

Aus der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie
(Direktorin: Prof. Dr. med. Kamila Jauch-Chara)
im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel
an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

„Untersuchung des Zusammenhangs von Schlafstadien
und Körperzusammensetzung bei Patient*innen mit
Insomnie vor und nach kognitiver Verhaltenstherapie“

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

vorgelegt von
Mareike Wittich
aus Hamburg
Kiel, 2024

1. Berichterstatter: Prof. Dr. Robert Göder, Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie

2. Berichterstatterin: Prof. Dr. Kirsten Zeuner, Klinik für Neurologie

Tag der mündlichen Prüfung: 21.05.2025

Zum Druck genehmigt, Kiel, den 14.03.2025

gez.: Prof. Dr. Thorsten Bartsch, Klinik für Neurologie

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	IV
Abbildungsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis.....	VI
1 Einleitung	1
1.1 Schlaf.....	2
1.2 Insomnie	5
1.3 Therapie der Insomnie	6
1.3.1 Kognitive Kontrolle.....	6
1.3.2 Psychoedukation	6
1.3.3 Entspannungsverfahren.....	6
1.3.4 Stimuluskontrolle	7
1.3.5 Bettzeitenrestriktion	7
1.4 Körperzusammensetzung	8
1.5 Bedeutung des Schlafs für die Körperzusammensetzung.....	9
1.6 Bedeutung von Schlafveränderungen für die Körperzusammensetzung	10
1.7 Ziel und Fragestellung	11
2 Material und Methoden	12
2.1 Rekrutierung der Proband*innen	12
2.2 Versuchsablauf	13
2.3 Fragebögen.....	17
2.3.1 Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI)	17
2.3.2 Insomnia Severity Index (ISI).....	17
2.3.3 Regensburger Insomnie Skala (RIS).....	17
2.3.4 Epworth Sleepiness Scale (ESS)	18
2.3.5 Abend- und Morgenprotokoll	18
2.3.6 Beck Depressions Inventar (BDI)	18
2.4 Polysomnographie	19

2.5	Kognitive Testung	20
2.5.1	Verbaler Lern- und Merkfähigkeitstest (VLMT).....	20
2.5.2	Zahlennachsprechen	20
2.6	Verfahren zur Messung der Körperzusammensetzung	21
2.6.1	Body-Mass-Index (BMI).....	21
2.6.2	Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA).....	22
2.6.3	Magnetresonanztomographie (MRT).....	23
2.6.4	Indirekte Kalorimetrie.....	24
2.6.5	Accelerometer.....	24
2.7	Statistische Methoden.....	25
2.8	Ethikvotum	25
2.9	Verwendung des Gesamtdatensatzes	25
3	Ergebnisse	26
3.1	Probandenkollektiv.....	26
3.1.1	Untersuchungstermine des Probandenkollektivs.....	26
3.1.2	Alter des Probandenkollektivs	26
3.1.3	Geschlecht des Probandenkollektivs.....	26
3.1.4	Beruf und Diagnosen des Probandenkollektivs.....	28
3.1.5	Medikation des Probandenkollektivs	30
3.2	Psychometrische Daten	31
3.2.1	BDI und PSQI des Probandenkollektivs	31
3.3	Schlafdaten des Probandenkollektivs.....	35
3.4	Gewichtsmaße des Probandenkollektivs	38
3.5	Korrelationen der Schlafdaten mit Maßen der Körperzusammensetzung vor Therapiebeginn.....	41
3.5.1	BDI und PSQI in Korrelation zu Maßen der Körperzusammensetzung vor Therapiebeginn	41
3.5.2	Schlaflänge, Tiefschlaf und REM-Schlaf in Korrelation zu Maßen der Körperzusammensetzung vor Therapiebeginn	45
3.6	Vergleich der Werte vor und nach Therapiebeginn	51

4	Diskussion.....	52
4.1	Zusammenfassung der Ergebnisse	52
4.2	Interpretation und Einordnung der Ergebnisse in den Wissenskontext	53
4.2.1	Korrelation von Schlaf zu Maßen der Körperzusammensetzung	53
4.2.2	Einfluss einer Therapie auf die Körperzusammensetzung	54
4.3	Diskussion der Methodik.....	55
4.4	Diskussion der Ergebnisse	56
4.5	Limitationen und Stärken der Studie.....	57
4.6	Beantwortung der Hypothesen	58
4.7	Ausblick.....	59
5	Zusammenfassung.....	60
6	Eidesstattliche Versicherung.....	61
7	Literaturverzeichnis	62
8	Veröffentlichungen	66
8.1	Poster European Sleep Research Society (ESRS) 2020	66
9	Danksagung	67

Abkürzungsverzeichnis

ADP	Air displacement plethysmography
BDI	Beck-Depressions-Inventar
BIA	Bioelektrische Impedanz-Analyse
BMI	Body-Mass-Index
BP	„Between Person“
EEG	Elektroenzephalographie
EMG	Elektromyelographie
EOG	Elektrookulographie
ESS	Epworth Sleepiness Scale
Hz	Hertz (SI-Einheit für die Frequenz)
IC	Indirekte Kalorimetrie
ISI	Insomnia Severity Index
MRT	Magnetresonanztomographie
NREM	Non-Rapid-Eye-Movement
PSQI	Pittsburgh Sleep Quality Index
REM	Rapid-Eye-Movement
RIS	Regensburger Insomnie Skala
t0	1. Untersuchungszeitpunkt vor Therapie
t1	2. Untersuchungszeitpunkt während der Therapie
t2	3. Untersuchungszeitpunkt nach Therapie
TST	Total Sleep Time (Gesamtschlafdauer)
VLMT	Verbaler Lern- und Merkfähigkeitstest
WP	„Within Person“
ZN (HAWIE-R)	Zahlennachsprechen aus dem Hamburger Wechsler-Intelligenztest für Erwachsene (Revision)

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Typisches Schlafprofil eines gesunden jungen Erwachsenen	3
Abbildung 2: EEG Schlafstadien des menschlichen Schlafs	4
Abbildung 3: Ablauf der Studie	14
Abbildung 4: Positionierung der Elektroden bei der Polysomnographie	19
Abbildung 5: MRT eines 55-jährigen männlichen Patienten, Segmentierung auf Höhe von Wirbelkörper L3	23
Abbildung 6: Mittelwert mit Standardabweichung des PSQI im Vergleich über die Untersuchungszeitpunkte	33
Abbildung 7: PSQI vor und nach Therapiebeginn der einzelnen Proband*innen im Vergleich	34
Abbildung 8: REM-Schlaf der einzelnen Proband*innen im Vergleich	36
Abbildung 9: Tiefschlaf der einzelnen Proband*innen im Vergleich	37
Abbildung 10: Gewichtsmaße der einzelnen Proband*innen im Vergleich	39
Abbildung 11: Mittelwert mit Standardabweichung der Gewichtsmaße im Vergleich über die Untersuchungszeitpunkte	40
Abbildung 12: Korrelation von Schlafqualitätsfragebogen (PSQI) mit dem viszeralen Fettvolumen	44
Abbildung 13: Korrelation von Tiefschlaf mit dem Gesamtgewicht	48
Abbildung 14: Korrelation von Tiefschlaf mit dem Taillenumfang	49
Abbildung 15: Korrelation von Tiefschlaf mit dem viszeralen Fettvolumen	50

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über den Ablauf der Studie.....	15
Tabelle 2: Untersuchungstermine des Probandenkollektivs	27
Tabelle 3: Beruf und Diagnosen des Probandenkollektivs.....	29
Tabelle 4: Medikation vor und nach Therapiebeginn des Probandenkollektivs	30
Tabelle 5: BDI vor Therapiebeginn und PSQI vor, während und nach Therapiebeginn	32
Tabelle 6: Gesamtschlafdauer (TST), REM- und Tiefschlaf der Proband*innen im Vergleich	35
Tabelle 7: Gewichtsmaße der Proband*innen im Vergleich.....	38
Tabelle 8: BDI und PSQI in Korrelation nach Pearson zu Maßen der Körperzusammensetzung vor Therapiebeginn	42
Tabelle 9: Totale Schlafzeit, Tiefschlaf und REM-Schlaf in Korrelation nach Pearson zu Maßen der Körperzusammensetzung vor Therapiebeginn	46
Tabelle 10: Vergleich der Werte vor und nach Therapiebeginn mittels 2-seitigem gepaartem t-Test	51

1 Einleitung

Durch die zunehmende Inzidenz von Übergewicht und Adipositas rücken Ursachen und Auswirkungen dieser Erkrankung immer mehr in den wissenschaftlichen Fokus. Im Laufe der letzten Jahre wurden in einigen Studien die Zusammenhänge von Schlaf und Übergewicht behandelt. Denn auch Schlafstörungen treten immer häufiger in der Bevölkerung auf. Diese Studien zeigen eine Assoziation zwischen Übergewicht und verändertem Schlaf. Studien, die den Einfluss von Therapien zur Schlafverbesserung auf die Körperzusammensetzung untersuchen fehlen jedoch bisher völlig.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit dem Einfluss der Verhaltenstherapie auf die Körperzusammensetzung in Zusammenhang mit den Schlafstadien bei Patient*innen mit Insomnie. Die Ergebnisse dieser Arbeit liefern neue Erkenntnisse über Zusammenhänge von Schlafqualität zu der Körperzusammensetzung und eignen sich für weiterführende Forschung zur kognitiven Verhaltenstherapie im Hinblick auf Schlafstörungen und einer veränderten Körperzusammensetzung.

Anhand dieser prospektiven klinischen Studie mit einem dafür ausgewählten Probandenkollektiv werden die verschiedenen erhobenen Parameter ausgewertet und in dieser Arbeit ausgewertet.

Die vorliegende Arbeit ist in fünf Hauptkapitel unterteilt. Zu Beginn erfolgt die Einleitung in die Thematik zu dem Thema Körperzusammensetzung, Schlaf und Insomnie sowie deren Therapie. Anschließend werden die verwendeten Methoden dargestellt. Die Ergebnisse der Untersuchungen werden daraufhin zusammengefasst, um anschließend in den aktuellen Wissenskontext eingeordnet zu werden. Abschließend erfolgt ein Ausblick über zukünftige Forschung und eine Zusammenfassung der Arbeit.

1.1 Schlaf

Schlaf spielt eine wesentliche Rolle für unser Wohlbefinden und unsere Leistungsfähigkeit. Ein Drittel unseres Lebens verbringen wir schlafend. Doch noch immer ist nicht geklärt, warum wir schlafen müssen. Wir wissen aber, wie der Schlaf aufgebaut ist und wie er reguliert wird. Schlaf ist ein komplexer Prozess aus verschiedenen regulierten Perioden synchronisierter kortikaler Aktivität (Porkka-Heiskanen et al. 2013). Diese Aktivität kann mit Hilfe der Elektroenzephalographie (EEG) gemessen werden und anhand dessen der Wachsamkeitszustand des Gehirns bestimmt werden (Dement und Kleitman 1957). Grundsätzlich werden auf einem Elektroenzephalogramm die verschiedenen Hirnströme in Wellen dargestellt, die sich in der Frequenz und in der Amplitude je nach Zustand verändern. Generell wird zwischen Wachzustand und schlafendem Verhaltenszustand unterschieden. Schlaf kann in zwei Hauptphasen unterteilt werden. Bei dem Non-Rapid-Eye-Movement-Schlaf (NREM) nimmt die Frequenz der EEG-Wellen ab und die Amplitude zu, während im REM-Schlaf das EEG kaum von dem Wachzustand zu unterscheiden ist. Weiterhin sind diese Phasen anhand des Muskeltonus gemessen mittels Elektromyographie (EMG) und der Augenbewegung gemessen mittels Elektrookulographie (EOG) zu differenzieren. Bei dem NREM-Schlaf nimmt der Muskeltonus im Gegensatz zum Wachzustand ab, während dieser im REM-Schlaf kaum mehr vorhanden ist. Die charakteristischen schnellen Augenbewegungen kommen im REM-Schlaf vor, von welchen dieser Zustand seinen Namen hat (Porkka-Heiskanen et al. 2013).

Der NREM-Schlaf lässt sich weiterhin in drei Stadien unterteilen. Aufeinander aufbauend werden die Stadien N1, N2, N3 und anschließend der REM-Schlaf in einem etwa 90-minütigen Zyklus durchlaufen, welcher sich jede Nacht mehrmals wiederholt, wobei am Anfang des Schlafs die Tiefschlafphase N3 überwiegt und zum Ende des Schlafs der REM-Schlaf überwiegt. Diese Schlafstadien lassen sich in einem Hypnogramm darstellen, wie hier beispielhaft in Abbildung 1 zu sehen ist (Weeß und Landwehr 2009).

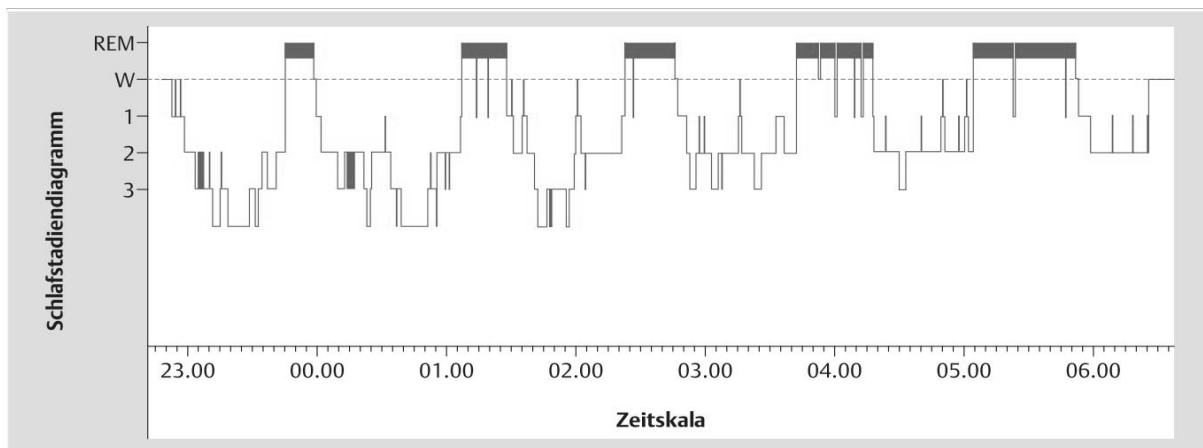


Abbildung 1: Typisches Schlafprofil eines gesunden jungen Erwachsenen (Weeß und Landwehr 2009, S. 102)

Während des Schlafens lassen sich viele physiologische Veränderungen beobachten. Typische Veränderungen bei dem NREM-Schlaf sind die Abnahme der Herzfrequenz, des Blutdrucks, der Atemfrequenz und der Körperkerntemperatur. Während des REM-Schlafs fällt der Muskeltonus der peripheren Muskeln deutlich ab und das vegetative Nervensystem verliert unter anderem die Funktionen der Temperaturregulation, der Herzfrequenzanpassung und der Blutdruckeinstellung (Porkka-Heiskanen et al. 2013).

In Abbildung 2 sind die typischen Schlafstadien des menschlichen Schlafs auf einem Elektroenzephalogramm dargestellt. Im Wachzustand werden im EEG desynchronisierte Wellen mit niedriger Amplitude und einer Frequenz im Bereich von 14-30 Hz abgeleitet, sogenannte Beta-Wellen. Bei geschlossenen Augen und bei REM-Schlaf nimmt die Frequenz der Wellen bis zu einem Bereich von 8-12 Hz ab. Diese werden als Alpha-Wellen bezeichnet. Zu Beginn der Schlafphase mit N1 verlangsamt sich die Frequenz des EEGs auf 4-7 Hz und die Amplitude nimmt zu. Diese Wellen nennt man Theta-Wellen. In Schlafphase N2 treten Schlafspindeln und K-Komplexe auf, die diese Schlafphase kennzeichnen. In Schlafphase N3, auch als Tiefschlaf bezeichnet, lassen sich im EEG Deltawellen in einem Bereich von 1-3 Hz beobachten, die auch als Slow-Wave-Aktivität bezeichnet werden (Fuller et al. 2006).

Wenn diese Schlafarchitektur gestört ist, spricht man von einer Insomnie.

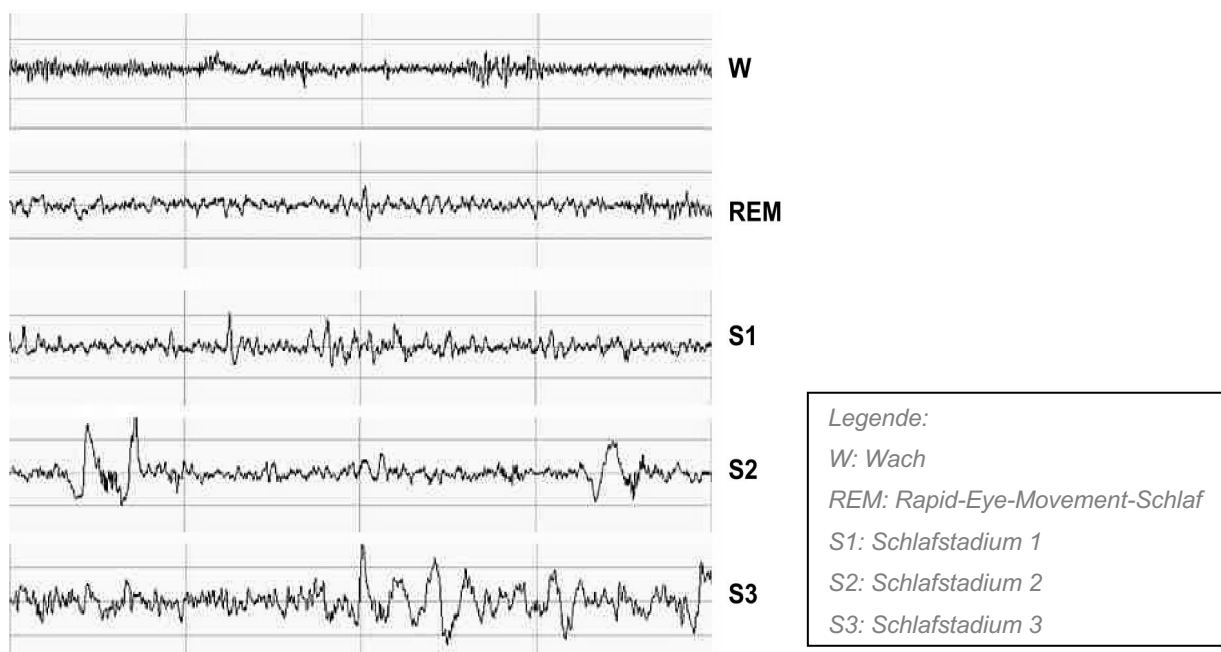


Abbildung 2: EEG Schlafstadien des menschlichen Schlafs (Porkka-Heiskanen et al. 2013, S. 312)

1.2 Insomnie

Die Insomnie ist charakterisiert durch Ein-, sowie Durchschlafstörungen oder eine schlechte Schlafqualität. Der Schlaf ist nicht erholsam. Daher kann es bei Betroffenen mit Insomnie zu einer erhöhten Tagesmüdigkeit und zu einer Beeinträchtigung der kognitiven Fähigkeiten führen. Auch weitere körperliche und psychische Symptome, wie Stimmungsschwankungen können auftreten.

Circa 6 % der europäischen Bevölkerung sind von einer Insomnie betroffen. Hierbei sind Frauen fast doppelt so häufig betroffen wie Männer (Schlack et al. 2013). Die diagnostischen Kriterien richten sich nach der ICD-10-Klassifikation, in der die Insomnie mit der Nummer F51.0 gekennzeichnet ist. Grundsätzlich lässt sich die Insomnie anamnestisch diagnostizieren, wobei folgende Kernsymptome abgefragt werden sollten: Ein- und Durchschlafstörungen wenigstens dreimal pro Woche mindestens über einen Monat bestehend, ein übermäßiges Fokussieren und Beschäftigen mit der Schlafstörung und deren Konsequenzen und eine beeinträchtigte Tagesbefindlichkeit durch die ungenügende Schlafdauer und -qualität. Hierbei wird die Insomnie durch einen Circulus vitiosus mit vermehrtem Grübeln über den Schlaf, fehlender Entspannung und dysfunktionalen Verhaltensweisen aufrechterhalten. Bei Verdacht auf eine organische Ursache sollten weiterführende diagnostische Maßnahmen herangezogen werden. Dabei ist die Polysomnographie die Messmethode der Wahl. Mehrere Fragebögen und das Schlafstagebuch, in denen die Patient*innen subjektiv die Schlaf- und Wachzeiten und relevante Informationen zum Schlaf dokumentieren, geben Aufschluss über verschiedene Aspekte der Insomnie und können auch zur Differentialdiagnostik herangezogen werden (Crönlein und Spiegelhalder 2019).

Nach abgeschlossener Diagnostik lassen sich organische von nichtorganischen Formen unterscheiden. Liegt eine organische Ursache vor, richtet sich hierbei die Behandlung nach der Ursache der Erkrankung. Bei nichtorganischer Ursache der Insomnie gibt es verschiedene Therapieansätze.

1.3 Therapie der Insomnie

Die Therapie der Insomnie besteht aus einem Modell mit vielen verschiedenen Pfeilern und Ansätzen (Timothy Morgenthaler 2006). Die Erstlinientherapie stellt heutzutage die kognitive Verhaltenstherapie dar. In Metaanalysen von mehreren Studien hat sich die kognitive Verhaltenstherapie als Akutbehandlung gleichwertig mit der pharmakologischen Therapie gezeigt, jedoch war diese wirksamer in der Langzeitbehandlung (Riemann et al. 2015). Die verschiedenen Methoden der Insomnie-spezifischen kognitiven Verhaltenstherapie setzen sich zusammen aus der Psychoedukation, Entspannungsverfahren, einer Stimuluskontrolle, der Bettzeitenrestriktion und der kognitiven Kontrolle.

1.3.1 Kognitive Kontrolle

Angeleitet werden die Patient*innen in kognitiven Techniken, um Teufelskreise und sich selbst erfüllende Prophezeiungen zu erkennen und diese zu durchbrechen. Sie sollen durch mehr Gelassenheit dem Grübeln vorbeugen. In einem zweiten Schritt erfolgt die Erläuterung der kognitiven Umstrukturierung der dysfunktionalen Gedankenkreisläufe. Hierbei dürfen die Patient*innen sich über eigene Erfahrungen austauschen und Methoden erlernen, die sie dabei unterstützen (Baum und Riemann 2017).

1.3.2 Psychoedukation

Bei der Psychoedukation erlangen die Patient*innen Hintergrundwissen über die Insomnie und den Schlaf, um die verhaltensbezogenen Empfehlungen besser umsetzen zu können. Es werden gemeinsam Regeln für einen gesunden Schlaf und zur Schlafhygiene Schritt für Schritt erarbeitet, sowie Berechnungen der eigenen Schlafintervalle durchgeführt (Baum und Riemann 2017).

1.3.3 Entspannungsverfahren

Bei Entspannungsverfahren wird die körperliche und gedankliche Entspannung unterschieden. Zur körperlichen Entspannung gehört die Progressive Muskelrelaxation. Nach dem theoretischen Wissen, welches die Patient*innen erlernen, folgen praktische Übungen mit Anleitung und Hilfestellung, sodass sie diese Übungen allein wiederholen können. Zu der gedanklichen Entspannung gehören das Ruhebild, die Fantasiereise und diverse Achtsamkeitsübungen. Zunächst wird den Patient*innen der theoretische Hintergrund erläutert um anschließend die Methoden praktisch zu erlernen (Baum und Riemann 2017).

1.3.4 Stimuluskontrolle

Die Instruktionen zur Stimuluskontrolle werden jeder*m Patient*in mitgegeben. Der/Die Patient*in soll das Bett nur noch zum Schlafen benutzen. Damit sollen ungünstige Verhaltensmuster, wie langes Wachliegen im Bett und Grübeln vermieden werden (Baum und Riemann 2017).

1.3.5 Bettzeitenrestriktion

Bei der Bettzeitenrestriktion wird als erstes der theoretische Hintergrund erläutert. Die Patient*innen sollen zunächst ein Schlaftagebuch über 14 Tage führen. Anhand dieses Schlaftagebuchs wird die durchschnittliche Schlafzeit bestimmt. Die Bettzeit der Patient*innen soll in den nächsten 7 Tagen der durchschnittlichen Schlafzeit entsprechen, aber nie weniger als 5 Stunden. Wenn die Schlafeffizienz in diesen 7 Tagen über 85 % liegt, kann die Bettzeit um 30 Minuten verlängert werden (Baum und Riemann 2017).

1.4 Körperzusammensetzung

Die Körperzusammensetzung beschreibt die vielen verschiedenen Komponenten, aus denen der Körper besteht. Die vier Hauptkomponenten stellen dabei Wasser, Fett, Proteine und Mineralien dar. Im Gesamten ergeben diese Komponenten das Körpergewicht. Diese Zusammensetzung und das Körpergewicht unterscheiden sich individuell und unterliegen einer Veränderung über die Lebensphasen hinweg (Müller 2012). Durch die Ermittlung der Körperzusammensetzung wird ein genaues Gesamtbild über den Gesundheitszustand geschaffen.

Die aktuell am meisten im Fokus stehende Komponente ist die Fettmasse (Müller 2012). Aus vielen Studien geht hervor, dass eine erhöhte Fettmasse mit einer erhöhten Morbidität und Mortalität sowie mit einem erhöhten Auftreten von bestimmten Erkrankungen wie Diabetes mellitus und Herzerkrankungen assoziiert ist (Borga et al. 2018). Als größter Energiespeicher des Körpers unterliegt das Fettgewebe komplexen Regelkreisen, die langfristig angelegt werden und nicht schnell mobilisiert werden können. Im Körper finden sich diverse Fettspeicher, die unterschiedlichen Funktionen entsprechen. Man unterscheidet hauptsächlich viszerales von subkutanem Fett, welches an vielen verschiedenen Bereichen in unterschiedlichen Größen des Körpers angelegt ist. Dabei unterscheidet sich die Verteilung inter- und intraindividuell sehr stark. Vor allem lässt sich ein Unterschied bei der Verteilung von subkutanem und viszeralem Fett bei Männern und Frauen beobachten. In den letzten zwanzig Jahren wurden viele Verfahren zu Untersuchungen „in vivo“ mit Hilfe unterschiedlicher physikalischer Prinzipien und Geräte und unter Verwendung verschiedener Modelle und Annahmen entwickelt, die einen Aufschluss über die genaue Körperzusammensetzung eines Menschen geben (Borga et al. 2018).

1.5 Bedeutung des Schlafs für die Körperzusammensetzung

Die Zahl der Fettleibigen hat in den letzten Jahren weltweit dramatisch zugenommen (Schutz et al. 2002). Epidemiologische Studien zeigen, dass eine erhöhte Fettleibigkeit mit einer erhöhten Morbidität und Mortalität verbunden ist (Flegal et al. 2013). Daher ist es im Interesse der aktuellen Forschung, die zusammenhängenden Faktoren zu identifizieren, welche zu einer erhöhten Fettmasse beitragen.

Viele Studien zeigen, dass eine kurze oder lange Schlafdauer und eine gestörte Schlafqualität über längere Zeit mit einer erhöhten Fettleibigkeit einhergehen (Tan et al. 2019). Eine Studie aus den USA verglich die Daten von REM- und Tiefschlaf durch die Polysomnographie erhoben mit dem BMI (Body-Mass-Index) bei Erwachsenen über einen Zeitraum von 14,9 Jahren. Diese zeigte eine negative Korrelation zwischen Tiefschlaf und BMI, wobei diese Unterschiede bei Männern stärker ausgeprägt waren als bei Frauen. Ebenfalls konnte eine negative Korrelation zwischen REM-Schlaf und BMI bei Männern und Frauen beobachtet werden (Reither et al. 2021).

1.6 Bedeutung von Schlafveränderungen für die Körperzusammensetzung

In vielen prospektiven Studien konnte ein Zusammenhang zwischen einer verkürzten Schlafdauer und einer schlechten Schlafqualität mit einem erhöhten Risiko für eine zukünftige Körperfettleibigkeit gezeigt werden (Wu et al. 2014). Durch den höheren Anteil der Fettmasse sinkt im Umkehrschluss die fettfreie Masse, einschließlich der Skelettmuskulatur. Faktoren wie eine geringe körperliche Aktivität, schlechte Ernährung und das dadurch entstehende Ungleichgewicht zwischen Energieaufnahme und -verbrauch bedingen diese Fettleibigkeit (Hamilton et al. 2007). Vor allem der Verhaltensfaktor der körperlichen Inaktivität geht mit Schlafstörungen und einer verkürzten Schlafdauer einher (Paparrigopoulos et al. 2010).

1.7 Ziel und Fragestellung

Obwohl die Anzahl der Fettleibigen und gleichzeitig die Zahl der Insomniepatient*innen steigt, gibt es kaum Studien, die die Zusammenhänge zwischen Schlafstörungen und Veränderungen der Körperzusammensetzung und hierbei insbesondere der Fettverteilung untersuchen. Dabei zeigen sich immer mehr epidemiologische Hinweise des Einflusses von Schlafdauer und -qualität auf die Entstehung von Fettleibigkeit (Cappuccio et al. 2008). Die bestehenden Studien weisen meist eine oder mehrere methodische Einschränkungen auf. Häufig wird keine direkte Messung des Schlafes mit Hilfe der Polysomnographie vorgenommen. Stattdessen wurde die Schlafdauer und -qualität anhand von Fragebögen ausgewertet. Weiterhin wurde häufig der Fokus nur auf einen Aspekt des Schlafes z.B. die Schlafdauer gelegt oder es wurden keine Vergleiche von Schlaf und Körperzusammensetzung innerhalb der Personen über einen gewissen Zeitraum aufgestellt. In einer Studie mit Polysomnographie gemessenen Tief- und REM-Schlaf dauern zeigt, dass Personen mit geringerer Tief- und REM-Schlafdauer einen erhöhten BMI aufweisen und dass eine Abnahme der Tief- und REM-Schlafdauer mit einem Anstieg des BMI verbunden ist (Reither et al. 2021).

Studien, die den Einfluss von Therapien zur Schlafverbesserung auf die Körperzusammensetzung untersuchen, fehlen bisher völlig. Daher soll die Studie im Rahmen dieser Promotion mittels vielfältiger, breit aufgestellter Methoden folgende Hypothesen untersuchen:

- 1) Patient*innen mit stärkeren subjektiven Schlafstörungen weisen einen höheren Stammfettanteil auf.**
- 2) Insomniepatient*innen mit weniger REM- und Tiefschlaf zeigen ein höheres Gewicht und einen höheren BMI.**
- 3) Insomniepatient*innen mit weniger REM- und Tiefschlaf zeigen einen höheren Stammfettanteil.**
- 4) Durch Behandlungsmaßnahmen („Schlafschule“) kommt es zu einer Verbesserung der Insomnie und zu einer Reduzierung von Übergewicht, zu hohem BMI und des Stammfettanteils.**

2 Material und Methoden

Dieses Kapitel umfasst sämtliche verwendete Materialien, Informationen zum Studienablauf sowie zur Probandenrekrutierung und beschreibt die Vielzahl an Methoden, die in dieser Studie angewendet wurden.

2.1 Rekrutierung der Proband*innen

Das Probandenkollektiv besteht aus 13 Frauen und Männern zwischen 25 und 60 Jahren mit einer nach ICD-10-Kriterien nachgewiesenen Insomnie.

Die Rekrutierung erfolgt über einen Internetaufruf und über Aushänge in hausärztlichen und pulmologischen Praxen. Die Einschlusskriterien für die Proband*innen sind das Alter von 18-65 Jahren, ein BMI von 19-35 kg/m². Ausschlusskriterien sind alle akuten Erkrankungen sowie Essstörungen, Asthma, somatische Erkrankungen mit Einfluss auf den Schlaf wie z.B. Schlafapnoe-Syndrom oder Restless-Legs-Syndrom, aber auch Nikotinabusus und Gewichtsreduktionsdiäten in der Anamnese. Aufgrund der Magnetresonanztomographie sind zusätzlich Klaustrophobie, bestehende Schwangerschaft oder Stillzeit sowie bestimmte metallhaltige Implantate Ausschlusskriterien für die Studienteilnahme. Weitere Ausschlusskriterien sind anamnestisch schwerwiegende Erkrankungen, die eine Studienteilnahme unverhältnismäßig erscheinen lassen oder die Studienergebnisse stören würden, schwere andere psychische Erkrankungen, gleichzeitige Teilnahme an einer weiteren Studie, gleichzeitige Einnahme von Benzodiazepinen oder Z-Substanzen, gleichzeitiger Konsum illegaler Drogen oder akute Suizidalität.

Die Proband*innen unterschreiben eine schriftliche Einwilligungserklärung zum Studienablauf und werden zusätzlich mündlich aufgeklärt. Eine Kopie der Einwilligungserklärung wird zur Verfügung gestellt. Die Aufklärung beinhaltet die Ein- und Ausschlusskriterien der Studie, den Ablauf der Studie, die Polysomnographie, die Messungen in der Humangenetik und die Blutentnahme. Eine zusätzliche Aufklärung für die Magnetresonanztomographie erfolgt. Des Weiteren erhalten die Proband*innen eine Datenschutzerklärung. Die Proband*innen werden pro erschienenen Termin mit einer Aufwandsentschädigung von 50 € vergütet, welche nach Absolvierung jedes Termins ausgezahlt wird. Die Daten wurden zwischen 2017 und 2021 erhoben.

Nach der Rekrutierung werden die verschiedenen Messungen, welche im Versuchsablauf erwähnt werden, mit den Proband*innen durchgeführt.

2.2 Versuchsablauf

Im Folgenden wird der Versuchsablauf detailliert beschrieben. In Tabelle 1 ist eine Übersicht über den Ablauf der Studie für einen Termin zu Zeitpunkt t0 oder t2 dargestellt.

Bei jede*r Proband*in wird zu Beginn der Studie durch die Regensburger Insomnieskala (RIS) (Crönlein et al. 2013) und das Abfragen der Ausschlusskriterien festgelegt, ob der*die Proband*in für die Studie geeignet ist. Danach wird diese zu einem Gesprächstermin im Schlaflabor eingeladen, um festzustellen, ob tatsächlich eine Insomnie vorliegt und alle Einschlusskriterien erfüllt sind. Des Weiteren werden die Tests zur Tagesschläfrigkeit mit Hilfe der Epworth Sleepiness Scale (ESS) und die Ausprägung einer Depression anhand des Beck Depressions Inventar (BDI) vorab durchgeführt. Anschließend wird ein Untersuchungstermin festgelegt, der aus zwei Nächten im Schlaflabor des Zentrums für integrative Psychiatrie in Kiel besteht. Die erste Nacht dient zur Adaptation an die veränderte Umgebung und Bedingungen im Schlaflabor. Die zweite Nacht, auch als Testnacht bezeichnet, wird zur Datenerhebung herangezogen.

Zur Adaptationsnacht sollen die Proband*innen am Abend erscheinen, werden aufgenommen und über den Ablauf der Studie aufgeklärt. Des Weiteren wird ein Anamnesebogen ausgefüllt, der das Alter, das Geschlecht, die zuletzt ausgeübte Tätigkeit, Vorerkrankungen und die aktuelle Medikation beinhaltet. Sobald eine schriftliche Einwilligung vorliegt, kann mit den Untersuchungen begonnen werden. Die in der ersten Nacht erhobenen Schlafparameter können weitere Ausschlusskriterien wie das Schlafapnoesyndrom ausschließen.

Am nächsten Morgen werden die Proband*innen um 6 Uhr geweckt. Nach dem Aufwachen werden den Proband*innen im nüchternen Zustand Blut zur Erfassung des kleinen Blutbilds, der Elektrolyte, Nieren- und Leberwerte, des Lipidprofils, der Schilddrüsenhormone, des Insulins, Leptins, Adiponektins, Blutzuckers, Vitamin D3, Vitamin B12, und ggf. der Medikamentenspiegel, des Eisens und Ferritins entnommen. Anschließend erfolgen die Messungen in der Humanernährung im nüchternen Zustand. Dort werden die Größe und das Gewicht erfasst und dadurch der BMI berechnet. Außerdem werden die Fettmasse und die fettfreie Masse durch die bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) ermittelt. Der Ruheenergieverbrauch, also die Bestimmung des Energiebedarfs, wird durch indirekte Kalorimetrie gemessen. Die körperliche Aktivität wird durch ein Accelerometer und die Ernährung durch ein Ernährungsprotokoll ermittelt. Nach den Untersuchungen dürfen die Proband*innen tagsüber nach Hause gehen.

Die Testnacht beginnt mit der Durchführung der Magnetresonanztomographie (MRT) zur Berechnung der Körperfettverteilung. Danach werden die Tests zur subjektiven Schlaferfassung (Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI), Insomnia Severity Index (ISI) sowie

Abend- und Morgenprotokoll) und zu den kognitiven Fähigkeiten (Verbaler Lern- und Merkfähigkeitstest (VLMT) und Zahlen nachsprechen) kurz vor dem Einschlafen durchgeführt. Anschließend erfolgt zunächst wieder die Verkabelung zur Aufnahme der Polysomnographiedaten. Der*Die Proband*in übernachtet im gleichen Zimmer, wie in der Adaptationsnacht. Am nächsten Morgen erfolgt die erneute Abfrage der subjektiven Schlaferfassung und der kognitiven Fähigkeiten. Die Auswertung der Schlafdaten erfolgt durch eine*n erfahrene*n Beurteiler*in.

Wie in Abbildung 3 zu sehen, werden diese Messungen an zwei Terminen (t0 und t2) durchgeführt, um Körperzusammensetzungs- und Schlafveränderungen festzustellen. In der Zwischenzeit nehmen die Proband*innen an einer Schlafschule zur Verbesserung des erholsamen Schlafes teil. Zu diesem Zeitpunkt t1 werden zur subjektiven Schlaferfassung der PSQI und der BDI durchgeführt. Andere Messungen werden zum Zeitpunkt t1 nicht erfasst. Ungefähr sechs Monate nach der Schulung wird die zweite Messung (t2) durchgeführt. Nach erfolgreicher Teilnahme an den Terminen erhalten die Proband*innen eine Aufwandsentschädigung von 100 €.

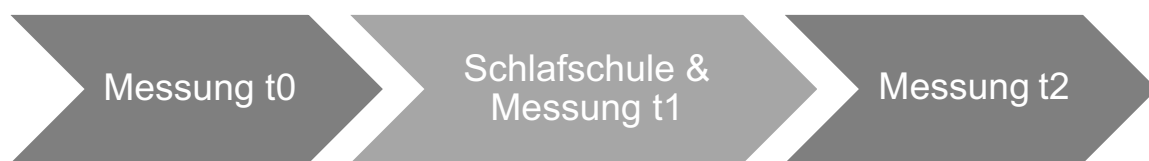


Abbildung 3: Ablauf der Studie

Tabelle 1: Übersicht über den Ablauf der Studie

Kontakt	Inhalt	Zeitpunkt
1. Kontakt	Telefonprotokoll <ul style="list-style-type: none"> • Persönliche Daten • RIS • Ausschlusskriterien Anamnesegespräch <ul style="list-style-type: none"> • Diagnoseerhebung • BDI und ESS Terminvereinbarung Untersuchung	
Untersuchungszeitpunkte t0 und t2		
2. Adaptationsnacht	Aufklärung, schriftliche Einwilligung und Datenschutzerklärung	17:00
	Verkabelung von EEG, EMG, EOG, Polysomnographie	20:00-22:00 Uhr
3. Humanernährung	Blutabnahme	7:00 Uhr
	Messungen: <ul style="list-style-type: none"> • Gewicht • Größe • Blutdruck • BIA • IC • Mitgabe von Accelerometer 	7:30 Uhr
4. MRT	Messung	17:15 Uhr
5. Studiennacht	Fragebögen: <ul style="list-style-type: none"> • Anamnesebogen • PSQI • ISI 	20:00-21:00 Uhr
	Tests: <ul style="list-style-type: none"> • VLMT • ZN (HAWIE-R) 	20:00-21:00 Uhr
	Fragebogen: <ul style="list-style-type: none"> • Abendprotokoll 	20:00-21:00 Uhr
	Verkabelung von EEG, EMG, EOG, Polysomnographie	20:00-22:00 Uhr
	Licht aus	
6. Erneute Abfrage	Licht an	6:00 Uhr
	Fragebogen: <ul style="list-style-type: none"> • Morgenprotokoll 	6:00 Uhr
	Tests: <ul style="list-style-type: none"> • VLMT • ZN (HAWIE-R) 	6:30 Uhr

Legende auf der folgenden Seite

Legende:

RIS: Regensburger Insomnieskala

BDI: Beck-Depressions-Inventar

ESS: Epworth-Sleepiness-Scale

T0: 1. Untersuchungszeitpunkt vor Therapie

T2: 3. Untersuchungszeitpunkt nach Therapie

EEG: Elektroenzephalographie

EMG: Elektromyographie

EOG: Elektrookulographie

ADP: Air-Displacement-Plethysmographie

BIA: Bioelektrische Impedanzanalyse

IC: Indirekte Kalorimetrie

MRT: Magnetresonanztomographie

PSQI: Schlafqualitätsfragebogen (Pittsburgh Sleep Quality Index)

ISI: Insomnia Severity Index

VLMT: Verbaler Lern- und Merkfähigkeitstest

ZN (HAWIE-R): Zahlen nachsprechen aus dem Hamburger-Wechsler-Intelligenztest für Erwachsene

2.3 Fragebögen

In den folgenden Abschnitten werden die einzelnen Fragebögen, die in dieser Studie zur subjektiven Schlaferfassung verwendet werden, beschrieben.

2.3.1 Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI)

Mit dem PSQI kann ein erster subjektiver Eindruck über die schlafbezogenen Beschwerden gewonnen werden. Es werden retrospektiv die sieben Komponenten subjektive Schlafqualität, Schlaflatenz, Schlafdauer, Schlaffeizienz, Schlafstörungen, Schlafmittelkonsum und die Tagesmüdigkeit der letzten vier Wochen erfasst. Der Gesamtwert kann von 0 bis 21 Punkten reichen, wobei Werte über 5 Punkte als auffällig gelten. Der PSQI kann gut zur Verlaufsmessung bei Insomnien herangezogen werden (Buysse et al. 1989).

2.3.2 Insomnia Severity Index (ISI)

Der ISI ist ein Instrument, das die Schwere der Insomnie misst. Durch eine kurze Selbsteinschätzung wird die Wahrnehmung von nächtlichen und täglichen Symptomen erfasst. Der ISI umfasst sieben Fragen, die den subjektiven Schweregrad von Ein- und Durchschlafstörungen, das frühmorgendliche Erwachen, die Zufriedenheit mit dem gegenwärtigen Schlafmuster, die Auswirkung auf die Lebensqualität, den Grad der Besorgnis aufgrund der Schlafprobleme und die Beeinträchtigung des täglichen Funktionierens abfragen. Der Wertebereich liegt zwischen 0 und 28 Punkten, wobei ein höherer Wert mit einem ausgeprägteren Schweregrad der Insomnie einhergeht. Ab einem Wert von 15 Punkten liegt eine klinisch bedeutsame Insomnie vor (Gerber et al. 2016).

2.3.3 Regensburger Insomnie Skala (RIS)

Die Regensburger Insomnie Skala erfasst die psychischen Symptome und Schlafparameter einer Insomnie. Der Fragebogen beinhaltet zehn Fragen, die die charakteristischen kognitiven, emotionalen und Verhaltensaspekte einer Insomnie umfassen. Eine weitere Frage thematisiert die gewöhnlichen Bettgehzeiten. Die Antworten werden auf einer Skala von 0-4 Punkten angegeben. Der Gesamtwert reicht von 0 bis 40 Punkten. Ab einem Punktwert von 13 gilt der Test als auffällig. Der RIS eignet sich zur Verlaufsmessung nach einer therapeutischen Intervention wie zum Beispiel die kognitive Verhaltenstherapie bei Insomnie (Crönlein et al. 2013).

2.3.4 Epworth Sleepiness Scale (ESS)

Der Test beurteilt durch einen kurzen Fragebogen retrospektiv die Tagesschläfrigkeit der vergangenen Wochen. Auf einer Skala von 0 (ausgeschlossen) bis 3 (hohe Wahrscheinlichkeit) Punkten wird die Tagesschläfrigkeit in verschiedenen Situationen eingeschätzt. Die Punkte werden zu einem Wert addiert, der die Tagesschläfrigkeit bestimmt. Ab einer Summe von über 9 Punkten gilt das Ergebnis als möglicherweise pathologisch und sollte genauer untersucht werden (Bloch et al. 1999).

2.3.5 Abend- und Morgenprotokoll

Schlafstagebücher sind ein häufig eingesetztes Instrument in der Schlafforschung. Es ist für die Routine von Schlafuntersuchungen im standardisierten Gebrauch geeignet. Es dient dazu, sich ein umfassendes Bild von den Schlafgewohnheiten und den Schlafstörungen über einen längeren Zeitraum zu machen. Unmittelbar vor dem Lichtlöschen abends und dem Aufstehen morgens sollen die Fragebögen ausgefüllt werden. Sie umfassen 14 Fragen, die zum einen Teil auf einer Skala und zum anderen Teil als offene Fragen abgebildet werden. Rein subjektiv werden die Schlafstörungen erfasst und es dient zur Verlaufskontrolle für Messungen und für die*den Patient*innen/Proband*innen selbst (Hoffmann et al. 1997).

2.3.6 Beck Depressions Inventar (BDI)

Das Beck Depressions Inventar (BDI) ist ein Testverfahren, welches die Ausprägung einer depressiven Symptomatik bestimmt. Der Test umfasst 21 Fragen, die rückblickend für die letzte Woche beantwortet werden sollen. Zu jeder Frage gibt es vier Antwortmöglichkeiten von 0-3 Punkten, die die Intensität der Symptomatik widerspiegeln. Die Summe aller Fragen liegt zwischen 0 und 63, wobei ein Ergebnis über 10 auf eine leichte, ein Ergebnis über 20 auf eine mittelgradige und ein Ergebnis über 30 auf eine schwere depressive Symptomatik hinweist. Eine Diagnose darf anhand des Tests nicht gestellt werden (Kliem et al. 2014).

Zusätzlich zur subjektiven Erfassung des Schlafs werden in dieser Studie durch die Polysomnographie auch objektive Parameter zur Erfassung der Schlafqualität herangezogen.

2.4 Polysomnographie

In dieser Studie wird eine routinemäßige Polysomnographie zur Erhebung der objektiven Schlafparameter verwendet. Dabei erfolgt die Nachtschlafableitung und die Auswertung der Schlafdaten nach den Kriterien der American Academy of Sleep Medicine (AASM) (Berry et al. 2012). Die Elektroden werden zur Elektroenzephalographie (EEG) standardmäßig an den Positionen F3, C3, C4 und O1 abgeleitet, wobei diese Elektroden gegen das kontralaterale Mastoid verschaltet werden. In Abbildung 4 ist eine schematische Darstellung der Positionierung der Elektroden zu sehen.

Die Auswertung der Daten erfolgt durch eine*n erfahrene*n Beurteiler*in. Dabei werden visuell anhand der AASM-Standardkriterien die Schlafstadien bestimmt. Aus den gewonnenen Daten können die standardisierten Parameter für die Gesamtschlafzeit, Zeit im Bett, Einschlaf latenz, REM-Schlaf latenz, Schlaffeffizienz, absoluter und prozentualer Anteil einzelner Schlafstadien, Anzahl der Schlafstadienwechsel, REM-Dichte, Arousalanzahl (absolut und pro Schlafstadium), Spindeln relativ und absolut, Entsättigung und Anzahl respiratorischer Ereignisse (Apnoen und Hypopnoen) erhoben werden.

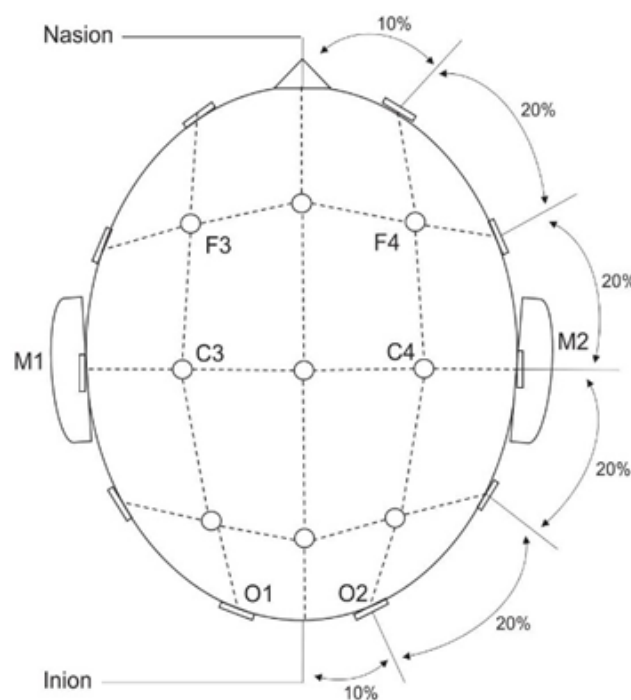


Abbildung 4: Positionierung der Elektroden bei der Polysomnographie (Rundo und Downey 2019)

2.5 Kognitive Testung

Bei Insomnie kann es ebenfalls zu einer Beeinträchtigung der kognitiven Fähigkeiten führen. Diese wurden mit Hilfe der folgenden Tests bei den Proband*innen erhoben.

2.5.1 Verbaler Lern- und Merkfähigkeitstest (VLMT)

Der Verbale Lern- und Merkfähigkeitstest (VLMT) ist ein Test zum seriellen Listenlernen. Er besteht aus einer Wortliste mit 15 Wörtern, die dem*der Probanden*in in fünf Durchgängen vorgelesen werden. Nach jedem Durchgang soll der*die Proband*in alle Worte wiederholen, die er*sie noch erinnert. In diesem Versuch werden die ersten fünf Durchgänge abends vor dem Schlafengehen durchgeführt. Am nächsten Morgen erfolgt ein Durchgang ohne vorherige Wiederholung der Worte des*der Untersuchers*in. Anschließend erfolgen zwei weitere Durchgänge mit dem Vorlesen der Worte und einer Wiederholung des*der Probanden*in. Die Fehlerpunkte werden addiert und als Maß für die kognitiven Fähigkeiten vor und nach dem Schlafen herangezogen. Es existieren zwei Paralleltestformen, die für die Wiederholungsversuche bei dem zweiten Termin eingesetzt werden (S. Lux et al. 1999).

2.5.2 Zahlennachsprechen

Das Zahlen nachsprechen aus dem Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Erwachsene – Revision (HAWIE-R) dient der Einschätzung der sprachlichen Intelligenz. Hierbei werden dem*der Probanden*in von dem*der Versuchsleiter*in die Zahlenreihen in einem zeitlichen Abstand von etwa einer Sekunde vorgelesen. Anschließend soll der*die Proband*in die Zahlenreihe wiederholen. In einem zweiten Durchgang werden die gleichen Zahlenreihen vorgelesen und der*die Proband*in soll diese rückwärts wiederholen. Es wird eine zweite Zahlenreihe mit der gleichen Schwierigkeit vorgelesen, wenn ein Fehler des*der Probanden*in in der ersten Zahlenreihe aufgetreten ist. Wenn der*die Proband*in in beiden Durchgängen der gleichen Schwierigkeit versagt hat, wird der Test abgebrochen. Für jede Reihe, in der der*die Proband*in bei dem ersten Versuch erfolgreich war, erhält er*sie zwei Punkte. Wenn der*die Proband*in erst bei dem zweiten Versuch erfolgreich war, erhält er*sie einen Punkt für diese Reihe. Bei einem Abbruch erhält der*die Proband*in null Punkte für die Reihe. Es wird ein Gesamtwert aus allen Reihen addiert. Dieser Test wird abends vor dem Schlafengehen mit den Proband*innen durchgeführt und morgens direkt nach dem Aufstehen mit anderen Zahlenreihen wiederholt (Erzberger und Engel 2010).

2.6 Verfahren zur Messung der Körperzusammensetzung

In den folgenden Abschnitten werden sämtliche verwendeten Messungen zur Körperzusammensetzung beschrieben. Durch die unterschiedlichen Verfahren kann die Körperzusammensetzung sehr genau ermittelt werden.

2.6.1 Body-Mass-Index (BMI)

Die Körpergröße wird ohne Schuhe mit Hilfe eines Stadiometers auf 1,0 cm genau gemessen. Das Gewicht wird mit Hilfe einer Körperwaage auf 0,1 kg genau gemessen. Der BMI wird anhand der untenstehenden Formel aus den vorherig ermittelten Größen berechnet.

$$BMI = \frac{kg}{m^2}$$

2.6.2 Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA)

Die fettfreie Masse und die Fettmasse werden mit Hilfe der bioelektrischen Impedanzanalyse (BIA) über den Wassergehalt des Körpers bestimmt. Dafür soll der*die Proband*in nüchtern sein. Circa 10 Minuten vor der Messung soll eine horizontale Körperposition auf einer Liege eingenommen werden. Vor der Messung muss sichergestellt werden, dass sich keine Metallgegenstände direkt am Körper befinden und dass die Körpertemperatur an den Extremitäten im Normbereich liegt. In dieser Zeit können die BIA-Elektroden an der Hand und am Fuß angebracht werden. Die ersten beiden Elektroden werden jeweils dorsal mittig des Handgelenks und dorsal mittig auf Höhe des dritten Metakarpal-Phalangeal-Gelenks platziert. Die zweiten beiden Elektroden werden jeweils mittig zwischen den beiden Knöcheln und mittig des dritten Metatarsal-Phalangeal-Gelenks auf der Vorderfläche des Fußes angebracht. Der Mindestabstand zwischen distaler Elektrode und proximaler Elektrode soll 5 cm betragen. An der distalen Elektrode wird der Strom angelegt und an der proximalen Elektrode wird die Spannung gemessen. Die Arme sollen etwa 15 Grad von dem Körper und die Beine etwa 45 Grad voneinander gespreizt sein, um eine elektrische Verbindung zwischen den Extremitäten zu vermeiden (Caicedo-Eraso et al. 2012).

Die Messung dauert circa 5 Minuten. Es handelt sich um eine Widerstandsmessung des Gesamtkörpers. Gemessen wird die Leitfähigkeit der elektrolythaltigen Körperflüssigkeit für elektrischen Wechselstrom bei 50 kHz. Als Resultat werden die primären Messwerte für den resistiven (Resistanz) und kapazitiven (Reaktanz) Widerstand aufgenommen. Diese zeigen eine statistische Beziehung zu den sekundären Messwerten wie dem Gesamtkörperwasser. Aus Resistanz und Reaktanz wird mit Hilfe von Formeln die Körperzusammensetzung berechnet. Die Messung erfolgt im Verlauf der Studie zwei Mal (t_0 und t_2).

2.6.3 Magnetresonanztomographie (MRT)

Den heutigen Goldstandard zur Bestimmung der Fettgewebsverteilung von viszeralem und subkutanem Fett stellen bildgebende Verfahren dar. Die Methode der Wahl für diese Studie ist die Magnetresonananz-Tomographie (MRT), da sie ohne Risiko und ohne Strahlenbelastung für den*die Probanden*in durchgeführt werden kann. Die MRT wird mit einem 1,5 Tesla-Gerät der Klinik für Radiologie und Neuroradiologie des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein (UKSH) durchgeführt. Die Messung dauert etwa 10-15 Minuten. Währenddessen liegt der/die Proband*in ruhig in der Magnetröhre. Es werden Querschnittsbilder mit einer Schichtdicke von 10 mm von der Lungenbasis (Th10) bis ins kleine Becken zu den Femurköpfen aufgenommen (Bosy-Westphal et al. 2010). Während der Aufnahme müssen die Proband*innen den Atem anhalten. Die entstandenen Bilder werden manuell von einem*r erfahrenen Beobachter*in analysiert. Auf Basis der Graustufenpixelhistogramme werden die verschiedenen Körperkomponenten, wie Fett- und Muskelgewebe voneinander abgegrenzt (Lee et al. 2000), wie beispielhaft in Abbildung 5 gezeigt. Mit Hilfe der semi-automatischen Auswertungs-Software (SliceOmatic, Tomovision) werden die durch automatische Aufsummierung der Gewebepixel segmentierten Gewebeflächen addiert, anschließend mit der jeweiligen Schichtdicke multipliziert und somit in Volumenwerte umgerechnet. Die Volumeneinheiten werden in Masseneinheiten umgewandelt, indem die Volumina mit der konstanten Massedichte für die jeweilige Komponente multipliziert werden. Die Messung erfolgt im Verlauf der Studie zwei Mal zum Zeitpunkt t0 und zum Zeitpunkt t2.

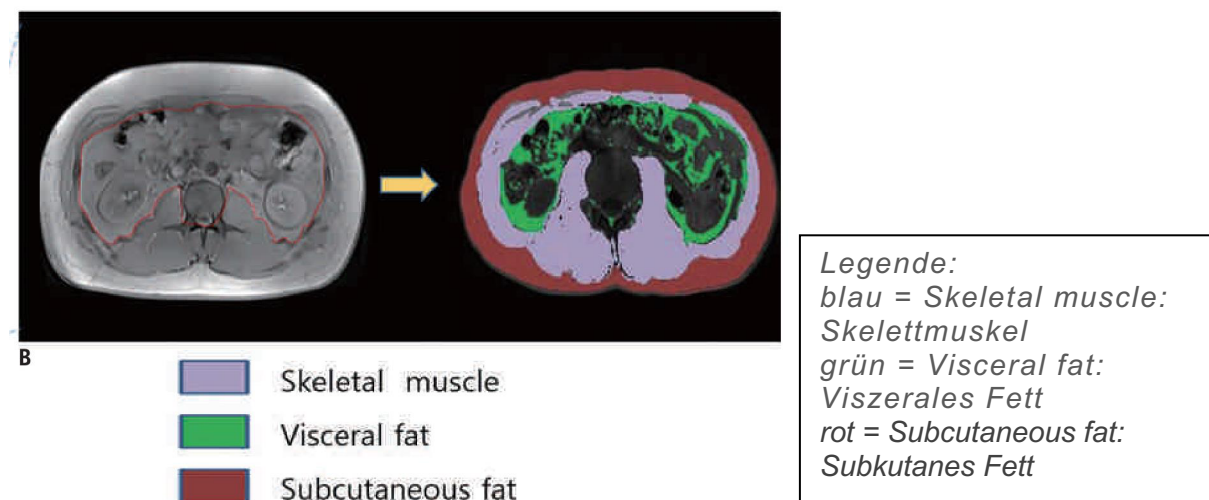


Abbildung 5: MRT eines 55-jährigen männlichen Patienten, Segmentierung auf Höhe von Wirbelkörper L3 (Lee et al. 2019, S. 213)

2.6.4 Indirekte Kalorimetrie

Durch die Messung des Gasaustausches bei dem Atmen kann der Ruheenergieverbrauch und die Fettverbrennung bestimmt werden. Die Messungen werden mit dem indirekten Kalorimeter der Vmax Series vorgenommen. Dies geschieht in Rückenlage in entspannter Haltung unter einer durchsichtigen Atemhaube. Der*Die Proband*in muss dabei nüchtern sein. Die Messung ist nicht invasiv und dauert 40 Minuten. Dabei werden nur die letzten 25 Minuten für die Berechnung verwertet und die ersten 15 Minuten werden verworfen. Der Ruheenergieverbrauch wird nach der Formel von Weir berechnet (Weir 1949).

2.6.5 Accelerometer

Die körperliche Aktivität der Proband*innen wird mit Hilfe eines Schrittzählers (Accelerometer) über 7 Tage erfasst.

2.7 Statistische Methoden

Alle gesammelten Daten werden codiert in eine Microsoft Excel-Datei übertragen und zusammengestellt. Alle statistischen Analysen werden anschließend mittels SPSS (Version 25) durchgeführt. Von den zusammengestellten Daten werden bei Vorliegen von Normalverteilung Mittelwerte und Standardabweichungen für den Vergleich von den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten t0 und t2 mittels gepaartem zweiseitigem t-Test analysiert. Bei allen in dieser Studie durchgeführten Korrelationsanalysen wurde der Korrelationseffizient nach Pearson (Produkt-Moment-Korrelationskoeffizient) errechnet. Hierbei gilt ein Wert von $p \leq 0,05$ als statistisch signifikant.

2.8 Ethikvotum

Das Studienprotokoll wurde der zuständigen Ethikkommission der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel vorgelegt und von dieser positiv votiert (Referenznummer D 459/17).

2.9 Verwendung des Gesamtdatensatzes

Durch die vielen verschiedenen Messmethoden wurden zahlreiche Daten erhoben, die nicht alle in dieser Promotion berücksichtigt werden können und zum Teil Gegenstand einer anderen Doktorarbeit sind.

3 Ergebnisse

Dieses Kapitel zeigt alle Ergebnisse der Daten auf, die im Rahmen dieser Promotion betrachtet werden. Es wird auf die erhobenen Daten des Probandenkollektivs und die Korrelationen zwischen den Schlafstadien und der Körperzusammensetzung bzw. der kognitiven Testung eingegangen.

3.1 Probandenkollektiv

Das in die Auswertung aufgenommene Probandenkollektiv besteht aus N=13 Probanden für t0. Im Verlauf brachen vier Proband*innen ihre Teilnahme an der Studie ab. Somit werden für die Auswertung der Zeitpunkte t1 und t2 sowie die Vergleiche vor und nach der Therapie die Werte von N=9 Proband*innen herangezogen.

3.1.1 Untersuchungstermine des Probandenkollektivs

Die Untersuchungstermine der Proband*innen können in Tabelle 2 abgelesen werden. Zwischen der kognitiven Verhaltenstherapie und dem dritten Untersuchungstermin liegen im Durchschnitt 200,4 Tage. Dies entspricht circa 6,6 Monaten.

3.1.2 Alter des Probandenkollektivs

Der Altersdurchschnitt des Probandenkollektivs (N=13) zum Zeitpunkt t0 beträgt 43,08 Jahre mit einem Minimum von 25 Jahren und einem Maximum von 60 Jahren.

3.1.3 Geschlecht des Probandenkollektivs

Das Probandenkollektiv besteht aus 11 weiblichen und 2 männlichen Proband*innen.

Tabelle 2: Untersuchungstermine des Probandenkollektivs

Code	t0	t1	t2	Therapie	Tage zwischen Therapie und t2
BCS01	05.07.2018	08.06.2019	24.10.2019	04.05.2019 & 08.06.2019	138
BCS02	19.07.2018	-	-	-	
BCS10	20.09.2018	-	-	-	
BCS20	06.12.2018	-	-	-	
BCS39	24.01.2019	08.06.2019	17.09.2019	04.05.2019 & 08.06.2019	101
BCS40	17.01.2019	08.06.2019	30.01.2020	04.05.2019 & 08.06.2019	236
BCS42	21.03.2019	08.06.2019	20.10.2019	04.05.2019 & 08.06.2019	134
BCS44	05.12.2019	08.02.2020	10.10.2020	08.02.2020 & 01.03.2020	223
BCS50	20.06.2019	08.02.2020	15.10.2020	08.02.2020 & 01.03.2020	228
BCS52	21.11.2019	-	-	-	
BCS59	17.10.2019	08.02.2020	07.11.2020	08.02.2020 & 01.03.2020	251
BCS60	30.01.2020	08.02.2020	29.10.2020	08.02.2020 & 01.03.2020	242
BCS61	19.12.2019	08.02.2020	07.11.2020	08.02.2020 & 01.03.2020	251

Legende:

t0: 1. Untersuchungszeitpunkt vor Therapie

t1: 2. Untersuchungszeitpunkt während Therapie

t2: 3. Untersuchungszeitpunkt nach Therapie

3.1.4 Beruf und Diagnosen des Probandenkollektivs

Die Berufe und Diagnosen nach den ICD-10-Kriterien der einzelnen Proband*innen sind in Tabelle 3 aufgelistet. Alle Proband*innen haben zum Untersuchungszeitpunkt t0 eine Insomnie nach den ICD-10-Kriterien. N=4 haben neben der Insomnie keine weiteren Erkrankungen. N=4 haben neben der Hauptdiagnose Insomnie weitere psychiatrische Nebendiagnosen und N=5 haben weitere Erkrankungen aus dem somatischen Fachbereich. Unter die psychiatrischen Nebendiagnosen fallen depressive und somatoforme Störungen. Die depressiven Störungen sind gegenwärtig remittiert und nehmen somit keinen Einfluss auf die Studie. Die latente Hypothyreose der Probandin BCS01 fiel erstmalig bei Untersuchungszeitpunkt t0 auf mit einem leicht erhöhten TSH von 5,67 mIU/l, aber normwertigem fT3 und fT4. Somit nimmt diese Begleitdiagnose ebenfalls keinen Einfluss auf die Studie.

Tabelle 3: Beruf und Diagnosen des Probandenkollektivs

Code	Alter	G.	Beruf	Diagnosen nach ICD-10
BCS01	45	w	Verwaltungs- angestellte	F51.0 (Insomnie) E03.9 (Latente Hypothyreose)
BCS02	60	w	Bewegungs- therapeutin	F51.0 (Insomnie) D61.9 (Aplastische Anämie)
BCS10	25	w	Studentin	F51.0 (Insomnie)
BCS20	33	w	Studentin	F 51.0 (Insomnie) F33.9 (Rezidivierende depressive Störung, gegenwärtig remittiert) F45.8 (Somatoforme Störung)
BCS39	40	w	Bankkauffrau	F 51.0 (Insomnie)
BCS40	59	w	Büroangestellte	F 51.0 (Insomnie)
BCS42	53	w	Hygienefachkraft	F 51.0 (Insomnie) L20.8 (Atopisches Ekzem) J30.1 (Allergische Rhinopathie)
BCS44	53	w	Sachbearbeiterin Finanzbuchhaltung	F 51.0 (Insomnie) F32.1 (Mittelgradige depressive Episode, gegenwärtig remittiert)
BCS50	44	w	Übersetzerin für leichte Sprache	F 51.0 (Insomnie) F45.1 (Somatoforme Störung)
BCS52	34	m	Zahnarzt	F 51.0 (Insomnie) K21.9 (Gastroösophageale Refluxkrankheit)
BCS59	38	w	Sachbearbeiterin	F 51.0 (Insomnie) F45.8 (Somatoforme Störung)
BCS60	51	m	Bauleitung	F 51.0 (Insomnie)
BCS61	25	w	Sozialarbeiterin im Jugendamt	F 51.0 (Insomnie)

Die Diagnosen betreffen den Zeitpunkt der Untersuchung t0.

Legende:

Alter: in Jahren

G.: Geschlecht: m = männlich, w = weiblich

3.1.5 Medikation des Probandenkollektivs

In Tabelle 4 ist eine Übersicht der Medikation des Probandenkollektivs zu den Untersuchungszeitpunkten t0 und t2 einzusehen. N=9 nehmen zu keinem Untersuchungszeitpunkt der Studie regelmäßig Medikamente ein. N=3 erhalten nur zu einem Untersuchungszeitpunkt Medikamente und N=1 erhält zu beiden Untersuchungszeitpunkten Medikamente. N=3 nehmen zum ersten Untersuchungszeitpunkt t0 und N=2 zum dritten Untersuchungszeitpunkt t2 Medikamente ein. Darunter fallen Medikamente zur Behandlung somatischer Erkrankungen und psychosomatischer Begleiterkrankungen, sowie das orale Kontrazeptivum zur Verhütung.

Tabelle 4: Medikation vor und nach Therapiebeginn des Probandenkollektivs

Code	Alter	G.	Medikation t0	Medikation t2
BCS01	45	w	0	0
BCS02	60	w	0	-
BCS10	25	w	0	-
BCS20	33	w	Orales Kontrazeptivum	-
BCS39	40	w	0	Vitamin B Komplex, Eisen
BCS40	59	w	Magnesium, Calcium, Vitamin D3	Melatonin
BCS42	53	w	0	0
BCS44	53	w	Citalopram 20 mg morgens	0
BCS50	44	w	0	0
BCS52	34	m	0	-
BCS59	38	w	0	0
BCS60	51	M	0	0
BCS61	25	W	0	0

Die Medikation betrifft jeweils den Zeitpunkt der Untersuchung t0 und t2.

Legende:

Alter: in Jahren

G.: Geschlecht: m = männlich, w = weiblich

0 = keine Medikation

- = keine Abfrage wegen Ausscheiden aus der Studie

3.2 Psychometrische Daten

3.2.1 BDI und PSQI des Probandenkollektivs

In Tabelle 5 sind die Werte des BDI und des PSQI im Verlauf über die Untersuchungszeitpunkte dargestellt. Der BDI dient zum Untersuchungszeitpunkt t0 zur Erfassung einer depressiven Symptomatik. Der Mittelwert war 11,45 mit einem Minimum von 4,0 und einem Maximum von 20,0. Der PSQI dient als Verlaufsparemeter vor, während und nach Therapie als subjektiver Eindruck über die schlafbezogenen Beschwerden. In Abbildung 6 lässt sich der Verlauf des Probandenkollektivs über die Untersuchungszeitpunkte erkennen. Bei allen Proband*innen (N=13) gilt der PSQI zum Zeitpunkt t0 vor Therapie mit einem Summenwert >5 als auffällig. Bei allen Werten, die zum Zeitpunkt t2 nach der Therapie vorlagen (N=8), kann eine Regression des Summenwertes des PSQI festgestellt werden (Abbildung 7). N=1 weist zum Untersuchungszeitpunkt t2 einen Summenwert des PSQI unterhalb der Auffälligkeitsgrenze von >5 auf.

Tabelle 5: BDI vor Therapiebeginn und PSQI vor, während und nach Therapiebeginn

Code	Alter	G.	BDI t0	PSQI t0	PSQI t1	PSQI t2
BCS01	45	w	20	12	7	5
BCS02	60	w	12	10	-	-
BCS10	25	w	7	12	-	-
BCS20	33	w	4	5	-	-
BCS39	40	w	11	15	13	14
BCS40	59	w	13	17	10	5
BCS42	53	w	7	13	12	12
BCS44	53	w	-	14	12	11
BCS50	44	w	17	12	12	4
BCS52	34	m	-	13	-	-
BCS59	38	w	10	8	13	6
BCS60	51	m	18	20	18	18
BCS61	25	w	7	7	11	-

Legende:

Alter: in Jahren

G.: Geschlecht: m = männlich, w = weiblich

BDI: Summenwert des Beck-Depressions-Inventars

PSQI: Summenwert des Schlafqualitätsfragebogens (Pittsburgh Sleep Quality Index)

t0: 1. Untersuchungszeitpunkt vor Therapie

t1: 2. Untersuchungszeitpunkt während Therapie

t2: 3. Untersuchungszeitpunkt nach Therapie

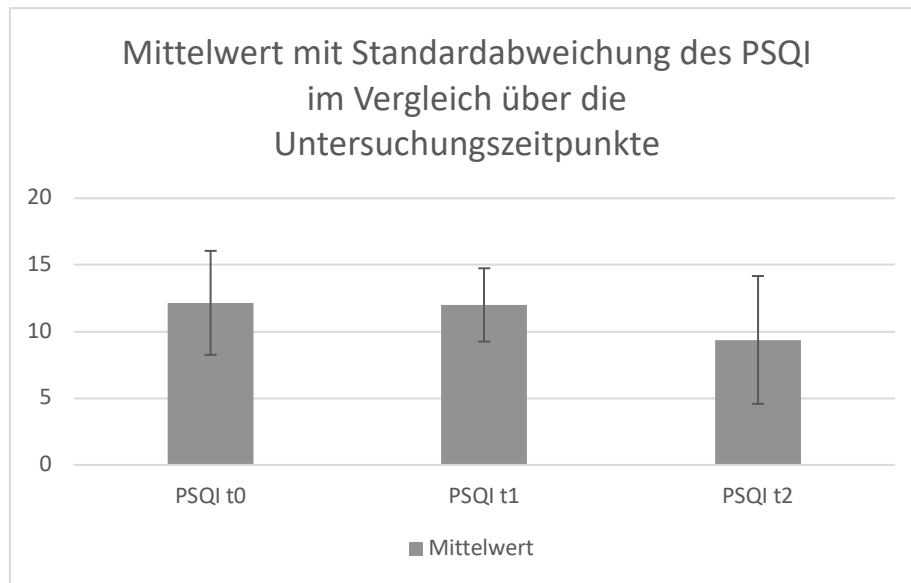


Abbildung 6: Mittelwert mit Standardabweichung des PSQI im Vergleich über die Untersuchungszeitpunkte

Legende:

PSQI: Summenwert des Schlafqualitätsfragebogens (Pittsburgh Sleep Quality Index)

t0: 1. Untersuchungszeitpunkt vor Therapie

t1: 2. Untersuchungszeitpunkt während Therapie

t2: 3. Untersuchungszeitpunkt nach Therapie

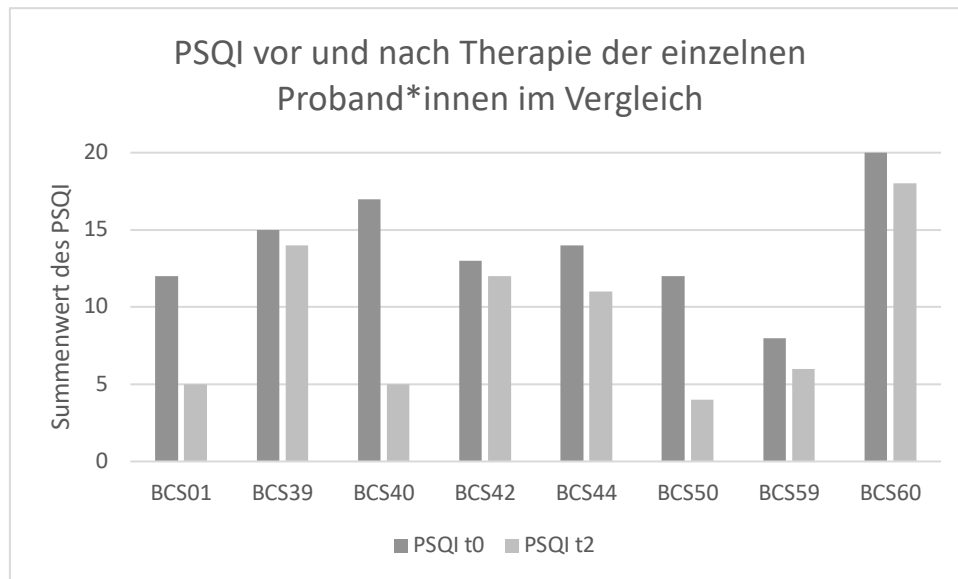


Abbildung 7: PSQI vor und nach Therapiebeginn der einzelnen Proband*innen im Vergleich

Legende:

PSQI: Summenwert des Schlafqualitätsfragebogens (Pittsburgh Sleep Quality Index)

t0: 1. Untersuchungszeitpunkt vor Therapie

t2: 3. Untersuchungszeitpunkt nach Therapie

3.3 Schlafdaten des Probandenkollektivs

In Tabelle 6 sind die Gesamtschlafdauer, der REM-Schlaf und der Tiefschlaf der einzelnen Proband*innen im Vergleich über die Untersuchungszeitpunkte vor und nach Therapie dargestellt. Die Gesamtschlafdauer hat sich bei N=3 erhöht und bei N=6 verringert. Bei N=6 hat sich die absolute REM-Schlafzeit erhöht und bei N=3 hat sich diese verringert. Die absolute Tiefschlafzeit hat sich bei N=4 erhöht und bei N=5 verringert (Abbildung 8 und Abbildung 9).

Anschließend werden diese erhobenen Daten zunächst in Korrelation mit der Körperzusammensetzung gesetzt und ausgewertet.

Tabelle 6: Gesamtschlafdauer (TST), REM- und Tiefschlaf der Proband*innen im Vergleich

Code	TST t0	TST t2	REM-Schlaf t0	REM-Schlaf t2	Tiefschlaf t0	Tiefschlaf t2
BCS01	409	428	62	83	187	169
BCS02	338	-	55	-	85	-
BCS10	355	-	42	-	179	-
BCS20	435	-	67	-	204	-
BCS39	336	361	35	58	51	46
BCS40	378	291	51	25	108	47
BCS42	389	360	95	72	117	102
BCS44	434	416	96	105	106	125
BCS50	344	416	76	112	75	99
BCS52	431	-	92	-	111	-
BCS59	427	420	92	96	124	176
BCS60	334	308	3	80	1	23
BCS61	452	407	82	61	169	127

Legende:

TST: Total Sleep Time (Gesamtschlafdauer)

REM-Schlaf: Rapid-Eye-Movement-Schlaf in Minuten

Tiefschlaf: in Minuten

t0: 1. Untersuchungszeitpunkt vor Therapie

t2: 3. Untersuchungszeitpunkt nach Therapie

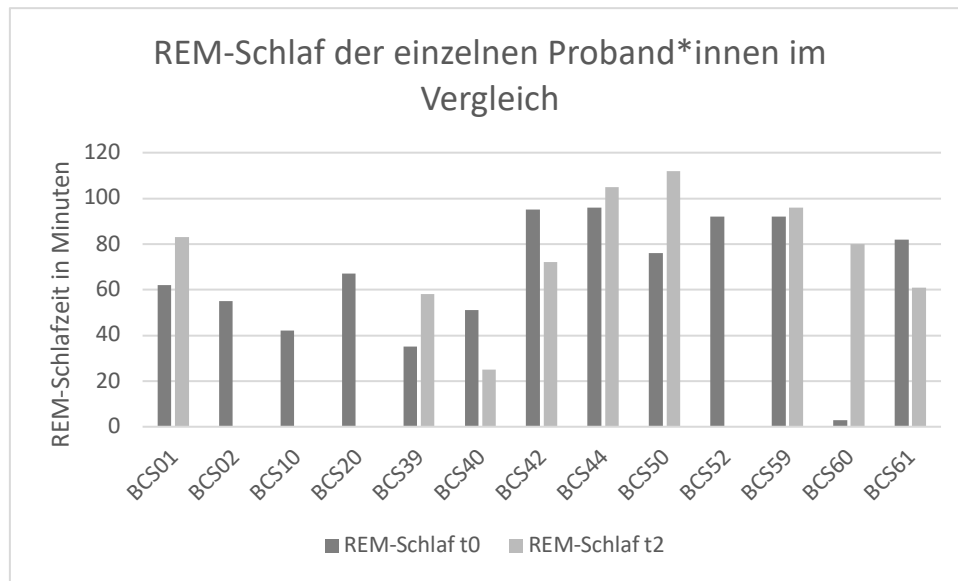


Abbildung 8: REM-Schlaf der einzelnen Proband*innen im Vergleich

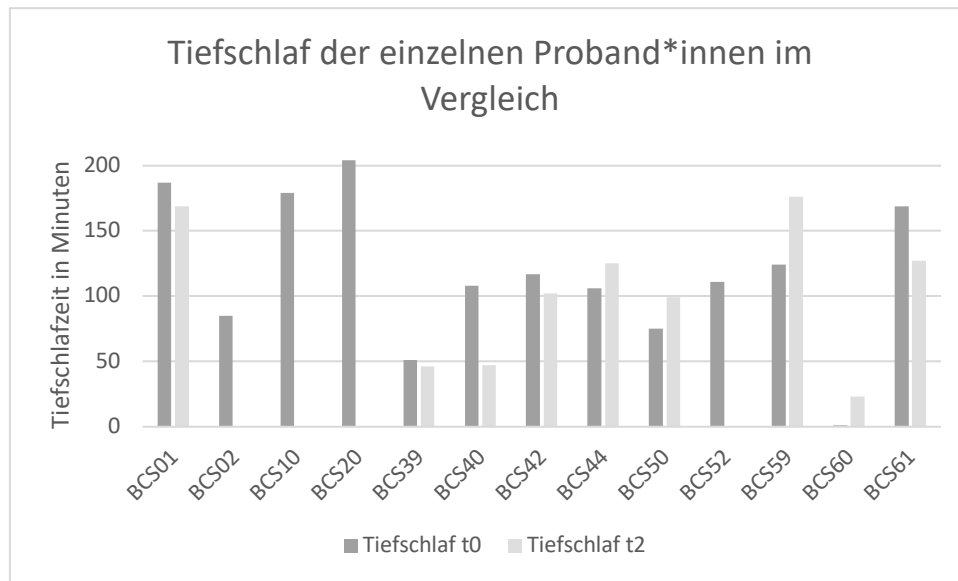


Abbildung 9: Tiefschlaf der einzelnen Proband*innen im Vergleich

3.4 Gewichtsmaße des Probandenkollektivs

In Tabelle 7 ist das Gewicht der einzelnen Proband*innen im Vergleich über die Untersuchungszeitpunkte vor und nach Therapie dargestellt. Bei N=3 hat sich das Gewicht reduziert und bei N=6 hat sich das Gewicht erhöht (Abbildung 10). In Abbildung 11 ist der Mittelwert mit der Standardabweichung über die Untersuchungszeitpunkte hinweg dargestellt. Im Mittelwert hat sich das Gewicht erhöht.

Tabelle 7: Gewichtsmaße der Proband*innen im Vergleich

Code	Gewicht t0	Gewicht t2
BCS01	62,49	62,02
BCS02	63,59	-
BCS10	66,35	-
BCS20	51,56	-
BCS39	73,94	74,05
BCS40	60,83	60,90
BCS42	61,64	62,23
BCS44	67,20	68,90
BCS50	74,00	73,90
BCS52	93,50	-
BCS59	85,34	87,70
BCS60	88,40	84,90
BCS61	72,80	74,40

Legende:
Gewicht: in Kilogramm
t0: 1. Untersuchungszeitpunkt vor Therapie
t2: 3. Untersuchungszeitpunkt nach Therapie

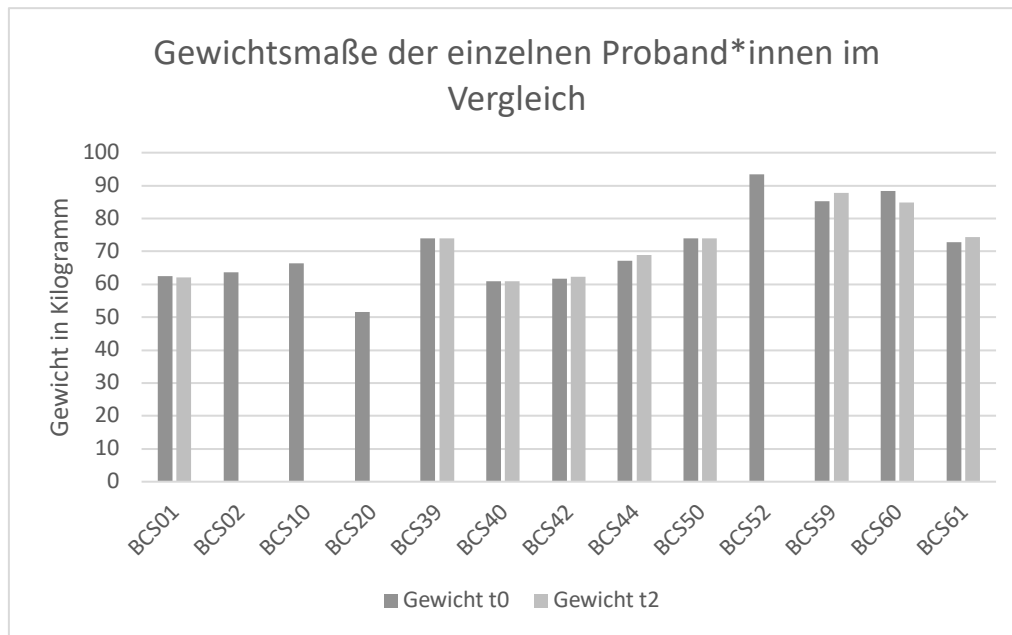


Abbildung 10: Gewichtsmaße der einzelnen Proband*innen im Vergleich

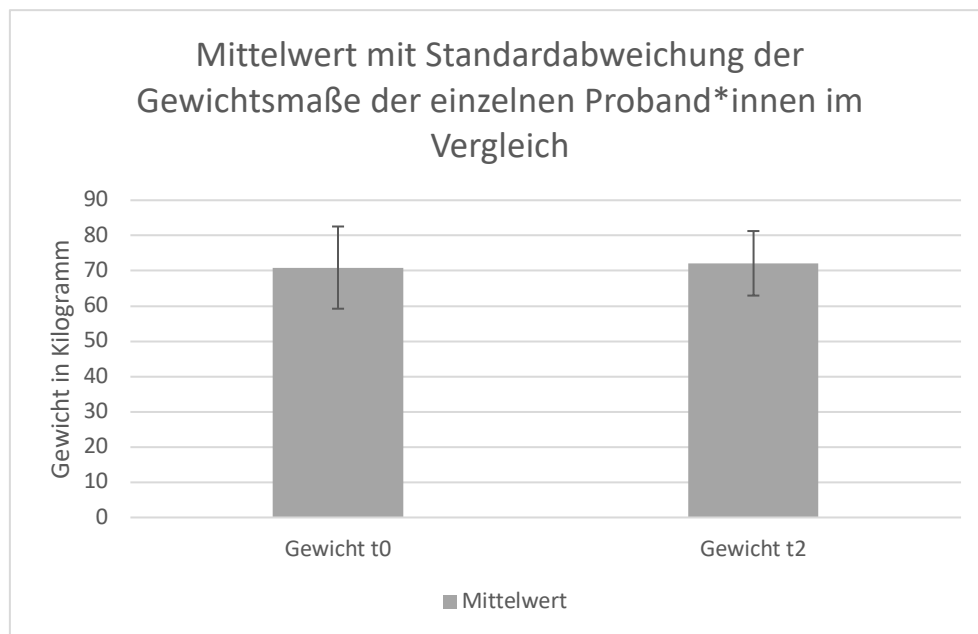


Abbildung 11: Mittelwert mit Standardabweichung der Gewichtsmaße im Vergleich über die Untersuchungszeitpunkte

3.5 Korrelationen der Schlafdaten mit Maßen der Körperzusammensetzung vor Therapiebeginn

Der folgende Abschnitt umfasst die Korrelation der subjektiven und objektiven Schlafparameter mit Maßen der Körperzusammensetzung vor der kognitiven Verhaltenstherapie.

3.5.1 BDI und PSQI in Korrelation zu Maßen der Körperzusammensetzung vor Therapiebeginn

In Tabelle 8 werden die Summenwerte des BDI und des PSQI in Korrelation zu den Maßen der Körperzusammensetzung gesetzt. Es zeigten sich hier keine signifikanten Zusammenhänge. Mit einem p-Wert von 0,056 ergab sich ein Trend zwischen dem PSQI und dem viszeralen Fettvolumen. Je schlechter die subjektive Schlafqualität der letzten zwei Wochen war, desto höher lag das viszerale Fettvolumen (Abbildung 12).

Tabelle 8: BDI und PSQI in Korrelation nach Pearson zu Maßen der Körperzusammensetzung vor Therapiebeginn

Korrelationswerte nach Pearson		BDI	PSQI
Gewicht	Korrelationskoeffizient r	0,379	0,317
	p-Wert	0,251	0,291
	N	11	13
BMI	Korrelationskoeffizient r	0,228	0,164
	p-Wert	0,5	0,592
	N	11	13
Durchschnittlicher Taillenumfang	Korrelationskoeffizient r	0,423	0,481
	p-Wert	0,195	0,096
	N	11	13
Durchschnittlicher Hüftumfang	Korrelationskoeffizient r	0,301	0,171
	p-Wert	0,368	0,576
	N	11	13
Durchschnittlicher Armumfang	Korrelationskoeffizient r	0,366	0,11
	p-Wert	0,268	0,721
	N	11	13
Durchschnittlicher Beinumfang	Korrelationskoeffizient r	0,25	0,135
	p-Wert	0,458	0,66
	N	11	13
Subkutanes Fettvolumen	Korrelationskoeffizient r	0,402	0,365
	p-Wert	0,284	0,269
	N	9	11
Viszerales Fettvolumen	Korrelationskoeffizient r	0,421	0,591
	p-Wert	0,259	0,056
	N	9	11
Skelettmuskelmasse	Korrelationskoeffizient r	0,335	0,294
	p-Wert	0,379	0,379
	N	9	11
Fettmasse	Korrelationskoeffizient r	0,294	0,137
	p-Wert	0,379	0,656
	N	11	13
Magermasse	Korrelationskoeffizient r	0,306	0,34
	p-Wert	0,36	0,256
	N	11	13
Fettprozent	Korrelationskoeffizient r	0,249	0,025
	p-Wert	0,46	0,934
	N	11	13
Magerprozent	Korrelationskoeffizient r	-0,249	-0,025
	p-Wert	0,46	0,934
	N	11	13

Legende auf der folgenden Seite

Legende:

Korrelationskoeffizient r anhand der Pearson-Korrelation errechnet

BDI: Summenwert des Beck-Depressions-Inventars

PSQI: Summenwert des Schlafqualitätsfragebogens (Pittsburgh Sleep Quality Index)

Gewicht: in Kilogramm

BMI: Body-Mass-Index in kg/m^2

Durchschnittlicher Umfang: in cm

Fettvolumen: in Liter

Skelettmuskelmasse: in Kilogramm

Fettmasse: in Kilogramm

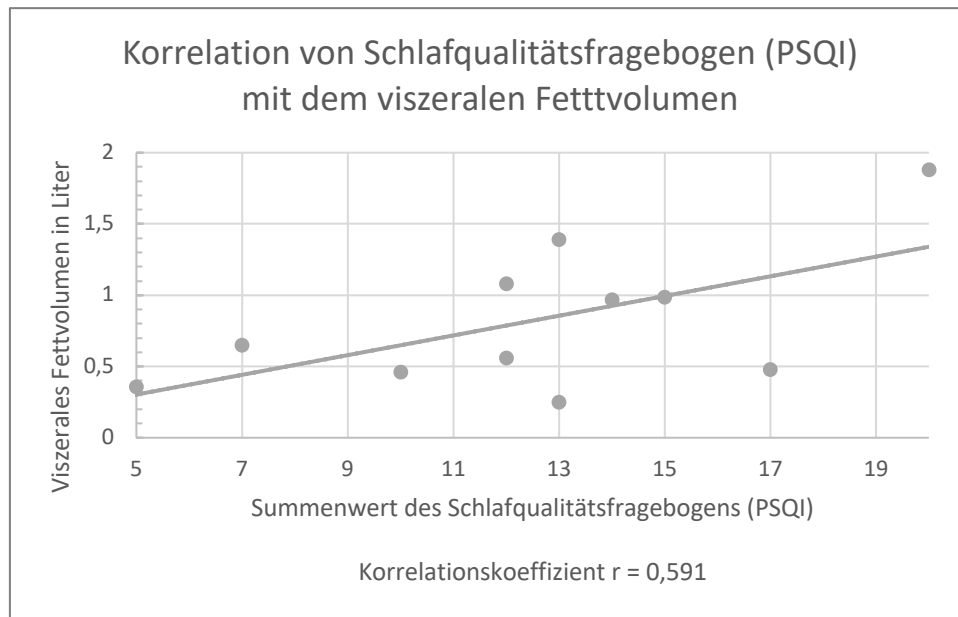


Abbildung 12: Korrelation von Schlafqualitätsfragebogen (PSQI) mit dem viszeralen Fettvolumen

3.5.2 Schlaflänge, Tiefschlaf und REM-Schlaf in Korrelation zu Maßen der Körperzusammensetzung vor Therapiebeginn

In Tabelle 9 sind die Korrelationen zwischen den Schlafparametern Totale Schlafzeit, Tiefschlaf und REM-Schlaf und den Maßen der Körperzusammensetzung dargestellt. Mit einem Signifikanzniveau von 5 % korreliert die Dauer des Tiefschlafs negativ mit dem durchschnittlichen Taillenumfang und negativ als statistischer Trend ($p < 0,1$) mit dem Gesamtgewicht und mit dem viszeralen Fettvolumen. Hierbei ist ein negativer Korrelationskoeffizient r von -0,534 für die Korrelation des Tiefschlafs mit dem Gesamtgewicht bei einem p -Wert von 0,06 (Abbildung 13), ein negativer Korrelationskoeffizient r von -0,626 für die Korrelation des Tiefschlafs mit dem durchschnittlichen Taillenumfang bei einem p -Wert von 0,022 (Abbildung 14) und ebenfalls ein negativer Korrelationskoeffizient r von -0,577 für die Korrelation des Tiefschlafs mit dem viszeralen Fettvolumen bei einem p -Wert von 0,063 (Abbildung 15) zu sehen. Das heißt, je weniger Tiefschlaf, desto höher das Gesamtgewicht, der Taillenumfang und das viszerale Fettvolumen

Tabelle 9: Totale Schlafzeit, Tiefschlaf und REM-Schlaf in Korrelation nach Pearson zu Maßen der Körperzusammensetzung vor Therapiebeginn

Korrelationswerte nach Pearson		Totale Schlafzeit	Tiefschlaf	REM-Schlaf
Gewicht	r	-0,036	-0,534	-0,049
	p-Wert	0,907	0,06	0,875
	N	13	13	13
BMI	r	0,008	-0,259	-0,082
	p-Wert	0,98	0,393	0,79
	N	13	13	13
Durchschnittlicher Taillenumfang	r	-0,125	-0,626	-0,018
	p-Wert	0,685	0,022	0,954
	N	13	13	13
Durchschnittlicher Hüftumfang	r	-0,153	-0,403	0,123
	p-Wert	0,617	0,172	0,688
	N	13	13	13
Durchschnittlicher Armumfang	r	0,124	-0,346	0,187
	p-Wert	0,686	0,248	0,54
	N	13	13	13
Durchschnittlicher Beinumfang	r	-0,119	-0,47	0,019
	p-Wert	0,699	0,105	0,951
	N	13	13	13
Subkutanes Fettvolumen	r	0,098	-0,403	-0,075
	p-Wert	0,775	0,219	0,827
	N	11	11	11
Viszerales Fettvolumen	r	-0,274	-0,577	-0,478
	p-Wert	0,415	0,063	0,137
	N	11	11	11
Skelettmuskelmasse	r	-0,072	-0,486	-0,411
	p-Wert	0,833	0,129	0,21
	N	11	11	11
Fettmasse	r	-0,181	-0,414	0,013
	p-Wert	0,554	0,159	0,967
	N	13	13	13
Magermasse	r	0,069	-0,459	-0,074
	p-Wert	0,823	0,115	0,81
	N	13	13	13
Fettprozent	r	-0,265	-0,216	0,031
	p-Wert	0,382	0,478	0,92
	N	13	13	13
Magerprozent	r	0,265	0,216	-0,031
	p-Wert	0,382	0,478	0,92
	N	13	13	13

Legende auf der folgenden Seite

Legende:

r: Korrelationskoeffizient r anhand der Pearson-Korrelation errechnet

Totale Schlafzeit: in Minuten

Tiefschlaf: in Minuten

REM-Schlaf: Rapid-Eye-Movement-Schlaf in Minuten

Gewicht: in Kilogramm

BMI: Body-Mass-Index in kg/m^2

Durchschnittlicher Umfang: in cm

Fettvolumen: in Liter

Skelettmuskelmasse: in Kilogramm

Fettmasse: in Kilogramm

Magermasse: in Kilogramm

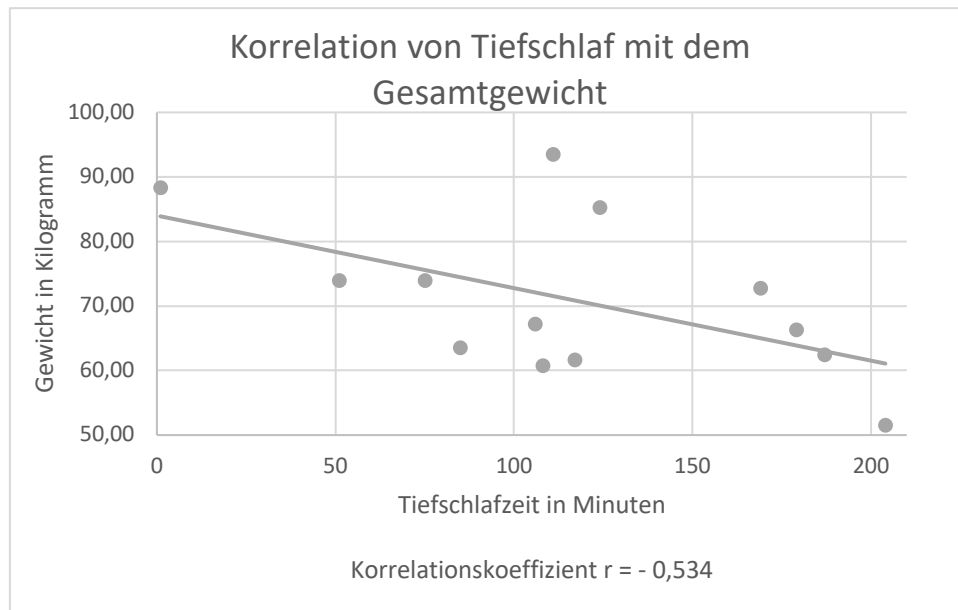


Abbildung 13: Korrelation von Tiefschlaf mit dem Gesamtgewicht

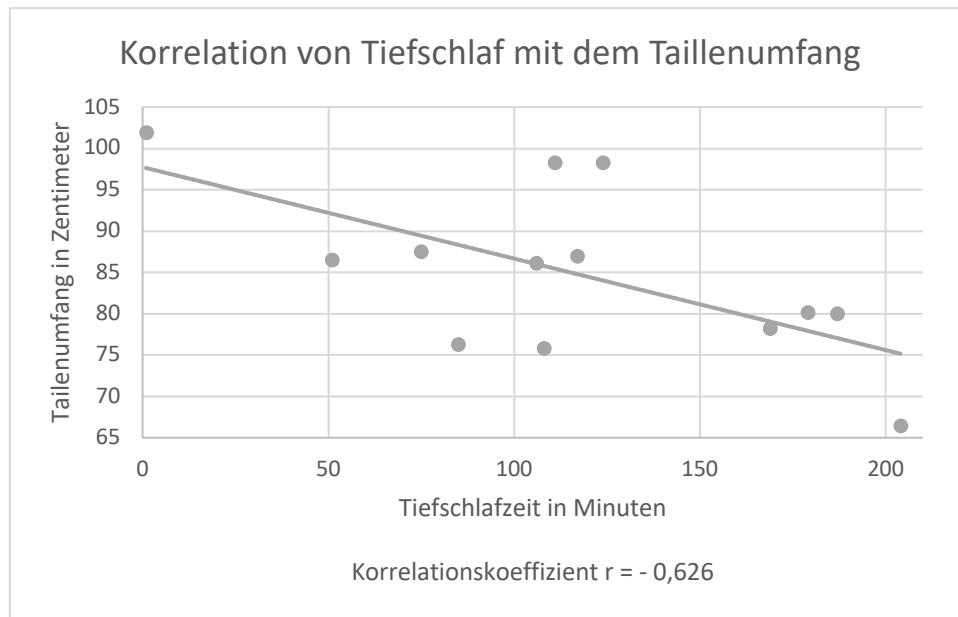


Abbildung 14: Korrelation von Tiefschlaf mit dem Taillenumfang

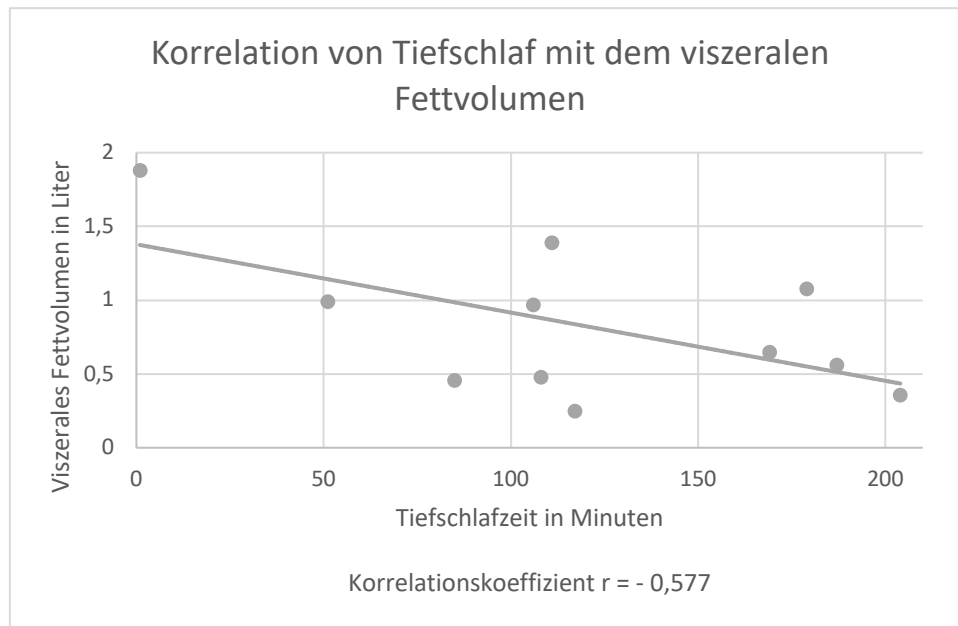


Abbildung 15: Korrelation von Tiefschlaf mit dem viszeralen Fettvolumen

3.6 Vergleich der Werte vor und nach Therapiebeginn

Abschließend folgt der Vergleich von den in dieser Promotion im Fokus stehenden Parametern der Körperzusammensetzung und des Schlafs.

In Tabelle 10 sind die Mittelwerte mit der jeweiligen Standardabweichung und der p-Wert zum Vergleich von den Zeitpunkten t0 und t2 dargestellt. Die subjektive Schlafqualität gemessen mit dem PSQI hat sich nach der Therapie signifikant gebessert. Die objektiven Schlafdaten und die Gewichtsmaße haben sich nicht verändert.

Tabelle 10: Vergleich der Werte vor und nach Therapiebeginn mittels 2-seitigem gepaartem t-Test

	t0	t2	p-Wert
PSQI	13,88 ± 3,60	9,38 ± 5,13	0,016
Gewicht	71,85 ± 10,00	72,11 ± 9,71	0,657
Fettmasse	20,34 ± 6,43	20,77 ± 5,91	0,536
Magermasse	51,39 ± 6,38	51,33 ± 6,80	0,908
Fettprozent	27,96 ± 6,02	28,58 ± 5,54	0,466
Magerprozent	72,04 ± 6,02	71,42 ± 5,54	0,466
Totale Schlafzeit	389,22 ± 44,47	378,56 ± 51,32	0,503
Tiefschlaf	104,22 ± 56,97	101,56 ± 54,23	0,828
REM-Schlaf	65,78 ± 31,51	76,89 ± 26,84	0,345

Legende:

t0: 1. Untersuchungszeitpunkt vor Therapie

t2: 3. Untersuchungszeitpunkt nach Therapie

PSQI: Summenwert des Schlafqualitätsfragebogens (Pittsburgh Sleep Quality Index)

Gewicht: in Kilogramm

Fettmasse: in Kilogramm

Magermasse: in Kilogramm

Totale Schlafzeit: in Minuten

Tiefschlaf: in Minuten

REM-Schlaf: Rapid-Eye-Movement-Schlaf in Minuten

4 Diskussion

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse zusammengefasst und in den aktuellen Forschungshintergrund eingeordnet. Anschließend werden die Ergebnisse und Methoden diskutiert, sowie die Stärken und Limitationen dieser Studie herausgearbeitet.

4.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Für den ersten Untersuchungszeitpunkt t_0 können innerhalb des Probandenkollektivs Korrelationen zwischen den Schlafparametern und den Maßen der Körperzusammensetzung festgestellt werden.

Es besteht eine positive Korrelation zwischen dem Summenwert des Schlafqualitätsfragebogens und dem viszeralen Fettvolumen, welches im MRT bestimmt wird. Somit geht eine schlechtere Schlafqualität mit einem erhöhten Stammfettanteil einher.

Des Weiteren lässt sich eine negative Korrelation zwischen der Tiefschlafzeit und dem Taillenumfang sowie dem viszeralen Fettvolumen messen. Die Proband*innen dieser Studie mit einer geringeren Tiefschlafzeit haben einen höheren Taillenumfang und einen höheren Anteil an viszeralem Fettvolumen.

Intraindividuelle Korrelationen zu den Untersuchungszeitpunkten vor und nach der kognitiven Verhaltenstherapie können im Hinblick auf die schlafbezogenen Daten in Zusammenschau mit den Maßen der Körperzusammensetzung nicht festgestellt werden. Das subjektive Schlafempfinden gemessen anhand des Summenwerts des Schlafqualitätsfragebogens hat sich von dem Untersuchungszeitpunkt t_0 zu t_2 signifikant verbessert, die anderen Werte der objektiven Schlafparameter sowie der Gewichtsmaße haben sich nicht verändert.

Diese neu gewonnenen Erkenntnisse werden im Anschluss im Hinblick auf den aktuellen Wissensstand diskutiert.

4.2 Interpretation und Einordnung der Ergebnisse in den Wissenskontext

In den folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse in den aktuellen Forschungsstand und Wissenskontext eingeordnet.

4.2.1 Korrelation von Schlaf zu Maßen der Körperzusammensetzung

In dieser Studie wird eine Korrelation zwischen subjektiver und objektiver Insomnie und einem höheren Stammfettanteil beschrieben. Dieses Ergebnis wird in vielen früheren Studien bestätigt, auf welche im Folgenden eingegangen wird.

Die Ergebnisse der Studie „Polysomnographic indicators of restorative sleep and body mass trajectories in the Wisconsin Sleep Cohort Study“ (Reither et al. 2021) beschreiben einen BMI-Anstieg bei den Proband*innen ab den 30er-Jahren bis zu den 50er-Jahren, bis der BMI in den 60er-Jahren auf einem Plateau stagniert und ab den 70er-Jahren wieder abfällt. Untersucht wurden „Between person“ (BP)-Unterschiede und „Within person“ (WP)-Unterschiede. Parameter für Schlaferholbarkeit waren im mittleren bis späten Leben negativ assoziiert mit dem BMI. Proband*innen mit einem höheren Anteil an erholsamen Schlaf zeigten eine geringere altersbedingte Gewichtszunahme.

Die Ergebnisse der Studie „Association Between Self-Reported Sleep Duration and Body Composition in Middle-Aged and Older Adults“ (Tan et al. 2019) beschreiben, dass gewohnheitsmäßiger Schlaf von mehr als 8 Stunden oder weniger als 5 Stunden pro Tag mit einer höheren Fettmasse und einer niedrigeren fettfreien Masse assoziiert ist als 6-7 Stunden gewohnheitsmäßiger Schlaf.

Alle Proband*innen der Studie „Associations of disordered sleep with body fat distribution, physical activity and diet among overweight middle-aged men“ (Tan et al. 2015) mit Schlafstörungen zeigen einen höheren Brust- und Hüftumfang und eine höhere Fettmasse in der Stammregion. Es konnten allerdings keine Unterschiede zwischen der Kontrollgruppe und der Gruppe mit den Schlafstörungen bei der Fettmasse in Prozent festgestellt werden.

Die Ergebnisse der Studie „A comparative Study of Body Composition and Sleep Habits Between Male and Female Students“ (Muaidi et al. 2019) beschreiben, dass eine kurze Schlafdauer von kürzer als sieben Stunden mit Übergewicht assoziiert ist. Allerdings konnte in dieser Studie auch ein großer Unterschied in der Körperzusammensetzung und in der Schlafdauer zwischen den Geschlechtern festgestellt werden. Männliche Studenten hatten einen höheren BMI, einen höheren Körperfettanteil und einen höheren totalen Wasseranteil im Körper und höhere Werte in den Schlaffragebögen, also schlechtere Schlafgewohnheiten. Weibliche Studentinnen hatten einen niedrigeren BMI, einen niedrigeren Körperfettanteil und

einen niedrigeren totalen Wasseranteil im Körper und niedrigere Werte in den Schlafragebögen, also gute Schlafgewohnheiten. Viele Studien berichten, dass es einen signifikanten Unterschied zwischen Frauen und Männern bei dem Zusammenhang zwischen Schlaf und Übergewicht gibt. Männer sind möglicherweise empfindlicher auf Schlafverkürzungen als Frauen.

4.2.2 Einfluss einer Therapie auf die Körperzusammensetzung

Diese Studie ist die Erste, die intraindividuelle Unterschiede vor und nach einer kognitiven Verhaltenstherapie bei Insomniepatient*innen untersucht.

In der Studie von Reither et al. 2021 wurden die Proband*innen ebenfalls über einen längeren Zeitraum betrachtet, hier fand allerdings nie eine therapeutische Intervention statt. In der im Rahmen dieser Promotion durchgeführten Studie konnte über einen Zeitraum von durchschnittlich etwa 6 Monaten keine statistisch signifikante Veränderung im Hinblick auf die schlafbezogenen Daten in Zusammenschau mit den Maßen der Körperzusammensetzung festgestellt werden. Allerdings hat sich das subjektive Schlafempfinden gemessen anhand des Summenwerts des Schlafqualitätsfragebogens über die Untersuchungszeitpunkte signifikant verbessert. Verglichen mit der Studie von Reither et al. 2021, in der Proband*innen mit einem höheren Anteil an erholsamem Schlaf eine geringere altersbedingte Gewichtszunahme zeigten, lässt die hier durchgeführte Studie ähnliche Ergebnisse vermuten, wenn die Proband*innen über einen noch längeren Zeitraum beobachtet werden würden.

Zur Messung dieser intraindividuellen Unterschiede werden verschiedene Methoden herangezogen, die im folgenden Abschnitt diskutiert werden.

4.3 Diskussion der Methodik

Die im Rahmen dieser Promotion durchgeführten Studie bestimmt objektiv den Schlaf und die Körperzusammensetzung mittels folgender verschiedener Methoden. Zur Messung des Schlafs wurden subjektive Methoden über diverse Fragebögen und objektive Methoden über die Polysomnographie herangezogen. Zur Messung der Körperzusammensetzung wurden der BMI berechnet und die Fettmasse sowie die fettfreie Masse über BIA und MRT bestimmt. Andere Studien, welche sich auf die Körperzusammensetzung in Bezug auf den Schlaf fokussieren, untersuchten weit weniger Parameter bei den Probandenkollektiven. In der Studie von Reither et al. 2021 wurden der BMI und verschiedene Schlafparameter, die über eine Polysomnographie ermittelt wurden, bestimmt. In der Studie von Tan et al. 2019 wurde die Schlafdauer rein subjektiv mittels eines Fragebogens ermittelt und die Körperzusammensetzung, aufgeteilt in Fettmasse und fettfreie Masse mittels Bioelektrischer Impedanzanalyse ermittelt und der BMI wurde bestimmt. In der Studie von Tan et al. 2015 bestand das Probandenkollektiv aus Menschen mit Schlafstörungen und einer Kontrollgruppe. Die Fettmasse wurde jeweils mittels DXA bestimmt. Die körperliche Aktivität und die Ernährung wurden subjektiv mittels Fragebögen bestimmt. Eine Bestimmung der Schlafdauer und Schlafqualität erfolgte nicht. In der Studie von Muaidi et al. 2019 wurde die Körperzusammensetzung mittels BIA und BMI bestimmt. Die Schlafdauer und Schlafqualität wurde mittels Fragebögen (PSQI und ESS) erhoben. Die im Rahmen dieser Promotion durchgeführten Studie ist somit die erste Studie, die sowohl objektive als auch subjektive Methoden zur Messung des Schlafs, sowie mehrere Methoden zur Bestimmung der Körperzusammensetzung heranzieht.

In dieser Studie wurden Daten von N=13 Proband*innen gesammelt. Im Hinblick auf andere Studien, die die Körperzusammensetzung auf Korrelationen mit der Schlafqualität und Schlafdauer untersuchten, scheint dies zunächst vergleichsweise wenig. Jedoch werden in dieser Studie die Proband*innen über zwei Zeitpunkte untersucht. Dies lässt die Betrachtung auf „Between Person“ (BP)-Unterschiede und „Within Person“ (WP)-Unterschiede zu. In der Studie von Reither et al. 2021 werden über 1000 Proband*innen über einen Zeitraum von durchschnittlich 14,9 Jahren mit mindestens zwei Untersuchungszeitpunkten betrachtet. Untersucht wurden auch Unterschiede innerhalb einer Person (WP) und zwischen den Personen (BP). Allerdings erfolgte in dieser Studie keine Therapie der Proband*innen. In anderen Studien zu einer ähnlichen Fragestellung werden die Proband*innen lediglich zu einem Zeitpunkt untersucht. Dies lässt nur Rückschlüsse auf Unterschiede zwischen den Personen zu.

Die neu gewonnenen Erkenntnisse, welche durch die vielzählig, hier aufgezählten Methoden gewonnen wurden, werden im folgenden Abschnitt diskutiert.

4.4 Diskussion der Ergebnisse

Alle Ergebnisse müssen unter dem Standpunkt betrachtet werden, dass für diese Studie eine Probandenzahl von $N=13$ über einen Zeitraum von durchschnittlich 6,6 Monaten untersucht wurden. In dieser Studie werden Parameter zu der objektiven und subjektiven Schlaferfassung sowie zur Körperzusammensetzung durch viele verschiedene Untersuchungs- und Messmethoden erhoben, die nicht alle in diese Arbeit einfließen konnten. Für den ersten Untersuchungszeitpunkt konnten interindividuelle Korrelationen zwischen den Schlafparametern und der Körperzusammensetzung festgestellt werden, die mit Ergebnissen vorheriger Studien übereinstimmen. Intraindividuelle Verbesserungen zeigen sich über diesen kurzen Zeitraum nur in der subjektiven Verbesserung der Schlafqualität. Hier empfiehlt es sich, in weiteren Studien anzuknüpfen und die Auswirkungen einer kognitiven Verhaltenstherapie genauer zu untersuchen.

Wie in den vorangegangenen Abschnitten zu erkennen, weist die im Rahmen der Promotion durchgeführten Studie einige Stärken, aber auch Limitationen auf, welche im folgenden Abschnitt genauer untersucht werden.

4.5 Limitationen und Stärken der Studie

Bei der Interpretation der Ergebnisse müssen einige Limitationen berücksichtigt werden. Die größte Limitation besteht in der geringen Probandenzahl und damit einhergehend auch in der geringen Variabilität der Proband*innen. Alle Proband*innen gehören einer ähnlichen Ethnie an und es sind nur wenige Männer in der Studie inkludiert. Des Weiteren wurden die Proband*innen nur über einen kurzen Zeitraum (circa 6,6 Monate) untersucht. Mit weiteren Follow-up Untersuchungen über mehrere Jahre hinweg würden sich vermutlich signifikantere Unterschiede in der Körperzusammensetzung und in der Veränderung des Schlafs zeigen, so wie in der Studie von Reither et al. 2021. Eine weitere Limitation stellen die verzerrten Daten der Polysomnographie dar. Die andere Umgebung des Labors verschlechtert meist den Schlaf. In dieser Studie konnten diese Verzerrungen durch die Adaptationsnacht verringert werden, dennoch wären die Ergebnisse realitätsnäher, wenn die Proband*innen mit einem tragbarem Polysomnographiegerät, bspw. nach ein paar Tagen der Gewöhnung Zuhause übernachtet hätten.

Stärken, die diese Studie auszeichnen, sind unter anderem, dass nur Proband*innen inkludiert wurden, die keine Komorbiditäten aufweisen, welche den Schlaf beeinflussen. Es ist die erste Studie, die mithilfe von objektiven Mitteln (PSG) über einen längeren Zeitraum mit Follow-ups den Schlaf vergleicht, nicht nur mithilfe von subjektiven Fragebögen. In dieser Studie werden sowohl objektiv wie auch subjektiv die Schlafqualität gemessen und verglichen. Es wurden von allen Proband*innen weitaus mehr Daten erhoben, als in dieser Studie berücksichtigt werden können. Hier lässt sich gut mit weiteren Fragestellungen anknüpfen.

Nachfolgend wird im nächsten Abschnitt die Fragestellung dieser Arbeit beantwortet.

4.6 Beantwortung der Hypothesen

Im folgenden Abschnitt werden die in der Einleitung herausgearbeiteten Hypothesen nach Betrachtung aller Ergebnisse beantwortet.

1) Patient*innen mit stärkeren subjektiven Schlafstörungen weisen einen höheren Stammfettanteil auf.

In dieser Studie wird eine positive Korrelation (statistischer Trend) zwischen dem Summenwert des Schlafqualitätsfragebogens (PSQI) und dem im MRT bestimmten viszeralen Fettvolumen beschrieben. Somit weisen Proband*innen mit einem höheren Summenwert im Schlafqualitätsfragebogen, also stärkeren subjektiven Schlafstörungen, einen höheren Stammfettanteil auf. Diese Hypothese lässt sich somit bestätigen.

2) Insomniepatient*innen mit weniger REM- und Tiefschlaf zeigen ein höheres Gewicht und einen höheren BMI.

Als statistischer Trend ($p < 0,1$) korreliert in dieser Studie die Dauer des Tiefschlafs negativ mit dem Gesamtgewicht. Das bedeutet, dass Insomniepatient*innen mit einer geringeren Tiefschlafdauer ein höheres Gesamtgewicht aufweisen. Korrelationen zwischen der Tiefschlafdauer und dem BMI oder der REM-Schlafdauer und dem Gewicht oder dem BMI konnten nicht beschrieben werden. Diese Hypothese lässt sich somit nur für die Korrelation der Tiefschlafdauer mit dem Gesamtgewicht bestätigen.

3) Insomniepatient*innen mit weniger REM- und Tiefschlaf zeigen einen höheren Stammfettanteil.

Es wird eine negative Korrelation zwischen der Tiefschlafzeit und dem Taillenumfang sowie dem viszeralen Fettvolumen in dieser Studie beschrieben. Proband*innen dieser Studie mit einer geringeren Tiefschlafzeit wiesen einen höheren Taillenumfang sowie einen höheren Anteil an viszeralem Fettvolumen auf und zeigen somit einen höheren Stammfettanteil. Diese Hypothese lässt sich somit bestätigen.

4) Durch Behandlungsmaßnahmen („Schlafschule“) kommt es zu einer Verbesserung der Insomnie und zu einer Reduzierung des Stammfettanteils.

Durch die kognitive Verhaltenstherapie hat sich das subjektive Schlafempfinden gemessen anhand des Summenwerts des Schlafqualitätsfragebogens von dem Untersuchungszeitpunkt t0 zu t2 signifikant verbessert. Objektiv konnten über den Zeitraum der Studie keine statistisch signifikanten Verbesserungen der Insomnie beschrieben werden. Auch konnte keine Reduzierung des Stammfettanteils oder des Gesamtgewichts beschrieben werden. Somit konnte diese Hypothese nicht bestätigt werden.

4.7 Ausblick

Als diese Studie 2017 startete, existierten kaum Studien, die Zusammenhänge zwischen Schlafstörungen und Veränderungen der Körperzusammensetzung und hierbei insbesondere der Fettverteilung untersuchten. Dabei zeigten sich immer mehr epidemiologische Hinweise des Einflusses von Schlafdauer und -qualität auf die Entstehung von Übergewicht und Adipositas (Cappuccio et al. 2008).

Immer mehr gerät nun dieses Thema in den Mittelpunkt der Forschungen. Viele Studien, wie beispielsweise von Reither et al. 2021, Tan et al. 2019, Tan et al. 2015 oder Muaidi et al. 2019 beschäftigen sich mit dem Einfluss von Schlaf auf die Körperzusammensetzung. Studien, die den Einfluss von Therapien zur Schlafverbesserung auf die Körperzusammensetzung untersuchten, gibt es bis heute aber nur diese einzige.

Die Ergebnisse dieser Studie bestätigen die Hypothesen, dass eine subjektiv und objektiv geringere Schlafdauer mit einem höheren Fettanteil in der Körperzusammensetzung korreliert. Dies unterstreicht die Bedeutung des erholsamen Schlafes und somit die Diagnostik und vor allem die Therapie der Insomnie.

Zukünftige Forschung in diesem Bereich sollte in Betracht ziehen, mobile Polysomnographie-Geräte zu verwenden, um realitätsnähere Daten der Proband*innen sammeln zu können. Des Weiteren sollten weiterhin objektive Messdaten, wie vor allem die Polysomnographie in Zusammenschau mit subjektiven Fragebögen über einen längeren Zeitraum mit mehreren Follow-ups bei einer größeren Proband*innengruppe angewendet werden. Diese Studien könnten auch weiterhin untersuchen, wie die objektiven Messungen mit den subjektiven Fragebögen korrelieren, um Unterschiede für den Schlafbedarf einer jeden Person festzustellen.

5 Zusammenfassung

Übergewicht und Schlafstörungen rücken aufgrund einer steigenden Inzidenz in der Bevölkerung immer mehr in den Mittelpunkt der Forschung. In bereits publizierten Studien wurden Zusammenhänge zwischen Schlafstörungen und einer veränderten Körperzusammensetzung mit einem höheren Fettanteil beschrieben. Des Weiteren wurde herausgefunden, dass Personen mit erholsamerem Schlaf eine niedrige Gewichtszunahme mit fortschreitendem Alter erfahren. In früheren Studien war die Obstruktive Schlafapnoe als Schlafstörung Hauptgegenstand der Forschung. Ziel der vorliegenden Studie war es, Korrelationen zwischen einer Insomnie und einem erhöhten Körperfettanteil und die Auswirkung einer kognitiven Verhaltenstherapie auf beide Parameter zu untersuchen.

Dazu wurden subjektiv durch Fragebögen und objektiv durch die Polysomnographie die Schlafdauer und -qualität und die Körperzusammensetzung durch verschiedene Messmethoden von N=13 Proband*innen zum ersten Zeitpunkt der Untersuchungen und von N=9 Proband*innen zu einem Follow-up nach durchschnittlich 6,6 Monaten erhoben. In der Zwischenzeit nahmen alle Proband*innen an einer kognitiven Verhaltenstherapie teil, in der sie Methoden für erholsamerem Schlaf lernten.

Mit dieser Studie konnten in den Ergebnissen Zusammenhänge zwischen erhöhtem Gewicht und einem erhöhten Stammfettanteil sowie einer verminderten Tiefschlafzeit festgestellt werden. Es wurde weiterhin eine signifikante Verbesserung der subjektiven Schlafqualität nach der kognitiven Verhaltenstherapie festgestellt. Über den kurzen Zeitraum dieser Studie konnten jedoch keine Körperzusammensetzungsveränderungen oder eine in der Polysomnographie gemessene Verlängerung des Tiefschlafs oder des REM-Schlafs gemessen werden. Dies sollte in weiteren Studien über einen längeren Zeitraum untersucht werden.

6 Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere hiermit an Eides Statt, dass meine Dissertation, abgesehen von Ratschlägen meines Betreuers und meiner sonstigen akademischen Lehrer, nach Form und Inhalt meine eigene Arbeit ist, dass ich keine anderen als die in der Arbeit aufgeführten Quellen und Hilfsmittel benutzt habe, und dass meine Arbeit bisher keiner anderen akademischen Stelle als Dissertation vorgelegen hat, weder ganz noch in Teilen.

Ort, Datum

Unterschrift Doktorandin

7 Literaturverzeichnis

- Baum, E.; Riemann, D. (2017): DEGAM Anwenderversion zur S3 Leitlinie "Nicht erholsamer Schlaf/Schlafstörungen". Hg. v. Deutsche Gesellschaft für Allgemeinmedizin und Familienmedizin.
- Berry, R. B.; Budhiraja, R.; Gottlieb, D. J.; Gozal, D.; Iber, C.; Kapur, V. K.; Marcus, C. L.; Mehra, R.; Parthasarathy, S.; Quan, S. F.; Redline, S.; Strohl, K. P.; Davidson Ward, S. L.; Tangredi, M. M. (2012): Rules for scoring respiratory events in sleep: update of the 2007 AASM manual for the scoring of sleep and associated events. Deliberations of the sleep apnea definitions task force of the American Academy of Sleep Medicine. In: *Journal of Clinical Sleep Medicine* 8 (5), S. 597–619.
- Bloch, K. E.; Schoch, O. D.; Zhang, J. N.; Russi, E. W. (1999): German version of the Epworth Sleepiness Scale.
- Borga, M.; West, J.; Bell, J. D.; Harvey, N. C.; Romu, T.; Heymsfield, S. B.; Dahlqvist Leinhard, O. (2018): Advanced body composition assessment: from body mass index to body composition profiling. In: *J Investig Med* 66 (5), S. 1–9.
- Bosy-Westphal, A.; Kossel, E.; Goele, K.; Blöcker, T.; Lagerpusch, M.; Later, W.; Heller, M.; Glüer, C. C.; Müller, M. J. (2010): Association of pericardial fat with liver fat and insulin sensitivity after diet-induced weight loss in overweight women. In: *Obesity* (Silver Spring, Md.) 18 (11), S. 2111–2117.
- Buysse D. J.; Reynolds, C. F.; Monk, T. H.; Berman, S.R.; Kupfer, D.J. (1989): The Pittsburgh Sleep Quality Index: A new instrument for psychiatric practice and research. In: *Journal of Psychiatric Research* 28, S. 193-213.
- Caicedo-Eraso, J. C.; González-Correa, C. H.; González-Correa, C. A. (2012): Use of electrocardiogram (ECG) electrodes for Bioelectrical Impedance Analysis (BIA). In: *J. Phys.: Conf. Ser.* 407, S. 12008.
- Cappuccio, F. P.; Taggart, F. M.; Kandala, N.-B.; Currie, A.; Peile, E.; Stranges, S.; Miller, M. A. (2008): Meta-analysis of short sleep duration and obesity in children and adults. In: *Sleep* 31 (5), S. 619–626.
- Crönlein, T.; Spiegelhalder, K. (2019): Die insomnische Störung. In: *Somnologie* 23 (2), S. 125–134.
- Crönlein, T.; Langguth, B.; Popp, R.; Lukesch, H.; Pieh, C.; Hajak, G.; Geisler, P. (2013): Regensburg Insomnia Scale (RIS): a new short rating scale for the assessment of psychological symptoms and sleep in insomnia; study design: development and validation of a new short self-rating scale in a sample of 218 patients suffering from insomnia and 94 healthy controls. In: *Health and quality of life outcomes* 11, S. 65.

- Dement, W.; Kleitman, N. (1957): Cyclic variations in EEG during sleep and their relation to eye movements, body motility, and dreaming. In: *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 9 (4), S. 673–690.
- Erzberger, C. S.; Engel, R. R. (2010): Zur Äquivalenz der Normen des Wechsler-Intelligenztests für Erwachsene (WIE) mit denen des Hamburg-Wechsler-Intelligenztests für Erwachsene – Revision (HAWIE-R). In: *Zeitschrift für Neuropsychologie* 21 (1), S. 25-37.
- Flegal, K. M.; Kit, B. K.; Orpana, H.; Graubard, B. I. (2013): Association of all-cause mortality with overweight and obesity using standard body mass index categories: a systematic review and meta-analysis. In: *JAMA* 309 (1), S. 71–82.
- Fuller, P. M.; Gooley, J. J.; Saper, C. B. (2006): Neurobiology of the sleep-wake cycle: sleep architecture, circadian regulation, and regulatory feedback. In: *Journal of biological rhythms* 21 (6), S. 482–493.
- Gerber, M.; Lang, C.; Lemola, S.; Colledge, F.; Kalak, N.; Holsboer-Trachsler, E.; Pühse, U.; Brand, S. (2016): Validation of the German version of the insomnia severity index in adolescents, young adults and adult workers: results from three cross-sectional studies. In: *BMC psychiatry* 16, S. 174.
- Hamilton, M. T.; Hamilton, D. G.; Zderic, T. W. (2007): Role of low energy expenditure and sitting in obesity, metabolic syndrome, type 2 diabetes, and cardiovascular disease. In: *Diabetes* 56 (11), S. 2655–2667.
- Hoffmann, R. M.; Müller, T.; Hajak, G.; Cassel, W. (1997): Abend-Morgenprotokolle in Schlafforschung und Schlafmedizin—Ein Standardinstrument für den deutschsprachigen Raum. In: *Somnologie* 1 (3), S. 103–109.
- Kliem, S.; Mößle, T.; Zenger, M. Brähler, E. (2014): Reliability and validity of the Beck Depression Inventory-fast screen for medical patients in the general German population. In: *Journal of affective disorders* 156, S. 236–239.
- Lee, K.; Shin, Y.; Huh, J.; Sung, Y. S.; Lee, I. S.; Yoon, K. H.; Kim, K. W. (2019): Recent issues on body composition imaging for sarcopenia evaluation. In: *Korean journal of radiology* 20 (2), S. 205–217.
- Lee, R. C.; Wang, Z.; Heo, M.; Ross, R.; Janssen, I.; Heymsfield, S. B. (2000): Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. In: *The American Journal of Clinical Nutrition* 72 (3), S. 796–803.
- Lux, S.; Helmstaedter, C.; Elger, C. E. (1999): Normierungsstudie zum Verbalen Lern- und Merkfähigkeitstest (VLMT). In: *Diagnostica* 45 (4), S. 205–211.

- Morgenthaler, T.; Kramer, M.; Alessi, C.; Friedman, L.; Boehlecke, B.; Brown, T.; Coleman, J.; Kapur, V.; Lee-Chiong, T.; Owens, J.; Pancer, J.; Swick, T. (2006): Practice parameters for the psychological and behavioral treatment of insomnia: An update. An American Academy of Sleep Medicine Report. In: *Sleep* 29, S. 1415-1419
- Muaidi, Q. I.; Ahsan, M.; Albaker, M. I. (2019): A comparative study of body composition and sleep habits between male and female students. In: *Journal of Clinical and Diagnostic Research* 13 (4), S. 5-8
- Müller, M. J.; Schautz, B.; Bosy-Westphal, A.; Heller, M.; Glüer, C. C. (2012): Body composition research - Wie ist der Körper des Menschen zusammengesetzt? In: *Christiana Albertina* 75, S. 28-43.
- Paparrigopoulos, T.; Tzavara, C.; Theleritis, C.; Psarros, C.; Soldatos, C.; Tountas, Y. (2010): Insomnia and its correlates in a representative sample of the Greek population. In: *BMC Public Health* 10 (1), S. 531.
- Porkka-Heiskanen, T.; Zitting, K.-M.; Wigren, H.-K. (2013): Sleep, its regulation and possible mechanisms of sleep disturbances. In: *Acta physiologica (Oxford, England)* 208 (4), S. 311–328.
- Reither, E. N.; Barnet, J. H.; Palta, M.; Liu, Y.; Hagen, E. W.; Peppard, P. E. (2021): Polysomnographic indicators of restorative sleep and body mass trajectories in the Wisconsin Sleep Cohort Study. In: *Sleep* 44.
- Riemann, D.; Nissen, C.; Palagini, L.; Otte, A.; Perlis, M. L.; Spiegelhalder, K. (2015): The neurobiology, investigation, and treatment of chronic insomnia. In: *The Lancet Neurology* 14 (5), S. 547–558.
- Rundo, J. V.; Downey, R. (2019): Polysomnography. In: *Handbook of clinical neurology* 160, S. 381–392.
- Schlack, R.; Hapke, U.; Maske, U.; Busch, M.; Cohrs, S. (2013): Häufigkeit und Verteilung von Schlafproblemen und Insomnie in der deutschen Erwachsenenbevölkerung: Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). In: *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz* 56 (5-6), S. 740–748.
- Schutz, Y.; Kyle, U. U. G.; Pichard, C. (2002): Fat-free mass index and fat mass index percentiles in Caucasians aged 18-98 y. In: *International journal of obesity and related metabolic disorders : journal of the International Association for the Study of Obesity* 26 (7), S. 953–960.
- Tan, X.; Alén, M.; Cheng, S. M.; Mikkola, T. M.; Tenhunen, J.; Lyytikäinen, A.; Wiklund, P.; Cong, F.; Saarinen, A.; Tarkka, I.; Partinen, M.; Cheng, S. (2015): Associations of

- disordered sleep with body fat distribution, physical activity and diet among overweight middle-aged men. In: J Sleep Res 24 (4), S. 414–424.
- Tan, X.; Titova, O. E.; Lindberg, E.; Elmståhl, S.; Lind, L.; Schiöth, H. B.; Benedict, C. (2019): Association between self-reported sleep duration and body composition in middle-aged and older adults. In: Journal of Clinical Sleep Medicine 15 (3), S. 431–435.
- Weeß, H.-G.; Landwehr, R. (2009): Phänomenologie, Funktion und Physiologie des Schlafes. In: PiD - Psychotherapie im Dialog 10 (02), S. 101–106.
- Weir, J. B. de V. (1949): New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. In: The Journal of Physiology 109 (1-2), S. 1–9.
- Wu, Y.; Zhai, L.; Zhang, D. (2014): Sleep duration and obesity among adults: a meta-analysis of prospective studies. In: Sleep Medicine 15 (12), S. 1456–1462.

8 Veröffentlichungen

8.1 Poster European Sleep Research Society (ESRS) 2020

P595 - Association of REM sleep with body fat distribution in patients with insomnia disorder

R. Göder¹, C. Blome¹, M. Wittich¹, S. Weinhold¹, J. Lechinger¹, H. Drews¹, M. Both¹, W. Braun², M. Müller², A. Bosy-Westphal²

¹University Hospital Schleswig-Holstein, ²University of Kiel, Kiel, Germany

Objectives / Introduction: Increasing epidemiological evidence indicates an impact of sleep duration and sleep quality on the development of overweight. Only a few studies have used objective measurements to investigate the relationship between sleep and body fat distribution.

Methods: We investigated nine patients with insomnia disorder (mean age 44 years \pm 12 years; mean BMI 23.2 \pm 3.8; all women). All participants underwent polysomnography in the sleep laboratory according to AASM criteria. Fat mass and fat-free mass were measured by Air Displacement Plethysmography (ADP). Subcutaneous adipose tissue and visceral adipose tissue were assessed by magnetic resonance imaging (abdominal MRI).

Results: Mean sleep duration was 379 \pm 38 minutes and mean REM sleep duration was 64 \pm 21 minutes. Mean sleep efficiency was 87 \pm 7%.

Mean fat mass was 21.4 \pm 6.9 kg and mean fat free mass was 45.2 \pm 4.9 kg. Mean visceral adipose tissue was 0.5 \pm 0.3 l and mean subcutaneous adipose tissue was 13.9 \pm 4.4 l.

The main results were significant negative partial correlations (controlled for age) of subcutaneous ($r=-0.7$) and visceral ($r=-0.9$) adipose tissue with REM-sleep duration but not with Non-REM-sleep parameters.

Conclusions: Lower REM sleep duration was associated with more visceral or subcutaneous adipose tissue in female patients with insomnia disorder.

Disclosure: Nothing to disclose

Congress: European Sleep Research Society (ESRS) 2020, P595

9 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen beteiligten Personen meinen großen Dank aussprechen, die mich bei der Anfertigung meiner Dissertation unterstützt haben.

Im Besonderen möchte ich dabei meinen Doktorvater Herrn Prof. Dr. Robert Göder hervorheben. Ich danke ihm für die Überlassung des Themas und die Einführung in die wissenschaftlichen Grundlagen. Auch danke ich ihm für die umfassende Betreuung und Unterstützung bei der Umsetzung der gesamten Arbeit.

Außerdem möchte ich mich bei Dipl.-Psych. Sara Lena Weinhold und dem gesamten Team des Schlaflabors Kiel bedanken, die mir im Rahmen dieser klinischen Studie mit Rat und Tat zur Seite gestanden haben. Die verhaltenstherapeutisch orientierte Schlafschule wurde geleitet von Dipl.-Psych. Sara Lena Weinhold.

Des Weiteren möchte ich dem Institut für Humanernährung und Lebensmittelkunde, insbesondere Frau PD Dr. oec. Troph. Corinna Geisler und Frau Prof. Dr. Dr. Anja Bosy-Westphal meinen Dank äußern, die mich bei der Aufarbeitung und Auswertung der zahlreichen Daten der Körperzusammensetzungsmessungen unterstützt haben.

Ebenfalls möchte ich der Klinik für Radiologie und Neuroradiologie des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein, insbesondere Herrn Prof. Dr. Marcus Both und Frau Britta Jux danken, die uns die MRT-Bilder angefertigt haben.

.

Meinen Eltern und Herrn Jonas Wilinski danke ich für die Geduld, Ermutigungen und Zusprüche während der Arbeit an dieser Dissertation.