es für Sie zutrifft. Bitte antworten Sie zügig und lassen Sie keine Zeile aus!

9.) Wie haben Sie letzte Nacht geschlafen?

	Sehr	Ziemlich	Mittel	Wenig	Nicht
a) gleichmäßig					
b) tief					
c) gut					
d) entspannt					
e) ungestört					
f) ruhig					
g) ausgiebig					

10.) Wie fühlten Sie sich gestern vor dem Schlafengehen?

	Sehr	Ziemlich	Mittel	Wenig	Nicht
a) sorglos					
b) erschöpft					
c) schlafbedürftig					
d) überfordert					
e) ausgeglichen					
f) ruhig					
g) müde					
h) entspannt					

11.) Wie fühlen Sie sich heute Morgen?

	Sehr	Ziemlich	Mittel	Wenig	Nicht
a) Ausgeglichen					
b) Dösig					
c) Tatkräftig					
d) munter					
e) frisch					
f) ausgeschlafen					
g) entspannt					

Anhang H: Stanford Sleepiness Scale

Stanford Sleepiness Scale

Code:

Datum:

Dies ist ein kurzer Fragebogen, um zu erfassen wie munter Sie sich fühlen. Bitte schätzen Sie ein, wie Sie sich jetzt im Moment fühlen, indem Sie die jeweilige Zahl ankreuzen (es ist nur ein Kreuz möglich)!

Grad der Schläfrigkeit	Einschätzung
Ich fühle mich aktiv, vital, aufmerksam und hellwach	1
Ich funktioniere sehr gut, aber nicht mit Spitzenleistung; ich kann mich konzentrieren	2
Ich bin wach, aber entspannt; ich kann reagieren, bin aber nicht voll aufmerksam	3
Ich bin etwas müde, fühle mich schlapp	4
Ich fühle mich müde und verlangsamt; habe keine Lust mehr wach zu bleiben	5
Ich fühle mich schläfrig, benebelt; kämpfe mit dem Schlaf; würde mich lieber hinlegen	6
Ich kann nicht länger gegen den Schlaf ankämpfen, werde bald einschlafen; habe traumähnliche Gedanken	7
Schlafen	X

Anhang I: Abschlussfragebogen

Nachbefragung

Code:

Datum:

Schätzaufgaben

1.) Auf einer Skala von 0% bis 100% (im Vergleich zu den vorher befragten Personen der Vergleichsstichprobe):

- Wie gut warst Du / war dein Mitspieler darin, das **Gewicht von Tieren** einzuschätzen?
____%
- Ab welchem Prozentwert hast Du das Feedback in der Kategorie „**Gewicht von Tieren**“ als negativ bzw. positiv empfunden?
Über ____ % als positiv/habe ich mich gefreut
Unter ____ % als negativ/war ich enttäuscht
- Wie gut warst Du / war dein Mitspieler darin, die **Höhe von Gebäuden** einzuschätzen?
____%
- Ab welchem Prozentwert hast Du das Feedback in der Kategorie „**Höhe von Gebäuden**“ als negativ bzw. positiv empfunden?
Über ____ % als positiv/habe ich mich gefreut
Unter ____ % als negativ/war ich enttäuscht
- Wie gut warst Du / war dein Mitspieler darin, die **Entfernung zwischen Verkehrsmitteln** einzuschätzen?
____%
- Ab welchem Prozentwert hast Du das Feedback in der Kategorie „**Entfernung zwischen Verkehrsmitteln**“ als negativ bzw. positiv empfunden?
Über ____ % als positiv/habe ich mich gefreut
Unter ____ % als negativ/war ich enttäuscht
- Wie gut warst Du /war dein Mitspieler darin, die **Anzahl von Lebensmitteln** einzuschätzen?
____%
- Ab welchem Prozentwert hast Du das Feedback in der Kategorie „**Anzahl von Lebensmitteln**“ als negativ bzw. positiv empfunden?
Über ____ % als positiv/habe ich mich gefreut
Unter ____ % als negativ/war ich enttäuscht

2.) Sind Dir verschiedene Kategorien von Schätzaufgaben aufgefallen?

- Ja
- Nein

3.) Wenn ja, welche waren das?

4.) Wie viel Spaß hat es Dir gemacht,

a. das **Gewicht von Tieren** einzuschätzen?

Gar nicht sehr viel

b. die **Höhe von Gebäuden** einzuschätzen?

Gar nicht sehr viel

c. die **Entfernung zwischen Verkehrsmitteln** einzuschätzen?

Gar nicht sehr viel

d. die **Anzahl von Lebensmitteln** einzuschätzen?

Gar nicht sehr viel

5.) Was glaubst Du war das Ziel der Studie? Versuche dies kurz zu beschreiben:

6.) Haben die Rückmeldungen Deinen vorherigen Erwartungen an Deine eigene Leistung entsprochen? In welcher Hinsicht (nicht)?

7.) Hat sich die Aufgabenschwierigkeit oder Deine Leistung im Laufe der Zeit verändert? Wenn ja, in welcher Hinsicht?

8.) Ist Dir eine Systematik in den Aufgaben oder der Rückmeldung aufgefallen? Welche war das?

9.) Hattest Du das Gefühl, dass die Rückmeldung auf Deine Leistung bezogen war?

10.) Hast Du weitere Bemerkungen oder Kommentare zu der Studie?

Anhang J: Beck-Depressionsinventar II

Fragebogen			
Name	Alter	Geschlecht m / w	Datum
<p>Anleitung: Dieser Fragebogen enthält 21 Gruppen von Aussagen. Bitte lesen Sie jede dieser Gruppen von Aussagen sorgfältig durch und suchen Sie sich dann in jeder Gruppe eine Aussage heraus, die am besten beschreibt, wie Sie sich in den letzten zwei Wochen, einschließlich heute, gefühlt haben. Kreuzen Sie die Zahl neben der Aussage an, die Sie sich herausgesucht haben (0, 1, 2 oder 3). Falls in einer Gruppe mehrere Aussagen gleichermaßen auf Sie zutreffen, kreuzen Sie die Aussage mit der höheren Zahl an. Achten Sie bitte darauf, dass Sie in jeder Gruppe nicht mehr als eine Aussage ankreuzen, das gilt auch für Gruppe 16 (Veränderungen der Schlafgewohnheiten) oder Gruppe 18 (Veränderungen des Appetits).</p>			
<p>1.) Traurigkeit</p> <p>0 Ich bin nicht traurig. 1 Ich bin oft traurig. 2 Ich bin ständig traurig. 3 Ich bin so traurig oder unglücklich, dass ich es nicht aushalte. -----</p> <p>2.) Pessimismus</p> <p>0 Ich sehe nicht mutlos in die Zukunft. 1 Ich sehe mutloser in die Zukunft als sonst. 2 Ich bin mutlos und erwarte nicht, dass meine Situation besser wird. 3 Ich glaube, dass meine Zukunft hoffnungslos ist und nur noch schlechter wird. -----</p> <p>3.) Versagensgefühle</p> <p>0 Ich fühle mich nicht als Versager. 1 Ich habe häufiger Versagensgefühle. 2 Wenn ich zurückblicke, sehe ich eine Menge Fehlschläge. 3 Ich habe das Gefühl, als Mensch ein völliger Versager zu sein. -----</p> <p>4.) Verlust von Freude</p> <p>0 Ich kann die Dinge genauso gut genießen wie früher. 1 Ich kann die Dinge nicht mehr so genießen wie früher. 2 Dinge, die mir früher Freude gemacht haben, kann ich kaum mehr genießen. 3 Dinge, die mir früher Freude gemacht haben, kann ich überhaupt nicht mehr genießen. -----</p> <p>5.) Schuldgefühle</p> <p>0 Ich habe keine besonderen Schuldgefühle. 1 Ich habe oft Schuldgefühle wegen Dingen, die ich getan habe oder hätte tun sollen. 2 Ich habe die meiste Zeit Schuldgefühle. 3 Ich habe ständig Schuldgefühle.</p>	<p>6.) Bestrafungsgefühle</p> <p>0 Ich habe nicht das Gefühl, für etwas bestraft zu sein. 1 Ich habe das Gefühl, vielleicht bestraft zu werden. 2 Ich erwarte, bestraft zu werden. 3 Ich habe das Gefühl, bestraft zu sein. -----</p> <p>7.) Selbstablehnung</p> <p>0 Ich halte von mir genauso viel wie immer. 1 Ich habe Vertrauen in mich verloren. 2 Ich bin von mir enttäuscht. 3 Ich lehne mich völlig ab. -----</p> <p>8.) Selbstvorwürfe</p> <p>0 Ich kritisiere oder tadle mich nicht mehr als sonst. 1 Ich bin mir gegenüber kritischer als sonst. 2 Ich kritisiere mich für all meine Mängel. 3 Ich gebe mir die Schuld für alles Schlimme, was passiert. -----</p> <p>9.) Selbstmordgedanken</p> <p>0 Ich denke nicht daran, mir etwas anzutun. 1 Ich denke manchmal an Selbstmord, aber ich würde es nicht tun. 2 Ich möchte mich am liebsten umbringen. 3 Ich würde mich umbringen, wenn ich die Gelegenheit dazu hätte. -----</p> <p>10.) Weinen</p> <p>0 Ich weine nicht öfter als früher. 1 Ich weine jetzt mehr als früher. 2 Ich weine beim geringsten Anlass. 3 Ich möchte gern weinen, aber ich kann nicht.</p>		

PEARSON

© 2010 Pearson Assessment & Information GmbH, Frankfurt/M.



Summe Seite 1:

Bitte wenden

11.) Unruhe

- 0 Ich bin nicht unruhiger als sonst.
- 1 Ich bin unruhiger als sonst.
- 2 Ich bin so unruhig, dass es mir schwerfällt, still zu sitzen.
- 3 Ich bin so unruhig, dass ich mich ständig bewegen oder etwas tun muss.

12.) Interessenverlust

- 0 Ich habe das Interesse an anderen Menschen oder an Tätigkeiten nicht verloren.
- 1 Ich habe weniger Interesse an anderen Menschen oder an Dingen als sonst.
- 2 Ich habe das Interesse an anderen Menschen oder Dingen zum größten Teil verloren.
- 3 Es fällt mir schwer, mich überhaupt für irgend etwas zu interessieren.

13.) Entschlussunfähigkeit

- 0 Ich bin so entschlosssfreudig wie immer.
- 1 Es fällt mir schwerer als sonst, Entscheidungen zu treffen.
- 2 Es fällt mir sehr viel schwerer als sonst, Entscheidungen zu treffen.
- 3 Ich habe Mühe, überhaupt Entscheidungen zu treffen.

14.) Wertlosigkeit

- 0 Ich fühle mich nicht wertlos.
- 1 Ich halte mich für weniger wertvoll und nützlich als sonst.
- 2 Verglichen mit anderen Menschen fühle ich mich viel weniger wert.
- 3 Ich fühle mich völlig wertlos.

15.) Energieverlust

- 0 Ich habe so viel Energie wie immer.
- 1 Ich habe weniger Energie als sonst.
- 2 Ich habe so wenig Energie, dass ich kaum noch etwas schaffe.
- 3 Ich habe keine Energie mehr, um überhaupt noch etwas zu tun.

16.) Veränderungen der Schlafgewohnheiten

- 0 Meine Schlafgewohnheiten haben sich nicht verändert.
- 1a Ich schlafe etwas mehr als sonst
- 1b Ich schlafe etwas weniger als sonst.
- 2a Ich schlafe viel mehr als sonst.
- 2b Ich schlafe viel weniger als sonst.
- 3a Ich schlafe fast den ganzen Tag.
- 3b Ich wache 1-2 Stunden früher auf als gewöhnlich und kann dann nicht mehr einschlafen.

17.) Reizbarkeit

- 0 Ich bin nicht reizbarer als sonst.
- 1 Ich bin reizbarer als sonst.
- 2 Ich bin viel reizbarer als sonst.
- 3 Ich fühle mich dauernd gereizt.

18.) Veränderungen des Appetits

- 0 Mein Appetit hat sich nicht verändert.
- 1a Mein Appetit ist etwas schlechter als sonst.
- 1b Mein Appetit ist etwas größer als sonst.
- 2a Mein Appetit ist viel schlechter als sonst.
- 2b Mein Appetit ist viel größer als sonst.
- 3a Ich habe überhaupt keinen Appetit.
- 3b Ich habe ständig Heißhunger.

19.) Konzentrationsschwierigkeiten

- 0 Ich kann mich so gut konzentrieren wie immer.
- 1 Ich kann mich nicht mehr so gut konzentrieren wie sonst.
- 2 Es fällt mir schwer, mich längere Zeit auf irgend etwas zu konzentrieren.
- 3 Ich kann mich überhaupt nicht mehr konzentrieren.

20.) Ermüdung oder Erschöpfung

- 0 Ich fühle mich nicht müder oder erschöpfter als sonst.
- 1 Ich werde schneller müde oder erschöpft als sonst.
- 2 Für viele Dinge, die ich üblicherweise tue, bin ich zu müde oder erschöpft.
- 3 Ich bin so müde oder erschöpft, dass ich fast nichts mehr tun kann.

21.) Verlust an sexuellem Interesse

- 0 Mein Interesse an Sexualität hat sich in letzter Zeit nicht verändert.
- 1 Ich interessiere mich weniger für Sexualität als früher.
- 2 Ich interessiere mich jetzt viel weniger für Sexualität.
- 3 Ich habe das Interesse an Sexualität völlig verloren.

Summe Seite 2:

Übertrag Seite 1:

Gesamt Seite 1+2:

Anhang K: Selbstkonzept

Selbstkonzept

Code:

Datum:

Im Folgenden sind 18 Aussagen aufgelistet. Bitte lesen Sie jede der Aussagen aufmerksam durch und geben Sie den Grad Ihrer Zustimmung oder Ablehnung auf einer 8-Punkte-Skala an:

- 1 = definitiv falsch**
2 = falsch
3 = größtenteils falsch
4 = eher falsch als richtig
5 = eher richtig als falsch
6 = größtenteils richtig
7 = richtig
8 = definitiv richtig

	definitiv falsch	falsch	größten teils falsch	eher falsch als richtig	eher richtig als falsch	größten teils richtig	richtig	definitiv richtig
Insgesamt gesehen kann ich mich selbst ganz gut akzeptieren.	1	2	3	4	5	6	7	8
In den meisten Unterrichtsfächern/ Lehrveranstaltungen kann ich mich auf meine Begabung verlassen.	1	2	3	4	5	6	7	8
Insgesamt gesehen habe ich eine Reihe sehr guter und wertvoller Eigenschaften.	1	2	3	4	5	6	7	8
Ich bin gut darin die Anzahl von Objekten einzuschätzen.	1	2	3	4	5	6	7	8
In den meisten Unterrichtsfächern/ Lehrveranstaltungen lerne ich – auch ohne mich anzustrengen – schnell etwas dazu.	1	2	3	4	5	6	7	8
In den meisten Unterrichtsfächern/ Lehrveranstaltungen erziele ich aufgrund meiner intellektuellen Begabungen gute Ergebnisse.	1	2	3	4	5	6	7	8
Im Allgemeinen habe ich ein großes Maß an Selbstvertrauen.	1	2	3	4	5	6	7	8
Ich bin gut im Schätzen.	1	2	3	4	5	6	7	8
Insgesamt gesehen bin ich ein wertvoller Mensch.	1	2	3	4	5	6	7	8
Für die meisten Unterrichtsfächern/ Lehrveranstaltungen sind meine Begabungen sehr hilfreich.	1	2	3	4	5	6	7	8
Insgesamt gesehen habe ich ein hohes Maß an Achtung vor mir selbst.	1	2	3	4	5	6	7	8
Ich bin gut darin Objekte hinsichtlich ihrer Größe einzuschätzen.	1	2	3	4	5	6	7	8
Ich muss mich nicht sehr anstrengen um neues Wissen zu erwerben.	1	2	3	4	5	6	7	8

	definitiv falsch	falsch	größten- teils falsch	eher falsch als richtig	eher richtig als falsch	größten- teils richtig	richtig	definitiv richtig
In den meisten Unterrichtsfächern/ Lehrveranstaltungen erziele ich aufgrund meiner Fähigkeiten gute Leistungsergebnisse.	1	2	3	4	5	6	7	8
Ich bin gut darin Objekte hinsichtlich ihres Gewichtes einzuschätzen.	1	2	3	4	5	6	7	8
In den meisten Unterrichtsfächern/ Lehrveranstaltungen vertraue ich auf meine Intelligenz.	1	2	3	4	5	6	7	8
Im Grunde tue ich eine Menge Dinge, auf die ich stolz sein kann.	1	2	3	4	5	6	7	8
In Leistungssituationen kann ich mich auf meine Begabungen verlassen.	1	2	3	4	5	6	7	8
Ich bin gut darin Entfernungen zwischen zwei Orten einzuschätzen.	1	2	3	4	5	6	7	8

Anhang L: SIAS

SIAS

Code:

Datum:

Instruktionen: Bitte geben Sie bei den folgenden Aussagen an, in welchem Ausmaß diese auf Sie zutreffen. Kreuzen Sie möglichst bei jeder Frage eine der Antwortmöglichkeiten von *überhaupt nicht* zutreffend, *ein wenig* zutreffend, *ziemlich* zutreffend, *stark* zutreffend bis *sehr stark* zutreffend an.

	über- haupt nicht	ein wenig	ziemlich	stark	sehr stark
1. Ich werde nervös, wenn ich mit einer Autoritätsperson (Lehrer, Vorgesetzten) sprechen muss.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Ich habe Schwierigkeiten, Blickkontakt mit anderen herzustellen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Ich werde angespannt, wenn ich über mich oder meine Gefühle sprechen muss.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Ich finde es schwierig, mich im Umgang mit Leuten, mit denen ich zusammenarbeite, wohl zu fühlen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Mir fällt es leicht, Freunde in meinem Alter zu finden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Ich werde angespannt, wenn ich einen Bekannten auf der Straße treffe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Wenn ich mit anderen zusammen bin, fühle ich mich unwohl.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Ich fühle mich angespannt, wenn ich mit einer Person alleine zusammen bin.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Ich fühle mich wohl, wenn ich Leute bei Parties usw. kennenlerne.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Es fällt mir schwer, mich mit anderen Leuten zu unterhalten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Mir fallen leicht Dinge ein, über die man reden kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Ich mache mir Sorgen, daß ich durch meine Äußerungen ungeschickt erscheinen könnte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Mir fällt es schwer, einen anderen Standpunkt als andere zu vertreten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Ich finde es schwierig, mit einer attraktiven Person des anderen Geschlechts zu reden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Es kommt vor, dass ich mir darüber Sorgen mache, in sozialen Situationen nicht zu wissen, was ich sagen könnte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. Ich bin nervös, wenn ich Leute treffe, die ich nicht gut kenne.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. Ich glaube immer, dass ich beim Reden etwas Peinliches sagen könnte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. Wenn ich zu einer Gruppe dazukomme, mache ich mir Sorgen, dass ich ignoriert werden könnte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. Ich fühle mich angespannt, wenn ich zu einer Gruppe dazukomme.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	über- haupt nicht	ein wenig	ziemlich	stark	sehr stark
20. Ich bin unsicher, ob ich jemanden grüßen soll, den ich nur oberflächlich kenne.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21. Ich werde ängstlich, wenn ich vor anderen Personen schreiben muss.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22. Ich werde verunsichert, wenn ich öffentliche Toiletten benutze.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23. Es kann sein, dass mir plötzlich meine eigene Stimme bewusst wird, und wie andere mir zuhören.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24. Wenn ich auf der Straße gehe, werde ich nervös, weil ich glaube, andere Leute starren mir nach.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25. Ich befürchte, zu erröten, wenn ich mit anderen zusammen bin.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26. Ich fühle mich befangen, wenn ich einen Raum betreten muss, in dem bereits andere Personen sitzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27. Ich mache mir darüber Sorgen, dass ich zittern könnte, wenn ich von anderen Personen beobachtet werde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28. Ich würde angespannt werden, wenn ich im Bus oder Zug anderen Leuten gegenüber sitzen müsste.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29. Ich bekomme Panik, wenn ich glaube, andere könnten sehen, wie ich ohnmächtig werde oder mir übel wird oder ich krank werde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30. Es würde mir schwer fallen, in einer Gruppe etwas zu trinken.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
31. Ich würde mich befangen fühlen, wenn ich vor einem Fremden in einem Restaurant essen würde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
32. Ich mache mir Sorgen, dass andere mein Verhalten seltsam finden könnten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
33. Ich würde angespannt werden, wenn ich ein Tablett durch eine überfüllte Cafeteria tragen müsste.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
34. Ich habe die Befürchtung, vor anderen die Kontrolle über mich zu verlieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
35. Ich mache mir Sorgen, dass ich etwas tun könnte, das die Aufmerksamkeit anderer auf mich zieht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
36. Im Aufzug bin ich angespannt, wenn andere Leute mich anschauen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
37. Wenn ich in einer Schlange stehe, kommt es vor, dass ich das Gefühl habe, aufzufallen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
38. Manchmal werde ich angespannt, wenn ich vor anderen Leuten rede.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
39. Ich mache mir Sorgen, dass sich mein Kopf vor anderen schütteln könnte oder dass er nicken könnte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
40. Ich fühle mich ungeschickt und angespannt, wenn ich weiß, dass andere mich beobachten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>