

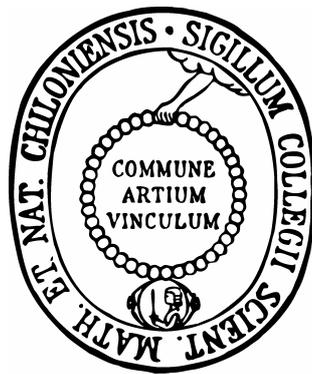
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät
Zoologisches Institut
Abteilung Humanbiologie

Analyse des menschlichen Schlafverhaltens im Alter:

Methodische Aspekte und Einflussfaktoren

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel



vorgelegt von

Dipl.-Biol. Stefanie Heiermann

Kiel
Januar 2012

Referentin:.....Prof. Dr. Manuela Dittmar
Korreferent:.....PD Dr. Robert Göder
Tag der mündlichen Prüfung:.....03. 04. 2012

Zum Druck genehmigt: Kiel, den 03.04.2012
Der Dekan

Zusammenfassung

Gute Schlafqualität (SQ) und körperliche Aktivität sind wichtige Faktoren für die Erhaltung der Gesundheit und zur Minderung von Morbidität und Mortalität bei älteren Menschen. Mit dem Alter nehmen Schlafquantität und -qualität ab, zudem ist der Ruheenergieumsatz (REU) aufgrund physiologischer Veränderungen vermindert. Sowohl zur Erfassung der SQ als auch des REU sind aufwändige Laboruntersuchungen mittels der Goldstandardmethoden Polysomnographie (PSG) bzw. indirekte Kalorimetrie (IK) nötig. Das SenseWear Pro2-Akzelerometer (SWA) ist ein tragbarer Körpermonitor, der aufgrund geringer Größe und einfacher Bedienbarkeit gut zur Bestimmung von Schlafparametern und Ruheenergieumsatz (REU) in dieser Altersgruppe geeignet scheint. Bislang fehlen aber Studien, welche die Genauigkeit und Wiederholbarkeit der SWA-Messungen bei älteren Menschen prüfen.

Zunächst wurden Methodenvergleiche zwischen subjektiv (mittels Fragebogen und Schlaftagebuch) und objektiv (mittels PSG und SWA) erhobenen Parametern der SQ bei gesunden, älteren Frauen durchgeführt. Bei 20 Frauen wurden anhand SWA-Messung und eines Abend-/Morgenprotokolls (AMP) für jeweils zwei Tage, sowie eines Fragebogens zur Schlafqualität (PSQI) fünf Schlafqualitätsindikatoren ermittelt und mit PSG verglichen: Einschlaf latenz, Gesamtschlafzeit, Schlaffeffizienz sowie Anzahl und Dauer nächtlicher Wachphasen. Dabei zeigte sich, dass keiner der Indikatoren für Schlafqualität mit dem SWA korrekt erfasst wurde: Liegezeit, Schlaf latenz, Anzahl und Dauer nächtlicher Wachzeit wurden statistisch signifikant unterschätzt, für Gesamtschlafzeit und Schlaffeffizienz lieferte das Akzelerometer statistisch signifikant höhere Werte als die PSG. Die mittels AMP für die Parameter Gesamtschlafzeit, Schlaffeffizienz und Dauer nächtlicher Weckreaktionen erhobenen Werte unterschieden sich nicht signifikant von denen der PSG, während Liegezeit und Schlaf latenz signifikant über- und die Anzahl nächtlicher Wachphasen signifikant unterschätzt wurden. Mittels PSQI konnten Schlaf latenz und Schlaffeffizienz mit statistisch nicht signifikanten Abweichungen zur PSG ermittelt werden, die Parameter Liegezeit und Gesamtschlafzeit wurden mittels PSQI signifikant überschätzt. Demnach sind subjektive Methoden bei der Bestimmung der SQ bei älteren Menschen besser geeignet als das objektive SWA.

Aufgrund von Geschlechtsunterschieden im Gruppenvergleich bezüglich der SQ anhand des PSQI ($P = 0,008$) wurden weitere Parameter mittels Fragebogen und SWA-Messungen an insgesamt 25 Frauen und 25 Männern erhoben und ebenfalls auf Mittel-

wertunterschiede untersucht. Anschließend wurde der Zusammenhang zwischen diesen der Parametern und der Schlafqualität geprüft. Es zeigten sich statistisch signifikante Mittelwertunterschiede bei den Parametern Körperhöhe und Gewicht, REU, Dauer des Aufenthalts im Garten bei Tageslicht, Anzahl an Erkrankungen und Wohnsituation. Die Prüfung auf einen Zusammenhang zwischen untersuchten Parametern und SQ ergab für beide Geschlechter zusammen statistisch signifikante Ergebnisse für die Variablen Körperhöhe ($P = 0,005$), Gewicht ($P = 0,016$), körperlicher Aktivitätsgrad anhand des modifizierten Baecke-Fragebogens (MBF) ($P = 0,010$), REU ($P = 0,006$), Konsum von Tee ($P = 0,024$) und Bier ($P = 0,015$) pro Woche und der Anzahl Enkel insgesamt ($P = 0,011$), sowie der mit im Haushalt lebenden Kinder ($P = 0,026$). Bei den Männern war der Zusammenhang zwischen Alter ($P = 0,041$), körperlichem Aktivitätsgrad (MBF) ($P = 0,048$), Teekonsum pro Woche ($P = 0,048$) und Anzahl der mit im Haushalt lebenden Kinder ($P = 0,022$) und der SQ statistisch signifikant.

Für die Frauen konnte kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen einem untersuchten Parameter mit der SQ gefunden werden.

Zur Prüfung des SWA auf Reliabilität bei der Erfassung des REU wurden Messungen an zwei aufeinanderfolgenden Nächten durchgeführt und die Mittelwerte miteinander verglichen. Dabei lieferte das SWA reliable Werte mit einem typical error $TE = 1,9 \%$.

An 32 Personen (19 Frauen, 13 Männer) erfolgte die Validitätsbestimmung des SWA gegen IK bezüglich des REU. Außerdem wurde ein Vergleich zwischen zwei Methoden zur Bestimmung des REU (Morgen- *versus* Nachtmessung) durchgeführt und untersucht, ob sich die Genauigkeit des SWA durch eine Verlängerung der Morgenmessung erhöht. Der am Morgen ermittelte REU (1543 ± 181 kcal/Tag) lag im Mittel ca. $1,5 \%$ näher an dem mittels IK bestimmten als der in der Nacht bestimmte (1564 ± 192 kcal/Tag), dennoch lagen beide 12% bzw. 14% ($P < 0,001$) über dem Referenzwert der IK (1377 ± 228 kcal/Tag). Eine Erhöhung der Genauigkeit des SWA durch Verlängerung der Morgenmessung auf 30 Minuten ließ sich nicht erzielen. Die ermittelten Werte unterschieden sich nicht signifikant von der 20-minütigen Messung ($P = 0,526$).

Das SWA ist in der vorliegenden Form nicht geeignet zur Bestimmung der SQ bei älteren Menschen. Die geräteinternen Sensoren und Algorithmen sollten auf die altersbedingten Haut-, Leitfähigkeits- und Thermoregulationsveränderungen angepasst werden. Dies gilt im Wesentlichen auch für die Bestimmung des REU, wobei das SWA hier reliable Werte zeigt.

Summary

A good sleep quality (SQ) and physical activity are relevant factors for maintaining health and to decline morbidity and mortality in the elderly. Sleep quantity and quality as well as metabolic rate decrease with age due to physiological changes. Both for SQ assessment and metabolic rate assessment technically demanding, expensive and labour intensive procedures such as polysomnography (PSG) and indirect calorimetry (IC) are required. The SenseWear Pro2-Accelerometer (SWA) is a small sized and easily used wearable body monitor, which could be suited to determine sleep parameters and resting energy expenditure (REE) in this age group. Heretofore, studies to evaluate the reliability and accuracy of the SWA in elderly are still missing.

One purpose of this study was a method comparison of subjective (sleep logs and questionnaires) and objective (SWA and PSG) collected parameter of SQ in healthy elderly women in order to determine possible age-related influencing-factors. It was performed in 20 women, based on wearing the SWA and keeping a sleep log for two days each and completing the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) once. Therefore five different sleep parameters were identified and compared in compliance with PSG: sleep onset latency (SOL), total sleep time (TST), sleep efficacy (SE), number of night-time awakenings (NNTA) and waketime after sleep onset (WASO). None of the SQ-indicators was correctly estimated via SWA. The sleep-log correctly determined TST, SE and WASO. The PSQI accurately predicted SOL and SE. Therefore, subjective methods provided more accurate estimates of SQ than the objective SWA in the elderly.

Due to mean differences in both sexes for PSQI scores ($P = 0,008$), more possible influencing factors on SQ were investigated for mean differences in 25 women and 25 men in total, based on further questionnaires and SWA-measurements. Statistically significant mean differences were found in height and weight, REE, duration spent in garden under daylight condition, number of diseases and living condition. Following Correlation analysis with SQ showed statistically significant results for height ($P = 0,005$), weight ($P = 0,016$), physical activity, obtained by modified Baecke-questionnaire (MBQ) ($P = 0,010$), REE by SWA ($P = 0,006$), consumption of tea ($P = 0,024$) and beer ($P = 0,015$) per week, the number of grandchildren ($P = 0,011$) and the number of children living in the same household ($P = 0,026$) for both sexes. In men, age ($P = 0,041$), physical activity by MBQ ($P = 0,048$), tea-consumption per week ($P = 0,048$) and the

number of children living in the same household correlates statistically significant with SQ. In women, none of the investigated parameters correlates statistically significant with SQ.

Furthermore, the accuracy of the SWA in determining REE in healthy elderly persons was investigated in two consecutive night measurements. REE measured by SWA was reliable in method comparison with IC with a typical error of 1,9.

In 32 subjects (19 women, 13 men) validity of SWA determining REE in elderly against IC were examined and a comparison of two measuring methods (morning-recording vs. night-recording) was conducted. REE calculated from morning-recording (1543 ± 181 kcal/24 hrs) was lower than REE from night recording (1564 ± 192 kcal/24 hrs), but both measurements overpredicted REE by IC (1377 ± 228 kcal/24 hrs) about 12 % and 14 % (each $P < 0,001$). An increase of accuracy by prolonging the morning-measurement up to 30 minutes could not be reached.

In its current form, the SWA is unsuitable for determining SQ in elderly persons. The internal sensors and algorithms for distinguishing sleep from wakefulness should be optimized on age-related changes in skin properties, galvanic skin response and thermo-regulation. This shall also apply for REE-estimation, although the SWA shows reliable results.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	III
Summary	V
1 Einleitung.....	1
1.1 Grundlagen zu Schlaf, Schlafstruktur, Schlaffunktionen und Schlafverlauf	1
1.1.1 Schlaf und Schlafstruktur	3
1.1.2 Funktionen des Schlafes	6
1.1.3 Schlafverlauf.....	9
1.1.4 Schlafregulation.....	10
1.2 Veränderungen der Schlafstruktur und zirkadianen Rhythmik im Alter	11
1.3 Erfassung von Schlafqualität	16
1.3.1 Subjektive Methoden	16
1.3.1.1 Fragebogen	17
1.3.1.2 Schlaftagebuch.....	17
1.3.2 Objektive Methoden	17
1.3.2.1 Polysomnographie	18
1.3.2.2 Akzelerometrie	21
1.4 Physiologische Veränderungen im Alter	22
1.5 Altersbedingte Änderungen des Lebensstils.....	24
1.6 Energiehaushalt und Energieumsatz	26
1.7 Körperliche Aktivität	29
2 Fragestellungen	34
3 Probanden und Methoden.....	36
3.1 Probanden	36
3.1.1 Rekrutierung	37
3.1.2 Ein- und Ausschlusskriterien.....	37
3.2 Methoden und Ablauf	39
3.2.1 Fragebogenerhebungen.....	41
3.2.1.1 Erhebung lebensstil-/verhaltensbezogener Merk- male anhand eines allgemeinen Fragebogens.....	41
3.2.1.2 Fragebogen zur Schlafqualität (Pittsburgh Sleep Quality Index, PSQI).....	41
3.2.1.3 Fragebogen zur Tagesschläfrigkeit (Epworth Sleepiness Scale, ESS)	42

3.2.1.4	Morningness-Eveningness-Questionnaire nach Horne und Östberg (D-MEQ).....	43
3.2.1.5	Abend-/Morgenprotokoll.....	43
3.2.1.6	Erfassung körperlicher Aktivität	44
3.2.1.7	Psychiatrische Tests.....	45
3.2.2	Anthropometrie.....	47
3.2.3	Physiologische Methoden.....	47
3.2.3.1	Polysomnographie	47
3.2.3.2	Akzelerometrie	49
3.2.3.3	Indirekte Kalorimetrie	56
3.2.3.4	Blutdruckmessung	57
3.2.4	Statistische Auswertung.....	57
4	Ergebnisse	64
4.1	Deskriptive Befunde und Mittelwertvergleich bezüglich allgemeiner Parameter, Schlafqualität, Tagesschläfrigkeit und Chronotyp	64
4.2	Methodenvergleich zur Erfassung von Indikatoren der Schlafqualität....	72
4.2.1	Alterseffekt auf Methodenunterschiede.....	83
4.2.2	Weitere Einflussfaktoren auf Methodenunterschiede.....	88
4.3	Zusammenhang zwischen verschiedenen Variablen und der Schlafqualität	90
4.4	Reliabilität des SenseWear Pro2-Akzelerometers bezüglich der Ruheenergieumsatzbestimmung bei Älteren	115
4.5	Validierung des SenseWear Pro2-Akzelerometers zur Bestimmung des Ruheenergieumsatzes gegen indirekte Kalorimetrie bei Älteren	116
5	Diskussion	121
5.1	Unterschiede zwischen subjektiv und objektiv erhobenen Parametern der Schlafqualität bei älteren Frauen sowie dem Goldstandard Polysomnographie.....	121
5.2	Zusammenhang zwischen verschiedenen subjektiv und objektiv erhobenen Parameter und der Schlafqualität im Alter.....	127
5.3	Zuverlässigkeit des SenseWear Pro2-Akzelerometer bezüglich der Beurteilung von Schlafqualität und Schlafquantität bei älteren Personen.....	135
5.4	Reliabilität des SenseWear Pro2-Akzelerometer bei Wiederholungsmessungen des Ruheenergieumsatzes.....	137
5.5	Validität des SenseWear Pro2-Akzelerometer bezüglich der Ruheenergieumsatz-Bestimmung in beiden Messverfahren (Nachtmessung und Morgenmessung) verglichen mit dem Goldstandard indirekte Kalorimetrie bei einer Stichprobe von gesunden, älteren Menschen	137
5.6	Fehlerdiskussion	141

5.7	Ausblick	143
6	Literaturverzeichnis.....	145
7	Anhang	167
A	Probandeninformation und Einverständniserklärung	168
B	Verwendete Fragebogen (verkleinert).....	173
C	Datenbogen.....	196
D	Auswertebogen SWA (verkleinert)	198
E	Kolmogorov-Smirnov-Tests auf Normalverteilung.....	201
F	Deskriptive Statistik der diagnostizierten Erkrankungen.....	207
	Publikationen und Manuskript	209
	Danksagung.....	210
	Eidesstattliche Erklärung	211

Abkürzungsverzeichnis

AASM	American Academy of Sleep Medicine
AMP	Abend-/Morgenprotokoll der DGSM
ANOVA	Analysis of Variance, Varianzanalyse
APSS	Association for the Psychophysiological Study of Sleep, Verband für psychophysiologische Schlafuntersuchungen
BCM	Body Cell Mass, Körperzellmasse
BASE	Berliner Altersstudie
BDI	Beck Depressions Inventar, Fragebogen zur Erfassung von Depression
BMI	Body-Mass-Index
bpm	beats per minute, Schläge pro Minute (Herzfrequenz)
χ^2	Prüfgröße des Pearson-Chi-Quadrat-Test
COPD	Chronic obstructive pulmonary disease; chronisch obstruktive Lungenerkrankung
DGPPN	Deutsche Gesellschaft für Psychiatrie, Psychotherapie und Nervenheilkunde
DGSM	Deutsche Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin
DLW	Doubly Labeled Water; Methode zur Erfassung körperlicher Aktivität anhand doppelt markiertem Wasser
D-MEQ	Deutsche Version des Morningness-Eveningness-Questionnaire, Fragebogen zur Erfassung des Chronotyps nach Horne und Östberg
EEG	Elektroenzephalographie
EKG	Elektrokardiographie
EMG	Elektromyographie
EOG	Elektrookulographie

ESS	Epworth Sleepiness Scale; Fragebogen zur Beurteilung der Tagesschläfrigkeit
FFI	Fatal familial Insomnia, letale familiäre Insomnie
GABA	Gamma-aminobutyric acid; Gamma-aminobuttersäure
Ghrelin	Growth Hormone Release Inducing; Hormon, welches die Freisetzung von Wachstumshormonen induziert
GSR	Galvanic Skin Response; Galvanische Hautreaktion
GU	Grundumsatz
HRSD	Hamilton Rating Scale for Depression; Fremdbeurteilungsinstrument zur Einschätzung der Schwere einer Depression
IK	indirekte Kalorimetrie
IL	Interleukin
kcal	Kilokalorie
KHK	Koronare Herzkrankheit
MBF	nach Voorrips modifizierter Baecke-Fragebogen zur Erfassung körperlicher Aktivität bei Älteren
MET	Metabolische Einheit (Energieumsatz [kcal]/Std/kg Körpergewicht)
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
MMSE	Mini-Mental State Examination; Verfahren zur Feststellung kognitiver Defizite
N	Probandenzahl
NES	Nicht-erholsamer Schlaf
NREM	Non-REM-Schlafstadium
OSAS	Obstruktives Schlafapnoesyndrom
P	Irrtumswahrscheinlichkeit
PLMD	Periodic limb movement disorder; neurologische Störung mit periodischen Bewegungen der Gliedmaßen

PSG	Polysomnographie
PSQI	Pittsburgh Sleep Quality Index, Fragebogen zur Schlafqualität
r	Korrelationskoeffizient nach Pearson
REM	Rapid Eye Movement, Stadium schneller Augenbewegungen
repeated ANOVA	Varianzanalyse für Messwiederholungen
REU	Ruheenergieumsatz
REU_{IK}	Ruheenergieumsatz mittels IK
RLS	Restless Leg Syndrom; neurologische Störung (unruhige Beine)
RQ	Respiratorischer Quotient
rs	Korrelationskoeffizient nach Spearman
SD	Standarddeviation; Standardabweichung
SEMs	Slow Eye Movements, Stadium langsamer Augenbewegungen
SWA	SenseWear Pro2-Akzelerometer
REU_{Morgen}	Ruheenergieumsatz während Morgenmessung mittels SWA
REU_{Nacht}	Ruheenergieumsatz während Nachtmessung mittels SWA
t	Prüfgröße t-Test
TNF	Tumornekrosefaktor
TSH	Thyroidea stimulierendes Hormon; Hypophysenhormon
u	Prüfgröße Mann-Whitney-u-Test
W	Wachstadium
WHO	World Health Organization; Weltgesundheitsorganisation
ZIP	Zentrum für Integrative Psychiatrie, Kiel

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kennzeichen der fünf Schlafstadien und des Wachzustands anhand EEG, EOG und EMG.....	5
Tabelle 2: Erkrankungen, auf die körperliche Aktivität risikosenkend wirkt	31
Tabelle 3: Allgemeine Kennzeichen der 50 Probanden (25 Männer, 25 Frauen) der Fragebogenerhebung sowie der 20 polysomnographisch untersuchten Probandinnen separat	65
Tabelle 4: Geschlechtsunterschiede bezüglich Schlafqualität, Tagesschläfrigkeit und Chronotyp mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben bzw. Mann-Whitney-u-Test.....	70
Tabelle 5: Allgemeine Kennzeichen der 32 Probanden (13 Männer, 19 Frauen) der Validierung des SenseWear Pro2 gegen indirekte Kalorimetrie.....	71
Tabelle 6: Deskriptive Statistik und Vergleich der Methoden zur Erfassung der Schlafqualität bei 20 älteren Frauen mittels Varianzanalyse für Messwiederholungen (repeated ANOVA).....	73
Tabelle 7: Mittelwertvergleich der verschiedenen Methoden mit Polysomnographie mittels t-Test für verbundene Stichproben.....	75
Tabelle 8: Prüfung auf Zusammenhang zwischen Parametern der Schlafqualität verschiedener Methoden und denen der Polysomnographie mittels Korrelationsanalyse.....	82
Tabelle 9: Alterseffekt der Schlafqualitätsparameter auf Methodenunterschiede mittels Korrelationsanalyse bei älteren Frauen	84
Tabelle 10: Korrelation von Methodendifferenzen bezüglich BMI, Blutdruck und Herzfrequenz zur Polysomnographie bei älteren Frauen.....	89
Tabelle 11: Mittelwerte und Gruppenvergleich auf Mittelwertunterschiede bezüglich anthropometrischer Parameter, körperlichen Aktivitätsgrades und Energieumsatzes mittels t-Test für unabhängige Stichproben bei 50 Älteren.....	91
Tabelle 12: Prüfung des Zusammenhangs zwischen anthropometrischen Merkmalen, Aktivitätsgrad sowie Energieumsatz und der Schlafqualität bei 50 Älteren mittels Korrelationsanalyse nach Spearman	97
Tabelle 13: Mittelwerte und Mittelwertunterschiede zwischen Männern und Frauen bezüglich des Konsums koffein- und alkoholhaltiger Getränke mittels Mann-Whitney-u-Test	98

Tabelle 14: Prüfung auf Zusammenhang des Konsums koffein- bzw. alkoholhaltiger Getränke und der Schlafqualität bei 50 Älteren mittels Korrelationsanalyse nach Spearman	101
Tabelle 15: Häufigkeitsverteilung des Parameters Familienstand bei den 50 untersuchten Probanden	102
Tabelle 16: Mittelwertunterschiede zwischen Männern und Frauen bezüglich der Anzahl Kinder und Enkelkinder insgesamt sowie der davon mit im Haushalt lebenden mittels Mann-Whitney-u-Test	104
Tabelle 17: Prüfung auf Zusammenhang der Anzahl Kinder bzw. Enkel und der Schlafqualität bei 50 Älteren (25 Männer, 25 Frauen) mittels Korrelationsanalyse nach Spearman	104
Tabelle 18: Häufigkeitsverteilung verschiedener Lebensstil-Parameter bei Männern und Frauen, analysiert mittels Pearson Chi-Quadrat-Test	110
Tabelle 19: Gruppenvergleich auf Mittelwertunterschiede zwischen Männern und Frauen bezüglich sozialer Kontakte und Freizeitverhalten mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben	112
Tabelle 20: Prüfung des Zusammenhangs sozialer Kontakte und Freizeitverhalten von Männern und Frauen mit der Schlafqualität mittels Korrelationsanalyse nach Spearman	112
Tabelle 21: Mittelwertvergleich der beiden Nachtmessungen bei 49 Probanden (24 Männer, 25 Frauen) zur Prüfung der Reliabilität des SenseWear Pro2-Akzelerometers zur Bestimmung des Ruheenergieumsatzes mittels t-Test für verbundene Stichproben und Test-Retest-Korrelation.....	115
Tabelle 22: Mittlerer Ruheenergieumsatz der 32 Probanden zur Validierung des SenseWear Pro2-Akzelerometers gegen indirekte Kalorimetrie	117
Tabelle 23: Korrelation der Methodendifferenzen von indirekter Kalorimetrie und Akzelerometer bezüglich Ruheenergieumsatz, Alter, BMI und körperlichem Aktivitätsgrad bei 32 Älteren (19 Männer, 13 Frauen).....	119

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Idealisiertes Schlafprofil eines jungen Erwachsenen.....	10
Abbildung 2: Das Zwei-Prozess-Modell zur Schlafregulation	11
Abbildung 3: Schlaf-Wach-Muster vom Neugeborenen bis ins hohe Alter	12
Abbildung 4: Schlafprofil im Alter	13
Abbildung 5: Altersabhängige Trends für NREM-1, NREM-2, Tiefschlaf (NREM-3 und -4), REM-Schlaf, Wachzeit während der Schlafperiode und Schlaflatenz....	14
Abbildung 6: Elektrodenpositionen nach Rechtschaffen und Kales.....	19
Abbildung 7: Schematische Darstellung typischerer Messaufnehmer während einer Polysomnographie in der Adaptationsnacht.....	20
Abbildung 8: Anzahl jährlicher Publikationen mit dem Fokus auf Aktigraphie und Schlaf zwischen 1990 und 2000.....	21
Abbildung 9: Anteil der Bevölkerung in Deutschland ohne regelmäßige sportliche Betätigung	25
Abbildung 10: Zusammensetzung des Gesamtenergieumsatzes aus Ruheenergieumsatz und Leistungsumsatz.....	27
Abbildung 11: Die Komponenten des menschlichen Energieverbrauchs und wichtige Determinanten	29
Abbildung 12: Begriffsdefinition körperlicher Aktivität als Produkt aus Sport und Lebensstilaktivitäten	30
Abbildung 13: Darstellung von Anwendbarkeit und Validität der verschiedenen Methoden zur Erfassung von körperlicher Aktivität.....	32
Abbildung 14: Schematische Übersicht über den Studienaufbau und Ablauf von Fragebogenerhebung und Akzelerometermessung bei 25 Männern und 25 Frauen.....	39
Abbildung 15: Darstellung der zusätzlichen Datenerhebungen bei 20 der 25 Frauen..	40
Abbildung 16: Übersicht über den Ablauf der Validierung des SenseWear Pro2-Akzelerometers gegen indirekte Kalorimetrie an 32 Probanden	40
Abbildung 17: SenseWear Pro2-Akzelerometer der Firma SMT medical technology GmbH & Co., Würzburg.....	49
Abbildung 18: Lage der Sensoren auf der Rückseite und seitlich des Akzelerometers	50
Abbildung 19: Korrekte Position des SenseWear-Akzelerometers über dem Trizeps des rechten Arms.....	51

Abbildung 20: Schlafqualität der 50 untersuchten Probanden.....	66
Abbildung 21: Deskriptive Statistik der 50 Probanden bezüglich Tagesschläfrigkeit mittels Epworth Sleepiness Scale (ESS).....	67
Abbildung 22: Einteilung der 50 Probanden nach Chronotyp anhand der Punktzahl in der deutschen Version des Morningness-Eveningness-Questionnaire nach Horne-Östberg (D-MEQ).....	68
Abbildung 23: Schlafqualitätsparameter mittlere Liegezeit [Min] im Methodenvergleich.....	76
Abbildung 24: Mittlere Schlaflatenz [Min] im Vergleich von Polysomnographie mit SenseWear-Akzelerometer, Abend-/Morgenprotokoll und PSQI.....	77
Abbildung 25: Methodenunterschiede bezüglich mittlerer Gesamtschlafzeit [Min] zwischen SenseWear Pro2-Akzelerometer, Abend-/Morgenprotokoll, PSQI und Polysomnographie.....	78
Abbildung 26: Vergleich der mittleren Schlafeffizienz [%] anhand der verschiedenen Methoden.....	79
Abbildung 27: Methodenvergleich der mittleren Anzahl nächtlicher Weckreaktionen von SenseWear Pro2-Akzelerometer und DGSM-Abend-/Morgenprotokoll mit Polysomnographie.....	80
Abbildung 28: Der Vergleich von mittlerer Wachzeit während Schlafperiode [Min] erhoben mittels Polysomnographie mit den Daten von SenseWear Pro2-Akzelerometer und Abend-/Morgenprotokoll.....	81
Abbildung 29: Zusammenhang zwischen dem Alter der 20 Probandinnen und der Methodendifferenz von Polysomnographie (PSG) und Akzelerometrie (SWA) des Parameters Gesamtschlafzeit [Min].....	85
Abbildung 30: Zusammenhang zwischen dem Alter der Probandinnen und der Methodendifferenz von Polysomnographie (PSG) und Akzelerometrie (SWA) des Parameters Schlafeffizienz [%]	86
Abbildung 31: Zusammenhang zwischen dem Alter der Probandinnen und der Methodendifferenz von Polysomnographie (PSG) und Akzelerometrie (SWA) des Parameters Wachzeit während der Schlafperiode [Min]	87
Abbildung 32: Korrelation der Methodendifferenz zwischen Polysomnographie (PSG) und Abend-/Morgenprotokoll (AMP) mit dem Alter der Probanden bezüglich des Parameters Anzahl nächtlicher Weckreaktionen.....	88
Abbildung 33: Darstellung des Zusammenhangs zwischen Schlafqualität und körperlichem Aktivitätsgrad	93
Abbildung 34: Der mittels SenseWear Pro2 in einer frühen Stunde des nächtlichen Schlafes in zwei aufeinanderfolgenden Nächten ermittelte Ruheenergieumsatz (REU) der 24 Männer und 25 Frauen	94

Abbildung 35: Zusammenhang zwischen Schlafqualität und mittlerem Ruheenergieumsatz aus zwei aufeinanderfolgenden Nächten	95
Abbildung 36: Zusammenhang zwischen Schlafqualität und Konsum von Schwarztee, grünem Tee oder Matete [Tassen à 125 ml/Woche]	99
Abbildung 37: Zusammenhang zwischen Schlafqualität und Bierkonsum [Gläser à 0,3 L/Woche].....	100
Abbildung 38: Kreisdiagramme zur Darstellung des Familienstandes der 50 untersuchten Probanden	102
Abbildung 39: Kreisdiagramme zur Darstellung der Wohnsituation der 50 untersuchten Probanden	105
Abbildung 40: Kreisdiagramme zur Darstellung der Selbsteinschätzung der untersuchten Probanden bezüglich ihrer Schlafdauer	106
Abbildung 41: Darstellung der Art nächtlicher Schlafzimmerverdunkelung der 50 untersuchten Probanden (25 Männer, 25 Frauen)	107
Abbildung 42: Darstellung der Anzahl an Männern und Frauen, die ein elektrisches Gerät (Fernseher, DVD-/CD-Player, Radio) oder einen Arbeitsplatz/Schreibtisch in ihrem Schlafzimmer haben.....	108
Abbildung 43: Kreisdiagramme zur Darstellung des Tagschlafverhaltens der 50 untersuchten Probanden	109
Abbildung 44: Darstellung der Anzahl an Erkrankungen der 50 Probanden (25 Männer, 25 Frauen).....	113
Abbildung 45: Vom Arzt diagnostizierte Erkrankungen der 50 untersuchten Probanden (25 Männer, 25 Frauen).	114
Abbildung 46: Darstellung des Zusammenhangs zwischen den Ruheenergieumsatzmessungen während zwei aufeinanderfolgenden Nächten mittels SenseWear Pro2-Akzelerometer	116
Abbildung 47: Vergleich der beiden Messmethoden für den Ruheenergieumsatz mittels SenseWear Pro2-Akzelerometer mit dem Goldstandard indirekte Kalorimetrie bei 32 Probanden (13 Männer, 19 Frauen)	118
Abbildung 49: Modell der Schlafhomöostase von Kurzschläfern, Langschläfern und im Alter, ohne und mit Mittagsschlaf	133
Abbildung 50: Zusammenfassung möglicher Einflussfaktoren auf den Schlaf im Alter.	134
Abbildung 51: Prototyp eines Akzelerometer in Pflasterform der Firma BodyMedia.....	144

1 Einleitung

1.1 Grundlagen zu Schlaf, Schlafstruktur, Schlaffunktionen und Schlafverlauf

Der Mensch verbringt etwa ein Drittel seines Lebens schlafend (Reimund 1994). Dieser einige Stunden andauernde veränderte Bewusstseinszustand, in dem kein bewusstes Sehen, Hören oder Fühlen stattfindet, ist ein grundlegender Lebensvorgang und essenziell für die Gesunderhaltung sowie für die physische und mentale Regeneration. Die Schlafqualität stellt somit einen wichtigen Teil der Lebensqualität dar (Wade 2010).

Als Struktur, Funktion und Verlauf des Schlafes noch gänzlich unbekannt waren, wurde der Schlaf oftmals mit dem Tod in Verbindung gebracht: In der griechischen Mythologie sind *Thanatos* (der friedliche Tod) und *Hypnos* (der Schlaf) die Söhne der Nachtgöttin *Nyx*. „*Somnus est imago mortis*“ – „Der Schlaf ist das Bild des Todes“ ist ein Zitat von Cicero (106 v. Chr. –43 v. Chr.). Die Germanen bezeichneten Schlaf und Tod als „Geschwister Sandmann“. Noch heute gebrauchen wir den Begriff „entschlafen“ als Synonym für sterben. Auch der Ursprung des Wortes „Schlaf“ entstammt dem altgermanischen und bedeutet „schlapp werden“ oder „erschlaffen“. Das Erschlaffen der Muskulatur ist in der gegenwärtigen Schlafforschung immer noch eine grundlegende Messgröße zur Bestimmung der verschiedenen Schlafstadien (Borbély 1998 (URL 1)).

Es existierten zudem die verschiedensten Theorien über den Nutzen des Schlafes: In der altgriechischen Zeit vertrat man die Ansicht, der Schlaf diene der Abkühlung des Blutes. Der Naturforscher und Philosoph Aristoteles sah die Ursache des Schlafes in der Nahrung. Er vertrat die These, dass Nahrung Ausdünstungen in die Adern abgibt, welche im Gehirn abgekühlt und anschließend wieder ins Körperinnere zurückgeführt werden. Bis sämtliche Nahrung verdaut ist, schlafe der Mensch. Auch Hildegard von Bingen (1098–1179) zog Parallelen zwischen Nahrung und Schlaf: Die Sünde mache den Körper schwach und Stärkung erfahre er aus Schlaf und Nahrung. Im 17./18. Jahrhundert vertrat man unter anderem die Ansicht, dass der Schlaf die Folge des Knappwerdens „animalen Lebensgeistes“ sei, verursacht durch Arbeit und Bewegung. Im 19. Jahrhundert glaubte man, Schlaf sei die Folge einer Unterversorgung des Gehirns mit Sauerstoff, welcher anhand so genannter „Ermüdungsstoffe“ aus dem Blut absorbiert werde.

All diese Annahmen beruhen auf Theorien für die keine eindeutigen Beweise oder Überprüfungen anhand von Versuchen erbracht wurden. Erst mit Beginn der Hirnforschung und ersten Hirnstromableitungen Anfang des 20. Jahrhunderts begann die Schlafforschung in den wissenschaftlichen Fokus zu rücken (Borbély 1998 (URL 1)). Aktuelle Theorien und Ergebnisse verschiedener Untersuchungen zur Funktion des Schlafes werden in Kapitel 1.1.2. näher beschrieben.

Der deutsche Neurologe und Psychiater Hans Berger experimentierte 1902 anfänglich an der Hirnrinde von Hunden und Katzen. Mitte der Zwanziger Jahre entwickelte er die Methode des Elektroenzephalogramms (EEG) zur Ableitung von Hirnströmen beim Menschen, die 1929 erstmals veröffentlicht wurde (Berger 1929). Nathaniel Kleitman, ein Pionier der modernen Schlafforschung und Professor an der Universität von Chicago, beauftragte Anfang der Fünfziger Jahre seinen Doktoranden Eugene Aserinsky mit der Untersuchung der pendelnden Augenbewegungen, die üblicherweise den Einschlafvorgang begleiten. Durch Ableitungen mit Elektroden in Augennähe (Elektrookulogramm, EOG) konnte Aserinsky nicht nur während der Einschlafphase Augenbewegungen aufzeichnen, sondern auch während des Schlafes Veränderungen des EOG erkennen. Die beiden Wissenschaftler beschrieben 1953 erstmals diese Phase der schnellen Augenbewegungen als „Rapid Eye Movements“, kurz REM (Aserinsky und Kleitman 1953).

1960 wurde ein Verband für psychophysiologische Schlafuntersuchungen (Association for the Psychophysiological Study of Sleep, APSS) gegründet mit dem Ziel bei jährlichen Zusammenreffen die Neuerungen auf diesem Gebiet auszutauschen. 1967 wurden die Probleme bezüglich ungenügender Schlafstadienauswertungen so offensichtlich, dass ein hierfür gebildetes Komitee mit der Entwicklung eines standardisierten Auswertesystems begann. Bereits ein Jahr später wurde das „Manual der Standardisierten Terminologie, Techniken und Auswertung der Schlafstadien beim Menschen“ veröffentlicht. Dieses dient bis heute der internationalen Schlafforschung im Großen und Ganzen als Grundlage (Rechtschaffen und Kales 1968), wobei in jüngster Zeit die Frage nach einer Anpassung z.B. der Amplitudenkriterien an das Alter der Untersuchten laut wurde (Mayer 2008). Ein von der American Academy of Sleep Medicine (AASM) überarbeitetes und 2007 erschienenes Manual (Iber *et al.* 2007) orientiert sich weitestgehend an den Regeln von Rechtschaffen und Kales und weist nur geringfügige Veränderungen dazu auf. Künftig sind Schlafstadienbestimmungen und EEG-Ableitungen auch nach dem AASM-Manual möglich, sofern diese als solche kenntlich gemacht sind.

Die Schlafstadienbestimmungen und Messtechniken in dieser Arbeit wurden ausschließlich nach den Regeln von Rechtschaffen und Kales durchgeführt.

Als quantitative Aspekte der Schlafqualität gelten heute die Schlaflatenz, welche als Zeit zwischen Lichtlöschen und dem Auftreten erster Zeichen des Non-REM-Schlafstadiums 2 (NREM-2) im Polysomnogramm definiert ist, die Gesamtschlafdauer sowie die Fragmentation des Nachtschlafs in Anzahl und Dauer (Keklund und Åkerstedt 1997). Eine schlechte Schlafqualität kann zu Konzentrationsproblemen, Antriebslosigkeit, Gebrechlichkeit, gerade bei älteren Menschen zu einem erhöhten Sturzrisiko und Gedächtnisschwierigkeiten führen (Walker und Stickgold 2006). Auch die kognitive Leistungsfähigkeit kann reduziert sein (Nebes *et al* 2009).

Die Polysomnographie, d.h. die Aufzeichnung verschiedener biologischer Signale in einem Schlaflabor gilt als der Goldstandard bei der Bestimmung von Schlafqualitätsparametern und der Klassifikation in die verschiedenen Schlafstadien (Merilahti *et al.* 2007) und als Referenzmethode für den Vergleich mit anderen Methoden wie z.B. Akzelerometrie, Schlaftagebuch und -fragebogen (Morgenthaler *et al.* 2007).

Zu den wichtigsten Aufzeichnungen dabei zählen neben dem EEG noch das Elektrookulogramm (EOG), das die Bewegungen der Augen aufzeichnet und das Elektromyogramm (EMG) zur Erfassung der Muskelaktivität.

Der genaue Ablauf einer Polysomnographie wird in Kapitel 1.3.2.1. näher beschrieben. Zunächst soll an dieser Stelle genauer auf die einzelnen Schlafstadien und die Funktionen von Schlaf eingegangen werden.

1.1.1 Schlaf und Schlafstruktur

Anhand von elektrophysiologischen Charakteristika lassen sich zwei verschiedene Arten des Schlafes unterscheiden: Der bereits erwähnte REM-Schlaf und der Non-REM-Schlaf (NREM), welcher anhand der progressiven Schlaftiefe wiederum in vier Stadien unterteilt wird. Den Schlafstadien gegenüber steht die Wach-Phase (Stadium W).

Die Zuordnung zu einem der Schlafstadien bzw. zum Wachstadium geschieht vornehmlich anhand der vom EEG abgeleiteten Muster der Gehirnströme. Zudem werden die Augenbewegungen und der Muskeltonus mittels EOG und EMG beurteilt.

Je nachdem, welches Muster innerhalb eines definierten Zeitfensters von 30 Sekunden (Epoche) vorliegt, kann zwischen den verschiedenen Stadien unterschieden werden.

Nach Rechtschaffen und Kales (1968) charakterisieren sich die verschiedenen Stadien wie folgt:

Im Stadium W, bei ruhigem Wachsein, geschlossenen Augen und minimaler kognitiven Tätigkeit, ist im EEG ein individuell verschieden stark ausgeprägtes Alpha-Muster (8–13 Hz), hauptsächlich über dem Hinterhaupt, erkennbar.

Das EOG zeigt unregelmäßige Wellen, oft mit ruckartigen Ausschlägen als Anzeichen für langsame bzw. rasche Augenbewegungen.

Im EMG wird mäßige bis hohe Muskelaktivität signalisiert.

Der NREM-Schlaf unterteilt sich in 4 Schlafstadien unterschiedlicher Tiefe: NREM-1, der Leichtschlaf macht etwa 5–10 % des Gesamtschlafes aus und zeigt vornehmlich ein niedergespanntes, gemischtfrequentes EEG mit allmählich abnehmender Alpha-Grundaktivität und langsamen, rollenden Augenbewegungen im EOG.

NREM-2, der normale Schlaf (ca. 50 % des Gesamtschlafes), zeigt ebenfalls ein eher niedergespanntes, gemischtfrequentes EEG mit Beta-Muster (14–30 Hz). In diesem Stadium können zusätzlich zwei charakteristische Wellenkomplexe auftreten, die als diagnostisches Merkmal dieses Stadiums gelten. Durch ein spindelförmigen Aussehen aufgrund wachsender und abnehmender Amplitude werden die Komplexe als ‚Schlafspindeln‘ bezeichnet. Außerdem können sogenannte ‚K-Komplexe‘ auftreten. Sie bestehen aus einer hohen, relativ langsamen, biphasischen, initial negativen Welle, welche oftmals von einer Serie alphaartiger Wellen gefolgt wird. Augenbewegungen und Muskeltonus nehmen weiter ab.

NREM-3 und NREM-4 werden meist unter dem Begriff Tiefschlaf zusammengefasst. Sie machen ca. 20 % des Gesamtschlafanteils aus und bestehen jeweils aus hohen Anteilen niederfrequenter Deltawellen (0,5–3 Hz). Bestehen 20–50 % der Registrierepoche aus Delta-Wellen von mindestens 75 μ V, wird das Stadium als NREM-3 gewertet. Bei mehr als 50 % hochamplitudigen Delta-Wellen pro Registrierepoche liegt NREM-4 vor. Es gibt keine Augenbewegungen und der Muskeltonus sinkt weiter ab, ist aber noch deutlich registrierbar.

Der REM-Schlaf macht etwa 20–25 % des Gesamtschlafes eines Erwachsenen aus und zeigt im EOG auffällige, episodisch auftretende schnelle Augenbewegungen. Das EEG ist ein niederamplitudiges Beta-Muster mit eingestreuter Alpha- und Theta-Aktivität (4–7 Hz). Der Muskeltonus sinkt in diesem Stadium vollständig ab.

Die physiologischen Parameter zur Unterscheidung des Stadium W und der verschiedenen Schlafstadien sind in Tabelle 1 ausführlich dargestellt.

Tabelle 1: Kennzeichen der fünf Schlafstadien und des Wachzustands anhand EEG, EOG und EMG (erstellt nach Rechtschaffen und Kales 1968, Clarenbach 1998)

		EEG	EOG	EMG
Stadium W		Individuelle Grundrhythmen, meist Alpha-Aktivität (8–13 Hz, Amplitude 20–50 mV) leichte Vigilanzschwankung	Unregelmäßige Augenbewegungen, Lidschläge	Muskeltonus am höchsten, Bewegungsartefakte
	1	Flache, unregelmäßige Aktivität (2–7 Hz) mit schnellen Frequenzanteilen von geringer Amplitude (<50 mV), auch Phasen mit höherer Amplitude (bis 75 mV) und Vertex-Wellen (bis 200 mV), keine K-Komplexe oder Schlafspindeln	Langsame, rollende Augenbewegungen (Slow Eye Movements, SEMs)	Muskeltonus verringert
NREM	2	Vornehmlich Theta-Aktivität mit niedriger Amplitude, Schlafspindeln, K-Komplexe, keine Delta-Wellen	Keine Augenbewegungen	Muskeltonus verringert
	3	20–50 % der Epoche Delta-Aktivität, Spindeln und K-Komplexe möglich	Keine Augenbewegungen	Muskeltonus weiter verringert
	4	> 50 %/Epoche Delta-Aktivität, Spindeln möglich	Keine Augenbewegungen	Muskeltonus weiter verringert
	REM	Grundaktivität ähnlich NREM-1, niedergespannt und gemischt-frequent, mit Theta- und Alpha-Aktivität (7–12 Hz), keine Vertex-Wellen, keine K-Komplexe oder Schlafspindeln	Episodische, schnelle Augenbewegungen (Rapid Eye Movements, REMs)	Erreichen der geringsten Amplitude bzw. Muskelatonie

Abkürzungen: EEG: Elektroenzephalogramm; EOG: Elektrookulogramm; EMG: Elektromyogramm, W: Wachstadium; NREM: Non-REM-Stadium; REM: „Rapid Eye Movement“, Stadium schneller Augenbewegungen

1.1.2 Funktionen des Schlafes

Zur Schlaffunktion existieren eine Reihe von Hypothesen, auf die eine wissenschaftlich befriedigende Antwort bisher nicht existiert, unstrittig ist allerdings die Erholungsfunktion des REM- sowie NREM-3- und NREM-4-Schlafes (Steinberg *et al.* 2000). Sicher ist auch, dass bereits geringfügiger Schlafentzug die Leistungsfähigkeit des Organismus' herabsetzt und Müdigkeit oder Schläfrigkeit hervorruft. Langfristiger Schlafentzug ruft Symptome krankhafter körperlicher und psychischer Veränderungen hervor, z.B. Gereiztheit, Konzentrations- und Orientierungsstörungen oder sogar Halluzinationen und Symptome akuter paranoider Schizophrenie (Tyler *et al.* 1955). Im experimentellen Tierversuch an Ratten führte totaler Schlafentzug nach 16 Tagen, REM-Schlafentzug im Mittel nach 39 Tagen zum Tod der Tiere (Everson *et al.* 1989).

Beim Menschen wurde erstmals 1986 die sehr seltene, autosomal dominant vererbte Erkrankung letale familiäre Insomnie (FFI) beschrieben. Aufgrund einer Mutation des Prion-Proteingens beginnt die Erkrankung zunächst mit einer Störung des Schlaf-Wach-Rhythmus bis hin zur vollständigen Insomnie, später zeigen sich Störungen des autonomen Nervensystems, Ataxien und Demenz. Die Krankheit führt nach Ausbruch innerhalb von etwa zwei Jahren zum Tod (Lugaresi *et al.* 1986b).

Ebenfall als erwiesen gilt die Funktion des Schlafes mit der damit verbundenen Bewusstseinsunterdrückung als Voraussetzung für die Bildung von Gedächtnisinhalten (Übersicht s. Born *et al.* 2006). Der Gedächtnisprozess gliedert sich in drei Teilprozesse: Zunächst erfolgt die Enkodierung (Einspeicherung) gelernter Inhalte in eine neuronale Repräsentation. Diese neuronale Spur ist allerdings sehr fragil und erfordert einen weiteren Schritt der Verfestigung, damit die gelernten Inhalte längerfristig behalten werden können. Diese Verfestigung frischer Gedächtnisinhalte ist die Konsolidierung (Abspeicherung), bei der außerdem auch Verknüpfungen zu bereits bestehenden Langzeitgedächtnisinhalten vorgenommen werden (Dudai 2004). Dadurch sind im letzten Schritt das Erinnern und der Abruf des Gelernten möglich. Zwar zeigen Studien eine stärkere Konsolidierung nach Schlafphasen gegenüber Testpersonen, die nach dem Lernen wach geblieben sind, allerdings sind neuronale Gedächtnisspuren nicht maschinell messbar und können nur anhand der Erinnerungsfähigkeit der Personen gemessen werden. Deshalb herrschte zunächst die Annahme, eine Wirkung des Schlafes könne auch auf eine verminderte Interferenz durch neue Informationen zurückzuführen sein (Jenkins und Dallenbach 1924) oder dass während des Schlafes die Mechanismen unterstützt werden, die den Zerfall der Gedächtnisinhalte verhindern (Ekstrand *et al.* 1977).

Neuere Befunde deuten aber auf einen aktiven Konsolidierungsprozess hin, welcher verstärkt oder ausschließlich im Schlaf stattfindet (Maquet 2001, Walker und Stickgold 2004). Es wird vermutet, dass im Schlaf die neuronalen Netzwerke, welche auch schon bei der Informations-Enkodierung aktiv waren, im Schlaf reaktiviert werden und so die dauerhafte Abspeicherung im Neocortex ermöglichen (Born *et al.* 2006).

Je nach Art des zu speichernden Inhalts werden im Gehirn unterschiedliche Systeme in verschiedenen Hirnstrukturen genutzt (Tulving 1999): Im deklarativen Gedächtnis werden hauptsächlich Fakten (semantisches Gedächtnis) und Ereignisse (episodisches Gedächtnis) gespeichert, z.B. Vokabeln oder die Erinnerung an den ersten Kuss. Es greift vornehmlich auf Hippocampus-Funktionen und angrenzende Temporallappenstrukturen zurück. Zahlreiche Befunde sprechen dafür, dass für die Konsolidierung des deklarativen Gedächtnisses der Tiefschlaf verantwortlich ist (Barrett und Ekstrand 1972, Plihal und Born 1997, 1999, Yaroush *et al.* 1971, Ekstrand *et al.* 1977, Born *et al.* 2006). Im prozeduralen Gedächtnis werden unbewusste Abläufe sowie sensorische und motorische Fertigkeiten wie z.B. Laufen, Schwimmen, Fahrradfahren, die allein durch das wiederholte Üben gelernt werden, gespeichert. Dazu werden die entsprechenden Neocortexregionen, die Basalganglien und das Cerebellum genutzt. Die Konsolidierung dieser Gedächtnisinhalte erfolgt hauptsächlich während des REM-Schlafes (Smith 1995, Born *et al.* 2006). Sind Gedächtnisinhalte emotional belegt (aversiv oder positiv), bleiben sie besser haften (Wagner *et al.* 2001). Durch Studien wurde der Sitz dieses emotionalen Gedächtnisses in den *Nuclei amygdalae* identifiziert (Hamann 2001) und die verstärkende Wirkung der Konsolidierung durch den REM-Schlaf nachgewiesen (Schürer-Necker 1994, Wagner *et al.* 2002).

Betrachtet man weitere Körperfunktionen fällt auf, dass mit Eintritt des Schlafes viele Vorgänge herunterreguliert werden: Körperkerntemperatur und Blutdruck sinken ab, Atmung und Herzfrequenz verlangsamen sich. Die Konzentration des in der Nebennierenrinde produzierten Stresshormons Cortisol nimmt ab (Weitzman *et al.* 1983), die Vigilanz in den Systemen niederer und höherer Funktionen sinkt in NREM-3 und 4 auf ein sehr niedriges Niveau und auch die Weckbarkeit nimmt mit zunehmender Schlafentiefe ab (Clarenbach 1998). Dies alles spricht für die Hypothese des Energiesparens (Siegel 2005) und würde ebenfalls erklären, warum kleinere Wirbeltiere mit intensiverem Stoffwechsel mehr Zeit schlafend verbringen als größere, die aufgrund ihres Verhältnisses von Körperoberfläche zum Körpergewicht einen geringeren Energiebedarf haben (Zepelin und Rechtschaffen 1974).

Der kalifornische Schlafforscher Jerome Siegel vertritt die Hypothese, dass Schlaf neben der Energieersparnis die tagaktiven Tiere und den Menschen daran hindert, in der für sie gefährlichen Zeit, nachts, unterwegs zu sein (Siegel 2009). Dagegen spricht allerdings, dass – entwicklungsgeschichtlich betrachtet – der nächtliche Schlaf als Zustand mit reduzierter Wahrnehmung und Reaktionsbereitschaft, für das Individuum sehr gefährlich ist.

Im Folgenden sollen weitere Hypothesen über die Funktionen des Schlafes vorgestellt werden:

Körperliche Regeneration

Befunde einer erhöhten Proteinsynthese und der vermehrten Ausschüttung von Wachstumshormonen während des Schlafes deuten auf restitutive Funktion hin. Vor allem in Tiefschlafstadien ist zudem die mitotische Aktivität von Haut, Knochenmark und Leber erhöht. Die Zellerneuerung führt zu besserer Wundheilung (Gümüştekin *et al.* 2004) und zum Wachstum bei Kindern (Noonan *et al.* 2004).

Gewährleistung von körperlichem Wohlbefinden und Funktionsfähigkeit

Eine weitere Theorie besagt, dass freie Radikale im Schlaf eingefangen und unschädlich gemacht werden. Die Radikale, welche im Wachzustand bei erhöhter zellulärer Metabolismusrate durch mitochondriale oxidative Phosphorylierung vermehrt gebildet werden und sich anhäufen, könnten im Schlaf durch endogene Antioxidationsmechanismen neutralisiert werden (Reimund 1994). Zudem konnte gezeigt werden, dass Schlafmangel zur Ausschüttung pro-inflammatorischer Zytokine wie Interleukin 6 (IL-6), E-Selektin oder Tumornekrosefaktor- α (TNF- α) führt (Friedman 2011), welche auf Dauer Auslöser für kardiovaskuläre und chronisch inflammatorische Erkrankungen wie rheumatoide Arthritis sein können (Irwin *et al.* 2008).

Stärkung des Immunsystems

Wie bereits erwähnt kommt es während des Schlafes zu einer vermehrten Zellteilung im Knochenmark und damit wohl auch zu einer verstärkten Antikörperbildung.

In einer Studie, bei der die Hälfte der Testpersonen nach einer Impfung gegen Hepatitis A normal schliefen, die andere Hälfte die Nacht nach der Impfung wach blieben, wurden im Blut der „Schläfer“ nach vier Wochen die annähernd doppelte Menge an Hepatitis A-Antikörpern gefunden als bei den „Nicht-Schläfern“ (Lange *et al.* 2003).

Aufrechterhaltung des Stoffwechsels

Als weitere wichtige Funktion des Schlafes kann die Aufrechterhaltung des Stoffwechsels genannt werden. Zusammen mit dem zirkadianen Rhythmus, der „inneren Uhr“, werden Hormon- und Enzymsynthesen gesteuert, z.B. verschiedene Verdauungsenzyme, die Nahrungsbestandteile im Magen oder Darm aufspalten. Das Gleiche gilt für Botenstoffe, die zur Regulierung des Hunger- und Sättigungsgefühls verantwortlich sind: Das Proteohormon Leptin, welches von Fettzellen (Adipozyten) in den Körper abgegeben wird und das Auftreten von Hungergefühlen hemmt, wird bei Schlafmangel deutlich weniger synthetisiert, wogegen das appetitanregende und Wachstumshormonfreisetzung einleitende Hormon Ghrelin (Growth Hormone Release Inducing) in der Magenschleimhaut vermehrt gebildet wird. So konnte gezeigt werden, dass Menschen bei einer Schlafdauer unter vier Stunden pro Nacht etwa 900 kcal/Tag mehr zu sich nahmen, als bei ausreichender Schlafdauer von acht Stunden pro Nacht (Spiegel *et al.* 2004).

Auch der Glukosestoffwechsel wird durch akuten und chronischen Schlafmangel ungünstig beeinflusst und kann zu verminderter Glukosetoleranz führen. Aufgrund der oben beschriebenen gestörten Appetitregulation können Gewichtszunahme, Insulinresistenz und die Erkrankung an Diabetes mellitus Typ II die Folge sein (Spiegel *et al.* 2005).

Die hier dargestellten Funktionen des Schlafes und Folgen von Schlafmangel oder -entzug sind nur einige von vielen möglichen weiteren. Deshalb ist auf die Wichtigkeit eines ausreichend erholsamen Schlafes an dieser Stelle noch einmal hinzuweisen.

1.1.3 Schlafverlauf

Die Aufzeichnungen von EEG, EOG und EMG zeigen, dass der Schlaf nicht als gleichförmiger Ruhezustand bezeichnet werden kann, sondern durchaus ein aktiver Vorgang ist, bei dem sich während eines typischen Schlafverlaufs NREM- und REM-Phasen in regelmäßiger Abfolge abwechseln (Walker und Stickgold 2006). Eine graphische Darstellung des Schlafverlaufs bzw. der -architektur liefert ein Schlafprofil (Hypnogramm) als ein über die Zeit aufgetragener Ablauf des Auftretens der verschiedenen Schlafstadien. Es zeigt den Verlauf und die Wiederholung der Zyklen von drei- bis fünfmal pro Nacht, wobei in der zweiten Nachthälfte der Tiefschlafanteil abnimmt und die REM-Phasen länger werden. Auch kurze Wachphasen können zwischenzeitlich auftreten, an

die man sich aber nach dem Erwachen in den meisten Fällen nicht mehr erinnern kann. Abbildung 1 zeigt ein idealisiertes Schlafprofil eines jungen Erwachsenen.

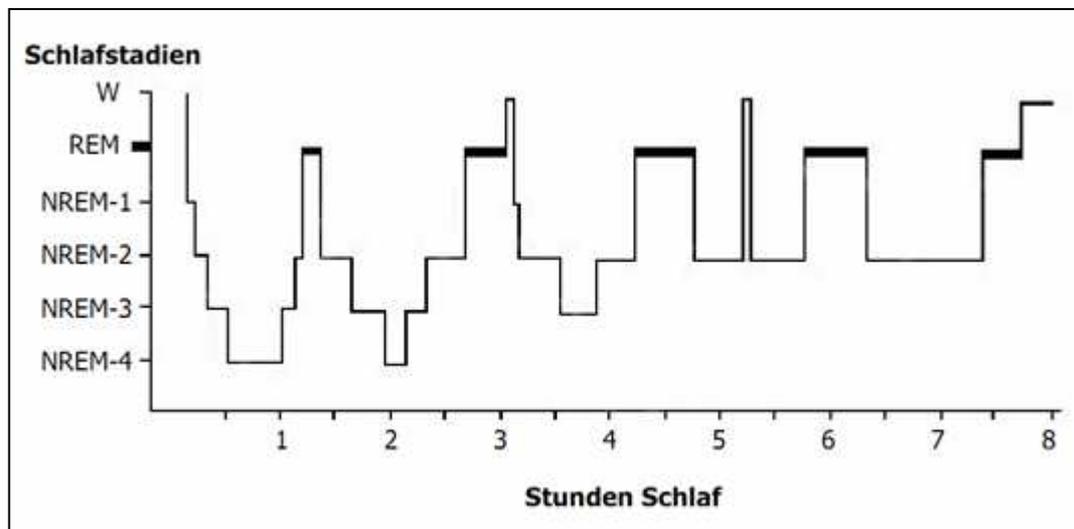


Abbildung 1: Idealisiertes Schlafprofil eines jungen Erwachsenen. W: Wachstadium, REM: rapid eye movement, Stadium schneller Augenbewegungen, NREM: Non-REM-Stadium. Quelle: URL 2 (modifiziert)

1.1.4 Schlafregulation

Zur Erklärung des täglichen Schlaf-Wach-Wechsels hat der ungarisch-schweizerische Pharmakologe und Schlafforscher Alexander Borbély (1982) basierend auf Analysen der Hirnstromkurven und Schlafentzugsexperimenten das Zwei-Prozess-Modell entwickelt. Im Wesentlichen wird die rhythmische Abfolge von Wachen und Schlafen dem Modell zufolge durch eine Interaktion von zwei Prozessen bestimmt: homöostatisch (Prozess S) und zirkadian (Prozess C) (Borbély 1982). Prozess S entspricht den Veränderungen der langsamwelligen Aktivität im EEG. Er ist im Tagverlauf abhängig von der verstrichenen Zeit seit dem Erwachen und reguliert den Anstieg des Schlafdruckes sowie dessen Abbau während der Schlafperiode (Münch *et al.* 2005). Prozess C gibt die Funktion der „inneren Uhr“ mit einer endogenen Periode von 24 Stunden wieder. Lokalisiert im Zwischenhirn in den suprachiasmatischen Nuklei wird unabhängig von der vorausgegangenen Wachzeit und der zunehmenden Müdigkeit am Abend die Schlafbereitschaft erhöht und am Morgen erniedrigt. Bei Vorhandensein äußerer Zeitgeber wie Tageslicht, Umgebungstemperatur, sozialer Aktivität wird die innere Uhr täglich auf eine 24-Stunden-Periodik synchronisiert (Münch *et al.* 2005). Während Prozess S einen exponentiellen Verlauf hat, richtet sich die Amplitude und Phase von Prozess C haupt-

sächlich nach Körpertemperatur und der Sekretion der Hormone Melatonin und Cortisol (Borbély 2005) (Abbildung 2).

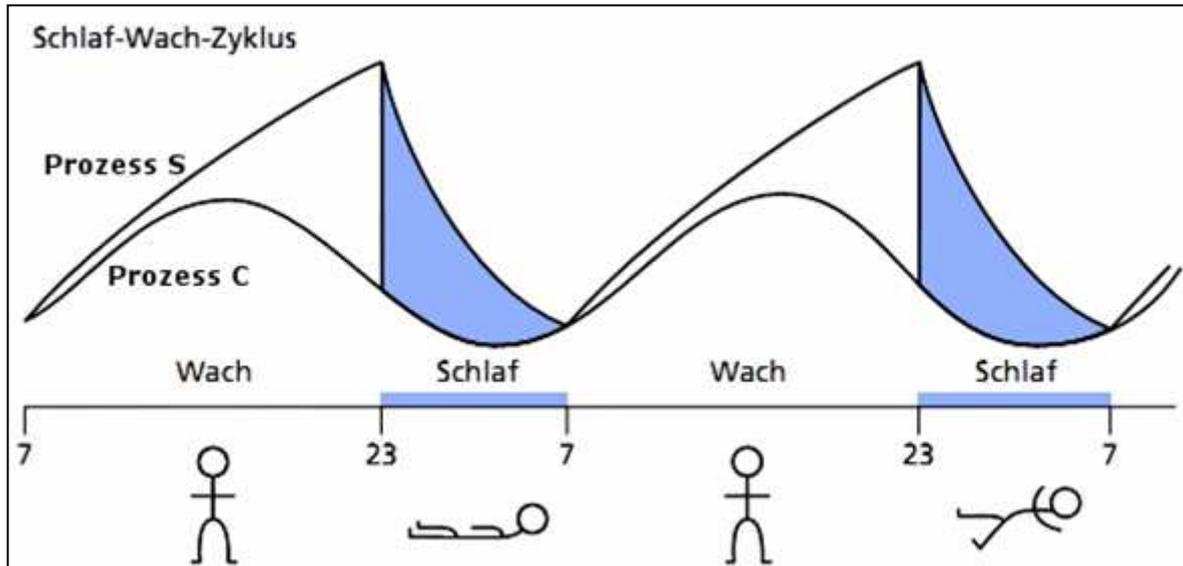


Abbildung 2: Das Zwei-Prozess-Modell zur Schlafregulation. Prozess S steigt abhängig von der Zeit seit Erwachen exponentiell und fällt im Schlaf. Prozess C entspricht der zirkadian modulierten Aufwachbereitschaft. Zeitpunkt des Erwachens ist bestimmt durch den Schnittpunkt beider Prozesse. Quelle: Borbély 2005, S. 21

Physiologisch erfolgt die Schlaf-Wach-Regulation über neurobiologische Substrate wie Acetylcholin, biogene Amine (z.B. Adrenalin, Serotonin, Dopamin, Histamin), Aminosäuren (z.B. Glutamat, Gammaamino-Buttersäure (GABA)), Prostaglandine, Neuropeptide, Immunfaktoren oder Neurotransmitter (z.B. Adenosin) (Mignot *et al.* 2002).

1.2 Veränderungen der Schlafstruktur und zirkadianen Rhythmik im Alter

Die Schlafstruktur verändert sich im Laufe des Lebens systematisch bezüglich Gesamtschlafdauer, zeitlichem Auftreten, Zyklenlänge und dem jeweiligen Schlafstadienanteil, parallel zu Reifungs- und Alterungsprozessen (Ohayon *et al.* 2004). Säuglinge verbringen in den ersten Lebensmonaten doppelt soviel Zeit schlafend als wach, wobei sich diese Zyklen in kurzen Abständen über den Tag verteilt abwechseln (mehrphasiger Schlaf) und das REM-Stadium etwa die Hälfte der Schlafzeit ausmacht. Erst im Alter von sechs Jahren hat sich das Schlafprofil zum einphasigen Schlaf verändert und die Schlafperiode auf ein Drittel des Tages reduziert. Die Schlafphasen haben sich auf 50 %

NREM-2, 20 % NREM-3 und 4 und 30 % REM-Schlaf stabilisiert. Dieses Schlafprofil bleibt, bis auf eine leichte Abnahme im REM-Schlaf-Anteil, bis ins junge Erwachsenenalter erhalten (Hobson und Pace-Scott 2002, Strauch 2010). Abbildung 3 zeigt die Schlaf-Wach-Zyklen in verschiedenen Lebensphasen.

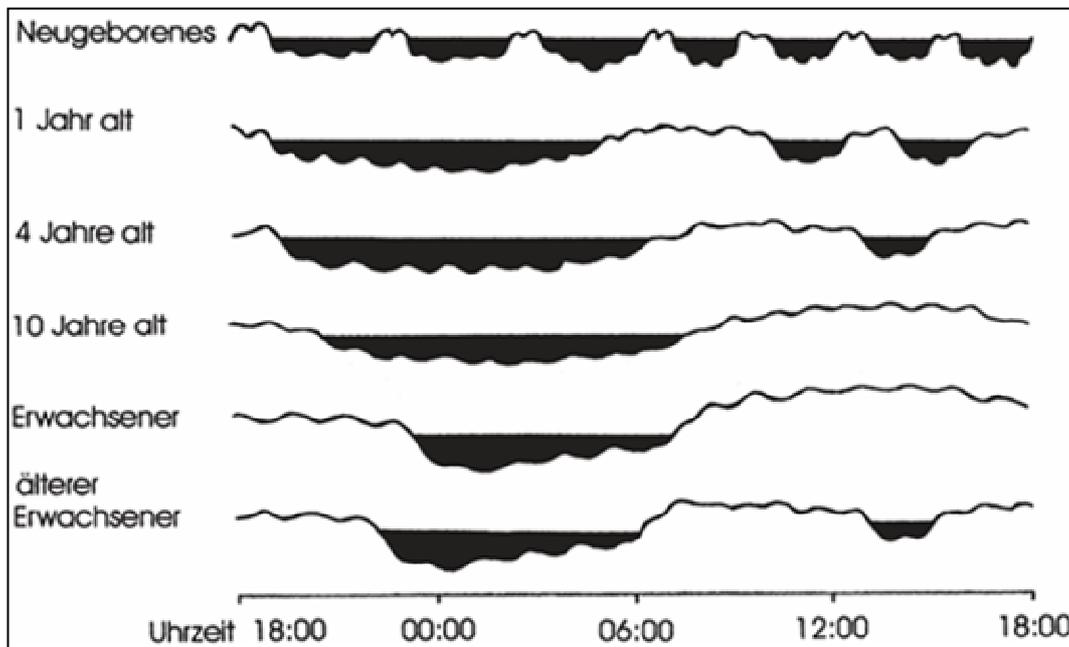


Abbildung 3: Schlaf-Wach-Muster vom Neugeborenen bis ins hohe Alter. Quelle: Riemann und Backhaus 1996

Ab dem 40. Lebensjahr wird der Schlaf zunehmend leichter und fragiler. Viele epidemiologische Studien zeigen einen Anstieg von Schlafproblemen mit dem Alter (McGhie und Russell 1962, Hammond 1964, Karacan *et al.* 1976, Bixler *et al.* 1979, Kripke *et al.* 1979, Gilleard *et al.* 1984, Morgan *et al.* 1988, Klink *et al.* 1992, Prinz und Vitiello 1993, Billiard 1993, Middelkoop *et al.* 1996, Ancoli-Israel und Roth 1999, Hoffmann 1999, Fetveit 2009, Wade 2010).

Während des Schlafes im Alter kommt es außerdem zu einem häufigeren Stadienwechsel (Abbildung 4), oftmals zu morgendlichem Früherwachen und tagsüber zu einem Anstieg der Tagesmüdigkeit, woraus höchstwahrscheinlich auch die vermehrten Tagesschlafphasen resultieren (Tune 1969, Miles und Dement 1980, Roth 1993, Prinz und Vitiello 1993, Billiard 1993). Bei einer Prävalenzrate von über 30 % wie im Falle der geriatrischen Insomnie (Brabbins *et al.* 1993, Gislason *et al.* 1993) ist es auch nicht verwunderlich, dass Schlafmittel in dieser Altersklasse am häufigsten eingenommen werden (Hohagen *et al.* 1993, Moran *et al.* 1988, Ohayon 1996).

In Abbildung 4 ist ein Schlafprofil im Alter dargestellt, welches im Vergleich zum idealisierten Schlafprofil eines jüngeren Menschen (vergl. Abbildung 1, S. 10) die Abnahme bzw. völliges Fehlen der Tief- und Zunahme der Leichtschlafphasen aufzeigt. Auch das häufigere nächtliche Erwachen ist auffällig.

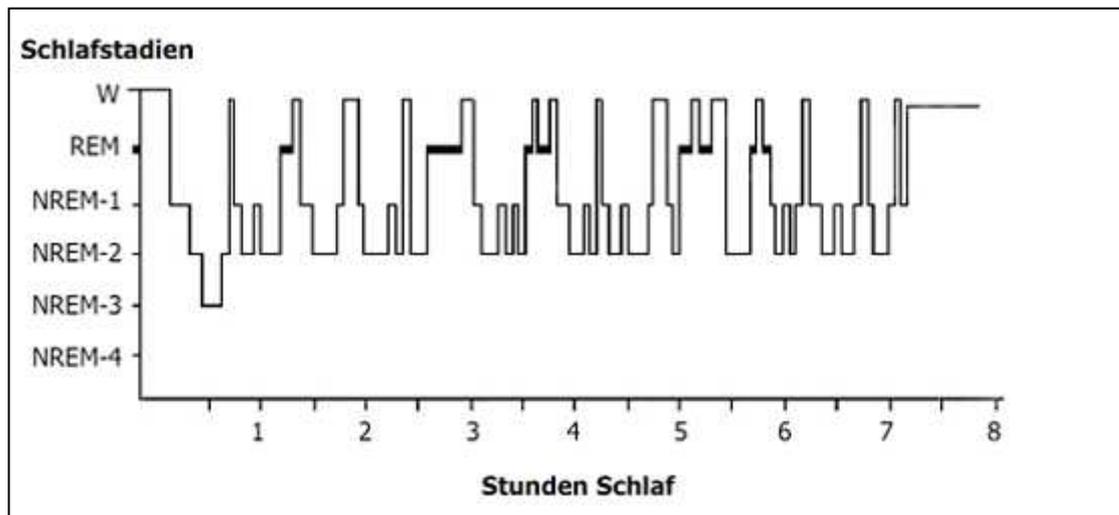


Abbildung 4: Schlafprofil im Alter. REM: Rapid Eye Movement, Stadium schneller Augenbewegungen, NREM: Non-REM-Stadium. Quelle: URL 2 (modifiziert)

Polysomnographische Studien der Schlafarchitektur zeigen übereinstimmend vier altersabhängige Änderungen: Gesamtschlafzeit, Schlaffeffizienz und Tiefschlafanteil nehmen ab, wohingegen die Wachzeit während des Schlafs zunimmt.

Ein Anstieg der Schlaflatenz und eine Zunahme an den NREM-Schlafstadien 1 und 2 konnten in vielen Studien ebenfalls nachgewiesen werden, während in einigen Studien keine Änderung der Schlaflatenz oder NREM 1- und 2-Anteile gefunden wurde (Übersicht s. Ohayon *et al.* 2004). Aufgrund der widersprüchlichen Ergebnisse führten Ohayon *et al.* anhand 65 Studien aus dem Zeitraum 1960 bis 2003 mit über 3500 Probanden zwischen 5 und 102 Jahren eine Metaanalyse durch, die 2004 publiziert wurde.

Anhand ihrer Ergebnisse sind die Änderungen mit dem Alter für den Anteil von Schlafphasen, Wachzeit während des Schlafes und Schlaflatenz am Gesamtschlaf, wie in Abbildung 5 gezeigt, darstellbar.

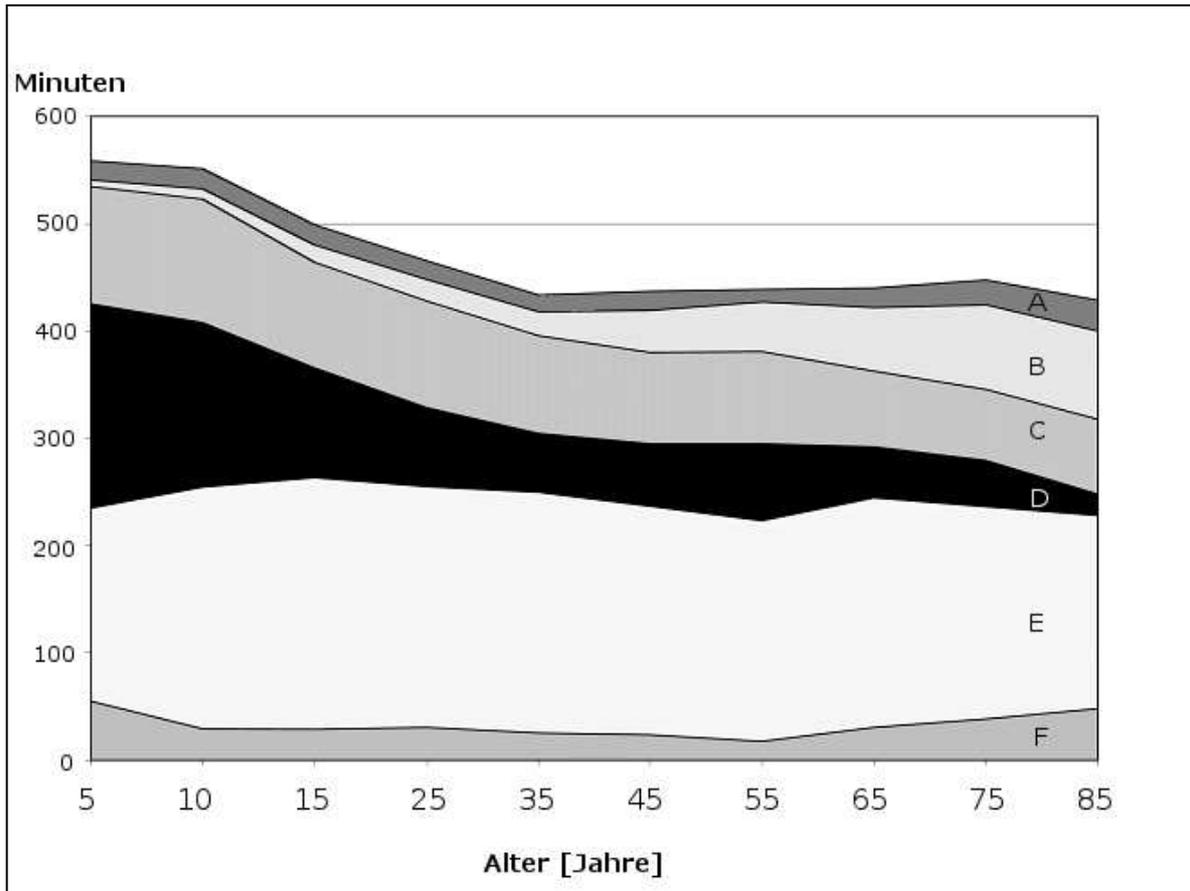


Abbildung 5: Altersabhängige Trends für A: NREM-1, B: NREM-2, C: Tiefschlaf (NREM-3 und -4), D: REM-Schlaf, E: Wachzeit während der Schlafperiode und F: Schlaf latenz. Quelle: Ohayon *et al.* 2004 (modifiziert).

Die Metaanalyse brachte folgende Ergebnisse: Erwartungsgemäß kommt es zu einer Abnahme von Gesamtschlafzeit und Schlaffeffizienz, während die Schlaf latenz mit dem Alter leicht zunimmt. Signifikante Unterschiede der Schlaf latenz ergeben sich lediglich beim Vergleich von sehr jungen mit älteren Probanden. Insgesamt liegt die Differenz zwischen 20- und 80-jährigen bei unter zehn Minuten. Auch der Anteil von NREM-1 nimmt mit dem Alter zu, mit signifikanten Unterschieden durch alle Erwachsenenalter, während der Anteil an NREM-2 beginnend im Kindesalter (ab 5 Jahren) bis zum Alter von 60 Jahren stetig ansteigt. Tief- und REM-Schlafanteile nehmen ab und die Wachzeit während des Schlafes zu. Die REM-Latenz nimmt zunächst vom Kindes- bis Erwachsenenalter ab, bleibt dann aber im weiteren Verlauf konstant.

Grundsätzlich verringern sich aber Anzahl und Dichte (Crowley *et al.* 2002; Nicolas *et al.* 2001), die Frequenz (Principe und Smith 1982) sowie die Amplitude und die Dauer (Wei *et al.* 1999) der Spindeln während des NREM-2 Stadiums.

Verschiedene Studien, hauptsächlich basierend auf Angaben persönlicher Wahrnehmung der Teilnehmer (subjektive Datenerhebung), fanden in allen Altersgruppen Schlafprobleme bei Frauen häufiger als bei Männern (Middelkoop *et al.* 1996, Lavie und Pillar 2001, Ohayon *et al.* 2001, Ohayon 2002, Vitiello *et al.* 2004, Zhang und Wing 2006), was in messtechnischen Untersuchungen (objektive Datenerhebung) nicht bestätigt werden konnte. Hier zeigte die Geschlechtsanalyse generell bei beiden Geschlechtern eine Verbindung von Schlafvariablen und Alter, wobei der Alterseffekt bei Frauen bezüglich Gesamtschlafzeit, Schlaffeffizienz, Anteil NREM-1 und REM-Latenz größer war als bei gleichaltrigen Männern (Ohayon *et al.* 2004).

Auch die zirkadiane Rhythmik unterliegt altersbedingten Veränderungen. Verglichen mit jungen Menschen ist die Melatoninkonzentration im Speichel erniedrigt (Münch *et al.* 2005). Die Abnahme der Gesamtschlafzeit und des Tiefschlafanteils sowie der Zunahme der Wachzeit während der Schlafperiode führt zu einem höheren Schlafdruck. Zudem ist das „Wachheitssignal“ des zirkadianen Rhythmus, welches bei jungen Personen in einer Zeit intensiver Wachheit kurz vor der Zu-Bett-Geh-Zeit („wake maintenance zone“) resultiert, bei älteren Menschen vermindert und führt damit zu früheren Zu-Bett-Geh- und Aufstehzeiten. Durch unzureichende Beleuchtungsstärke, im Alter zunehmend auftretenden Augenbeschwerden (Katarakt, Glaskörpertrübungen etc.) und Verhaltensänderungen (weniger Aufenthalt im Freien) ist das Licht als wichtigster äußerer Zeitgeber zur Synchronisation des zirkadianen Rhythmus abgeschwächt (Münch *et al.* 2005).

Tiefschlafmangel nach Schlafentzug kann zwar nachgeholt werden, allerdings nicht in dem Maß wie bei jüngeren Personen, was in einer niedrigeren Aktivität langsamwelliger Hirnströme im EEG sichtbar wird (Münch *et al.* 2004).

Auch die Anpassung an Zeitumstellungen fällt im Alter schwerer und führt zu Jetlag-Symptomen (Campbell 1995).

1.3 Erfassung von Schlafqualität

Die Erfassung der Schlafqualität kann je nach Fragestellung mittels verschiedener Techniken erfolgen. Objektiv mittels Polysomnographie und Akzelerometrie (Keklund und Åkerstedt 1997, Merilahti *et al.* 2007) oder über subjektive Methoden, die anhand von Fragebogen, Protokollen oder Tagebüchern die Schlafgewohnheiten und -strukturen der Teilnehmenden erfassen. Das ist eine kostengünstige und schnelle Methode der Datenerhebung und eignet sich daher besonders für epidemiologische Studien. Letztendlich basieren sie aber auf der subjektiven Einschätzung der Befragten, welche durch persönliche Empfindungen und Wahrnehmungen teils erheblich beeinträchtigt sein kann. Werden zudem nicht international standardisierte Fragebogen verwendet, ist die Vergleichbarkeit untereinander erschwert (Übersicht s. Moul *et al.* 2004). Gemessene, objektive Daten erfordern großen finanziellen, zeitlichen und logistischen Aufwand und sind deshalb für Studien mit großer Teilnehmerzahl nur begrenzt einsetzbar. Hier sollen einige Methoden zur Erfassung der Schlafqualität (subjektive und objektive) vorgestellt und die jeweiligen Vor- und Nachteile aufgezeigt werden.

1.3.1 Subjektive Methoden

Zu den gängigsten subjektiven Methoden gehören Fragebogen, die retrospektiv einen bestimmten Zeitraum erfragen, und Tagebücher bzw. Protokolle, welche über längere Zeiträume geführt werden können. Diese Art der Datenerhebung wird oft zur Diagnose und Therapieüberwachung von Schlafstörungen benutzt, da sie den Schlaf-Wach-Rhythmus sowie Tagschlafphasen aufzeigen (DGSM 2009). Vorteile subjektiver Methoden liegen vor allem in einfacher Handhabung und geringem Kosten- und Zeitaufwand, wodurch auch Datenerhebungen an großen Stichproben möglich sind. Außerdem werden zusätzliche Daten gewonnen, die für die Ergebnisinterpretation hilfreich sein könnten, z.B. Erfassung von Tagschlafphasen oder Tagesaktivität, welche während einer Polysomnographie nicht erfasst werden können (Hoffmann *et al.* 1997).

Da Schlaftagebücher von den Probanden täglich bearbeitet werden bieten sie eher die Möglichkeit einer genaueren Selbstreflexion über den eigenen Schlaf als retrospektive Fragebogen über längere Zeiträume (Liendl *et al.* 2004).

1.3.1.1 Fragebogen

Die subjektive Symptomerfassung erfolgt zweckmäßigerweise in Form von standardisierten Fragebogen, da hierdurch eine bessere Vergleichbarkeit und Verlaufskontrolle gewährleistet werden kann. Es gibt, je nach Fragestellung, eine große Anzahl verschiedener Fragebogen (Übersicht bei Moul *et al.* 2004). Zu den international gebräuchlichsten gehören unter anderem der „Epworth Sleepiness Scale“ (ESS), ein Fragebogen zur Beurteilung von Tagesschläfrigkeit (Johns 1991, 1992) und der „Pittsburgh Sleep Quality Index“ (PSQI) ein Fragebogen zur Erfassung der Schlafqualität (Buysse *et al.* 1989). Validierungsstudien gegen Polysomnographie haben gezeigt, dass der Schlafqualitäts-Fragebogen valide Daten bei gesunden Erwachsenen mittleren Alters, Insomniakern und depressiven Personen erbringt (Buysse *et al.* 1989, Backhaus *et al.* 2002), während Studien an Älteren nach Recherchen der Autorin bislang fehlen.

1.3.1.2 Schlaftagebuch

Ein Schlaftagebuch (bzw. Schlafprotokoll) ist ein Kurzfragebogen, der mehrere Tage lang jeden Morgen und Abend ausgefüllt wird. Es ist eines der wichtigsten, ein einfach durchzuführendes, reliables und valides Instrument (Bixler *et al.* 1973). Die Kernfunktion besteht in der regelmäßigen Protokollierung des Schlaf-Wach-Rhythmus und der Reflektion über Ereignisse während des Tages durch den Probanden. Dabei ist zu beachten, dass der Proband sich nur am subjektiven Eindruck orientieren sollte und nicht an der tatsächlichen Uhrzeit (Riemann *et al.* 2007).

Im Vergleich mit der Polysomnographie zeigte das Abend-/Morgenprotokoll der Deutschen Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin (DGSM) in bisherigen Studien bei jungen Erwachsenen und Erwachsenen mittleren Alters valide Ergebnisse bezüglich der Schlafqualität (Hoffmann *et al.* 1997). Studien an älteren Menschen und Kindern fehlen bislang nach Kenntnis der Autorin.

1.3.2 Objektive Methoden

Zu den objektiven Methoden in der Erfassung der Schlafqualität gehört an erster Stelle die Polysomnographie. Aber aufgrund der recht komplizierten und aufwändigen Durchführung ist die Entwicklung von kosten- und zeitsparenderen Methoden in den Fokus der Wissenschaft gerückt. So sind inzwischen Geräte zur ambulanten Polysomnographie entwickelt worden, die den Einsatz in gewohnter, häuslicher Umgebung ermöglichen.

Auch die Akzelerometrie, eine Methode zur Erfassung körperlicher Aktivität, die auch eine Unterscheidung von Schlaf- und Wachzustand ermöglicht (nicht aber zwischen den Schlafstadien), erlangt immer größere Bedeutung vor allem im Bereich der Frühdiagnostik bei Schlafstörungen oder des Restless-Legs-Syndroms (Prill *et al.* 2003). Im Folgenden sollen die Verfahren der Polysomnographie und der Akzelerometrie im Detail vorgestellt werden.

1.3.2.1 Polysomnographie

Die Polysomnographie gilt mittlerweile als Goldstandard in der Schlafanalyse. Im Verlauf einer Nacht werden kontinuierlich und gleichzeitig neurophysiologische, kardiorespiratorische und weitere physikalische und physiologische Parameter aufgezeichnet, um daran den individuellen Schlaf zu beurteilen und gegebenenfalls Schlafstörungen zu diagnostizieren (Bloch *et al.* 1997).

Da der Schlaf, wie schon erwähnt, nicht nur eine Phase körperlicher Inaktivität, sondern zudem auch eine Periode veränderter Gehirnaktivität ist, beruht die Einteilung der Schlafstadien und die Unterscheidung von Schlaf- und Wachzustand in erster Linie auf den Daten der vom Elektroenzephalogramm (EEG) abgeleiteten Gehirnströme. Die Elektroden werden nach dem 10–20-System an den Positionen C4 bzw. C3 angebracht und jeweils gegen eine Referenzelektrode an Position A1 geschaltet (Rechtschaffen und Kales 1968).

Zur Bestimmung des REM-Schlafes, welcher durch schnelle Augenbewegungen und stark reduzierten Muskeltonus charakterisiert ist, werden darum mittels Elektrooflogramm (EOG) die Bewegungen der Augen und anhand eines Elektromyogramm (EMG) Potentialschwankungen bei der Muskelaktivität des *Musculus submentalis* aufgezeichnet. Die EOG-Elektroden werden rechts und links an den Außenseiten der Augen bei E1 und E2 positioniert und ebenfalls gegen die Referenzelektrode A1 abgeleitet. Die EMG-Elektroden registrieren die Muskelaktivität an zwei Positionen am Kinn.

Abbildung 6 zeigt die Elektrodenpositionen nach internationalem Standard zur Gewährleistung der Reproduzierbarkeit (Rechtschaffen und Kales 1968).

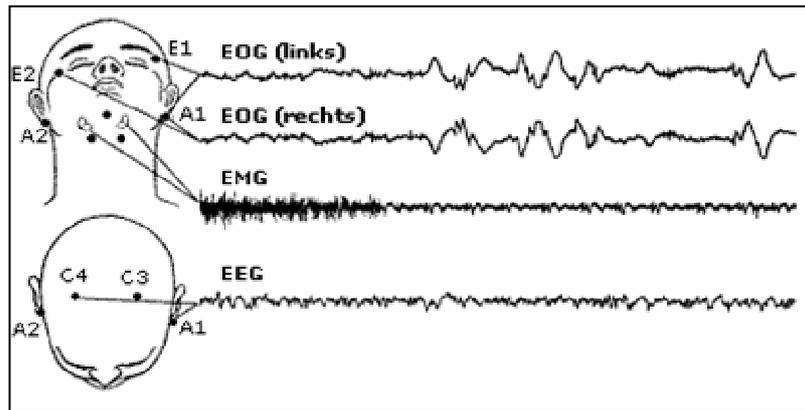


Abbildung 6: Elektrodenpositionen nach Rechtschaffen und Kales (1968). Abkürzungen: EOG: Elektrokulogramm; EMG: Elektromyogramm; EEG: Elektroenzephalogramm; E1 bzw. E2: Elektrodenpositionen EOG; C3 bzw. C4: Elektrodenpositionen EEG; A1 bzw. A2: Positionen der Referenzelektroden.

Eine Videokamera zeichnet die Körperposition des Schlafenden auf (Iber *et al.* 2007). Sie kann z.B. zur Diagnostik von Parasomnien, differentialdiagnostischen Abgrenzung von verschiedenen Formen der Epilepsie, oder zum Ausschluss schlafbezogener Atemstörungen und periodischer Beinbewegungen dienen (DGSM 2009). Ein Räummikrofon erlaubt zudem weitere Tonaufzeichnungen.

Zusätzliche Verfahren können zur Beurteilung anderer Körperfunktionen sinnvoll sein: Zur Überwachung des Herzkreislaufsystems kann ein Elektrokardiogramm (EKG) abgeleitet werden (Bloch *et al.* 1997) und mittels Armmanschetten oder Finger-Photo-Plethysmographie der Blutdruck kontinuierlich beobachtet werden.

Respiratorische Parameter können z.B. mittels Messung des nasalen und oralen Luftflusses, der thorakalen und abdominalen Atmungsbewegungen, Aufzeichnung atemasoziiertes Geräusche oder Pulsoxymetrie zur Bestimmung der kapillaren Sauerstoffsättigung erfasst werden.

Ein EMG der *Musculi tibiales anteriores* kann außerdem durchgeführt werden um Aufschluss über periodische Gliedmaßenbewegungen zu geben (Lugaresi *et al.* 1986a). In Abbildung 7 ist die Anordnung der beschriebenen Messaufnehmer im Schlaflabor dargestellt.

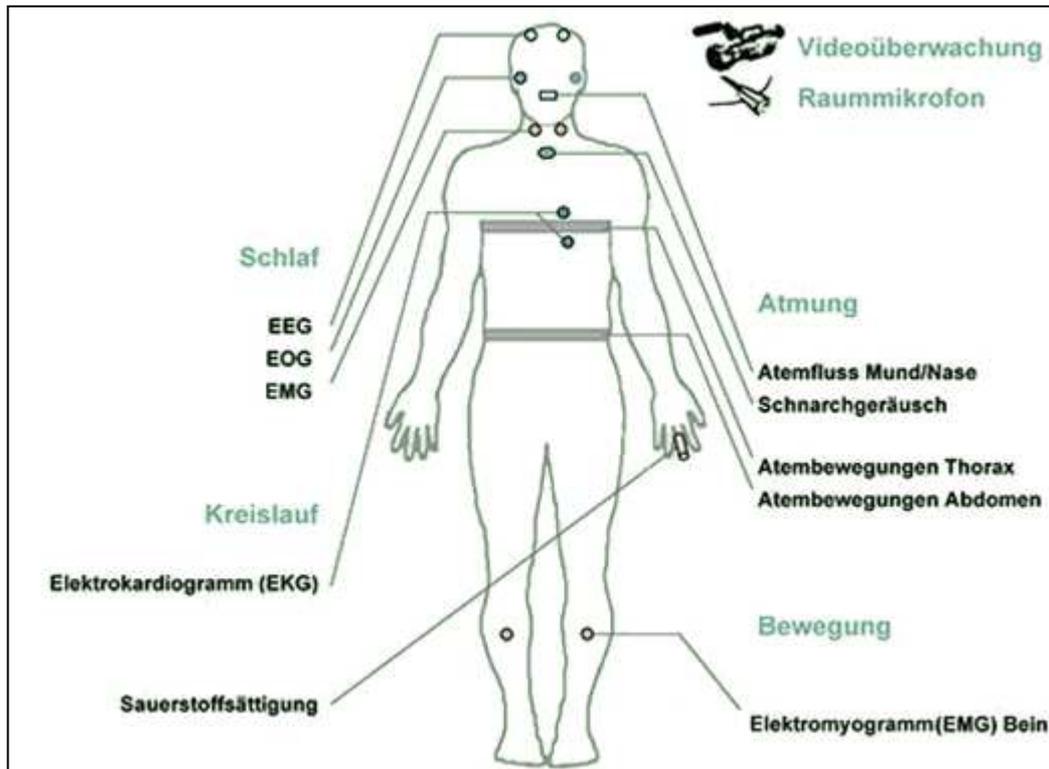


Abbildung 7: Schematische Darstellung typischerer Messaufnehmer während einer Polysomnographie in der Adaptationsnacht. Meist werden in der eigentlichen Messnacht nur EEG, EOG und EMG des Kinns abgeleitet. Quelle: URL 3 (modifiziert)

Für bestimmte Fragestellungen kann die Schlafanalyse darüber hinaus noch durch weitere invasive und nicht-invasive Verfahren individuell erweitert werden, z.B. durch Messung der Körperkerntemperatur (Dijk *et al.* 1995), des Druckes und pH-Wertes im Ösophagus (Orr *et al.* 1991, Jolley *et al.* 1981).

Diese zusätzlichen Messungen werden häufig nur in der ersten Nacht (Adaptationsnacht) im Schlaflabor durchgeführt um z.B. Atemstörungen und krankhafte Bewegungsunruhe festzustellen oder auszuschließen. Nach der Adaptationsnacht erfolgt die eigentliche Messnacht mit der Bestimmung der Schlafstadien anhand von EEG, EOG und EMG des *M. submentalis*, was der Minimierung des „First-Night-Effect“ dient. Dieser Effekt beruht auf dem Umstand, dass ungewohnte Umgebung und Messapparatur während der ersten Nacht zu signifikanten Unterschieden (Agnew *et al.* 1966, Mendels und Hawkins 1967) bzw. einer verstärkten Variabilität der einzelnen Parameter (Edinger *et al.* 1997) in den polysomnographisch erhobenen Daten der zweiten Nacht führen.

Die Auswertung erfolgt semi-manuell: Zunächst kommen computergestützte Systeme zur Anwendung, welche die analogen Daten noch in der Aufzeichnungseinheit digitalisieren, vorverstärken und zu einem Rechner übermitteln, wo sie gespeichert werden. Von dort können sie dann von den Mitarbeitern des Schlaflabors nach den Richtlinien von Rechtschaffen und Kales in Epochen von jeweils 30 Sekunden ausgewertet werden. Zwar ist der Papier- und Kostenaufwand durch den Einsatz von moderner Technik zurückgegangen, trotzdem sind die Kosten immer noch ein limitierender Faktor und auch der Zeitaufwand für Proband und Durchführenden sind relativ groß.

1.3.2.2 Akzelerometrie

Als Vorläufer der Akzelerometrie wurde vor mehr als 30 Jahren die Aktigraphie entwickelt, der Bewegungsregistrierung durch mechanische oder digitale Geräte, indem interne Signale bei Bewegung generiert und gespeichert werden (American Sleep Disorders Association 1995). Vorrangig zur Analyse des Lebensstils, insbesondere der Beurteilung körperlicher Aktivität eingesetzt, gewann die Aktigraphie seit den Neunziger Jahren zunehmend auch in der Schlafforschung an Bedeutung (Morgenthaler *et al.* 2007, Sadeh *et al.* 1995, Sadeh und Acebo 2002). Abbildung 8 veranschaulicht die Zunahme an publizierten Untersuchungen, die sich mit der Untersuchung von Schlaf und Aktigraphie zwischen 1990 und 2000 beschäftigten.

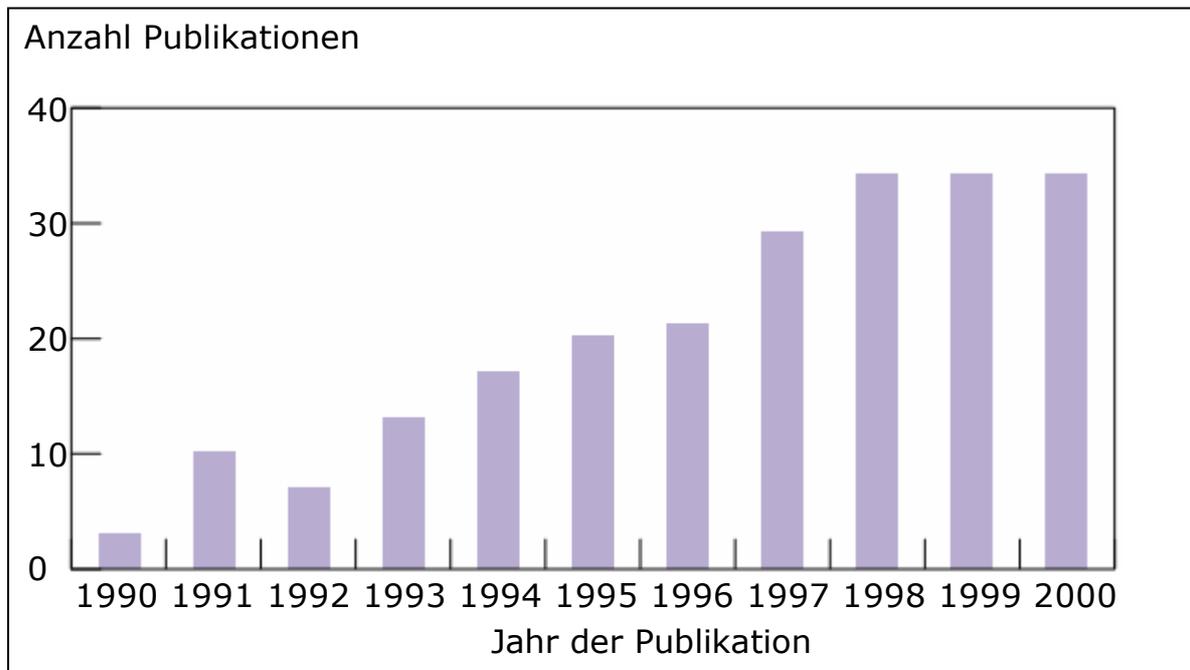


Abbildung 8: Anzahl jährlicher Publikationen mit dem Fokus auf Aktigraphie und Schlaf zwischen 1990 und 2000. Quelle: Sadeh und Acebo 2002

Die Methode ist kostengünstig und für den Probanden komfortabel, da das Gerät klein ist und den Träger in seiner Aktivität und Bewegungsfreiheit so gut wie nicht einschränkt (Morgenthaler *et al.* 2007, Brooks *et al.* 1993). Es ist einfach in der Bedienung für den Träger, liefert aber dennoch für den Untersucher aussagekräftige Daten. Bezüglich der Schlafqualität bestätigen Validierungen gegen den Goldstandard Polysomnographie, dass Aktigraphie valide Ergebnisse bei Kindern (Sadeh *et al.* 1995), Erwachsenen jüngeren und mittleren Alters sowie bei Patienten mit Schlafstörungen (Morgenthaler *et al.* 2007, Brooks *et al.* 1993, Weiss *et al.* 2010) liefert.

Die Weiterentwicklung der Aktigraphie ist die Akzelerometrie. Hier beruht die Bewegungsmessung auf der Auswertung von Beschleunigungssensoren in zwei (biaxial) oder sogar drei Achsen (triaxial). Bei Bewegung wird aufgrund der Masseträgheit eine Kraft auf einen piezoelektrischen Sensor übertragen und in ein Signal umgewandelt. Zum Einsatz kommen verschiedene Geräte (Morgenthaler *et al.* 2007), wovon die meisten am Handgelenk getragen werden und mittels unterschiedlicher Algorithmen den Schlaf, das nächtliche Erwachen und die körperliche Aktivität am Tag ermitteln (Ohayon *et al.* 2004). Außerdem können der Schlaf-Wach-Rhythmus oder Ruheepisoden eines Probanden während des Tages aufgezeichnet werden (Hauri und Wisbey 1992), wohingegen eine Differenzierung des Schlafes in die verschiedenen Schlafstadien mittels Akzelerometrie (noch) nicht möglich ist (Riemann *et al.* 2007). Studien zur Validität bei gesunden älteren Menschen sind derzeit nach Recherchen der Autorin noch ausstehend.

Ein Gerät zur Erfassung des Lebensstils und körperlichen Aktivität ist das SenseWear Pro2-Akzelerometer (SWA). Es wird am rechten Oberarm getragen und verspricht eine umfassende Analyse von Energieumsatz und Schlaf-Liege-Verhalten (Schlegelmilch 2006). Da die Datenerfassung mittels SWA einen wesentlichen Teil dieser Arbeit ausmacht, wird das Gerät in Kapitel 3.2.3.2 ausführlich vorgestellt.

1.4 Physiologische Veränderungen im Alter

Veränderungen der Schlafstruktur im Alter sind womöglich nicht durch Altern bzw. das Alter *per se* begründbar (Foley *et al.* 1999), sondern eventuell auch Folge von physiologischen Modifikationen (Vitiello *et al.* 2004), die mit dem Alter eintreten können und erst sekundär Auswirkungen auf den Schlaf haben.

So ändert sich auch beim gesunden Menschen die Körperzusammensetzung mit zunehmendem Alter dahingehend, dass der Anteil der metabolisch aktivsten Zellen, die sogenannte Körperzellmasse (BCM), durch geringere körperliche Aktivität oder veränderte Hormonkonzentrationen (Brabant und von zur Mühlen 2000) abnimmt. Zudem ändert sich die relative Zusammensetzung der fettfreien Masse. Beide Faktoren werden als Grund für eine Abnahme des Ruheenergieumsatzes um 1–2 % pro Dekade im Alter angenommen (Keys *et al.* 1973, Bosy-Westphal *et al.* 2003).

Zudem ist das Risiko für Dehydratation durch verminderte Konzentrierfähigkeit der Nieren, reduziertes Durstempfinden, geringerer Wassergehalt oder eingeschränkte homöostatische Fähigkeiten im Alter erhöht (Volkert *et al.* 2004). Die Haut wird trockener und dünner, Schwitzeigenschaften sind reduziert und die vaskuläre Versorgung geht zurück (Hay *et al.* 1997).

Die Manifestation verschiedener Erkrankungen gilt ebenso als einer der Hauptgründe für Schlafstörungen. Annähernd 50 % der Personen mit Insomniesymptomen haben rezidivierende, persistierende oder sogar multiple gesundheitliche Probleme (Bixler *et al.* 1979, Mellinger *et al.* 1985). Zu den alterstypischen Erkrankungen zählen akute oder chronische Schmerzen aufgrund von Arthritis, Rückenbeschwerden (Ohayon 1996, Ohayon *et al.* 1997a, 1997b, Andersson 1999), Krebserkrankungen sowie postoperative Schmerzen, Kopfschmerzen, Fibromyalgie und Neuropathie.

Auch kardiovaskuläre Erkrankungen nehmen im Alter zu (Ohayon 1996, Ohayon *et al.* 1997a, 1997b, Foley *et al.* 1999). Schwartz *et al.* (1999) rezitiert 10 Studien, in denen ein Risikoverhältnis von kardiovaskulären Erkrankungen und Insomnie von 1,5 bis 3,9 festgestellt wurde.

Pulmonale Erkrankungen wie chronisch-obstruktive Lungenerkrankung (COPD) (Klink und Quan 1987, Gislason 1987, Foley *et al.* 1999) oder Sinusitis/Rhinitis, gastrointestinale Erkrankungen z.B. Reflux, Dyspepsie oder Ulcera, endokrine Erkrankungen, zu denen z.B. Hypothyreose oder Diabetes mellitus zählen, renale oder urogenitale Erkrankungen wie Urämie und Inkontinenz nehmen im Alter ebenso zu wie neurologische Erkrankungen (Demenz, Parkinson, u.a.). (Klink und Quan 1987, Sridhar und Madhu 1994, Ancoli-Israel 2000, McCurry *et al.* 2000, Wilcox *et al.* 2000, Savard und Morin 2001, McCracken und Iverson 2002, Mallon *et al.* 2005).

Ein signifikanter Anstieg mit dem Alter kann bei den neurologischen Störungen der periodischen Beinbewegung („periodic limb movement disorder“ PLMD) oder der unruhigen Beine („Restless-Legs-Syndrom“, RLS) festgestellt werden, die mit einer

Prävalenz von bis zu 25 % bei über 50-jährigen zu unwillkürlichen und unkontrollierten Bewegungen und Gefühlsstörungen in den Gliedmaßen führen (Juuti *et al.* 2011).

Studien die den subjektiven Gesundheitszustand untersuchten fanden Insomniesymptome vor allem bei den Probanden, die ihren Gesundheitszustand als schlecht empfanden (Henderson *et al.* 1995, Foley *et al.* 1995, Newman *et al.* 1997, Maggi *et al.* 1998, Chiu *et al.* 1999, Kim *et al.* 2000).

In den meisten Fällen werden zur Behandlung der oben beschriebenen Erkrankungen verschiedene Medikamente eingesetzt, die *per se* Einfluss auf die Schlafstruktur haben können, oder durch Neben- bzw. Wechselwirkungen zu Schlafstörungen führen können (Riemann *et al.* 2003, Ancoli-Israel und Ayalon 2006). Selbst die Einnahme von Hypnotika und Anxiolytika können Insomniesymptome auslösen oder, bei chronischer Einnahme, wieder aufflammen lassen. Oftmals kommt es auch zu Rückfällen infolge eines Behandlungsabbruchs (Krska und McLeod 1995, Ohayon *et al.* 1999, Jorm *et al.* 2000).

Auch vermehrter nächtlicher Harndrang (Nykturie) betrifft hauptsächlich ältere Menschen. Die dadurch gestörte Nachtruhe führt nicht nur zu Symptomen wie erhöhte Tagesmüdigkeit, Schwindel, Konzentrations- und Koordinationsstörungen, Stimmungsänderungen oder reduzierter Infektabwehr (Hetta 1999), auch das Sturzrisiko (und damit die Gefahr für Knochenbrüche) steigt bei zwei oder mehr Toilettengängen pro Nacht signifikant von 10 % auf 21 % (Steward *et al.* 1992). Asplund (1999) fand in einer Studie an 6000 Personen über einen Beobachtungszeitraum von 54 Monaten sogar einen signifikanten Anstieg der Mortalitätsrate ab drei Toilettengängen pro Nacht.

1.5 Altersbedingte Änderungen des Lebensstils

Verschiedene Faktoren können Veränderungen der Schlafstruktur im Alter begünstigen und gegebenenfalls zu Schlafstörungen führen. Zu diesen Faktoren gehören sozialer Rückzug, fehlende Tagesstruktur und mangelnde körperliche Aktivität (Staedt und Riemann 2007). Wie in Abbildung 9 dargestellt steigt die Bevölkerungszahl ohne regelmäßige sportliche Betätigung in Deutschland mit zunehmendem Alter auf 70–80 % bei den 70–79-jährigen (Mensink 2003).

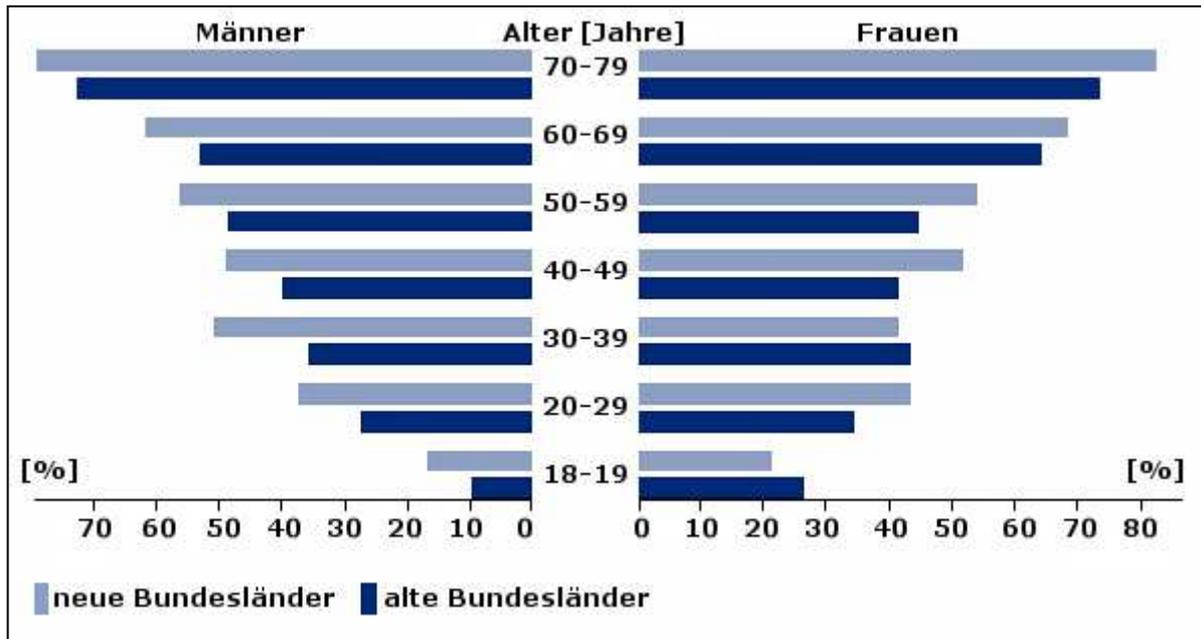


Abbildung 9: Anteil der Bevölkerung in Deutschland ohne regelmäßige sportliche Betätigung. Quelle: Bundesgesundheitsurvey 1998 in Mensink 2003

Die steigende Inaktivität und Morbidität aufgrund physiologischer Veränderungen und Erkrankungen führt zu zunehmender Angst vor Unfällen oder Stürzen, weshalb oftmals soziale Kontakte nicht mehr in dem Ausmaß gepflegt werden, wie im jungen oder mittleren Lebensalter. Dadurch wird meist auch der Aufenthalt im Freien bei Tageslicht eingeschränkt und damit einer der stärksten exogenen Zeitgeber der zirkadianen Rhythmik. Durch eine schwächere Synchronisation der „inneren Uhr“ kann es zu Verschiebungen des Schlaf-Wach-Rhythmus kommen (Münch *et al.* 2005). Neben der verminderten Aufnahme von Tageslicht können auch die Änderung der Körperkerntemperatur, Umweltfaktoren und eventuell auch genetischen Faktoren zu einer zunehmenden Verschiebung der zirkadianen Rhythmik nach vorn beitragen (Ancoli-Israel und Ayalon 2006). Als Folge stimmen die Wachzeiten nicht mehr mit der sozialen Norm überein, da die betroffenen Personen bereits am frühen Abend müde werden und morgens zeitig ausgeschlafen haben, wenn andere noch nicht, bzw. immer noch schlafen (Jones *et al.* 1999, Ancoli-Israel *et al.* 2001).

Auch der Wegfall der beruflichen Beschäftigung kann die Insomniesymptomatik erhöhen (Hoffmann 1999, Ohayon *et al.* 1997a, 1997b, Chevalier *et al.* 1999), Ohayon *et al.* (1997b) fanden das höchste Insomnierisiko bei Rentnern, gefolgt von Hausfrauen, während bei Studenten kein Risiko bestand. Verschiedene Studien fanden eine höhere

Prävalenz von Symptomen von Insomnie bei getrennt lebenden, geschiedenen oder verwitweten Personen (Ohayon 1996, Ohayon *et al.* 1997a, 1997b, Chevalier *et al.* 1999, Léger *et al.* 2000), und einen größeren Zusammenhang bei Frauen (Ohayon *et al.* 1997a, 1997b).

Angesichts der zunehmenden Fragilität des Schlafes im Alter gewinnen Umgebungsfaktoren wie Licht, Lärm und Temperatur ebenfalls an Bedeutung. Durch die niedrigere Weckschwelle während der NREM-Stadien 1 und 2, welche im Schlaf Älterer vorherrschend sind, kommt es zu einer erhöhten Empfindlichkeit gegenüber der genannten Faktoren (Maschke und Hecht 2007, WHO 2009 (URL 4)).

Aufgrund der genannten physiologischen und verhaltensbezogenen Änderungen im Alter ist auf einen geregelten Tagesablauf und optimale Schlafhygiene zu achten (Riemann *et al.* 2003, Montgomery und Dennis 2003).

1.6 Energiehaushalt und Energieumsatz

Eine ständige Zufuhr energiereicher Nährstoffe ist zur Aufrechterhaltung von Körperfunktionen wie Thermoregulation, Muskeltätigkeit, geistige Funktionen, Wachstum oder Stoffwechsellätigkeiten im lebenden Organismus erforderlich (Thews *et al.* 1999). Ein Teil der durch Nährstoffabbau entstehenden Energie wird entsprechend dem 2. Hauptsatz der Thermodynamik als Wärme freigesetzt. Der menschliche Energieumsatz setzt sich aus dem Grundumsatz (GU) bzw. Ruheenergieumsatz (REU) und dem Leistungsumsatz, bestehend aus postprandialer (nahrungsabhängiger) und bewegungsabhängiger Thermogenese, zusammen (Abbildung 10).

Der Ruheenergieumsatz (REU) beschreibt den Energiebedarf eines Menschen in Ruhe und entspricht im Wesentlichen dem Grundumsatz (GU), kann aber unter weniger standardisierten Bedingungen gemessen werden. Vor allem in der englischsprachigen Literatur wird inzwischen der Ruheenergieumsatz mit dem Grundumsatz gleichgesetzt und der Begriff Ruheenergieumsatz weitestgehend für beides verwandt (Kreymann *et al.* 2007). Auch in der vorliegenden Arbeit soll im Folgenden ausschließlich der Begriff Ruheenergieumsatz verwendet werden.

Der REU ist die Energie, welche zur Aufrechterhaltung der physiologischen Homöostase dient, sozusagen die „Kaltmiete“ des Körpers. Er macht bis zu 70 % des Gesamtenergieumsatzes aus (Fredrix *et al.* 1990) und hängt vor allem von der bioaktiven Masse (Muskelmasse und andere Organmasse), aber auch von Alter, Geschlecht, Körperhöhe, Hormonlage, Supplementen und Medikamenten ab (Fung 2000).

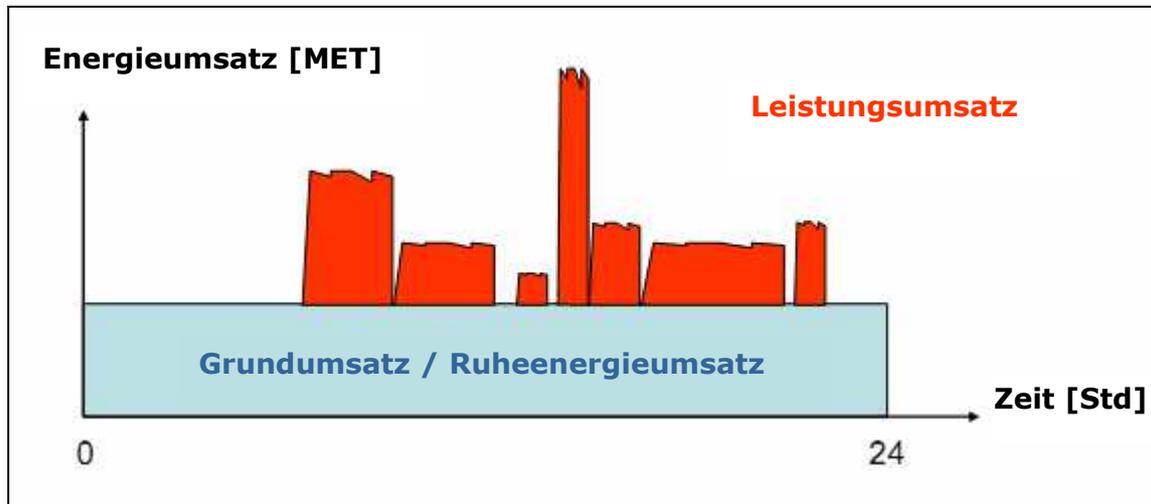


Abbildung 10: Zusammensetzung des Gesamtenergieumsatzes aus Ruheenergieumsatz und Leistungsumsatz. Quelle: modifiziert nach Schlegelmilch 2006

Auch genetische Faktoren scheinen eine Rolle zu spielen (Bogardus *et al.* 1986, Bouchard *et al.* 1994).

Organe mit hoher metabolischer Aktivität wie Leber, Niere, Gehirn und Herz sind, obwohl sie nur ca. 5 % der gesamten Körpermasse ausmachen, für den Hauptanteil (70–80 %) des Ruheenergieumsatzes verantwortlich (Weinsier *et al.* 1992, Müller *et al.* 2002). Nur etwa 20 % des Ruheenergieumsatzes werden von der Skelettmuskulatur erbracht, obwohl diese ca. 35 % der Gesamtkörpermasse ausmacht (Müller *et al.* 2002). Anhand des Ruheenergieumsatzes kann der metabolische Zustand des Probanden eingeschätzt werden: Normalpersonen haben einen REU von ca. 1 kcal pro Stunde und pro Kilogramm Körpergewicht (= 1 MET, metabolische Einheit). Sportlich aktive Menschen mit hoher Muskelmasse und geringem Fettmasseanteil haben einen REU > 1 MET (1,3–1,7 MET). Auch mangelernährte, kachektische Personen liegen im hypermetabolen Bereich (1,1–1,3 MET) aufgrund ihres geringen Körpergewichts und des niedrigen Fettmasseanteils, während sich Übergewichtige aufgrund geringer Muskel- und hoher Fettmasse im hypometabolen Bereich bei 0,7–0,9 MET bewegen (Schlegelmilch 2006).

Auch bei älteren, gesunden Personen ist aufgrund altersbedingt unverhältnismäßigem Verlust metabolisch aktiver Organgewebsmasse und zunehmender Fettmasse der Ruheenergieumsatz reduziert (Bosy-Westphal *et al.* 2003). Dieser Rückgang des REU gilt als Risikofaktor für Gebrechlichkeit und Morbidität im Alter (Bosy-Westphal *et al.* 2003, Roberts und Gerard 2005).

Die Bestimmung des Ruheenergieumsatzes ist eine wichtige Komponente bei der Gewichtssteuerung und der Prävention von lebensstilassoziierten Gesundheitsproblemen bei Älteren. Als Goldstandardmethode gilt die indirekte Kalorimetrie (IK), eine kostspielige und aufwändige Methode, die nur im Labor unter standardisierten Bedingungen durchgeführt werden kann: nüchtern am frühen Morgen (12–14 Stunden nach der letzten Nahrungsaufnahme), liegend, bei völliger körperlicher Ruhe und unter thermoneutralen Bedingungen der Umgebung (23–31°C).

Der Leistungsumsatz beschreibt den Energieverbrauch durch Resorption, Verarbeitung und Deposition von Nährstoffen nach der Nahrungsaufnahme (postprandiale Thermogenese) und dem Energieumsatz bei körperlicher Aktivität. Während die nahrungsabhängige Thermogenese nur etwa 10 % des Gesamtenergieumsatzes pro Tag ausmacht, ist die Aktivitätskomponente die variabelste und kann, abhängig vom Grad der körperlichen Aktivität zwischen 20–50 % des Gesamtenergieverbrauchs ausmachen (Hauner und Berg 2000).

Abbildung 11 zeigt die Komponenten des menschlichen Energieverbrauchs und wichtige Determinanten, zudem soll in Kapitel 1.7 die körperliche Aktivität genauer behandelt werden.

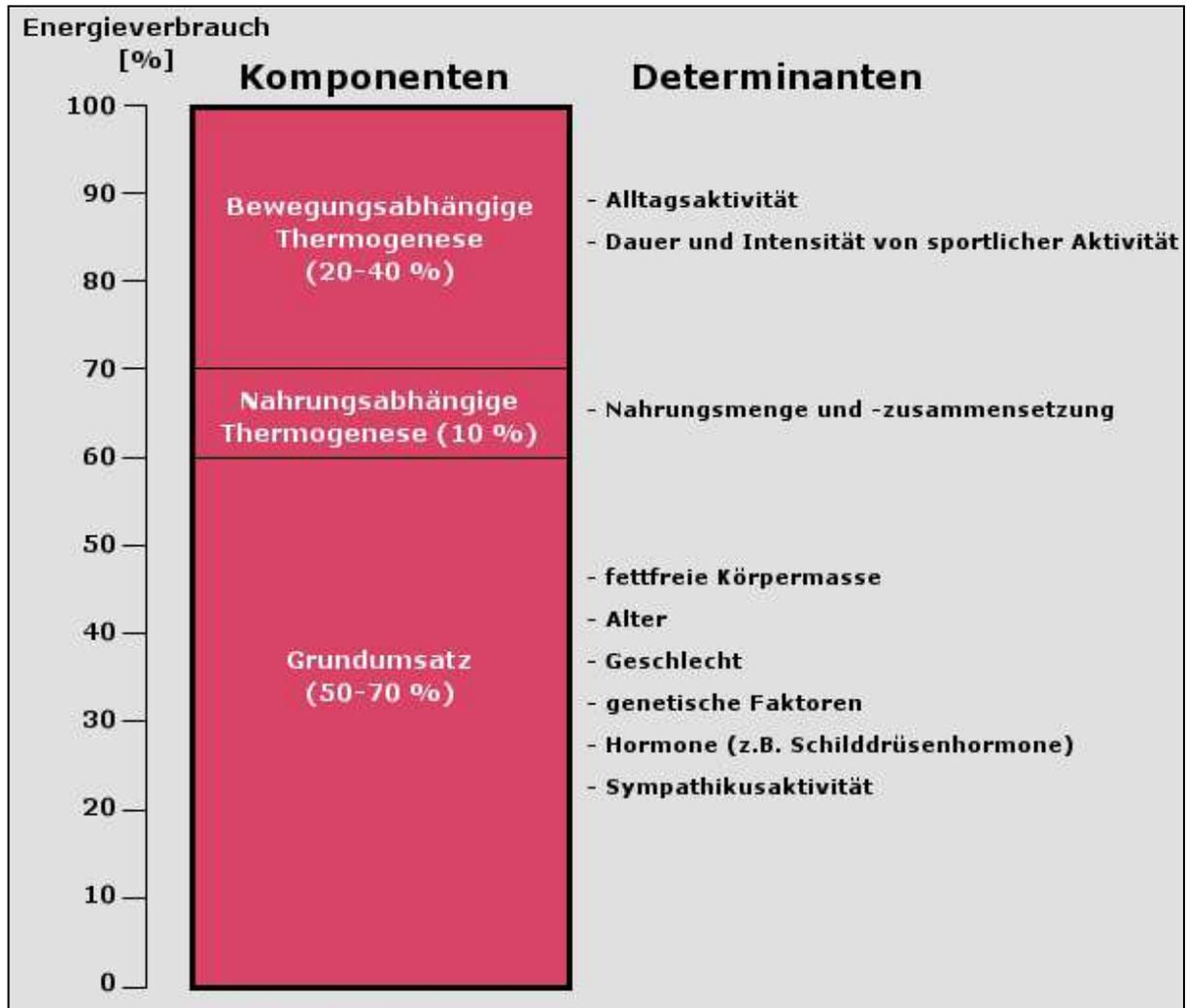


Abbildung 11: Die Komponenten des menschlichen Energieverbrauchs und wichtige Determinanten. Quelle: Hauner und Berg 2000

1.7 Körperliche Aktivität

Jede durch die Skelettmuskulatur hervorbrachte Bewegung, welche zu einer substantiellen Erhöhung des Leistungsumsatzes führt, wird als körperliche Aktivität bezeichnet (Mensink 2003). Ihre gesundheitliche Wirkung kann nicht nur durch Sport erzielt werden, sondern auch durch sogenannte Lebensstilaktivitäten wie Spaziergehen, Haus- oder Gartenarbeit usw. (Schlicht und Brand 2007) (Abbildung 12).

Quantifizieren lässt sich die körperliche Aktivität durch die Dauer, den Umfang, die Häufigkeit und die Intensität. Als Maß wurde von Ainsworth *et al.* (1993) die bereits erwähnte metabolische Einheit MET eingeführt, welche die absolute Intensität einer

Belastung bezeichnet und das relative Stoffwechseläquivalent einer definierten Aktivität darstellt: Der Energieaufwand, den eine erwachsene Person aufbringen muss, um zu sitzen beträgt 1 MET und entspricht einem Sauerstoffverbrauch von 3,5 ml pro kg Körpergewicht pro Minute. Als leichte Aktivitäten gelten solche bis 3 MET (z.B. gehen mit einer Geschwindigkeit von 4 km/h), über 3 MET bis 6 MET sind mittel/moderat und hohe körperliche Aktivität liegt bei über 6 MET vor. Die jeweiligen MET-Angaben von verschiedenen Aktivitäten sind anhand von Listen veröffentlicht (Ainsworth *et al.* 1993, Ainsworth *et al.* 2000).

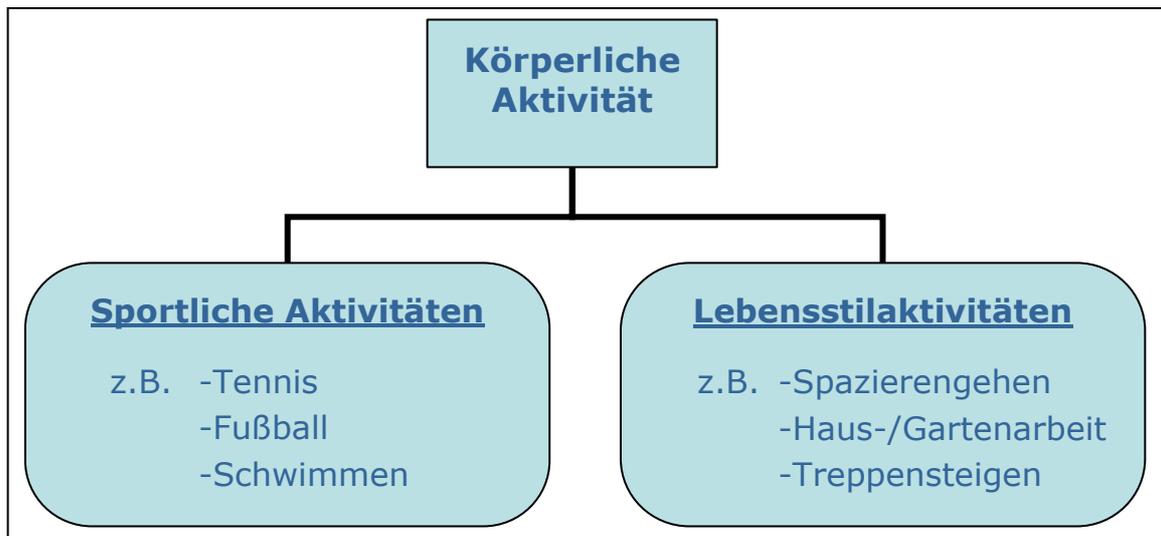


Abbildung 12: Begriffsdefinition körperlicher Aktivität als Produkt aus Sport und Lebensstilaktivitäten. Quelle: Schlicht und Brand 2007 (modifiziert)

Zur Aufrechterhaltung von Gesundheit und Wohlbefinden ist ausreichende, regelmäßige körperliche Aktivität wichtig: Sie sorgt als Präventionsmaßnahme in Form von Erhaltung ausreichender Muskelmasse langfristig für die Bewahrung körperlicher Funktionsfähigkeit und der Lebensqualität, senkt das Risiko vieler Erkrankungen (s. Tabelle 2) bzw. unterstützt deren Behandlung (Bouchard 1994), erhöht die Unabhängigkeit (Fiategone *et al.* 1994) und Lebenserwartung der älteren Bevölkerung (Mensink *et al.* 1996) und ist deshalb auch ein Schwerpunktthema der Gesundheitspolitik (Mensink 2003). Als Empfehlung für eine gesundheitliche Wirkung gilt gemeinhin eine körperliche Aktivität an mindestens drei, besser an allen Tagen der Woche, bei der Atmung und Pulsschlag gesteigert sein und man leicht ins Schwitzen geraten sollte (Pate *et al.* 1995).

Tabelle 2: Erkrankungen, auf die körperliche Aktivität risikosenkend wirkt
(Mensink 2003)

Erwiesenermaßen auf	Möglicherweise auf
- Koronare Herzkrankheiten (u.a. Herzinfarkt)	- Lungenkrebs
- Hypertonie	- Brustkrebs
- Diabetes mellitus Typ II	- Schlaganfall
- Osteoporose	- Depression
- Osteoarthritis	
- Adipositas	
- Darmkrebs	
- Rückenbeschwerden	

Körperliche Inaktivität wird durch die Weltgesundheitsorganisation WHO in ihrem Bericht 2002 ähnlich riskant wie Rauchen oder Übergewicht eingestuft. Weltweit sind 1,9 Millionen, in Westeuropa 8–10 % der vorzeitigen Todesfälle auf körperliche Inaktivität zurückzuführen (WHO 2002 (URL 5)).

Die Schwierigkeit in der präzisen Erfassung aller Formen von Aktivitätsverhalten im Alltag besteht bislang im Fehlen einer standardisierten Erhebungsmethode, also eines wirklichen Goldstandards (Stender *et al.* 1991). Zu den Testgütekriterien wie Validität, Reliabilität und Objektivität ist ein hohes Maß an Ökonomie wichtig, damit ein Verfahren auch in Studien mit großen Stichproben eingesetzt werden kann (Fuchs 2003). Außerdem sollte es einfach in der Handhabung und nicht anfällig für externe Störfaktoren sein, sowie den Probanden im Alltagsverhalten nicht beeinflussen (Müller *et al.* 2010).

Das derzeitige Spektrum an Messverfahren kann in drei Kategorien eingeteilt werden (Abbildung 13):

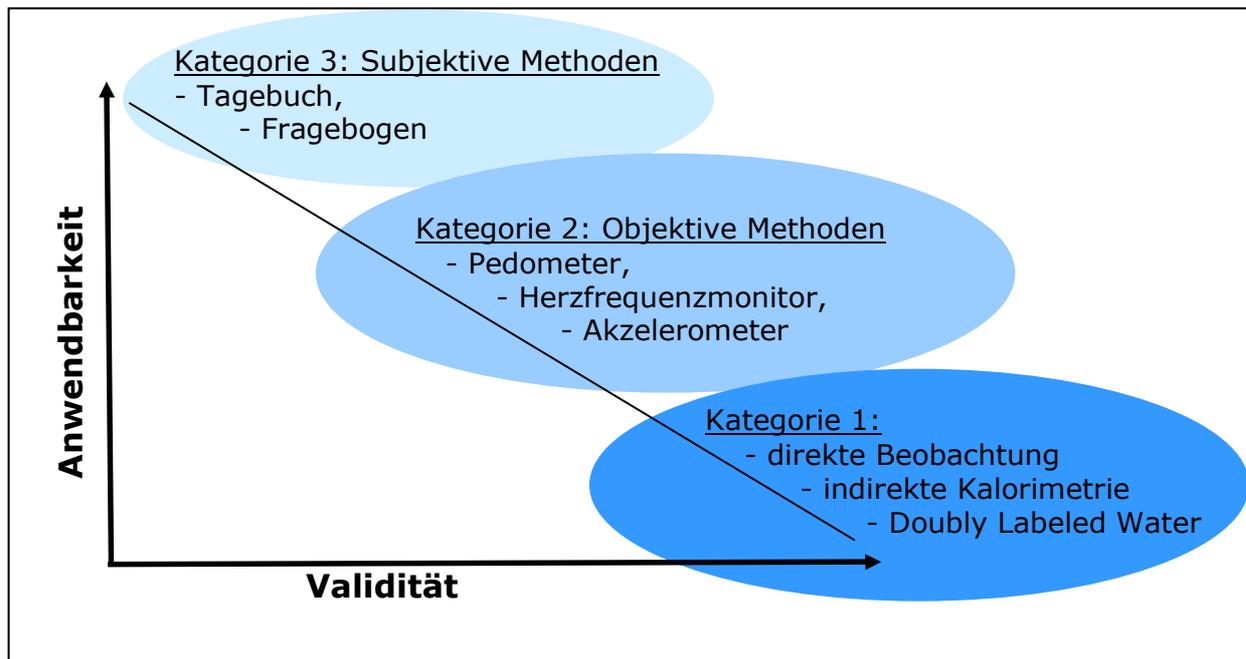


Abbildung 13: Darstellung von Anwendbarkeit und Validität der verschiedenen Methoden zur Erfassung von körperlicher Aktivität. Quelle: Müller 2010

1) Doubly Labeled Water-Methode (DLW) und indirekte Kalorimetrie (IK), die in der Energieverbrauchsbestimmung als Goldstandard gelten, werden zwar oftmals zusammen mit der direkten Beobachtung zur Validierung der Methoden aus den beiden anderen Kategorien verwendet, sind aber in ihrer Anwendbarkeit limitiert. Bei der Doubly Labeled Water-Methode wird der Energieverbrauch über die Kohlendioxidabgabe nach dem Trinken einer, mit stabilen Wasserstoff- und Sauerstoffisotopen markierten, definierten Menge Wasser ermittelt (Westerterp und Plasqui 2004). Da diese Methode kostspielig und auf einen Zeitraum von vier bis 21 Tage eingeschränkt ist (Ekelund *et al.* 2001), eignet sie sich nicht für eine breite Anwendung. Mit der indirekten Kalorimetrie, welche einen Rückschluss auf den Energieverbrauch über Sauerstoffaufnahme und -abgabe erlaubt (s. Kapitel 3.2.3.3), ist ebenfalls ein Monitoring über mehrere Tage nicht möglich. Als letzte Methode dieser Kategorie gilt die Beobachtung des Probanden direkt oder per Videoüberwachung und die körperliche Aktivität über z.B. die Schrittzahl definiert (Busser *et al.* 1998). Auch hier ist der Aufwand immens, ganz abgesehen von der Aufdringlichkeit des Verfahrens für den Probanden.

2) Objektive Methoden mittels verschiedener Messgeräte wie Pedometer (Schrittzähler), Herzfrequenzmessgeräte oder Beschleunigungssensoren (Akzelerometer, s. Kapitel 3.2.3.2 oder ADL-Monitore) eignen sich zur Erfassung körperlicher Aktivität, können aber nicht die Art der Aktivität unterscheiden. Deshalb ist ein Einsatz in Kombination mit Methoden der dritten Kategorie empfehlenswert.

3) Subjektive Methoden wie Fragebogen und Tagebücher. Durch den Vorteil von geringem Kosten- und Zeitaufwand eignen diese sich auch für den Einsatz in großen Stichproben (Schneider 2007). Nachteilig kann die Subjektivität die Ergebnisse beeinflussen, wenn Erinnerungsverzerrungen („recall bias“) vor allem bei älteren Probanden mit charakteristisch niedrig-intensiven Bewegungsformen auftreten (Tudor-Locke und Myers 2001) oder eine zu große Retrospektivität die Angaben unpräzise werden lässt (Montoye 1996). Außerdem können Fragebogen, die sich z.B. an sozialen Erwartungen orientieren, von subjektiven Einschätzungen gefärbt sein (Coughlin 1990).

2 Fragestellungen

Die Schlafqualität älterer Menschen war in der Vergangenheit Thema vieler Studien, hauptsächlich aber auf Grundlage verschiedener Erkrankungen (Kushida *et al.* 2001, Lunde *et al.* 2010, Roepke und Ancoli-Israel 2010 u.v.a.) und weniger an gesunden älteren Menschen. Es gibt nach Recherchen der Autorin in dieser Altersgruppe auch bislang keinen Vergleich von subjektiven Erhebungsinstrumenten (Tagebuch und Fragebogen) und der objektiven Methode Akzelerometrie zur Erfassung der Schlafqualität gegen den Goldstandard Polysomnographie. Aus diesem Grund soll in dieser Arbeit zunächst folgende Fragestellungen bearbeitet werden:

- 1) Welche Unterschiede bestehen zwischen subjektiv und objektiv erhobenen Parametern der Schlafqualität bei relativ gesunden älteren Frauen sowie dem Goldstandard Polysomnographie?

Für subjektives Wohlbefinden und Lebensqualität ist Schlaf ein wesentlicher Faktor (Happe und Paulus 2004). Während Symptome für Schlafstörungen bei 35–41 % der Bevölkerung auftreten (Sherrill *et al.* 1998), nimmt die Inzidenz mit steigendem Lebensalter deutlich zu. Während Frauen häufiger an subjektiven Ein- und Durchschlafstörungen leiden sind bei Männern vermehrt die objektiv messbaren Schlafstörungen (in vielen Fällen aufgrund schlafbezogener Atemstörungen) erkennbar (Happe und Paulus 2004). Mögliche Ursachen und Einflussfaktoren wurden bislang dazu untersucht, z.B. körperliche Aktivität (u. A. Kubitz *et al.* 1996, Youngstedt *et al.* 1997), genetische Prädisposition (Asplund 1995), veränderte Hormonsekretion, vor allem der Geschlechtshormone im Alter (Vigeta *et al.* 2011), ethnische Zugehörigkeit (Shin *et al.* 2005, Smith-DiJulio *et al.* 2010), Tagschlafverhalten (z.B. Carskadon und Dement 2011) oder sozioökonomische Faktoren (Martinez *et al.* 2008). Vor diesem Hintergrund wurde in dieser Studie die Fragestellung

- 2) Ist ein Zusammenhang zwischen subjektiv und objektiv erhobenen Parametern und der Schlafqualität im Alter erkennbar?

untersucht.

In Anbetracht der wachsenden Bedeutung von Aktigraphie und Akzelerometrie auch in der Schlafforschung während der letzten Jahre (Morgenthaler *et al.* 2007, Sadeh *et al.* 1995, Sadeh und Acebo 2002) soll die Frage

- 3) Ist das SenseWear Pro2-Akzelerometer ein geeignetes Instrument zur Beurteilung von Schlafqualität und Schlafquantität bei relativ gesunden älteren Personen?

untersucht werden.

Auch Validierungsstudien zur Ruheergieumsatz-Bestimmung mittels SenseWear-Akzelerometer gegen den Goldstandard indirekte Kalorimetrie fehlen bislang bei älteren Menschen gänzlich. Bisherige Validierungen wurden an gesunden Erwachsenen jüngeren und mittleren Alters (z.B. King *et al.* 2004, Malavolti *et al.* 2007), Übergewichtigen (Papazoglou *et al.* 2006) oder Patienten mit verschiedenen Erkrankungen (Cereda *et al.* 2007, Rokuss *et al.* 2009) durchgeführt. Dabei sind gerade bei älteren Menschen aufgrund der oben beschriebenen altersbedingten Veränderungen der Körperzusammensetzung und Hauteigenschaften (Baumgartner *et al.* 1995) Abweichungen zu erwarten, womit eine Anwendbarkeit der an jungen Erwachsenen entwickelten Algorithmen zur Berechnung verschiedener Parameter nicht gegeben ist. Deshalb sollen abschließend die Fragen

- 4) Wie valide ist das SenseWear Pro2-Akzelerometer bezüglich der Ruheenergieumsatz-Bestimmung in beiden Messverfahren (Nacht- und Morgenmessung) verglichen mit dem Goldstandard indirekte Kalorimetrie bei einer Stichprobe von gesunden, älteren Menschen?

und

- 5) Liefert das SenseWear Pro2-Akzelerometer reliable Ergebnisse bei Wiederholungsmessungen des Ruheenergieumsatzes?

beantwortet werden.

Dazu erfolgte im Zeitraum von März 2008 und November 2009 an insgesamt 82 freiwilligen älteren Probanden eine Datenerhebung, deren Aufbau und Ablauf im nächsten Kapitel beschrieben wird.

3 Probanden und Methoden

Im Vorfeld der Studie wurde der Ethikkommission der medizinischen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel das Studiendesign inklusive Probandeninformation und Einverständniserklärung zur Begutachtung vorgelegt, welche positiv votiert wurden.

Vor der Datenerhebung erhielt jeder Teilnehmer die Probandeninformation über Studienablauf und Einhaltung des Datenschutzes und die Einverständniserklärung zur Unterschrift (Anhang A).

Jeder Proband erhielt im Anschluss an die jeweilige Datenerhebung einen Auswertebogen mit den persönlichen Einzelbefunden.

3.1 Probanden

Die Datenerhebung dieser Arbeit erfolgte an insgesamt 82 älteren Probanden, davon waren 44 Frauen und 38 Männer. Die Altersspanne lag bei 60 bis 83 Jahren (mittleres Alter \pm Standardabweichung: $69,4 \pm 5,90$ Jahre).

Von den 82 Probanden nahmen 50 (25 Frauen, 25 Männer, mittleres Alter $69,9 \pm 5,53$ Jahre) an der Erhebung subjektiver Daten mittels Fragebogen zu allgemeinen Daten, Schlafqualität, Tagesschläfrigkeit, Chronotyp, körperlicher Aktivität und Schlaftagebuch teil, sowie an der objektiven Datenerhebung mittels SenseWear-Akzelerometer über 48 Stunden. Außerdem wurde anhand der Daten aus den zwei konsekutiven Akzelerometer-Nachtmessungen die Reliabilität des SenseWear geprüft.

Aus Kosten- und Kapazitätsgründen war die Erhebung objektiver Daten mittels Polysomnographie im Schlaflabor auf 20 Teilnehmer begrenzt. Um eine statistisch aussagekräftige Stichprobengröße zu erhalten, wurden die Schlafaufzeichnungen deshalb auf ein Geschlecht beschränkt und an 20 der 25 Frauen (mittleres Alter: $67,6 \pm 4,3$ Jahre) durchgeführt. Die Polysomnographie erfolgte jeweils während einer 48-stündigen Akzelerometermessung. Der Studienablauf und die Methoden werden in Kapitel 3.2 und den Abbildungen 14 bzw. 15 näher beschrieben.

An der Validierung des SenseWear Pro2 bezüglich der Ruheenergieumsatzbestimmung bei Älteren gegen die Standardmethode indirekte Kalorimetrie nahmen 19 Frauen und 13 Männer zwischen 61 und 83 Jahren (mittleres Alter: $68,66 \pm 5,06$ Jahre) teil.

Während einer jeweils 24-stündigen Tragedauer des Akzelerometers wurde mit ihnen im Rahmen einer anderen Studie (Khalaj-Hedayati *et al.* 2009) eine Ruheenergieumsatzbestimmung mittels indirekter Kalorimetrie im Institut für Humanernährung, Kiel durchgeführt. Im Anschluss wurden die beiden vom Akzelerometer-Hersteller empfohlenen Möglichkeiten zur Ruheenergieumsatzbestimmung mit den Ergebnissen der indirekten Kalorimetrie verglichen. Zur besseren Übersicht sind Aufbau und Ablauf dieses Teils der Studie in Abbildung 16 auf Seite 40 zusammengefasst.

3.1.1 Rekrutierung

Die Rekrutierung erfolgte über Aushänge, Flugblätter, Werbung während einer Ringvorlesung für Senioren an der Christian-Albrechts-Universität, durch Empfehlungen teilnehmender Probanden oder Anwerbung von Teilnehmern anderer Studien in der Abteilung für Humanbiologie an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

3.1.2 Ein- und Ausschlusskriterien

Zur Teilnahme an der Studie waren folgende Punkte zu erfüllen:

- Einwilligungsfähigkeit der Probanden und unterschriebene Einverständniserklärung
- Mindestalter 60 Jahre
- Selbstständige Lebensweise im eigenen Haushalt, Mobilität
- Gesundheit, ausgenommen altersabhängige Erkrankungen wie z.B. Hypertonie oder Hypercholesterinämie

Für eine Teilnahme an der indirekten Kalorimetrie galten folgende zusätzliche Einschlusskriterien:

- Nüchternheit von mindestens 12 Stunden
- Keinen Konsum von Alkohol oder anstrengende körperliche Aktivität innerhalb von 24 Stunden vor Messbeginn

Zu den allgemeinen Ausschlusskriterien zählten:

- Schwerwiegende Erkrankungen mit starkem Einfluss auf den Schlaf (z.B. Restless-Legs-Syndrom, Fibromyalgie, Neuropathie, Schlafapnoe)
- Vom Arzt diagnostizierte schlafbezogene Krankheiten, die mit Schlafmitteln behandelt werden
- Vom Arzt diagnostizierte Depressionen und andere psychiatrische Erkrankungen

Zusätzliche Ausschlusskriterien speziell für die polysomnographische Untersuchung waren:

- Eine Gesamtpunktzahl im Fragebogen zur Schlafqualität (PSQI) von > 13 , was auf manifeste Ein- und Durchschlafstörungen hindeutet. Der Fragebogen war Teil der Erhebung subjektiver Daten am Screeningtag im Institut für Humanbiologie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- Gesamtpunktzahl ≥ 15 Punkte beim Beck Depressions Inventar (BDI) im Rahmen der psychiatrischen Tests zum Ausschluss von Depressionen. Der Fragebogen wurde von den Probanden am Screening-Tag während der subjektiven Datenerhebung im Institut für Humanbiologie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, ausgefüllt.
- Einnahme von Hypnotika oder pflanzlichen Medikamenten mit Auswirkungen auf die Vigilanz
- Gesamtpunktzahl ≥ 7 Punkte in der Hamilton Skala (HRSD), einer Skala zur Beurteilung von Vorliegen und Schwere einer Depression, die während eines Anamnesegesprächs im Vorfeld der Polysomnographie durch Frau Dr. Seeck-Hirschner am Zentrum für Integrative Psychiatrie (ZIP), Kiel, durchgeführt und bewertet wurde.
und/oder
- Anzeichen eingeschränkter kognitiver Leistungsfähigkeit oder Demenz, die bei einer Gesamtpunktzahl ≤ 28 Punkten im Mini-Mental State Examination (MMSE), einem Verfahren zur Feststellung kognitiver Defizite, vorliegen. Der Test wurde während des Anamnesegesprächs im Zentrum für Integrative Psychiatrie, Kiel von Frau Dr. Seeck-Hirschner im Vorfeld der Polysomnographie durchgeführt und bewertet.

Zum Ausschluss der Teilnahme an der indirekten Kalorimetrie führten:

- Erkrankungen und Medikation mit Einfluss auf den Energieumsatz (z.B. Schilddrüsen- oder Nierenerkrankungen, insulinpflichtiger Diabetes mellitus)
- Erkrankungen des Atemsystems (z.B. chronisch-obstruktive Lungenerkrankung, Asthma)
- Erkrankungen oder Angststörungen, die eine Messung mittels indirekter Kalorimetrie nicht möglich machen (z.B. Klaustrophobie)

3.2 Methoden und Ablauf

Die folgenden Abbildungen sollen Aufbau und Ablauf der einzelnen Studienteile aufzeigen, bevor auf die Durchführung der erhobenen subjektiven und objektiven Parameter und der verwendeten Methoden genauer eingegangen wird. Abbildung 14 zeigt die Übersicht zur Fragebogenerhebung und Akzelerometermessung an 50 Probanden.

N			Screening	Nacht 1	Tag 1	Nacht 2	Tag 2
♂	♀		Tag				
25	25	Einverständnis	×				
		Fragebogen					
		Allgemein	×				
		Schlafqualität (PSQI)	×				
		Tagesschläfrigkeit (ESS)	×				
		Chronotyp (D-MEQ)	×				
		Körperliche Aktivität (MBF, Freiburger)	×				
		Anthropometrie	×				
		Einweisung SWA	×				
		Abend-/Morgenprotokoll		×	×	×	×
SWA-Messung			←————→ ¹⁾				
Reliabilität SWA			←————→		←————→		
Auswertung SWA						×	

Abbildung 14: Schematische Übersicht über den Studienaufbau und Ablauf von Fragebogenerhebung und Akzelerometermessung bei 25 Männern und 25 Frauen.

¹⁾ Tragedauer ca. 48 Std.

Abkürzungen: PSQI: Pittsburgh Sleep Quality Index, Fragebogen zur Schlafqualität; ESS: „Epworth Sleepiness Scale“, Fragebogen zur Tagesschläfrigkeit; D-MEQ: Deutsche Version des Morningness-Eveningness-Questionnaire, Fragebogen zum Chronotyp; MBF: nach Voorrips modifizierter Baecke-Fragebogen; SWA: SenseWear Pro2-Akzelerometer

Neben dem in Abbildung 14 dargestellten Ablauf füllten die 20 Probandinnen die an der Polysomnographie teilnahmen einen zusätzlichen Fragebogen zur Beurteilung depressiver Symptome (BDI, s. Anhang B 7) aus und der Blutdruck wurde gemessen. Abbildung 15 zeigt den Aufbau und Ablauf der zusätzlichen Datenerhebung der 20 Frauen.

N		Screening Tag	Nacht 1	Tag 1	Nacht 2	Tag 2
20*	Einverständnis PSG	×				
	Fragebogen					
	Psychiatrischer Test (BDI)	×				
	Blutdruckmessung	×				
	Polysomnographie (während SWA-Messung)		↔		↔	

Abbildung 15: Darstellung der zusätzlichen Datenerhebungen bei 20 der 25 Frauen * aus dem Probandenkollektiv der 25 Frauen (vgl. Abb. 14).

Abkürzungen: PSG: Polysomnographie; BDI: Beck Depressions Inventar; SWA: SenseWear Pro2-Akzelerometer

An der Validierung des SenseWear Pro2-Akzelerometers wurden Daten an 32 Probanden, wie in Abbildung 16 dargestellt, erhoben:

N			Screening Tag	Nacht 1	Tag 1
♂	♀				
13	19	Einverständnis	×		
		Fragebogen MBF	×		
		Anthropometrie	×		
		Einweisung SWA	×		
		SWA-Messung		↔	↔ ¹⁾
		REU_{Nacht}		×	
		Indirekte Kalorimetrie			×
		REU_{Morgen}			×
		Auswertung SWA			×

Abbildung 16: Übersicht über den Ablauf der Validierung des SenseWear Pro2-Akzelerometers gegen indirekte Kalorimetrie an 32 Probanden.

¹⁾ Tragedauer ca. 24 Std.

Abkürzungen: MBF: modifizierter Baecke-Fragebogen; SWA: SenseWear Pro2-Akzelerometer; REU_{Nacht}: Bestimmung des Ruheenergieumsatzes mittels SWA (Nachtmessung, 60 Min); REU_{Morgen}: Bestimmung des Ruheenergieumsatzes mittels SWA (Morgenmessung, 20 Min)

3.2.1 Fragebogenerhebungen

Die Erhebung subjektiver Daten erfolgte mittels verschiedener Fragebogen, die von den Probanden jeweils am Screeningtag im Institut für Humanbiologie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel bearbeitet wurden. Es wurden dabei allgemeine und verhaltensbezogene, schlafbezogene, chronobiologische sowie physiologische Parameter abgefragt, zudem wurde mit dem gängigen Beck Depressions Inventar (BDI) bei den 20 an der Polysomnographie teilnehmenden Probandinnen das Vorliegen einer Depression geprüft.

3.2.1.1 Erhebung lebensstil-/verhaltensbezogener Merkmale anhand eines allgemeinen Fragebogens

Zur Erfassung einiger soziodemographischer Daten und möglicherweise umweltbedingten Einflußgrößen auf die nächtliche Schlafqualität wurde im Vorfeld der Studie ein eigener Fragebogen durch S. Heiermann und Prof. M. Dittmar erstellt (s. Anhang B 1). Er enthält 25 Items über Familienstand, Wohnsituation, Anzahl der Kinder und Enkelkinder und wie viele davon im eigenen Haushalt leben. Angaben zu Beruf, Arbeitsumfang und gegebenenfalls Schichtdienst werden ebenso erfragt wie die Beurteilung der eigenen Schlafqualität und Schlafmenge. Mögliche Störfaktoren auf den Schlaf wie elektronische Geräte im Schlafzimmer, die Art der Verdunkelung sowie ggf. der Umfang von Tagschlafphasen (Nickerchen) werden erfasst sowie die tägliche Dauer des Aufenthaltes im Freien bei Tageslicht, Konsum von Tabak, koffeinhaltiger Getränke und Alkohol erhoben. Letztlich werden Essensgewohnheiten und der Gesundheitszustand bzw. vom Arzt diagnostizierte Erkrankungen sowie die dagegen eingenommenen Medikamente erfragt.

3.2.1.2 Fragebogen zur Schlafqualität (Pittsburgh Sleep Quality Index, PSQI)

Der von Buysse *et al.* (1989) ermittelte Schlafqualitäts-Fragebogen (PSQI) erfasst retrospektiv für den Zeitraum eines Monats wichtige Parameter, welche Einfluss auf die Schlafqualität haben (s. Anhang B 2). Die quantitative Auswertung erfolgt über Zuordnung der insgesamt 18 Items in die sieben Komponenten „subjektive Schlafqualität“, „Schlaf latenz“, „Schlafdauer“, „Schlafeffizienz“, „Schlafstörungen“, „Schlafmittelkonsum“ und „Tagesschläfrigkeit“, welche einen Komponentenwert von 0–3 Punkten annehmen können. Ein Gesamtwert ergibt sich aus der Summe der Komponentenwerte. Er kann zwischen 0–21 Punkten liegen, wobei ein hoher Wert einer verminderten Schlaf-

qualität entspricht. Der festgelegte Cut-Off-Wert von 5 Punkten ermöglicht eine Einteilung der Probanden in „gute“ (0–5 Punkte) und „schlechte“ Schläfer (6–21 Punkte).

Der Pittsburgh Sleep Quality Index ist international anerkannt, erlaubt zwar keine differentialdiagnostische Einteilung in die verschiedenen Arten von Schlafstörungen, liefert dennoch einen Überblick auf mögliche Problematiken bezüglich der Schlafqualität. Ein Gesamtpunktwert von > 13 Punkten galt als Ausschlusskriterium für die Teilnahme am Polysomnogramm im Schlaflabor.

Zum Methodenvergleich wurden die Schlafqualitätsparameter „Schlaflatenz“, „Gesamtschlafzeit“ und „Schlafeffizienz“ herangezogen, wobei „Schlaflatenz“ aus der zweiten Frage und „Gesamtschlafzeit“ aus der vierten Frage hervorgehen. Die „Schlafeffizienz“ wurde aus der Liegedauer (d.h. der Zeitspanne zwischen Zu-Bett-Geh-Zeit (Frage 1) und Aufstehzeit (Frage 3)) und der Gesamtschlafzeit anhand folgender Formel errechnet:

$$\text{Schlafeffizienz [\%]} = \frac{\text{Gesamtschlafzeit [min]}}{\text{Liegedauer [min]}} \times 100$$

Die Parameter „Anzahl nächtlicher Weckreaktionen“ und „Wachzeit während des Schlafes“ können mittels PSQI nicht bestimmt werden.

3.2.1.3 Fragebogen zur Tagesschläfrigkeit (Epworth Sleepiness Scale, ESS)

Der von Johns (1991) entwickelte Kurzfragebogen erfasst anhand acht verschiedener Alltagssituationen die Wahrscheinlichkeit für das Einschlafen oder Einnicken (s. Anhang B 3).

Der Proband schätzt anhand einer vierstufigen Skala von 0 (niemals) bis 3 (hohe Wahrscheinlichkeit einzunicken) Punkten seine subjektive Tagesschläfrigkeit ein. Daraus ergibt sich ein Gesamtwert von 0 bis 24 Punkten, welcher eine Einteilung in

- „Normalwerte“ = 0–7 Punkte
- „leichte Tagesschläfrigkeit“ = 8–10 Punkte und
- „erhöhte Tagesschläfrigkeit“ = 11–24 Punkte erlaubt.

Die deutsche Version des ESS-Fragebogen ist validiert und durch seine einfache Durchführbarkeit, Reliabilität und dem geringen Einfluss von Sprache und kulturellem Hintergrund (Bloch *et al.* 1999) als standardisiertes Selbstbeurteilungsinstrument am weitesten verbreitet (Johns 1991, 1994; Rühle und Mayer 1998). Er kommt im Allgemeinen beim Screening für Schlafstörungen, speziell bei Hypersomnien zur Anwendung, eignet sich aber auch als Verlaufs- bzw. Behandlungskontrolle.

3.2.1.4 Morningness-Eveningness-Questionnaire nach Horne und Östberg (D-MEQ)

Die Probanden füllten die für den deutschsprachigen Raum entwickelte und validierte Version des Morningness-Eveningness-Questionnaire (D-MEQ) aus (Griefahn *et al.* 2001; s. Anhang B 4).

Dabei handelt es sich um einen Fragebogen mit insgesamt 19 Fragen zur Einteilung der individuellen zirkadianen Phasenlage in fünf verschiedene Chronotypen:

- definitiver Abendtyp: < 31 Punkte
- moderater Abendtyp: 31–41 Punkte
- Neutraltyp: 42–58 Punkte
- moderater Morgentyp: 59–69 Punkte
- definitiver Morgentyp: > 69 Punkte.

3.2.1.5 Abend-/Morgenprotokoll

Das von der Deutschen Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin (DGSM) entwickelte Abend-/Morgenprotokoll kann ein umfassendes Bild von Schlafgewohnheiten und/oder möglicher Störungen ergeben (s. Anhang B 5). Unmittelbar vor dem abendlichen Lichtlöschen bearbeitete der Proband jeweils eine Protokollseite mit acht Fragen zu seinem Befinden und den tagsüber erfolgten Gewohnheiten oder Uhrzeiten (Mittagsschlaf, Genussmittelkonsum, Zu-Bett-Geh-Zeit). Am Morgen, unmittelbar nach dem Aufstehen wurde der Proband anhand von 11 Fragen zum jetzigen Befinden und der Nacht befragt (Einschlafdauer, Wachphasen, Auswach- und Aufstehzeit, Medikamenteneinnahme). Wichtig dabei war die subjektive Wahrnehmung und Einschätzung von Zeiträumen. Die Teilnehmer dieser Studie führten das Abend-/Morgenprotokoll während der Dauer der Akzelerometermessung für zwei Tage.

Für den Methodenvergleich wurden die Parameter Schlaflatenz [Min] aus der neunten Frage, Gesamtschlafzeit [Min] aus Frage 12, Anzahl und Dauer nächtlicher Weckreaktionen [Min] aus Frage 10 herangezogen. Die Schlafeffizienz [%] wurde errechnet aus der Liegedauer (Zeitspanne zwischen Zu-Bett-Geh-Zeit (Frage 6) und Aufstehzeit (Frage 13)) und der Gesamtschlafzeit [Min] (Frage 12).

3.2.1.6 Erfassung körperlicher Aktivität

Zur Erfassung der körperlichen Aktivität wurden zwei verschiedene Fragebogen angewendet: der Baecke-Fragebogen, welcher von Voorrips *et al.* (1991) für die Durchführung an Älteren modifiziert wurde, und der Freiburger Fragebogen. Beide liefern reliable und valide (Voorrips *et al.* 1991, Frey *et al.* 1999) Daten zum körperlichen Aktivitätsgrad der Befragten über einen Zeitraum von einem Jahr bzw. einer Woche.

3.2.1.6.1 Nach Voorrips modifizierter Baecke-Fragebogen (MBF)

Der MBF erfragt die körperliche Aktivität Älterer in drei verschiedenen Lebensbereichen retrospektiv für ein Jahr. Die Unterteilung erfolgt in die Bereiche Haushalt, Sport und Freizeit (s. Anhang B 6.1).

Die Aktivität im Haushalt wird anhand von 10 Fragen ermittelt, wobei acht davon mit jeweils vier bzw. fünf Antwortmöglichkeiten und den entsprechenden Punktzahlen von 0–3 Punkten bzw. 0–4 Punkten bewertet werden. Die Antworten auf die Fragen „Für wie viele Personen führen Sie den Haushalt?“ und „Falls Sie Räume sauber halten: über wie viele Stockwerke erstrecken sich diese?“ gehen direkt in die Auswertung ein. Die Haushalts-Aktivitäts-Punkte ergeben sich aus der Summe der Punktzahlen geteilt durch die Anzahl der Fragen (10).

Sport- und Freizeit-Aktivitäts-Punktzahlen werden nach den Angaben der Probanden nach Sportart bzw. Name der Aktivität, Intensität, Stunden pro Woche und Monate im Jahr die diese Aktivität ausgeführt wird, errechnet. Dabei werden nach den Empfehlungen von Ainsworth *et al.* (2000) für jede Sportart dem Metabolischen Äquivalent (MET) entsprechende Multiplikatoren für Intensität und Dauer verwendet. Die Summe aus allen Sportarten bzw. Freizeitaktivitäten ergibt die Sport-Aktivitäts-Punkte bzw. Freizeit-Aktivitäts-Punkte. Der Gesamtindex errechnet sich aus der Summe von Haushalts-, Sport- und Freizeit-Aktivitäts-Punkten.

3.2.1.6.2 Freiburger Fragebogen

Der Freiburger Fragebogen enthält acht Fragen zu den Bereichen Basis-, Freizeit- und Sportaktivitäten und bezieht sich auf den Zeitraum der letzten Woche (s. Anhang B 6.2). Die erste Frage bezieht sich auf die körperliche Belastung während eventuell vorhandener Berufstätigkeit und geht nicht mit in die Auswertung ein. Zu den Basisaktivitäten zählen solche mit niederer bis moderater Intensität, die sich im normalen Tagesablauf ergeben, z.B. Wege zu Fuß oder mit dem Rad, Treppensteigen usw. (Fragen 2a, 3a, 4 und 5). Gezielte Aktivitäten, die der Erholung dienen oder aufgrund ihres Erlebniswer-

tes ausgeführt werden, z.B. Spaziergänge, Radtouren, Tanzen oder Kegeln, zählen zu den Freizeitaktivitäten (Fragen 2b, 3b und 8). Sportarten, die regelmäßig betrieben werden und dem Erhalt oder der Verbesserung des körperlichen Wohlbefindens dienen, sind unter den Sportaktivitäten zusammengefasst (Fragen 6 und 7). Alle Aktivitäten werden in Stunden pro Woche umgerechnet und mit dem entsprechenden metabolischen Äquivalent (MET) multipliziert (Ainsworth 2000).

3.2.1.7 Psychiatrische Tests

Diese Tests dienen im Vorfeld der polysomnographischen Untersuchung lediglich zum Ausschluss depressiver Erkrankungen oder kognitiver Defizite im Rahmen der Ein- und Ausschlusskriterien.

3.2.1.7.1 Beck Depressions Inventar (BDI)

Der Beck Depressions Inventar (BDI) (s. Anhang B 7) ist das weltweit am häufigsten verwendete Selbstbeurteilungsinstrument bei depressiver Symptomatik (Schmitt *et al.* 2006). Der Fragebogen wurde von Beck *et al.* (1961) entwickelt, von Beck und Steer (1987) modifiziert und seine Eigenschaften in mehreren Studien untersucht (Lukesch 1974, Beck *et al.* 1988, Röhrle 1988, Richter *et al.* 1994). Neben hoher Reliabilität konnte auch die Validität belegt werden (Richter *et al.* 1998, Steinmeyer 1993). Eine deutsche Version wurde von Hautzinger *et al.* (1994) entwickelt.

Dabei kreuzt der Proband von insgesamt 21 Itemgruppen (A bis U) mit jeweils vier Antwortmöglichkeiten (0–3 Punkte) retrospektiv für die letzten sieben Tage die am meisten zutreffende Antwort an. Zur Testauswertung werden die Einzelwerte aufaddiert und können einen Gesamtwert von 0–63 Punkten ergeben.

Als Cut-off-Werte gelten (DGPPN 2009):

- 0–9 Punkte: keine Depression, klinisch irrelevant oder remittiert
- 10–19 Punkte: leichtes depressives Syndrom
- 20–29 Punkte: mittelgradiges depressives Syndrom
- ≥ 30 Punkte: schweres depressives Syndrom

Die Probanden bearbeiteten den BDI während der Fragebogenerhebung am Screeningtag im Institut für Humanbiologie der Christian-Albrechts-Universität (vgl. Abbildung 15). Um Schlafstörungen aufgrund einer Depression auszuschließen, wurden für diese Studie nur Probanden mit einer BDI-Gesamtpunktzahl < 15 Punkten für die Schlaflaboruntersuchung zugelassen.

Die beiden folgenden Tests wurden im Rahmen des Anamnesegesprächs im Zentrum für Integrative Psychiatrie von Dr. Seeck-Hirschner durchgeführt. Da die Ergebnisse nicht weiter in diese Studie eingingen, sollen die beiden Untersuchungsverfahren an dieser Stelle nur in aller Kürze dargestellt werden.

Hamilton Skala (Hamilton Rating Scale for Depression, HRSD)

Diese Skala ist ein weit verbreitetes Fremdbeurteilungsinstrument zur Einschätzung der Schwere einer Depression (Hamilton 1960). Basierend auf einem Interview aus 17 Fragen wird der Proband hinsichtlich der Intensität der entsprechenden Symptome auf einer drei- bis fünfstufigen Kategorienskala beurteilt. Dazu gehen neben den verbalen Äußerungen der Probanden auch Beobachtungen während des Interviews mit ein. Zwar gibt es zur Auswertung keine festen Grenzwerte für eine kategoriale Diagnostik, aber eine umfangreiche klinische Erfahrung lassen sich folgende Cut-off-Werte bezüglich des Schweregrades angeben (DGPPN 2009 (URL 6)):

- < 8 Punkte: keine Depression, nicht klinisch signifikant oder remittiert
- 9–16 Punkte: leichtes depressives Syndrom
- 17–24 Punkte: mittelgradiges depressives Syndrom
- ≥ 25 Punkte: schweres depressives Syndrom

Mini-Mental State Examination (MMSE)

Dieses Interview von Folstein *et al.* (1975) stellt ein Verfahren zur Feststellung von kognitiven Defiziten dar und ist zudem ein wichtiges Hilfsmittel zur Erstbeurteilung und Verlaufskontrolle bei der Diagnose von Alzheimer und Demenz (Marioni *et al.* 2011). Dazu werden Fragen und Aufgaben in den Bereichen zeitliche und räumliche Orientierung, Merk- und Erinnerungsvermögen, Aufmerksamkeit, Sprache und Sprachverständnis, Lesen, Schreiben, Zeichnen und Rechnen, gestellt und anschließend eine erreichte Gesamtpunktzahl von maximal 30 Punkten errechnet, wobei

- 27–30 Punkte: keine,
- 21–26 Punkte: leichte,
- 11–20 Punkte: moderate und
- < 11 Punkte: schwere Beeinträchtigung kognitiver Funktionen darstellen (Folstein *et al.* 1975).

3.2.2 Anthropometrie

Bestimmung der Körperhöhe

Zunächst wurde bei den Probanden mit einem Anthropometer nach Martin die Körperhöhe auf 0,1 cm genau bestimmt. Die Probanden trugen bei der Messung keine Schuhe und standen mit dem Rücken zum Anthropometer in aufrechter aber entspannter Körperhaltung bei gleichmäßiger Gewichtsverteilung auf parallel zueinander stehenden Füßen (Knussmann 1988).

Bestimmung des Gewichts

Die Gewichtsbestimmung erfolgte mit einer digitalen Glaswaage (Firma Weinberger & Co. KG, Haan) auf 0,1 kg genau. Schwere Kleidung (Mäntel oder Jacken) sowie Geldbeutel oder Schlüssel wurden von den Probanden vor der Messung abgelegt.

Berechnung des Body-Mass-Index

Der Körpermassenindex bzw. Body-Mass-Index (BMI) wurde nach folgender Formel berechnet:

$$\text{BMI [kg/m}^2\text{]} = \frac{\text{Gewicht [kg]}}{\text{Körperhöhe}^2 \text{ [m}^2\text{]}}$$

BMI: Body-Mass-Index
kg: Kilogramm
m: Meter

3.2.3 Physiologische Methoden

Die objektive Datenerhebung schlafbezogener und physiologischer Parameter erfolgte mittels folgender Untersuchungen:

3.2.3.1 Polysomnographie

Drei von insgesamt 24 für diesen Studienteil gescreenten Probandinnen erfüllten mindestens ein Ausschlusskriterium: Eine Probandin erreichte beim Fragebogen zur Schlafqualität (PSQI) mehr als 10 Punkte, was auf manifeste Ein- und Durchschlafstörungen hindeutete. Das Vorliegen einer Depression konnte bei einer weiteren Probandin nach Erreichen von mehr als 15 Punkten im Beck Depressions Inventar (BDI) nicht ausgeschlossen werden und eine dritte Probandin überschritt die festgelegten Grenzwerte sowohl für den Schlafqualitäts-Fragebogen (PSQI) als auch für den psychiatrischen Test zur Beurteilung des Vorliegens einer Depression (BDI).

Eine Probandin zog ihr Einverständnis zurück.

Die Nachtschlafableitungen mittels Polysomnographie bei 20 Probandinnen wurden im Zentrum für Integrative Psychiatrie der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie Kiel (ZIP) an zwei aufeinanderfolgenden Nächten mit dem Gerät SleepLab Pro (Viasys Healthcare GmbH, Höchberg) erhoben. Die Ableitungen und Auswertungen erfolgten nach den Richtlinien von Rechtschaffen und Kales (1968): Die Ableitungen des EEG wurden nach dem internationalen 10–20-System von den Positionen C3 und C4 bestimmt. Jede Kopfelektrode war gegen eine Referenzelektrode über dem kontralateralen Mastoid (Position A1) geschaltet. Die EOG-Ableitungen erfolgten von den Positionen E1 für das linke und E2 für das rechte Auge ebenfalls gegen die Referenzelektrode an Position A1. Für die EMG-Aufzeichnungen wurden zwei Elektroden auf mentalen und submentalaren Muskelarealen platziert (s. Abbildung 6, Seite 19).

Die erste Nacht diente als Adaptationsnacht, um Auswirkungen des Schlaflabors auf die Schlafqualität zu minimieren („First-Night-Effect“). Zusätzlich wurden hier schlafbezogene Atemstörungen wie Schnarchen, Apnoen oder Hypopnoen, Bewegungsstörungen (Restless-Legs/Beinezucken, Periodic-limb-movements) sowie physiologische Parameter (Herzfrequenz und Sauerstoffsättigung des Blutes) aufgezeichnet. Die zweite Nacht diente als Mess-Nacht. Während beider Nächte wurden die Schlafparameter Bettzeit, Einschlaf latenz, Gesamtschlafzeit, Schlaf effizienz, Anzahl und Dauer nächtlicher Wachphasen über 15 Sekunden [Min], sowie die Schlafstruktur (prozentuale Anteile und Dauer der einzelnen Schlafstadien, Anzahl Arousals) aufgezeichnet. Dazu erschienen die Probandinnen jeweils abends gegen 21:00 Uhr im Schlaflabor, wurden vom dortigen medizinischen Personal für die Polysomnographie vorbereitet und verkabelt und konnten bis zum Lichtlöschen z.B. lesen oder Musik hören. Am Morgen wurden die Probandinnen geweckt, abgekabelt und erhielten ein Frühstück, bevor sie das Schlaflabor verlassen konnten. Den Tag zwischen den beiden Messnächten verbrachten die Probandinnen zuhause.

Für den Methodenvergleich wurde für den Schlafqualitätsindikator Schlaf latenz die Daten der Parameter „Latenzen Stadium 1“ herangezogen. Da weder das SenseWear Pro2-Akzelerometer noch die Probanden in ihrer subjektiven Wahrnehmung zwischen den einzelnen Stadien unterscheiden können, wurde abweichend von den Auswertevorgaben von Rechtschaffen und Kales (1968), welche die Schlaf latenz als Zeitraum zwischen Lichtlöschen und Beginn des Stadium NREM-2 definieren, zum Zweck der Vergleichbarkeit für den Parameter Schlaf latenz der Zeitraum zwischen Lichtlöschen und Einschlafen (üblicherweise Stadium NREM-1) gewählt.

Außerdem wurden die Daten von „Schlafzeit“, „Anzahl Wachperioden“ und „Stadienanteile Wach während Schlafperiode“ für die Schlafqualitätsindikatoren Gesamtschlafzeit [Min], Anzahl und Dauer nächtlicher Weckreaktionen [Min] herangezogen. Zudem wurde aus dem Parameter „Bettzeit“ [Min], welche der Liegedauer entspricht und Gesamtschlafzeit die Schlaffeffizienz [%] aus oben genannter Formel errechnet.

3.2.3.2 Akzelerometrie

Die Akzelerometermessungen wurden mit dem SenseWear Pro2-Akzelerometer (SMT medical technology GmbH & Co., Würzburg) (Schlegelmilch 2006) durchgeführt, welches im Folgenden zunächst detailliert vorgestellt werden soll.

Das SenseWear Pro2-Akzelerometer (SWA) ist ein tragbarer Körpermonitor zur Erfassung der physischen Aktivität und des Lebensstils (Abbildung 17).



Abbildung 17: SenseWear Pro2-Akzelerometer der Firma SMT medical technology GmbH & Co., Würzburg. Das Gerät ermöglicht mit Angabe demographischer Werte (Alter, Geschlecht, Körperhöhe und Gewicht) die Berechnung von gesamtem und aktivem Energieumsatz, Liegedauer, Schlafdauer und Dauer körperlicher Aktivität. Zudem ist ein Schrittzähler enthalten. Foto: Autorin

Es enthält fünf verschiedene Sensoren zur Messung von

- biaxialer Beschleunigung (Bewegung des Arms und Körperposition in transversaler und longitudinaler Richtung) mittels Piezoelektrik,
- Hautleitfähigkeit (Galvanic Skin Response, GSR), die je nach Feuchte (Schwitzen), Durchblutung und emotionaler Stimuli variiert,
- Hauttemperatur,
- Körpernaher Temperatur (Umgebungstemperatur) und
- Wärmedissipation (Wärmefluss)

mit einer Datenrate von 32 Hertz. Außerdem ist ein Pedometer enthalten. Das Gerät ist aus speziellem Kunststoff (Acrylnitril-Butadien-Styrol, ABS) und das Stretch-Band zur Befestigung besteht aus wasser- und luftdurchlässigem hypoallergenen Material, sodass es problemlos auch längere Zeit auf der Haut getragen werden kann. Es ist klein (5,3cm × 8,6cm × 2cm) und wiegt nur ca. 80 g.

Abbildungen 18 A) und B) zeigen die Anordnung der Sensorik des Akzelerometers.

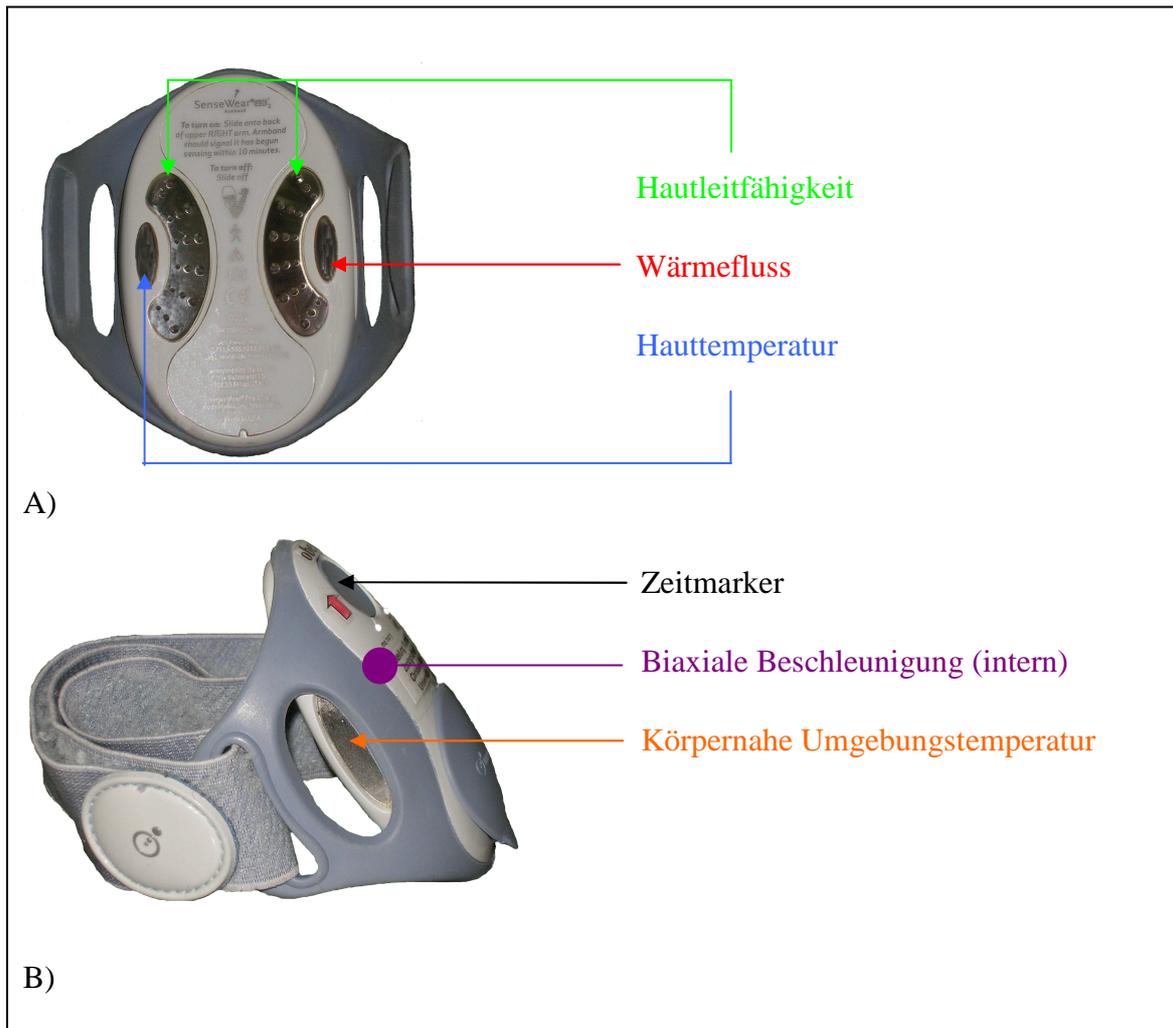


Abbildung 18: Lage der Sensoren auf A) der Rückseite und B) seitlich des Akzelerometers. Durch Drücken des Zeitmarkers kann der Träger bestimmte Zeitpunkte kenntlich machen. Fotos: Autorin

Das SenseWear-Akzelerometer wird am rechten Oberarm auf Höhe des Trizeps getragen (Abbildung 18). Diese Platzierung verspricht den größtmöglichen Tragekomfort, da dort üblicherweise kein Schmuck oder Ähnliches getragen wird, es unauffällig unter der Kleidung platziert und durch das variable Klettband eine Geräte-Einheitsgröße für Männer und Frauen verwendet werden kann.

Die Körperregion ist außerdem wenig stoßgefährdet und eine Ermüdung auch bei längerer Tragedauer kommt nicht vor.

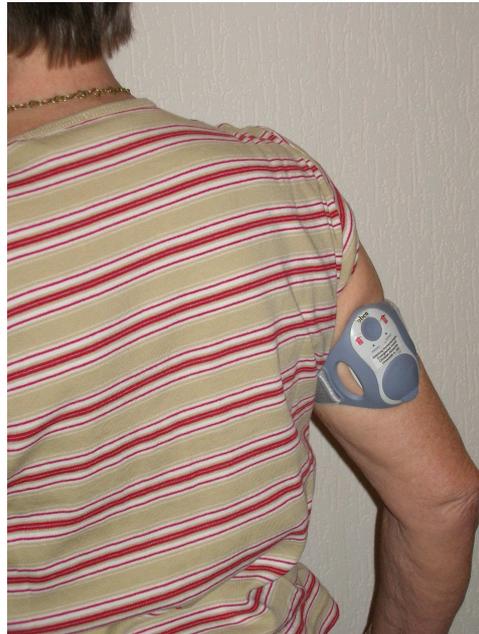


Abbildung 19: Korrekte Position des SenseWear-Akzelerometers über dem Trizeps des rechten Arms. Foto: Autorin

Das Akzelerometer schaltet sich ca. zwei Minuten nach dem Anlegen automatisch ein, sobald die Sensoren Hauttemperatur angenommen haben, und nach dem Ablegen und Abkühlen der Sensoren auch automatisch aus, sodass an dieser Stelle eine fehlerhafte Bedienung nicht möglich ist.

Wird das Akzelerometer für eine kurze Zeit abgelegt z.B. zum Duschen oder Waschen, werden die fehlenden Daten für diesen Zeitraum mittels intelligenter Offline-Schätzungen, basierend auf individuellen Mittelwerten, überbrückt.

Mittels des Zeitmarkers an der Oberseite des Gerätes kann der Proband durch einmaliges Drücken des Knopfes ein bestimmtes Ereignis während des Tragens markieren, z.B. wie in vorliegender Studie den Beginn oder das Ende der Nacht.

Die enthaltene AAA-Batterie ist aufgrund des niedrigen Stromverbrauchs des Gerätes für den Dauereinsatz über zwei Wochen geeignet und auch der enthaltene Datenspeicher hat eine Kapazität für die Datenaufzeichnung über diesen Zeitraum. Sowohl geringe Energie- als auch Speicherreserven werden mittels zweier Leuchtdioden an der Oberseite des Akzelerometers angezeigt.

Ein integrierter Prozessor reduziert die erfasste Datenmenge auf eine Rate von 1/Minute worauf die Auswertung anhand kontextspezifischer Algorithmen erfolgt. Unter Annahme mathematischer Modelle (unter anderem das Markov Modell) und nach der Kategorisierung der Bewegungsart („normale“ tägliche Tätigkeit, Ruhe, Schlaf, Aktivitätstyp) durch die verschiedenen Sensordaten, werden mittels eines spezifischen Algorithmus' die Belastungsintensität und schließlich die Zielparameter berechnet. Die Ausgabe erfolgt numerisch oder graphisch und kann gegebenenfalls auch in andere Softwareprogramme zur Tabellenkalkulation (z.B. Excel) exportiert werden. Die zur Berechnung verwendeten Algorithmen wurden von BodyMedia mit Vergleichsdaten aus Goldstandards „trainiert“ und mehrfach validiert, sodass inzwischen seitens der Herstellerfirma eine Genauigkeit des SenseWear von mindestens 90 % bzw. eine Abweichung der Einschlafzeit und Wachzeit von unter drei Minuten angegeben wird (Andre und Teller 2005).

Unter Angabe benutzerspezifischer Daten wie Geschlecht, Alter, Größe, Gewicht, Händigkeit und Rauchverhalten (Raucher/Nichtraucher) können folgende Parameter errechnet und jeweils für die Tage einzeln sowie als tägliches Mittel ausgegeben werden (vergl. Auswertebogen SWA, Anhang D):

A) Energieumsatz

„Durchschnitt Energieumsatz“ gibt Auskunft über das mittlere Aktivitätsniveau des Probanden. Es wird in MET angegeben; einer metabolischen Einheit, die den verbrauchten kcal pro Stunde und pro kg Körpergewicht entspricht, d.h.

$$1 \text{ MET} = \frac{1 \text{ kcal}}{\text{Std} \times \text{kg Körpergewicht}}$$

MET: metabolische Einheit
kcal: Kilokalorie
Std: Stunde
kg: Kilogramm

Werte < 1,4–1,5 MET deuten auf bewegungsarme, sitzende Tätigkeit hin, sportliche Aktivität ergibt Werte > 2 MET und während des Schlafes liegen die mittleren MET-Werte zwischen 0,9 und 1,1. Die Angabe in MET erlaubt eine bessere Vergleichbarkeit, da dieser Wert eine von Zeit, Körpergewicht und Geschlecht unabhängige Größe darstellt.

- „Aktiver Energieumsatz“ [kcal], ist der erzielte Energieumsatz, welcher über dem Schwellenwert von 3 MET erbracht wurde.
- „Gesamter Energieumsatz“ [kcal], entspricht der Summe aus Ruheenergieumsatz und Leistungsumsatz.

B) Körperliche Aktivität

„Dauer physischer Aktivität“ [Std:Min] ist die Zeit, in der körperliche Aktivität über oder unter einem bestimmten Schwellenwert erbracht wurde.

- bei niedrigem Energieumsatz (< 3 MET)
- bei aktivem Energieumsatz (3–5,9 MET)
- bei hohem aktiven Energieumsatz (6–9 MET)
- bei sehr hohem aktiven Energieumsatz (> 9 MET)

C) *Schrittzahl*, korreliert nur gering mit verbrauchtem Energieumsatz, da eine hohe Anzahl mit geringer Intensität (z.B. in der Wohnung) möglicherweise weniger Energie verbraucht, als ein zügiger Spaziergang, bei dem 5–6 km/h einer Intensität von 4,1 MET entspricht. Dennoch ist der Schrittzähler ein hilfreiches Mittel für die Beurteilung des Schlafverhaltens. Unwillkürliche Beinbewegungen im Schlaf zeigen sich anhand einer zum Teil erheblichen nächtlichen Schrittzahl.

D) *Liegedauer* [Std:Min] entspricht der Gesamtzeit, die im Liegen verbracht wird.

E) *Schlafdauer* [Std:Min] ist der gesamte Zeitraum während der Proband schläft. Der Quotient aus Schlafdauer in Minuten und Liegedauer in Minuten multipliziert mit 100 entspricht der Schlafeffizienz [%]:

$$SE [\%] = \frac{\text{Gesamtschlafzeit [min]}}{\text{Liegedauer [min]}} \times 100 \quad SE: \text{Schlafeffizienz}$$

Mittels SenseWear Pro2-Akzelerometer lässt sich auf zwei Arten einfach und schnell der Ruheenergieumsatz bestimmen:

1) Anhand des Energieumsatzes im Schlaf, welcher in etwa dem Ruheenergieumsatz entspricht. Dazu muss lediglich der Auswertzeitraum auf eine Stunde des frühen Schlafes eingegrenzt und die in dieser Stunde verbrauchten Kalorien auf 24 Stunden hochgerechnet werden. Diese Methode zur Bestimmung bedarf keines Aufwands und der Proband kann die Messung nicht beeinflussen. Gerade bei älteren Probanden ist aber darauf zu achten, dass eine Schlafphase gewählt wird, in welcher der Proband auch möglichst die gesamte Stunde schlafend verbringt. Durch den fragileren Schlaf und häufigere Wachphasen ist dies in einigen Fällen komplexer.

2) Der Ruheenergieumsatz kann auch morgens nach dem Aufwachen, in ruhiger, liegender Position gemessen werden. Insgesamt sollte der Proband für 30–40 Minuten in dieser Position verbleiben, wovon letztlich anhand des Zeitfensters bei der Auswertung die letzten 20–30 Minuten zur Bestimmung herangezogen werden.

Die Vorteile des SenseWear Pro2-Akzelerometer liegen klar in seiner einfachen Handhabung. Es ist kostengünstig, nicht invasiv und durch seine geringe Größe für die Probanden komfortabel. Es können Daten über einen längeren Zeitraum (bis zu zwei Wochen) rund um die Uhr aufgezeichnet, gespeichert und daraus sehr viele Parameter berechnet werden. Auch Tagschlafphasen und die körperliche Aktivität im Verlauf des Tages können erfasst werden, welche eventuell auch Einfluss auf die nächtliche Schlafqualität haben könnten. Die Datenerhebung findet in der für den Probanden vertrauten Umgebung statt, sodass ein First-Night-Effekt auszuschließen ist. Mithilfe der Software sind die Ergebnisse schnell verfügbar und übersichtlich dargestellt.

Nachteilig am SenseWear Pro2-Akzelerometer ist zu nennen, dass eine Unterscheidung zwischen REM- und NREM-Schlaf oder gar der einzelnen NREM-Schlafstadien nicht möglich ist. Auch die Erfassung atembezogener Störungen ist nicht möglich. Durch die Tatsache, dass das Gerät nicht wasserdicht ist, kann auch die körperliche Aktivität während des Schwimmens nicht erhoben werden, obwohl es eine der energieumsatzstärksten Sportarten ist (Ainsworth 1993).

Nach der Fragebogenerhebung am ersten Versuchstag und Einweisung in die Handhabung des Gerätes wurde es den Probanden am rechten Oberarm, mittig auf dem *Musculus triceps brachii*, platziert und das automatische Einschalten des Gerätes abgewartet.

Die Messung mittels SenseWear-Akzelerometer erfolgte bei den 50 Probandinnen und Probanden zur Erfassung der schlafbezogenen Parameter über einen Zeitraum von mindestens 48 Stunden. In diesem Zeitrahmen erfolgten parallel die Bearbeitung des Schlafstagebuchs sowie die Polysomnographie bei den 20 Probandinnen im Schlaflabor. Alle Teilnehmer wurden angewiesen den Ereignismarkerknopf jeweils zum Zeitpunkt des abendlichen Lichtlöschens und des morgendlichen Aufstehens zu drücken, um eine Zeitmarkierung für Beginn und Ende der Nacht zu erhalten.

Zudem wurde bei 49 der 50 Probanden in den beiden Nächten der 48-stündigen Messzeit der Energieverbrauch jeweils in einer Stunde des frühen Nachtschlafes erfasst, nach den oben beschriebenen Herstellerangaben auf 24 Stunden hochgerechnet und somit der Ruheenergieumsatz bestimmt. Zur Prüfung der Reliabilität des SenseWear-

Akzelerometers bezüglich des Ruheenergieumsatzes (Kap. 4.4) wurden schließlich die Mittelwerte aus Nacht 1 und Nacht 2 verglichen.

Die Prüfung auf einen Zusammenhang zwischen Ruheenergieumsatzes und der Schlafqualität mittels Korrelationsanalyse (Kap. 4.3) erfolgte sowohl für den mittleren Ruheenergieumsatz beider Nächte getrennt als auch zusammen als Mittelwert aus Nacht 1 und

Nacht 2. Aufgrund unzureichender Schlafmenge in Nacht 2 war die Erfassung des Ruheenergieumsatzes eines Probanden nicht möglich, weshalb seine Daten in die Prüfung auf Reliabilität des Akzelerometers und den Zusammenhang zwischen Ruheenergieumsatz und der Schlafqualität nicht einbezogen werden konnten.

Die 32 Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Validierung des SenseWear-Akzelerometers bezüglich der Ruheenergieumsatzbestimmung bei Älteren trugen das Akzelerometer lediglich für ca. 24 Stunden (23–27 Std.), wobei während dieses Zeitraumes die indirekte Kalorimetrie erfolgte.

Die gewonnenen Daten wurden nach Beendigung jeder Messung direkt via USB-Kabel auf den Computer übertragen und nach Eingabe demographischer Werte (Alter, Gewicht, Körperhöhe) mittels Software berechnet. Jede/r Proband/in erhielt im Anschluss daran einen persönlichen Einzelbefund.

Für den Methodenvergleich bezüglich der Schlafqualitätsindikatoren wurden die Parameter wie folgt erhoben:

- Schlaflatenz [Min] aus Zeitpunkt der Zeitmarkierung für den Beginn der Nacht und Beginn der Anzeige „Schlaf“
- Gesamtschlafzeit [Min] aus Schlafdauer zwischen den Zeitmarkierungen für Beginn und Ende der Nacht
- Anzahl nächtlicher Weckreaktionen aus der Anzahl der Unterbrechungen des als Balken dargestellten Schlaf zwischen den Zeitmarkierungen für Beginn und Ende der Nacht
- Dauer nächtlicher Weckreaktionen [Min] aus der Differenz von Liegedauer und Schlafdauer nach Eingrenzung des Auswertezeitraumes auf Schlafbeginn und Schlafende zwischen den Zeitmarkierungen für Beginn und Ende der Nacht
- Schlaffeffizienz [%] anhand oben genannter Formel aus Liegedauer [min] und Schlafdauer [Min] zwischen den Zeitmarkierungen für Beginn und Ende der Nacht

Zum Vergleich der beiden Messmethoden des Ruheenergieumsatzes mittels SenseWear Pro2-Akzelerometer wurde zunächst ein geeigneter Untersuchungszeitraum für eine Morgenmessung während der indirekten Kalorimetrie ermittelt (20- oder 30-minütige Morgenmessung, REU_{Morgen}) und der Energieumsatz daraus dem aus einer Stunde des frühen Nachtschlafs (Nachtmessung, REU_{Nacht}) gegenübergestellt.

3.2.3.3 Indirekte Kalorimetrie

Die Kalorimetrie ist eine zuverlässige Methode zur Bestimmung des Energieumsatzes. Während bei der direkten Kalorimetrie der Energieverbrauch als direktes Maß anhand der vom Körper abgegebenen Wärme ermittelt wird, kann bei der indirekten Kalorimetrie (IK) aus dem Respiratorischen Quotient aus gemessenem Sauerstoffverbrauch bzw. der Kohlendioxidproduktion in der Atemluft und einem entsprechenden Äquivalent auf den Energieumsatz rückgeschlossen werden. Variationskoeffizienten von 5–5,6 % bestätigen die Reliabilität der Ruheenergieumsatz-Messung mittels indirekter Kalorimetrie (Bader *et al.* 2005).

Die Messungen wurden am Institut für Humanernährung Kiel von Frau Dr. Kerstin Khalaj-Hedayati jeweils morgens zwischen 08:15 und 10:40 Uhr mit dem Vmax Spektra 29n Kalorimeter (SensorMedics Viasys Healthcare, Biltoven, The Netherlands; Software: Vmax Version 12-1A), einem belüfteten Haubensystem, durchgeführt. Vor jeder Messung wurden Durchflussmesser und Gasanalysator kalibriert. Während der Messungen erfolgte eine automatische Kalibrierung des Gasanalysators alle fünf Minuten. Die Probanden waren angehalten zur Messung nüchtern zu erscheinen, 24 Stunden vor der Messung keinen Alkohol zu trinken und anstrengende körperliche Aktivitäten möglichst zu vermeiden. Zur Messung trugen die Probanden leichte Alltagsbekleidung ohne Jacken und Schuhe. Sie lagen bei konstanter Raumtemperatur (22 °C) und Luftfeuchte (55 %) auf einer Liege unter einer durchsichtigen Plastikhaube, welche über ein Einlassventil Frischluft zuführte und über ein Auslassventil die ausgeatmete Luft absaugte. Der Luftfluss lag bei annähernd 30 L/min um die CO_2 -Konzentration in der Ausatemluft zwischen 0,6–0,9 % zu halten.

Nach einer Gewöhnungs- und Ruhephase von mindestens zehn Minuten wurde die 30-minütige Messung gestartet, wovon die letzten 20 Minuten zur Ruheenergieumsatz-Bestimmung (REU_{IK}) verwendet wurden. Die kalibrierte Messeinheit des Gerätes analysierte alle 20 Sekunden den Luftfluss, Sauerstoff- und Kohlendioxidgehalt der Ausatemluft und errechnete aus den jeweiligen Differenzen den O_2 -Verbrauch und die

CO₂-Produktion sowie den respiratorischen Quotient (RQ) aus der Menge ausgeatmeten Kohlendioxids (VCO₂) und der Menge eingeatmeten Sauerstoffs (VO₂). Probanden mit Werten RQ > 1 wurden aufgrund möglicher Hyperventilation ausgeschlossen. War ein Gleichgewichtszustand von VO₂ und VCO₂ unter oder gleich 10 % erreicht, wurden die Daten analysiert (Reeves *et al.* 2004).

Anhand der verkürzten Gleichung von Weir wurde der Ruheenergieumsatz berechnet als:

$$\text{REU [kcal/Tag]} = (3,94 \times \text{VO}_2 [\text{ml/min}] + 1,1 \times \text{VCO}_2 [\text{ml/min}]) \times 1,44$$

REU: Ruheenergieumsatz
kcal: Kilokalorien
VO₂: Volumen Sauerstoff
VCO₂: Volumen Kohlendioxid

(Weir 1949, Korth 2006).

Während der indirekten Kalorimetrie trugen die Probanden das SenseWear Pro2-Akzelerometer am rechten Oberarm um einen direkten Vergleich der beiden Methoden durchführen zu können.

Nach der Messung erhielt jeder Proband jeweils einen Ausdruck über die mittels indirekter Kalorimetrie und SenseWear Pro2-Akzelerometer ermittelten persönlichen Ruheenergiewerte.

3.2.3.4 Blutdruckmessung

Die Bestimmung des Blutdrucks erfolgte am Screeningtag nach der Fragebogenerhebung und einer Ruhezeit von 5–10 Minuten. Die Messung wurde am sitzenden Probanden mit dem Gerät Vitalcontrol VC07 (Hans Dinslage GmbH, Uttweiler) gemäß Herstelleranleitung durchgeführt. Dazu wurde das Gerät am linken Handgelenk der Probanden angelegt und der angewinkelte Arm mit dem Ellbogen auf einen Tisch aufgestützt, sodass sich das Gerät auf Herzhöhe befand. Während der Messung waren die Probanden angehalten sich möglichst nicht zu bewegen und nicht zu sprechen. Die Blutdruck- und Pulswerte wurden im Datenbogen (s. Anhang C) notiert.

3.2.4 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Softwareprogramm SPSS Version 15 (SPSS Inc., Chicago, IL).

Deskriptive Statistik

Als Kennwerte der deskriptiven Statistik wurden Mittelwert und Standardabweichung berechnet und in Tabellen zusammengefasst. Im Text wurde der Wertebereich (Minimum–Maximum) bzw. prozentuale Anteil angegeben.

Irrtumswahrscheinlichkeit

Die Irrtumswahrscheinlichkeit P ist die zahlenmäßig ausgedrückte Wahrscheinlichkeit einen Fehler 1. Art (α -Fehler) zu begehen. Das bedeutet, dass man fälschlicherweise die Annahme, dass zwei Stichproben der gleichen Grundgesamtheit entstammen, also der Mittelwertunterschied zufällig zustande gekommen ist (Nullhypothese), verwirft und stattdessen die Alternativhypothese, dass die Stichproben unterschiedlicher Grundgesamtheiten entstammen (d.h. der Mittelwertunterschied nicht zufällig entstanden ist), annimmt. Dazu werden in der Statistik international folgende Signifikanzniveaus unterschieden (Bühl 2008):

- signifikant: Irrtumswahrscheinlichkeit unter 5 % ($P < 0,05$)
- sehr signifikant: Irrtumswahrscheinlichkeit unter 1 % ($P < 0,01$)
- hoch signifikant: Irrtumswahrscheinlichkeit unter 1 ‰ ($P < 0,001$)

Als nicht signifikant gilt eine Irrtumswahrscheinlichkeit ab 5 % ($P \geq 0,05$).

Sofern die Formulierung der Alternativhypothese als Abweichung vom in der Nullhypothese postulierten Parameter in nur eine von zwei theoretisch möglichen Richtungen erfolgt (gerichtete Alternativhypothese), handelt es sich um einen einseitigen Signifikanztest. Ein zweiseitiger Signifikanztest liegt vor, wenn ein Akzeptanzbereich der Nullhypothese in beide Richtungen (ungerichtet) festgelegt ist (Kähler 2010).

In der vorliegenden Arbeit wurde ebenfalls von einer zweiseitigen statistischen Signifikanz bei $P < 0,05$ ausgegangen. Entsprechende Ergebnisse sind in der jeweiligen Tabelle als Fettdruck dargestellt.

Normalverteilung

Einige statistische Verfahren setzen eine Normalverteilung der Daten voraus. Diese liegt vor, wenn die Werte in ihrer Grundgesamtheit in Form einer Gaußschen Glockenkurve auftreten. In dieser Arbeit wurde anhand des Kolmogorov-Smirnov-Tests die Verteilung der Daten geprüft wobei das Statistikprogramm SPSS neben dem Mittelwert und der Standardabweichung (Standarddeviation, SD) der Stichprobe die Prüfgröße Z und die Irrtumswahrscheinlichkeit P angibt: Bei $P \geq 0,05$ sind die Werte der getesteten

Variable hinreichend normalverteilt, während bei $P < 0,05$ eine signifikante Abweichung der Verteilung von der Normalverteilung vorliegt (Kähler 2010). Statistische Verfahren, die eine Normalverteilung der Daten voraussetzen (z.B. t-Test) sollten dann für diese Variable nicht eingesetzt werden.

Skalenniveaus

Bei der Wahl geeigneter bzw. anwendbarer Testverfahren ist neben der Normalverteilung das Skalenniveau der Daten von Bedeutung (Kähler 2010):

Drückt die numerische Differenz zwischen den Werten den Unterschied auf inhaltlicher Ebene aus, d.h. die Abstände zwischen den verschiedenen Merkmalsausprägungen sind exakt messbar, hat das Merkmal das Niveau einer „Intervallskala“, bzw. metrischen Skala. Als Beispiel können hier die Körperhöhe oder das Gewicht der Probanden genannt werden.

Das Niveau einer „Ordinalskala“ haben Merkmale, wenn zwar keine numerische Differenz zwischen den Werten besteht, aber eine Rangordnung mit empirischer Bedeutung aufgestellt werden kann, die eine Abstufung in einer bestimmten Reihenfolge erlaubt. Ein Beispiel sind die Antwortmöglichkeiten der Probanden auf die Frage „Wie beurteilen Sie Ihre Schlafqualität?“ (Allgemeiner Fragebogen, Frage 7): „sehr schlecht“, „schlecht“, „mittel“, „gut“, „sehr gut“. Aus dem Ergebnis lässt sich beispielsweise die Häufigkeit sehr guter Schlafqualität errechnen, nicht aber wie viel besser die Schlafqualität gegenüber den Probanden ist, die diese Frage mit „sehr schlecht“ beantwortet haben.

Merkmale, welche sich weder durch eine numerische Differenz unterscheiden noch durch eine Rangordnung in eine Reihenfolge bringen lassen, haben das Niveau einer „Nominalskala“. Dies stellt das niedrigste der drei Skalenniveaus dar und dient der Darstellung und Klassifizierung qualitativer Eigenschaftsausprägungen, z.B. Geschlecht („männlich“ oder „weiblich“) oder die Antwort auf die Frage „Haben Sie in Ihrem Schlafzimmer einen Fernseher/DVD-Player?“ („nein“ oder „ja“; Allgemeiner Fragebogen, Frage 10a).

Mittelwertunterschiede

Der t-Test ermöglicht Rückschlüsse auf bestimmte Eigenschaften über die Mittelwerte intervallskalierter Variablen (Brosius 2002). Abhängig von der Fragestellung sind in dieser Arbeit verschiedene t-Test-Prozeduren durchgeführt worden:

Für die Berechnung von Mittelwertsunterschieden zwischen den Geschlechtern wurde der t-Test bei unabhängigen Stichproben eingesetzt. Es wurde dabei geprüft, ob sich die Mittelwerte von Männern und Frauen in der Grundgesamtheit signifikant voneinander unterscheiden. Dazu müssen die zu vergleichenden Mittelwerte aus zwei voneinander unabhängigen Stichproben stammen, weshalb der Datensatz derselben Variablen in die beiden Fallgruppen männlich und weiblich unterteilt und als getrennte Stichproben angesehen wurde. Die Test-Voraussetzungen für den t-Test sind: 1) dass die Variablen mindestens Intervallskalenniveau aufweisen, 2) die betrachteten Variablen in der Grundgesamtheit normalverteilt sind und 3) ob die betrachtete Variable in den beiden miteinander verglichenen Fallgruppen die gleiche Varianz aufweist. Die Varianzprüfung geschieht mit dem Statistikprogramm SPSS bei der Durchführung des t-Tests anhand des Levene-Test auf Gleichheit der Varianzen. Dieser Test prüft die (Null)hypothese, dass die Varianzen der betrachteten Variablen in der Grundgesamtheit in beiden Stichproben gleich sind. Die Prüfgröße F gibt Auskunft darüber, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein Unterschied zwischen den Varianzen in der Grundgesamtheit vorliegt. Zudem wird die Irrtumswahrscheinlichkeit P angezeigt. Bei signifikanter Irrtumswahrscheinlichkeit kann von einer Varianzhomogenität der Variablen nicht ausgegangen werden (Kähler 2010). In diesem Fall gibt es einen alternativen t-Test für ungleiche Varianzen, während bei nicht signifikanter Irrtumswahrscheinlichkeit des Levene-Tests ein t-Test für gleiche Varianzen berechnet wird. In vorliegender Arbeit wurde der t-Test für unabhängige Stichproben angewendet zur Überprüfung, ob Mittelwertunterschiede zwischen Männern und Frauen bezüglich Schlafqualität, Tagesschläfrigkeit, Chronotyp, allgemeiner Parameter, körperlicher Aktivität, Ruheenergieumsatz, sozialer Kontakte oder Freizeitaktivitäten bestehen.

Für nicht normalverteilte metrische Variablen oder Variablen mit Ordinalskalenniveau stehen in SPSS nichtparametrische Tests zur Verfügung. Der Mann-Whitney-u-Test prüft die Frage, ob zwei unabhängige Stichproben der gleichen Grundgesamtheit entstammen und erfolgt auf Basis von Rangunterschieden. Dabei werden die Werte der beiden Gruppen zu einer zusammengefasst und in aufsteigender Reihenfolge geordnet. Entsprechend seiner Position in der Ordnung wird jedem Wert ein Rang zugewiesen (Prüfgröße u) und für beide Gruppen getrennt die Summe der Rangwerte berechnet, anhand derer die Hypothese, dass beide Stichproben einer Grundgesamtheit entstammen, geprüft wird. Bei signifikanter Irrtumswahrscheinlichkeit kann davon ausgegangen werden, dass die beiden Gruppen nicht der gleichen Grundgesamtheit

entstammen (Brosius 2002). In vorliegender Arbeit wurde der u-Test angewendet zur Überprüfung von Mittelwertunterschieden zwischen den untersuchten Männern und Frauen im Konsum alkohol- und koffeinhaltiger Getränke, Anzahl an Kindern und Enkelkindern insgesamt und der im Haushalt der Probanden lebenden.

Zum Mittelwertvergleich bei systematisch miteinander verbundenen Stichproben, z.B. weil die miteinander zu vergleichenden Werte jeweils an derselben Person erhoben wurden, dient der t-Test bei gepaarten Stichproben. Die dafür notwendigen Eigenschaften der betrachteten Variablen entsprechen denen des t-Tests bei unabhängigen Stichproben (Brosius 2002). In der vorliegenden Arbeit wurde mit diesem Test der Einzelvergleich der Schlafqualitäts-Indikatoren Liegezeit, Schlaflatenz, Gesamtschlafzeit, Schlaffeffizienz, Anzahl und Dauer nächtlicher Weckreaktionen, welche jeweils anhand Akzelerometer, Fragebogen und Abend-/Morgenprotokoll ermittelt wurden, mit denen mittels Polysomnographie ermittelten durchgeführt. Außerdem fand er Anwendung bei der Prüfung auf Reliabilität des SenseWear-Akzelerometers (Nacht 1 *versus* Nacht 2) und im Rahmen der Validierung mit indirekter Kalorimetrie beim Messzeitvergleich (20 *versus* 30 Minuten) und Methodenvergleich (REU_{Morgen} *versus* REU_{Nacht}).

Während sich mittels t-Test lediglich jeweils zwei Mittelwerte miteinander vergleichen lassen, ermöglicht die Varianzanalyse (ANOVA) den Vergleich der Mittelwerte von drei und mehr unabhängigen Gruppen, d.h. ob angenommen werden kann, dass mehrere Mittelwerte in der Grundgesamtheit identisch sind. Die getestete Nullhypothese geht dabei davon aus, dass alle miteinander verglichenen Gruppenmittelwerte der Variable identisch sind. Zudem geben multiple Vergleichstest Aufschluss darüber, ob zwischen den Gruppen signifikante Mittelwertunterschiede bestehen (Brosius 2002). Voraussetzung sind Intervallskalenniveau, Normalverteilung und Varianzgleichheit der Daten. Handelt es sich um abhängige Stichproben kann zur Prüfung der Nullhypothese die Varianzanalyse für Messwiederholungen (repeated ANOVA) eingesetzt werden (Kähler 2010). In dieser Arbeit wurden die Mittelwerte der Schlafqualitäts-Indikatoren, die anhand objektiver (Polysomnographie, Akzelerometrie) und subjektiver (Fragebogen und Abend-/Morgenprotokoll) Methoden erhoben wurden, mittels Varianzanalyse für Messwiederholungen (repeated ANOVA) verglichen.

Korrelationsanalyse

Zur Prüfung ob die Ausprägung zweier Größen in einem gewissen Zusammenhang steht, und wie stark dieser Zusammenhang ist, kann anhand einer Korrelationsanalyse

berechnet werden. Der ermittelte Korrelationskoeffizient identifiziert die Stärke eines linearen oder stetigen Zusammenhangs durch eine zwischen -1 und +1 liegende Maßzahl (Brosius 2002). Der Betrag dieses Koeffizienten ist umso größer, je stärker der lineare Zusammenhang ist. Für mindestens intervallskalierte Variablen kann Pearsons Korrelationskoeffizient r berechnet werden; bei mindestens ordinal skalierten oder nicht normalverteilten Variablen eignen sich Rangkorrelationen wie Spearmans Rho (r_s) (Brosius 2002). Zur Prüfung auf signifikante Zusammenhänge zwischen den betrachteten Variablen wird zudem ein zweiseitiger Signifikanztest durchgeführt, der allerdings lediglich untersucht, *ob* ein linearer Zusammenhang zwischen den Variablen besteht aber keinen Rückschluss auf die Stärke dieses Zusammenhangs zulässt (Brosius 2002). Bei der statistischen Berechnung dieser Arbeit wurde Pearsons Korrelationsanalyse für die Prüfung von Zusammenhängen verschiedener Schlafqualitätsparameter (welche anhand Akzelerometer, Tagebuch und Fragebogen ermittelt wurden) mit denen durch Polysomnographie erfassten eingesetzt. Für die Untersuchung eines Zusammenhangs des Alters auf die Methodenunterschiede erfolgte eine Korrelationsanalyse mit der Variable „Alter“ als Kovariate. Der Zusammenhang zwischen verschiedenen Variablen und der Schlafqualität wurde ebenfalls mittels Pearsons Korrelationsanalyse bzw. der Rangkorrelation nach Spearman geprüft. Zur Untersuchung der Reliabilität des SenseWear Pro2-Akzelerometer wurde eine Test-Retest-Korrelation durchgeführt. Zudem wurde der „Typical error“ (TE) von Messwiederholungen als Absolut- und Prozentwert ermittelt. Dieser ist definiert als die Standardabweichung der Differenzen der Testwiederholung dividiert durch die Wurzel der Testwiederholungen (in diesem Fall 2) (Hopkins 2000).

Häufigkeitsverteilung und Prüfung auf Zusammenhang nominalskalierter Daten

Kreuztabellen dienen zur Darstellung gemeinsamer Häufigkeitsverteilungen zweier Variablen. Hierbei können neben absoluten Häufigkeiten zudem auch relative und/oder erwartete Häufigkeiten angegeben werden. Letztere bilden die Grundlage für die Prüfung eines möglichen Zusammenhangs zwischen den Variablen in Form eines Signifikanztests. Da sich Kreuztabellen insbesondere zur Darstellung der Häufigkeitsverteilung nominalskalierter Daten eignen (Brosius 2002), wurden sie im Rahmen dieser Studie dazu eingesetzt, geschlechtsspezifische Unterschiede auf diesem Skalenniveau zu veranschaulichen. Der Vergleich der relativen Häufigkeiten erlaubt nur eine Aussage über einen möglichen Zusammenhang der verglichenen Variablen in der Stichprobe,

gibt aber keinen Rückschluss diesbezüglich auf die Grundgesamtheit. Deshalb wurde mittels eines Signifikanztests, dem Chi-Quadrat-Test, geprüft, ob zwischen zwei kategorialen Variablen auch in der Grundgesamtheit ein Zusammenhang besteht oder ob sie voneinander unabhängig sind. Ein großer χ^2 -Wert korrespondiert mit großen Abweichungen der beobachteten von den erwarteten Häufigkeiten und deutet auf einen Zusammenhang der Variablen in der Stichprobe hin (Brosius 2002). Die Wahrscheinlichkeit für einen Zusammenhang zwischen den Variablen in der Grundgesamtheit ist umso größer, je geringer die Irrtumswahrscheinlichkeit P ist. Da als Voraussetzung für den Chi-Quadrat-Test die erwartete Häufigkeit in jeder Zelle der Kreuztabelle mindestens fünf betragen sollte (Brosius 2002), wurden gegebenenfalls Variablen zusammengefasst (z.B. Schlafzimmerverdunkelung mittels Rollläden/Jalousien und Verdunkelungsvorhängen zu „lichtundurchlässige nächtliche Schlafzimmerverdunkelung“ sowie Verdunkelung mittels normaler Vorhänge und keine Verdunkelung zu „lichtdurchlässige/keine nächtliche Schlafzimmerverdunkelung“) und somit die Fallzahl pro Zelle erhöht. Bei einer Fallzahl < 5 bei einer 2×2 -Kreuztabelle wurde aufgrund der eingeschränkten Zuverlässigkeit des Chi-Quadrat-Tests die zweiseitige Signifikanz mittels Fishers exakten Tests geprüft und damit die Genauigkeit erhöht (Brosius 2002).

Graphische Darstellungen

Zur Darstellung von Häufigkeitsverteilungen wurden Balken- und Kreisdiagramme erstellt. Streudiagramme sollten zur Veranschaulichung von einer gemeinsamen Verteilung der Werte zweier Variablen dienen und dadurch ggf. Rückschlüsse auf einen möglichen Zusammenhang liefern. Insbesondere bei signifikanten Zusammenhängen zwischen verschiedenen Faktoren mit der Schlafqualität wurde diese Darstellungsart gewählt.

Zur Darstellung des Vergleichs von Akzelerometermessung mit indirekter Kalorimetrie im Rahmen der Validierung wurden Bland-Altman-Diagramme erstellt (Bland und Altman 1986). Bei dieser Punktdiagramm-Sonderform wurden die Methodendifferenzen gegen den Mittelwert beider Methoden aufgetragen. Neben dem Mittelwert der Differenz wurden außerdem die 95 %-Konfidenzintervalle als $1,96 \times SD$ der Differenz bestimmt und im Diagramm als Linie dargestellt.

4 Ergebnisse

Die Tabellen zu den Tests auf Normalverteilung (Kolmogorov-Smirnov-Test) sind in Anhang E dargestellt.

Bezüglich allgemeiner Kennzeichen der Probanden ergeben sich folgende Ergebnisse:

4.1 Deskriptive Befunde und Mittelwertvergleich bezüglich allgemeiner Parameter, Schlafqualität, Tagesschläfrigkeit und Chronotyp

Der Altersbereich der 50 Probanden, die an der Untersuchung zur Schlafqualitätserfassung teilgenommen haben, liegt zwischen 60 und 87 Jahren (Männer: 60–87 Jahre, Frauen: 60–82 Jahre). Die Körperhöhe liegt im Bereich von 155,0 cm und 191,5 cm (Männer: 163,7–191,5 cm, Frauen: 155,0–168,8 cm) und das Körpergewicht zwischen 53,3 kg und 105,3 kg (Männer: 65,3–104,1 kg, Frauen: 53,3–105,3 kg). Der Body-Mass-Index (BMI) ist zwischen 20,44 und 39,15 kg/m² (Männer: 22,35–32,31 kg/m², Frauen: 20,44–39,15 kg/m²).

Die Probanden erreichen bei den Fragebogen zur Schlafqualität (PSQI) zwischen 0 und 13 Punkte (Männer: 0–12 Punkte, Frauen: 0–13 Punkte) und zur Beurteilung der Tagesschläfrigkeit (ESS) zwischen 0 und 17 Punkte (Männer: 0–16 Punkte, Frauen: 0–17 Punkte). Die Punktzahl des Fragebogens zur Beurteilung des Chronotyps (D-MEQ) liegt zwischen 35,7 und 75,9 Punkten (Männer: 38,3–75,9 Punkte, Frauen: 35,7–75,8 Punkte).

Die Mittelwerte der allgemeinen Kennzeichen aller 50 Probanden, die an der Fragebogenerhebung teilgenommen haben, sind in Tabelle 3 sowohl für beide Geschlechter getrennt als auch zusammen dargestellt. Außerdem sind die Daten der polysomnographisch untersuchten 20 Frauen aus diesem Probandenkollektiv gesondert aufgeführt.

Tabelle 3: Allgemeine Kennzeichen der 50 Probanden (25 Männer, 25 Frauen) der Fragebogenerhebung sowie der 20 polysomnographisch untersuchten Probandinnen separat. Angaben jeweils als Mittelwert \pm Standardabweichung.

Variablen	Gesamt (N = 50)	Männer (N = 25)	Frauen (N = 25)	Frauen Schlaflabor ^a (N = 20)
Allgemeine Parameter				
Alter [Jahre]	69,60 \pm 5,5	70,68 \pm 7,7	69,12 \pm 5,2	67,60 \pm 4,3
Körperhöhe [cm]	169,34 \pm 9,2	176,41 \pm 7,2	162,27 \pm 3,9	162,56 \pm 3,6
Körpergewicht [kg]	77,90 \pm 13,4	84,69 \pm 10,7	71,12 \pm 12,5	71,77 \pm 13,8
BMI [kg/m ²]	27,06 \pm 3,5	27,16 \pm 2,5	26,95 \pm 4,2	27,09 \pm 4,7
Schlafqualität				
PSQI [Punkte]	5,03 \pm 2,8	3,98 \pm 2,7	6,00 \pm 2,4	5,70 \pm 2,5
Tagesschläfrigkeit				
ESS [Punkte]	6,70 \pm 3,9	7,16 \pm 3,7	6,24 \pm 4,1	6,20 \pm 3,8
Chronotyp				
D-MEQ [Punkte]	59,74 \pm 10,5	58,98 \pm 9,9	60,50 \pm 11,3	60,34 \pm 12,3

^a 20 Frauen aus dem Kollektiv der insgesamt 25 untersuchten Frauen.

Abkürzungen: BMI: Body-Mass-Index; PSQI: Pittsburgh Sleep Quality Index; ESS: Epworth Sleepiness Scale; D-MEQ: deutsche Version des Morningness-Eveningness-Questionnaire nach Horne und Östberg

Anhand der erreichten Punktzahl im Fragebogen zur Schlafqualität (PSQI) lassen sich die 50 untersuchten Probanden in gute und schlechte Schläfer einteilen (Abbildung 20). Demnach sind 22 Männer mit bis zu 5 Punkten „gute“ und drei mit über 6 Punkten „schlechte Schläfer“ (Mittelwert: $3,98 \pm 2,75$ Punkte). Bei den Frauen erreichen 10 bis zu 5 Punkte und 15 mehr als 6 Punkte (Mittelwert: $6,0 \pm 2,43$ Punkte).

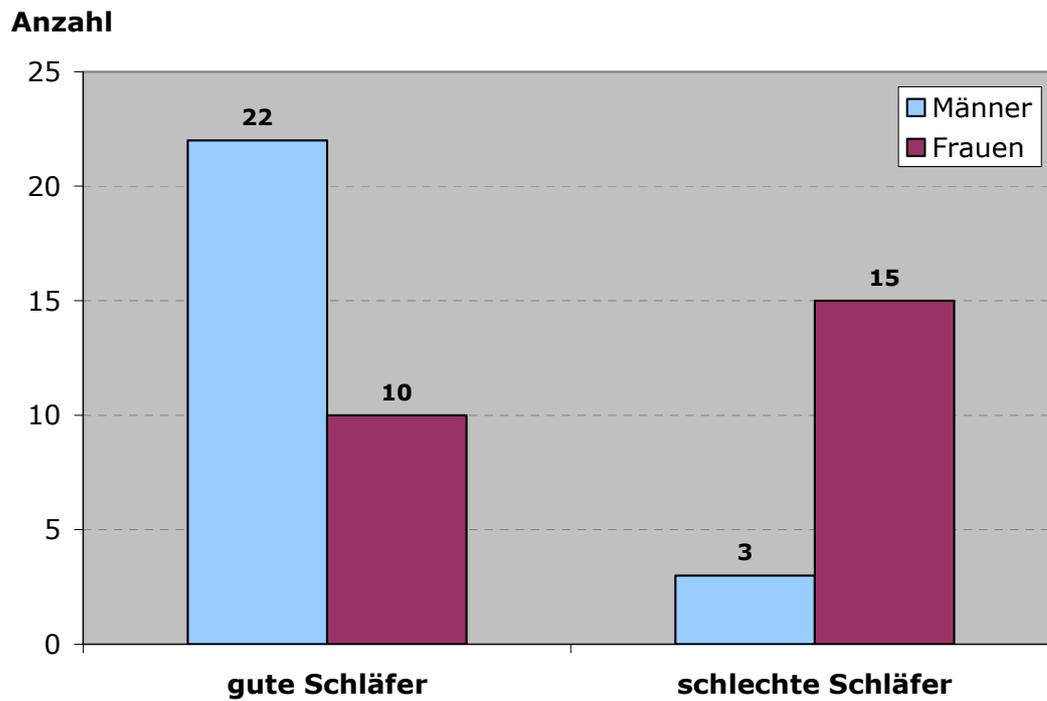


Abbildung 20: Schlafqualität der 50 untersuchten Probanden. Einteilung in gute und schlechte Schläfer anhand der Punktzahl beim Fragebogen zur Schlafqualität (PSQI).

Bezüglich der Tagesschläfrigkeit liegt der Wertebereich bei den 50 untersuchten Probanden zwischen 0 und 17 Punkte (Männer: 0–16 Punkte, Frauen: 0–17 Punkte) im Fragebogen zur Tagesschläfrigkeit. Fünf Männer und zwei Frauen erreichen im Epworth Sleepiness Scale (ESS) über 10 Punkte und leiden demnach an erhöhter Tagesschläfrigkeit, während 20 Männer und 23 Frauen mit unter 10 Punkten keine bis leichte Tagesschläfrigkeit haben (Abbildung 21). Die mittlere Punktzahl der Epworth Sleepiness Scale (ESS) beträgt $7,16 \pm 3,7$ bei den Männern und $6,24 \pm 4,2$ bei den Frauen.

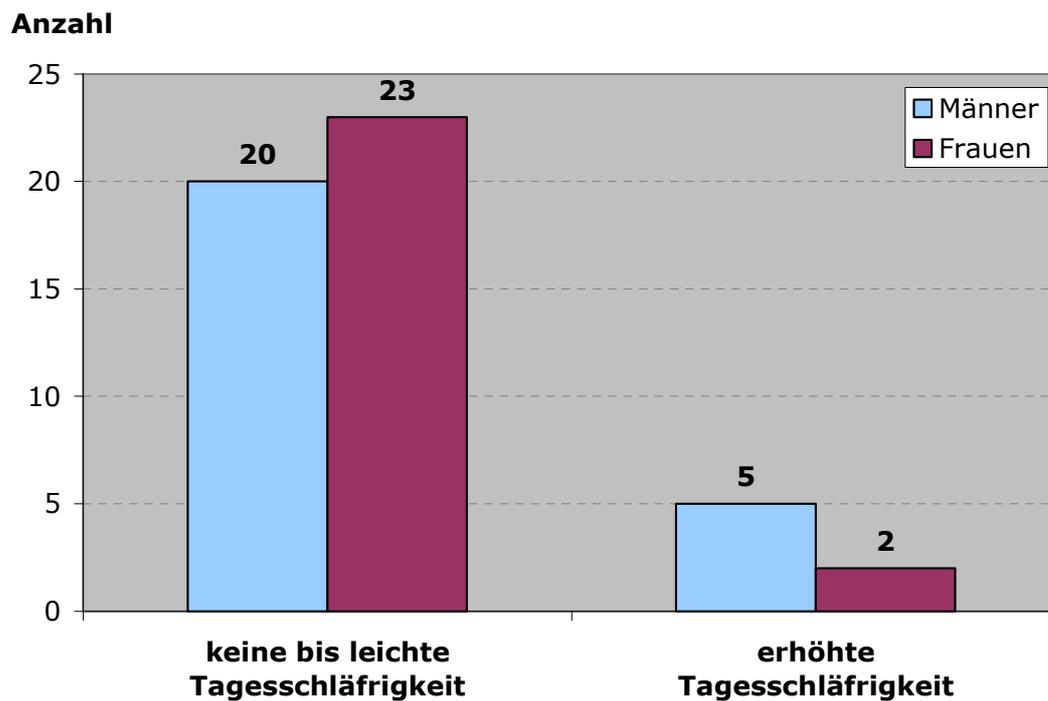


Abbildung 21: Deskriptive Statistik der 50 Probanden bezüglich Tagesschläfrigkeit mittels Epworth Sleepiness Scale (ESS).

In der für den deutschsprachigen Raum von Griefahn *et al.* (2001) entwickelten Version des Morningness-Eveningness-Questionnaire nach Horne und Östberg zur Bestimmung des Chronotyps (D-MEQ) erreichen die 50 untersuchten Probanden zwischen 36 und 76 Punkten (Männer: 38–76 Punkte, Frauen: 36–76 Punkte). 15 Männer und 14 Frauen haben mehr als 58 Punkte und zählen damit zu den Morgentypen, wovon vier Männer und sechs Frauen mit über 69 Punkten zu den definitiven Morgentypen gehören. Neun Männer und neun Frauen liegen im Bereich der Neutraltypen. Ein Mann und zwei Frauen sind moderate Abendtypen, definitive Abendtypen mit unter 31 Punkten gibt es keine unter den 50 Probanden (Abbildung 22).

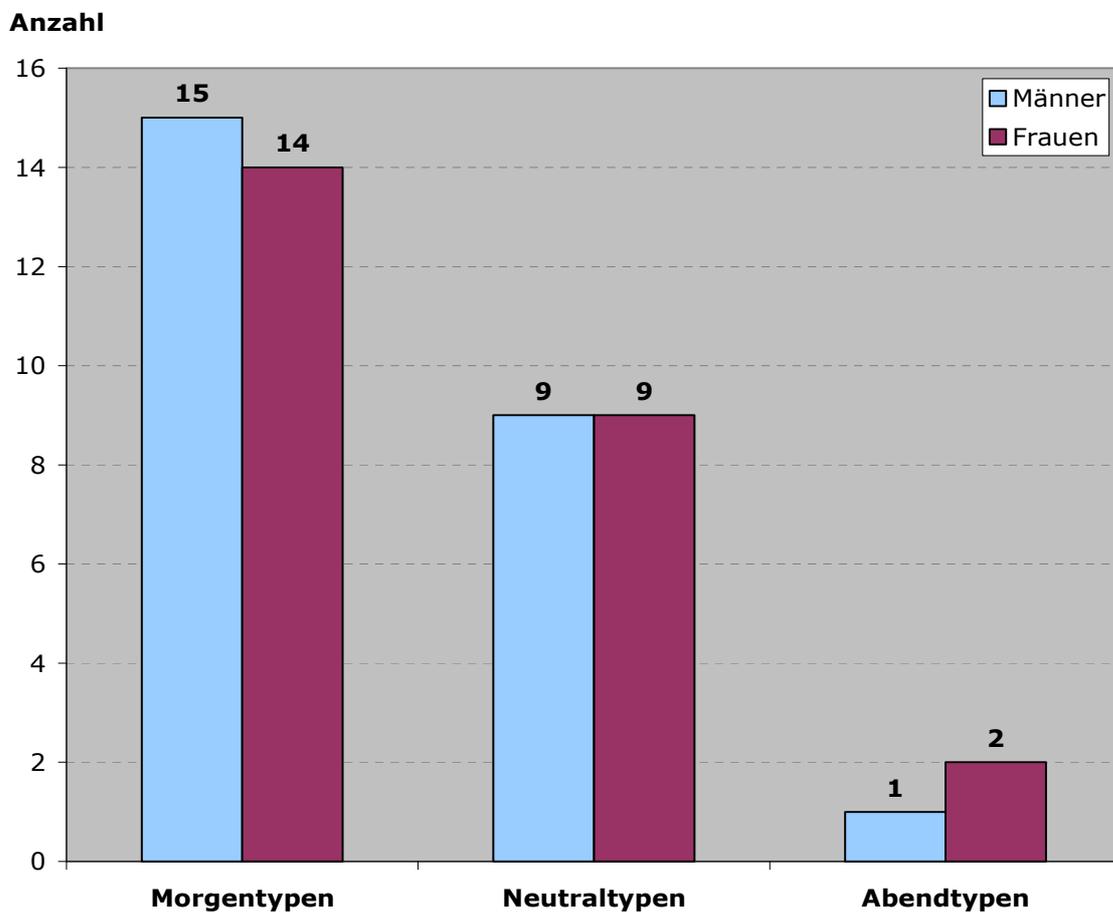


Abbildung 22: Einteilung der 50 Probanden nach Chronotyp anhand der Punktzahl in der deutschen Version des Morningness-Eveningness-Questionnaire nach Hörne-Ostberg (D-MEQ) in Morgentypen (> 58 Punkte), Neutraltypen (42–58 Punkte) und Abendtypen (< 42 Punkte).

Die Gruppenvergleiche auf Geschlechtsunterschiede bezüglich Schlafqualität, Tagesschläfrigkeit und Chronotyp mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben bzw. Mann-Whitney-u-Test (Indikator Schlaflatenz), die nachfolgend in Tabelle 4 dargestellt sind, ergeben folgende Ergebnisse:

Frauen schlafen im Mittel 9,3 Minuten später ein und haben eine 36 Minuten kürzere Gesamtschlafzeit als die Männer. Die weibliche Schlafeffizienz liegt im Mittel etwa 8,5 % unter der männlichen.

Der Gruppenvergleich zeigt sehr signifikante Geschlechtsunterschiede ($t = -2,75$; $P = 0,008$) für die Schlafqualität (Gesamtpunktzahl PSQI) sowie signifikante Unterschiede zwischen Männern und Frauen bei den Indikatoren Schlaflatenz ($u = 183,00$; $P = 0,011$), Gesamtschlafzeit ($t = 2,11$; $P = 0,040$) und Schlafeffizienz ($t = 2,64$; $P = 0,011$).

Bezüglich der Tagesschläfrigkeit zeigt der Gruppenvergleich keine signifikanten Geschlechtsunterschiede ($t = 0,83$; $P = 0,412$).

Ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Geschlechtern ($t = -0,51$; $P = 0,61$) bestehen bei der Gesamtpunktzahl des D-MEQ zur Beurteilung des Chronotyps.

Der Test auf Prüfung der Normalverteilung der Variablen findet sich in Anhang E 1.

Tabelle 4: Geschlechtsunterschiede bezüglich Schlafqualität, Tagesschläfrigkeit und Chronotyp mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben bzw. Mann-Whitney-u-Test

Variablen	Männer (N = 25)		Frauen (N = 25)		Varianzgleichheit		Mittelwertunterschiede	
	Mittelwert ± SD	SD	Mittelwert ± SD	SD	F	P	t	u
Schlafqualität [PSQI]								
Gesamtpunktzahl	3,98 ± 2,7		6,00 ± 2,4		0,03	0,854	-2,75	0,008
Zu-Bett-Geh-Zeit [Uhrzeit]	23:22 ± 61,7 ^a		23:02 ± 58,8 ^a		0,01	0,942	1,13	0,266
Schlaflatenz [min]	11,25 ± 8,1		20,54 ± 15,2		^b	^b	^b	183,00 0,011
Gesamtschlafzeit [min]	421,20 ± 57,8		384,80 ± 64,0		0,01	0,945	2,18	0,034
Schlafeffizienz [%]	87,60 ± 12,1		79,09 ± 10,7		1,44	0,236	2,64	0,011
Aufstehzeit [Uhrzeit]	7:28 ± 57,6		7:06 ± 39,4		0,55	0,464	1,55	0,128
Tagesschläfrigkeit								
ESS [Punkte]	7,16 ± 3,7		6,24 ± 4,1		0,28	0,827	0,83	0,412
Chronotyp								
D-MEQ [Punkte]	58,98 ± 9,9		60,50 ± 11,3		0,43	0,514	-0,51	0,614

^a Standardabweichung in Minuten; ^b Variable nicht normalverteilt; Mittelwertunterschied mittels Mann-Whitney-u-Test geprüft
 Abkürzungen: N: Probandenzahl; SD: Standardabweichung; F: Prüfgröße des Levene-Test auf Varianzgleichheit; t: Prüfgröße des t-Test für unabhängige Stichproben; u: Prüfgröße des Mann-Whitney-u-Test bei nicht normalverteilten Variablen; P: Irrtumswahrscheinlichkeit; PSQI: Pittsburgh Sleep Quality Index; ESS: Epworth Sleepiness Scale; D-MEQ: deutsche Version des Morningness-Eveningness-Questionnaire nach Horne und Östberg; min: Minuten

Tabelle 5 zeigt die Mittelwerte der allgemeinen Kennzeichen aller 32 Probanden, die an der Validitätsuntersuchung des SenseWear Pro2 gegen indirekte Kalorimetrie teilgenommen haben, sowohl für beide Geschlechter zusammen als auch getrennt.

Die 19 Frauen und 13 Männer liegen im Altersbereich von 61 bis 83 Jahren (Mittel: $68,7 \pm 5,1$ Jahre), wobei die Männer zwischen 62 und 83 Jahren und die Frauen zwischen 61 und 80 Jahren alt sind. Die Körperhöhe liegt für beide Geschlechter zusammen im Bereich von 152,0 bis 180,0 cm (Mittel: $167,3 \pm 9,10$ cm), für die Männer bei 169,1–180,0 cm und die Frauen bei 152,0–180,0 cm. Das Körpergewicht variiert zwischen 53,0 kg und 109,3 kg (Mittel: $74,5 \pm 13,97$ kg, Männer: 69,0–101,4 kg, Frauen: 53,0–109,3 kg), der Body-Mass-Index BMI zwischen 22,3 und 33,7 kg/m² (Mittel: $26,4 \pm 3,3$ kg/m², Männer: 22,3–31,3 kg/m², Frauen: 22,3–33,7 kg/m²).

Nach Müller *et al.* (2006) ist der BMI von 63,2 % der Frauen und 61,5 % der Männer innerhalb der Grenzwerte von 18,5 bis 27,5 kg/m² für normalgewichtige, ältere Menschen. Der körperliche Aktivitätsgrad der Teilnehmer lag im oberen Mittelfeld für diese Altersgruppe (Voorrips *et al.* 1991).

Tabelle 5: Allgemeine Kennzeichen der 32 Probanden (13 Männer, 19 Frauen) der Validierung des Sense Wear Pro2 gegen indirekte Kalorimetrie. Angaben jeweils als Mittelwert \pm Standardabweichung.

Variablen	Gesamt (N = 32)	Männer (N = 13)	Frauen (N = 19)
Allgemeine Parameter			
Alter [Jahre]	$68,66 \pm 5,1$	$70,68 \pm 7,7$	$69,12 \pm 5,2$
Körperhöhe [cm]	$167,33 \pm 9,1$	$176,41 \pm 7,2$	$162,27 \pm 3,9$
Körpergewicht [kg]	$74,51 \pm 14,0$	$84,69 \pm 10,7$	$71,12 \pm 12,5$
BMI [kg/m ²]	$26,43 \pm 3,3$	$27,16 \pm 2,5$	$26,95 \pm 4,2$
Körperliche Aktivität			
MBF [Punkte]	$15,30 \pm 6,7$	$16,00 \pm 5,1$	$14,82 \pm 7,7$

Abkürzungen: N: Probandenzahl; BMI: Body-Mass-Index; MBF: nach Voorrips modifizierter Baecke-Fragebogen zur Erfassung körperlicher Aktivität bei Älteren

Anhand der untersuchten Fragestellungen ergeben sich die folgenden Ergebnisse:

4.2 Methodenvergleich zur Erfassung von Indikatoren der Schlafqualität

Die deskriptive Statistik und die Ergebnisse der ANOVA für Messwiederholungen zum Vergleich der Methoden sind in Tabelle 6 dargestellt.

Die verschiedenen Methoden für Indikatoren der Schlafqualität, objektiv mit Polysomnographie und SenseWear Pro2-Akzelerometer sowie subjektiv mit PSQI und Schlaftagebuch bei 20 älteren Frauen ermittelt, wurden mittels Varianzanalyse für Messwiederholungen (repeated ANOVA) miteinander verglichen (Tabelle 6).

Es zeigen sich in fast allen Variablen statistisch signifikante Unterschiede: Der größte Unterschied zeigt sich bei der Anzahl nächtlicher Weckreaktionen ($F = 81,03$; $P < 0,001$). Geringer, aber dennoch hoch signifikant ist der Unterschied bei den Parametern Liegezeit [Min] ($F = 16,41$; $P < 0,001$), Aufstehzeit [Uhrzeit] ($F = 16,35$; $P < 0,001$) und Schlafeffizienz [%] ($F = 13,12$; $P < 0,001$). Sehr signifikante Unterschiede finden sich beim Parameter Schlaflatenz [min] ($F = 6,68$; $P = 0,005$) und signifikante Unterschiede bestehen bei den Parametern Gesamtschlafzeit [min] ($F = 5,18$; $P = 0,011$) und Zu-Bett-Geh-Zeit ($F = 4,31$; $P = 0,034$). Lediglich der Parameter Dauer nächtlicher Weckreaktionen [min] zeigt mit $F = 2,02$; $P = 0,159$ keine statistisch signifikanten Methodendifferenzen.

Die Prüfung auf Normalverteilung der Daten mittels Kolmogorov-Smirnov-Test ist in Anhang E 2 dargestellt.

Table 6: Deskriptive Statistik und Vergleich der Methoden zur Erfassung der Schlafqualität bei 20 älteren Frauen mittels Varianzanalyse für Messwiederholungen (repeated ANOVA)

Variablen	Methode						Methoden- vergleich			
	PSG		SWA		AMP		PSQI			
	Mittelwert ± SD	SD	Mittelwert ± SD	SD	Mittelwert ± SD	SD	Mittelwert ± SD	F	P	
Schlafrhythmus										
Zu-Bett-Geh-Zeit [Uhrzeit]	22:56 ± 32,9 ^a	32,9 ^a	22:56 ± 32,9 ^a	32,9 ^a	22:28 ± 48,2 ^a	48,2 ^a	23:02 ± 61,3 ^a	61,3 ^a	4,31	0,034
Aufstehzeit [Uhrzeit]	6:17 ± 15,5 ^a	15,5 ^a	6:17 ± 15,5 ^a	15,5 ^a	6:38 ± 33,5 ^a	33,5 ^a	7:00 ± 41,0 ^a	41,0 ^a	16,35	<0,001
Liegezeit [Min]	440,53 ± 30,7	30,7	426,30 ± 33,2	33,2	493,75 ± 51,3	51,3	483,00 ± 52,7	52,7	16,41	<0,001
Schlafqualitätsindikatoren										
Schlaflatenz [Min]	16,20 ± 15,6	15,6	6,60 ± 8,6	8,6	32,35 ± 30,7	30,7	19,82 ± 13,5	13,5	6,68	0,005
Gesamtschlafzeit [Min]	343,55 ± 42,5	42,5	379,65 ± 47,6	47,6	356,32 ± 66,7	66,7	385,00 ± 69,7	69,7	5,18	0,011
Schlafeffizienz [%]	78,03 ± 8,5	8,5	89,01 ± 8,2	8,2	72,97 ± 13,1	13,1	79,76 ± 1,6	1,6	13,12	<0,001
Anzahl nächtl. Weckreaktionen	20,15 ± 10,1	10,1	5,75 ± 3,4	3,4	2,22 ± 1,3	1,3	- ^b	- ^b	81,03	<0,001
Wachzeit während Schlaf [Min]	58,12 ± 30,2	30,2	32,80 ± 30,4	30,4	35,72 ± 35,4	35,4	- ^b	- ^b	2,02	0,159

^a Standardabweichung in Minuten; ^b Variable mittels PSQI nicht ermittelbar

Abkürzungen: N: Probandenzahl; PSG: Polysomnographie; SWA: SenseWear Pro2-Akzelerometer; AMP: Abend-/Morgenprotokoll der Deutschen Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin; PSQI: Pittsburgh Sleep Quality Index; SD: Standardabweichung; F: Prüfgröße der Varianzanalyse für Messwiederholung (repeated ANOVA); P: Irrtumswahrscheinlichkeit

Die untersuchten Schlafqualitäts-Indikatoren Liegezeit [Min], Schlaflatenz [Min], Gesamtschlafzeit [Min], Schlafeffizienz [%], Anzahl nächtlicher Weckreaktionen und Wachzeit während der Schlafperiode [Min], wurden jeweils mittels Polysomnographie (PSG), SenseWear Pro2-Akzelerometer (SWA), Abend-/Morgenprotokoll der Deutschen Gesellschaft für Schlafmedizin und Schlafforschung (AMP) und Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) ermittelt. Im Einzelvergleich mittels t-Test für verbundene Stichproben ergeben sich die in Tabelle 7 dargestellten Mittelwerte. Außerdem ist die Mittelwertdifferenz der jeweiligen Methode als Absolut- und Prozentwert, sowie der Mittelwertunterschied zur Goldstandardmethode Polysomnographie aufgeführt.

Tabelle 7: Mittelwertvergleich der verschiedenen Methoden mit Polysomnographie mittels t-Test für verbundene Stichproben

Variablen	N	Mittelwert \pm SD	Differenz zu PSG		Mittelwertunterschiede	
			absolut	%	t	P
Liegezeit [Min]						
PSG	20	440,53 \pm 30,7				
SWA	20	425,30 \pm 33,2	-14,2	-3,2	2,65	0,016
AMP	20	493,75 \pm 51,3	+42,5	+9,6	-5,70	<0,001
PSQI	20	483,00 \pm 52,7	+53,2	+12,1	-4,23	<0,001
Schlaflatenz [Min]						
PSG	20	16,20 \pm 15,6				
SWA	20	6,60 \pm 8,7	-9,6	-59,3	2,41	0,026
AMP	20	32,35 \pm 30,7	+16,2	+22,4	-2,62	0,017
PSQI	20	19,83 \pm 13,5	+16,2	+99,7	-0,84	0,410
Gesamtschlafzeit [Min]						
PSG	20	343,55 \pm 42,5				
PSG	19	339,79 \pm 40,1				
SWA	20	379,65 \pm 47,6	+36,1	+10,5	-4,58	<0,001
AMP	19	356,32 \pm 66,7	+41,5	+12,1	-1,26	0,224
PSQI	20	385,00 \pm 69,7	+16,5	+4,9	-2,40	0,027
Schlafeffizienz [%]						
PSG	20	78,03 \pm 8,5				
PSG	19	77,56 \pm 8,4				
SWA	20	89,01 \pm 8,2	+11,0	+14,1	-6,56	<0,001
AMP	19	72,97 \pm 13,1	+4,6	+2,2	1,61	0,124
PSQI	20	79,76 \pm 11,6	+1,7	+5,9	-0,57	0,577
Anzahl nächtlicher Weckreaktionen ^a						
PSG	20	20,15 \pm 2,3				
PSG	19	18,56 \pm 1,5				
SWA	20	5,75 \pm 0,8	-14,4	-71,5	6,54	<0,001
AMP	19	2,22 \pm 0,3	-16,3	-88,0	10,60	<0,001
Wachzeit während Schlafperiode [Min] ^a						
PSG	20	58,15 \pm 30,2				
PSG	18	51,53 \pm 22,3				
SWA	20	32,80 \pm 30,4	-25,4	-43,6	3,23	0,004
AMP	18	35,72 \pm 35,4	-15,8	-30,7	1,43	0,171

^a Variable anhand PSQI nicht ermittelbar.

Abkürzungen: N: Probandenzahl; SD: Standardabweichung; t: Prüfgröße des t-Test für verbundene Stichproben; P: Irrtumswahrscheinlichkeit; PSG: Polysomnographie; SWA: SenseWear Pro2-Akzelerometer; AMP: Abend-/Morgenprotokoll der Deutschen Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin; PSQI: Pittsburgh Sleep Quality Index, Fragebogen zur Schlafqualität

Die Abbildungen 23 bis 26 zeigen die in Tabelle 7 aufgeführten Mittelwerte von SenseWear Pro2-Akzelerometer, Abend-/Morgenprotokoll und PSQI der fünf verglichenen Schlafqualitätsparameter im Vergleich zur Polysomnographie als Balkendiagramme.

Wie Tabelle 7 zeigt, wird die mittlere Liegezeit als Schlafqualitätsparameter im Vergleich mit der Goldstandardmethode Polysomnographie vom SenseWear Pro2-Akzelerometer signifikant um 14,2 Minuten unterschätzt ($t = 2,65$; $P = 0,016$) und von Abend-/Morgenprotokoll und PSQI hoch signifikant um 53,2 Minuten ($t = -5,70$; $P < 0,001$) bzw. 42,5 Minuten ($t = -4,23$; $P < 0,001$) überschätzt (Abbildung 23).

Mittlere Liegezeit [Min]

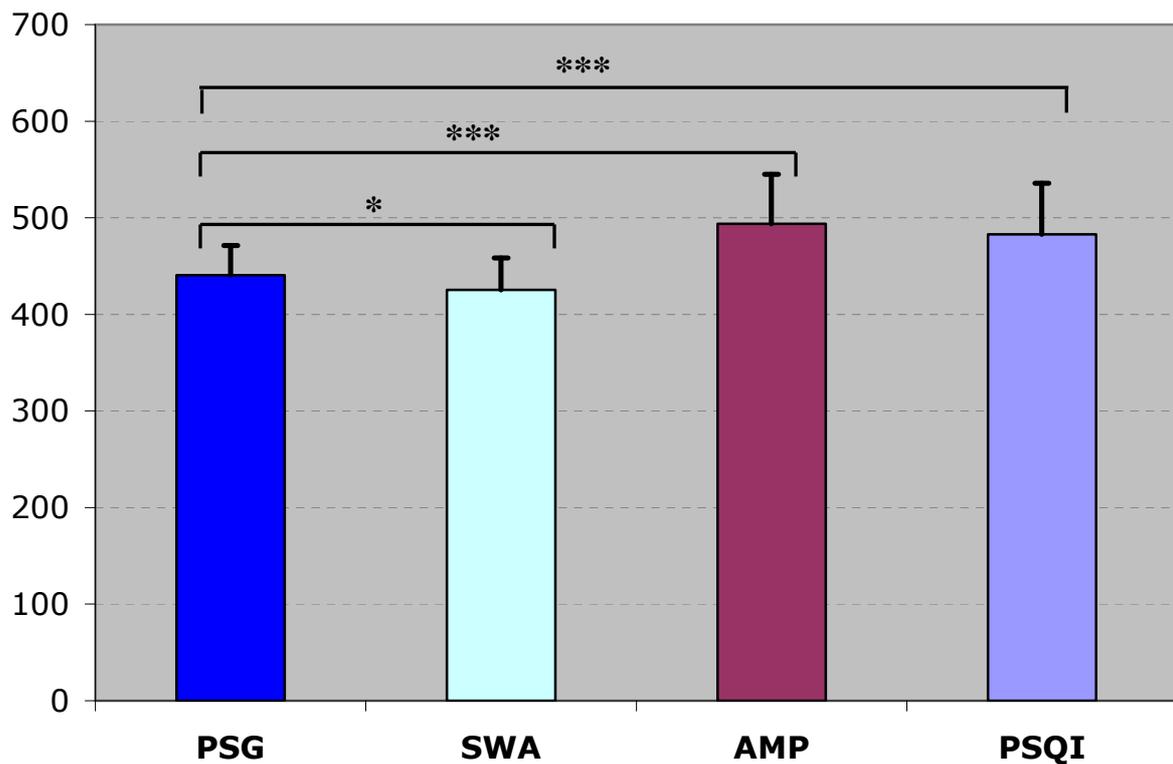


Abbildung 23: Schlafqualitätsparameter mittlere Liegezeit [Min] im Methodenvergleich. Unterschiede mittels SenseWear-Akzelerometer, Abend-/Morgenprotokoll und PSQI zur Standardmethode Polysomnographie. * $P < 0,05$; *** $P < 0,001$; Abkürzungen: PSG: Polysomnographie, SWA: SenseWear Pro2-Akzelerometer, AMP: Abend/Morgenprotokoll der Deutschen Gesellschaft für Schlafmedizin und Schlafforschung (DGSM), PSQI: Pittsburgh Sleep Quality Index, Fragebogen zur Schlafqualität

Die mittlere Schlaflatenz wird im Vergleich zur Polysomnographie vom SenseWear Pro2-Akzelerometer um 9,6 Minuten signifikant unterschätzt ($t = 2,4$; $P = 0,026$) und vom Abend-/Morgenprotokoll um 16,2 Minuten signifikant überschätzt ($t = -2,6$; $P = 0,017$). Zwischen Polysomnographie und PSQI bestehen keine signifikanten Unterschiede, auch wenn die Schlaflatenz anhand des PSQI um 3,6 Minuten leicht überschätzt wird ($t = -0,8$; $P = 0,410$).

Abbildung 24 zeigt den Methodenvergleich bezüglich der mittleren Schlaflatenz.

Mittlere Schlaflatenz [Min]

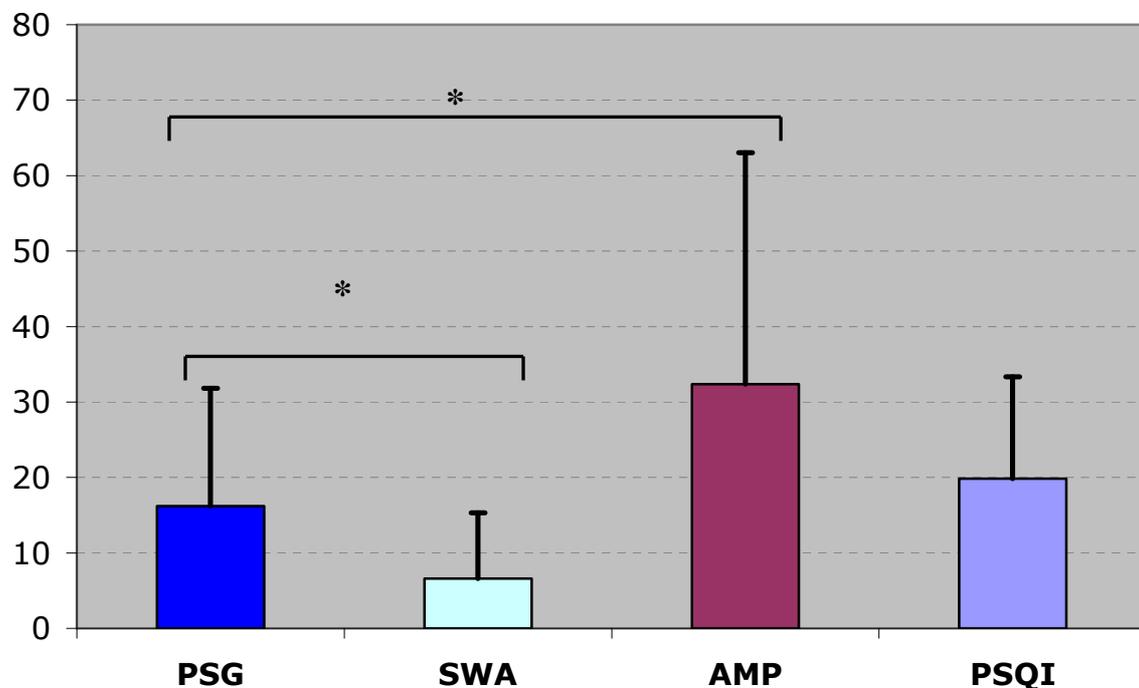


Abbildung 24: Mittlere Schlaflatenz [Min] im Vergleich von Polysomnographie mit SenseWear-Akzelerometer, Abend-/Morgenprotokoll und PSQI. * $P < 0,05$;

Abkürzungen: PSG: Polysomnographie, SWA: SenseWear Pro2-Akzelerometer, AMP: Abend-/Morgenprotokoll der Deutschen Gesellschaft für Schlafmedizin und Schlafforschung (DGSM), PSQI: Pittsburgh Sleep Quality Index, Fragebogen zur Schlafqualität

Die mittlere Gesamtschlafzeit wird vom Abend-/Morgenprotokoll im Vergleich zur Polysomnographie um 16,5 Minuten leicht überschätzt, aber ohne signifikante Unterschiede ($t = -1,3$; $P = 0,224$), während der Parameter mittels PSQI um 41,5 Minuten signifikant ($t = -2,4$; $P = 0,027$) und mittels SenseWear Pro2-Akzelerometer um 36,1 Minuten hoch signifikant überschätzt wird ($t = -4,6$; $P < 0,001$).

In Abbildung 25 sind die Unterschiede zu diesem Parameter graphisch dargestellt.

Mittlere Gesamtschlafzeit [Min]

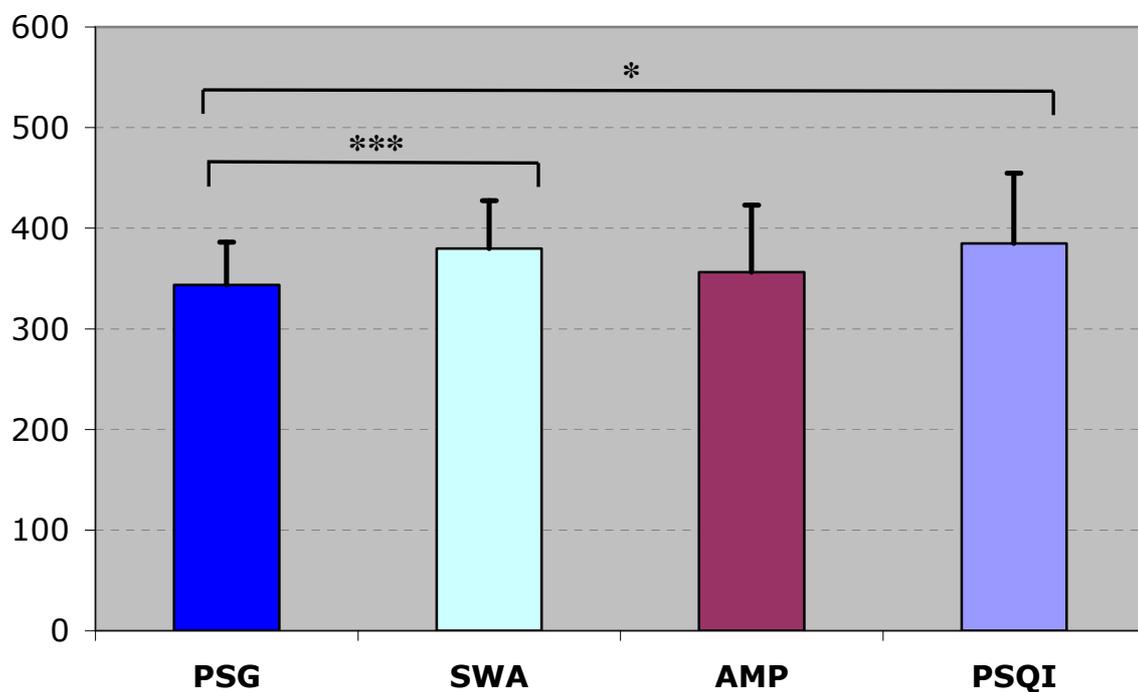


Abbildung 25: Methodenunterschiede bezüglich mittlerer Gesamtschlafzeit [Min] zwischen SenseWear Pro2-Akzelerometer, Abend-/Morgenprotokoll, PSQI und Polysomnographie; * $P < 0,05$; *** $P < 0,001$;

Abkürzungen: PSG: Polysomnographie, SWA: SenseWear Pro2-Akzelerometer, AMP: Abend-/Morgenprotokoll der Deutschen Gesellschaft für Schlafmedizin und Schlafforschung (DGSM), PSQI: Pittsburgh Sleep Quality Index, Fragebogen zur Schlafqualität

Wie in Abbildung 26 dargestellt, zeigt die mittlere Schlafeffizienz im Methodenvergleich lediglich mittels SenseWear Pro2-Akzelerometer signifikante Unterschiede: Es überschätzt die Schlafeffizienz um 11 % hoch signifikant ($t = -6,6$; $P < 0,001$).

Mittels Abend-/Morgenprotokoll wird die Schlafeffizienz um 4,6 Minuten leicht aber nicht signifikant unterschätzt ($t = 1,6$; $P = 0,124$) während die Ergebnisse des PSQI um 1,7 Minuten über den Werten der Polysomnographie liegen. Aber auch diese Differenz ist nicht signifikant ($t = -0,6$; $P = 0,577$).

Mittlere Schlafeffizienz [%]

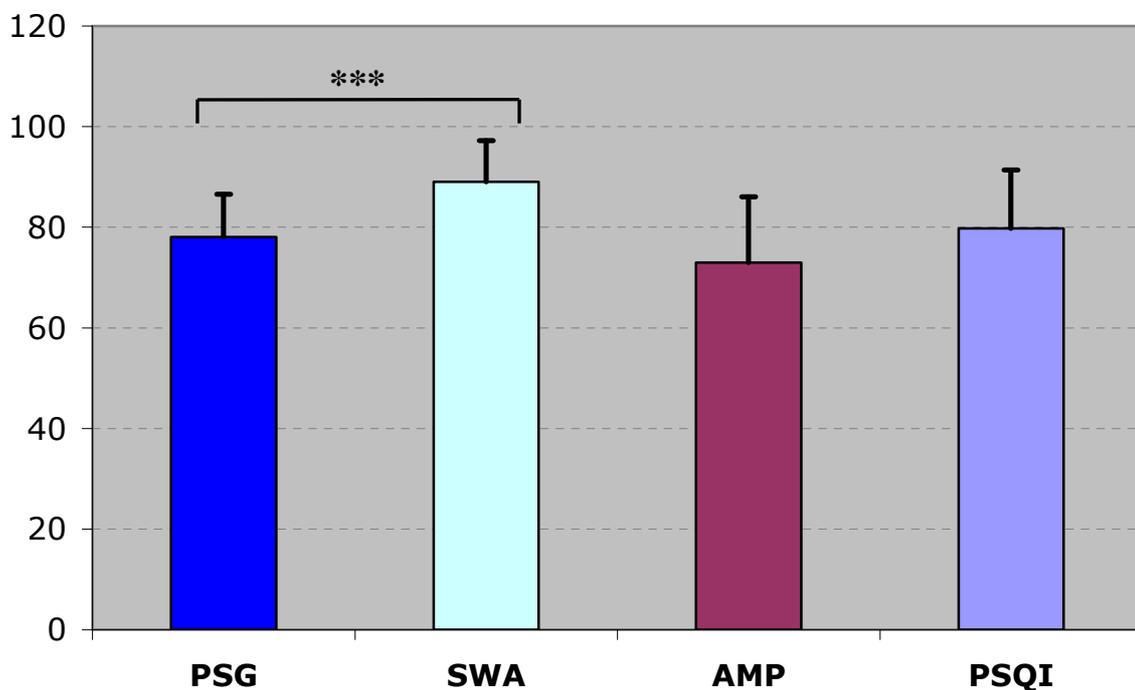


Abbildung 26: Vergleich der mittleren Schlafeffizienz [%] anhand der verschiedenen Methoden. *** $P < 0,001$;

Abkürzungen: PSG: Polysomnographie, SWA: SenseWear Pro2-Akzelerometer, AMP: Abend-/Morgenprotokoll der Deutschen Gesellschaft für Schlafmedizin und Schlafforschung (DGSM), PSQI: Pittsburgh Sleep Quality Index, Fragebogen zur Schlafqualität

Bei der mittleren Anzahl an Weckreaktionen während der Schlafperiode liegen hoch signifikante Unterschiede sowohl der mittels SenseWear Pro2-Akzelerometer als auch mittels Abend-/Morgenprotokoll erhobenen Daten vor. Das SenseWear Pro2-Akzelerometer unterschätzt die Anzahl der Weckreaktionen um 14,4 ($t = 6,5$; $P < 0,001$) das Protokoll um 16,3 ($t = 10,6$; $P < 0,001$).

Eine Erfassung dieses Parameters ist mit dem Fragebogen zur Schlafqualität (PSQI) nicht möglich.

Abbildung 27 veranschaulicht die Unterschätzung der Anzahl Weckreaktionen während der Schlafperiode von SenseWear Pro2-Akzelerometer und Abend-/Morgenprotokoll im Vergleich zur Polysomnographie.

Mittlere Anzahl nächtlicher Weckreaktionen

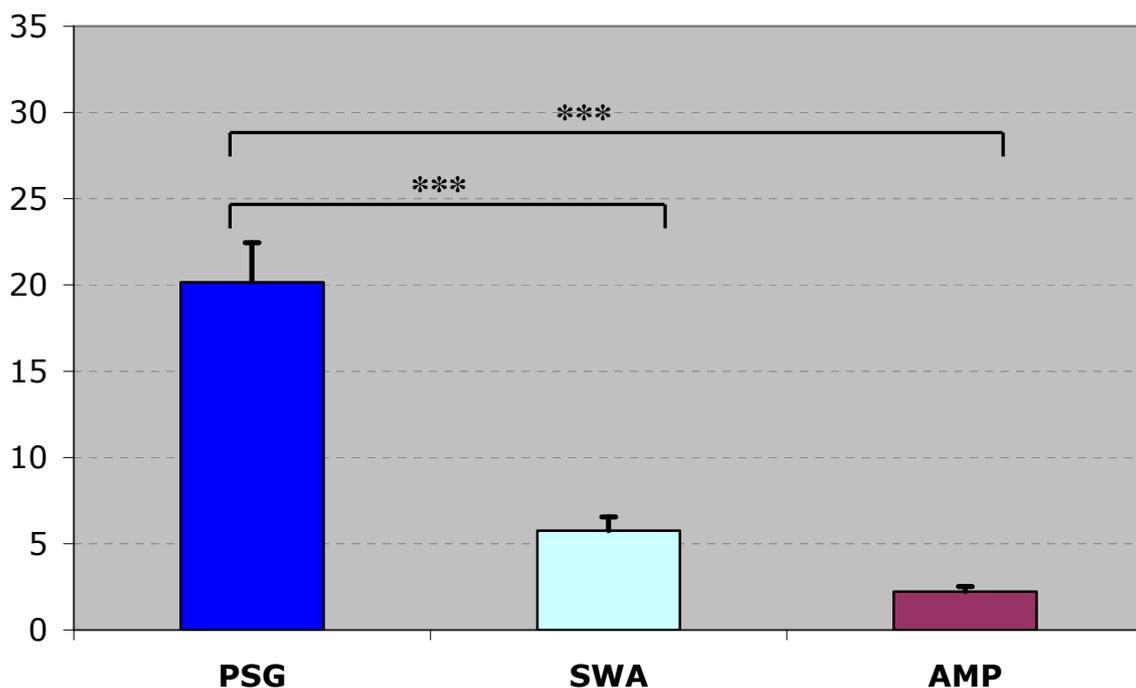


Abbildung 27: Methodenvergleich der mittleren Anzahl nächtlicher Weckreaktionen von SenseWear Pro2-Akzelerometer und DGSM-Abend-/Morgenprotokoll mit Polysomnographie. Dieser Parameter ist mittels PSQI nicht erfassbar. *** $P < 0,001$; Abkürzungen: PSG: Polysomnographie, SWA: SenseWear Pro2-Akzelerometer, AMP: Abend-/Morgenprotokoll der Deutschen Gesellschaft für Schlafmedizin und Schlafforschung (DGSM), PSQI: Pittsburgh Sleep Quality Index, Fragebogen zur Schlafqualität

Auch die mittlere Wachzeit während der Schlafperiode [Min] wird von SenseWear Pro2-Akzelerometer und Abend-/Morgenprotokoll um 25,4 Minuten bzw. 15,8 Minuten unterschätzt. Die Differenzen zum Goldstandard Polysomnographie ist für das SenseWear Pro2-Akzelerometer sehr signifikant ($t = 3,2$; $P = 0,004$) während die Unterschiede zwischen Abend-/Morgenprotokoll und Polysomnographie nicht signifikant sind ($t = 1,4$; $P = 0,171$). Auch dieser Parameter kann mittels PSQI nicht erfasst werden.

Abbildung 28 zeigt die Ergebnisse des Methodenvergleichs für die mittlere Wachzeit während der Schlafperiode [Min].

Mittlere Wachzeit während Schlafperiode [Min]

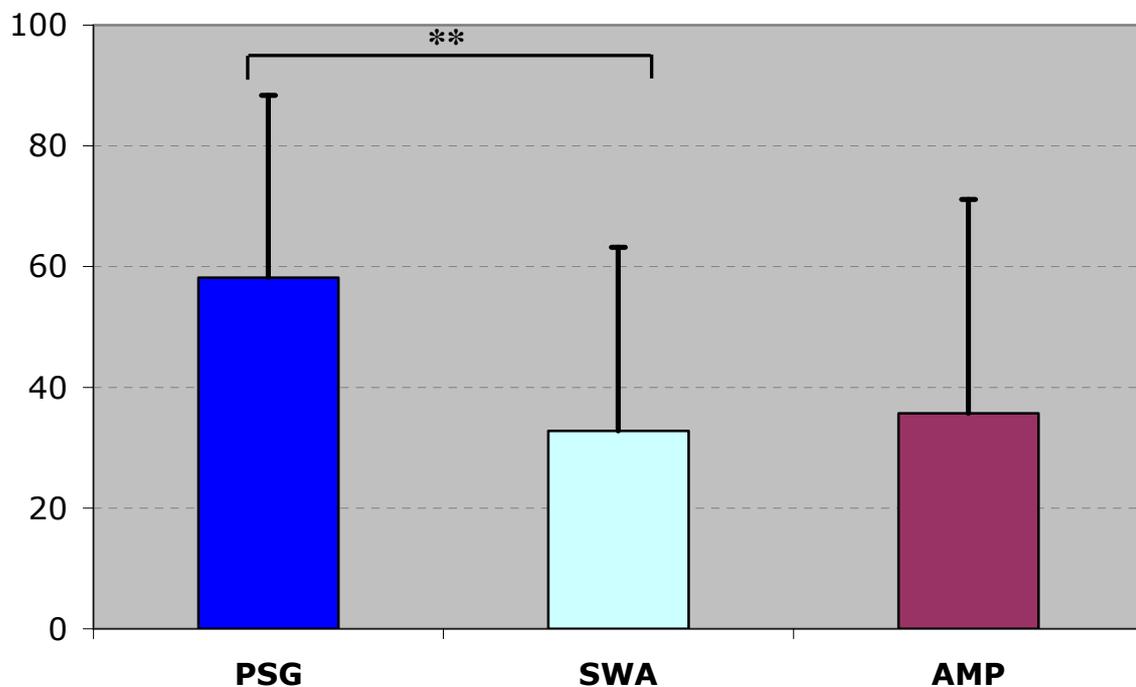


Abbildung 28: Der Vergleich von mittlerer Wachzeit während Schlafperiode [Min] erhoben mittels Polysomnographie mit den Daten von SenseWear Pro2-Akzelerometer und Abend-/Morgenprotokoll; Parameter mittels PSQI nicht erfassbar. ** $P < 0,01$; Abkürzungen: PSG: Polysomnographie, SWA: SenseWear Pro2-Akzelerometer, AMP: Abend-/Morgenprotokoll der Deutschen Gesellschaft für Schlafmedizin und Schlafforschung (DGSM), PSQI: Pittsburgh Sleep Quality Index, Fragebogen zur Schlafqualität

Die Ergebnisse der Prüfung auf Zusammenhang zwischen den ermittelten Schlafqualitätsindikatoren der verschiedenen Methoden und den korrespondierenden Variablen der Polysomnographie zeigt Tabelle 8:

Tabelle 8: Prüfung auf Zusammenhang zwischen Parametern der Schlafqualität verschiedener Methoden und denen der Polysomnographie mittels Korrelationsanalyse

Variablen	N	Korrelation mit korrespondierender Variable PSG	
		r	P
SWA			
Zu-Bett-Geh-Zeit [Min]	20	1,00	
Schlaflatenz [Min]	20	0,003	0,990
Gesamtschlafzeit [Min]	20	0,70	0,001
Liegezeit [Min]	20	0,72	<0,001
Schlafeffizienz [%]	20	0,60	0,006
Aufstehzeit [Min]	20	1,00	
Anzahl nächtlicher Weckreaktionen	20	0,24	0,341
Wachzeit während Schlafperiode [Min]	20	0,33	0,153
AMP			
Zu-Bett-Geh-Zeit [Min]	20	0,80	<0,001
Schlaflatenz [Min]	20	0,44	0,510
Gesamtschlafzeit [Min]	19	0,52	0,022
Liegezeit [Min]	20	0,58	0,007
Schlafeffizienz [%]	19	0,40	0,093
Aufstehzeit [Min]	20	0,62	0,004
Anzahl nächtlicher Weckreaktionen	18	0,05	0,831
Wachzeit während Schlafperiode [Min]	18	0,28	0,255
PSQI			
Zu-Bett-Geh-Zeit [Min]	20	0,48	0,032
Schlaflatenz [Min]	20	0,13	0,583
Gesamtschlafzeit [Min]	20	0,11	0,632
Liegezeit [Min]	20	0,53	0,017
Schlafeffizienz [%]	20	0,10	0,670
Aufstehzeit [Min]	20	0,36	0,119
Anzahl nächtlicher Weckreaktionen ^a		-	-
Wachzeit während Schlafperiode [Min] ^a		-	-

^a Variable anhand PSQI nicht ermittelbar

Abkürzungen: N: Probandenzahl, r: Korrelationskoeffizient nach Pearson; P: Irrtumswahrscheinlichkeit; SWA: SenseWear Pro2-Akzelerometer; AMP: Abend-/Morgenprotokoll der Deutschen Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin; PSQI: Pittsburgh Sleep Quality Index, Fragebogen zur Schlafqualität

Die mit dem SenseWear Pro2-Akzelerometer erfasste Liegezeit [Min] korreliert hoch signifikant ($r = 0,72$; $P < 0,001$), die Gesamtschlafzeit [Min] ($r = 0,70$, $P = 0,001$) und Schlaffeffizienz [%] ($r = 0,60$, $P = 0,006$) zeigen sehr signifikante Zusammenhänge mit der korrespondierenden Variable der Polysomnographie.

Der Korrelationskoeffizient von $r = 1,00$ für Zu-Bett-Geh-Zeit [Min] und Aufstehzeit [Min] zwischen Akzelerometer und Polysomnographie ergibt sich aus der Betätigung des Zeitmarkers durch die Probandinnen zur mittels Polysomnographie aufgezeichneten „Lichtauszeit“ bzw. „Lichtanzzeit“.

Der Zusammenhang zwischen der Zu-Bett-Geh-Zeit [Min] mittels Abend-/Morgenprotokoll und Polysomnographie ist hoch signifikant ($r = 0,80$, $P < 0,001$). Sehr signifikante Zusammenhänge ergeben sich für die Parameter Liegezeit [Min] ($r = 0,58$, $P = 0,007$) und Aufstehzeit [Min] ($r = 0,62$, $P = 0,004$). Der Zusammenhang bezüglich des Parameters Gesamtschlafzeit [Min] ist signifikant ($r = 0,52$, $P = 0,022$).

Bei der Korrelationsanalyse der mittels Schlafqualitäts-Fragebogen (PSQI) erhobenen Parameter mit Polysomnographie ergeben sich signifikante Zusammenhänge bei Zu-Bett-Geh-Zeit [Min] ($r = 0,48$, $P = 0,032$) und Liegezeit [Min] ($r = 0,53$, $P = 0,017$).

4.2.1 Alterseffekt auf Methodenunterschiede

Es kann zudem ein Alterseffekt auf die Methodenunterschiede bei Akzelerometer und Abend-/Morgenprotokoll gezeigt werden. Dieser ist in der folgenden Tabelle 9 dargestellt.

Tabelle 9: Alterseffekt der Schlafqualitätsparameter auf Methodenunterschiede mittels Korrelationsanalyse bei älteren Frauen

Methodendifferenzen	N	Korrelation mit Alter [Jahre]	
		r	P
PSG - SWA			
Schlaflatenz [Min]	20	0,17	0,482
Gesamtschlafzeit [Min]	20	-0,69	0,001
Schlafeffizienz [%]	20	-0,55	0,011
Anzahl nächtlicher Weckreaktionen	20	-0,03	0,906
Wachzeit während Schlafperiode [Min]	20	0,47	0,035
PSG - AMP			
Schlaflatenz [Min]	20	-0,24	0,303
Gesamtschlafzeit [Min]	19	0,04	0,887
Schlafeffizienz [%]	19	0,08	0,734
Anzahl nächtlicher Weckreaktionen	18	-0,66	0,003
Wachzeit während Schlafperiode [Min]	18	-0,19	0,462
PSG - PSQI			
Schlaflatenz [Min]	20	0,11	0,651
Gesamtschlafzeit [Min]	20	-0,20	0,396
Schlafeffizienz [%]	20	-0,33	0,157
Anzahl nächtlicher Weckreaktionen ^a	-	-	-
Wachzeit während Schlafperiode [Min] ^a	-	-	-

^a Variable anhand PSQI nicht ermittelbar

Abkürzungen: N: Probandenzahl, r: Korrelationskoeffizient nach Pearson; P: Irrtumswahrscheinlichkeit, PSG: Polysomnographie; SWA: SenseWear Pro2-Akzelerometer; AMP: Abend-/Morgenprotokoll der Deutschen Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin; PSQI: Pittsburgh Sleep Quality Index, Fragebogen zur Schlafqualität

Die Abweichungen des Akzelerometer von der Polysomnographie korrelieren signifikant bei drei von fünf Schlafqualitätsindikatoren mit dem Alter der Frauen. Die Methodendifferenzen sind bei den Frauen unter 70 Jahren geringer als bei den über 70-Jährigen.

Abbildungen 29 und 30 verdeutlichen diesen Alterseffekt: Je höher das Alter der Probandinnen, desto größer ist die Überschätzung mittels SenseWear Pro2-Akzelerometer bei den Parametern Gesamtschlafzeit ($r = -0,69$; $P = 0,001$) (Abbildung 29) und Schlaffeffizienz ($r = -0,55$; $P = 0,011$) (Abbildung 30).

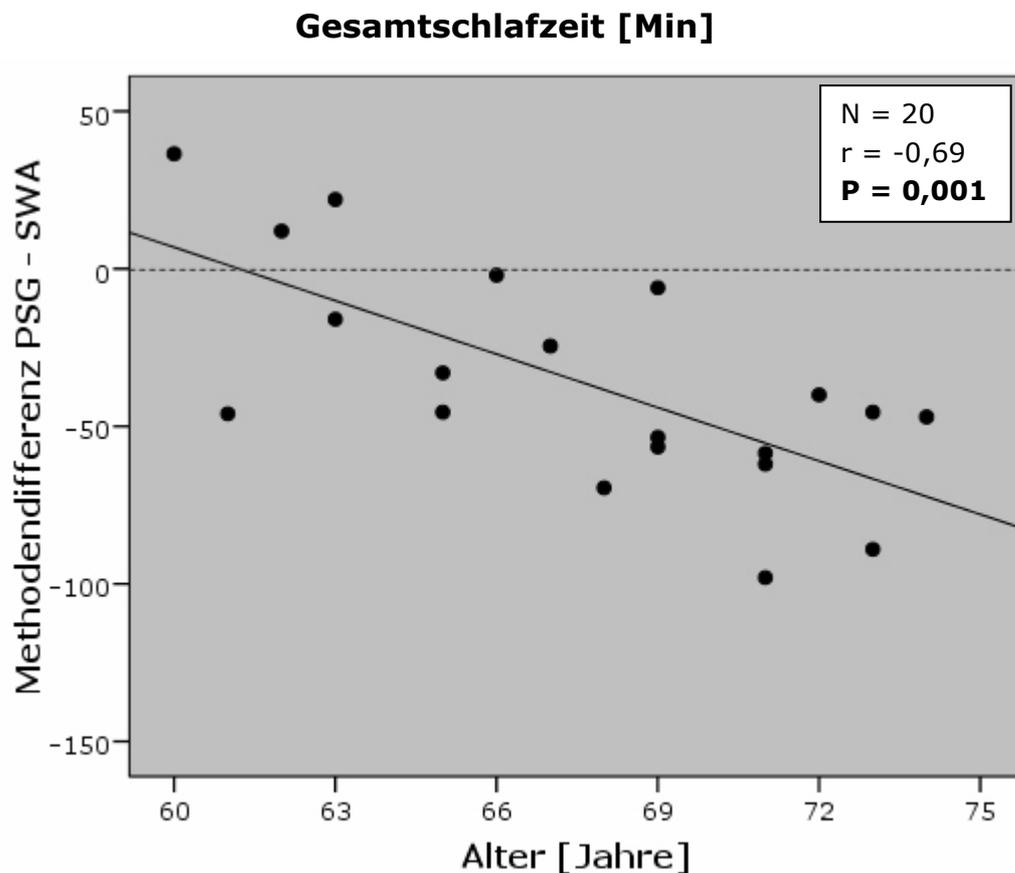


Abbildung 29: Zusammenhang zwischen dem Alter der 20 Probandinnen und der Methodendifferenz von Polysomnographie (PSG) und Akzelerometrie (SWA) des Parameters Gesamtschlafzeit [Min];

Gestrichelte Linie: Übereinstimmung beider Methoden, keine Differenz; durchgezogene Linie: Regressionsgerade

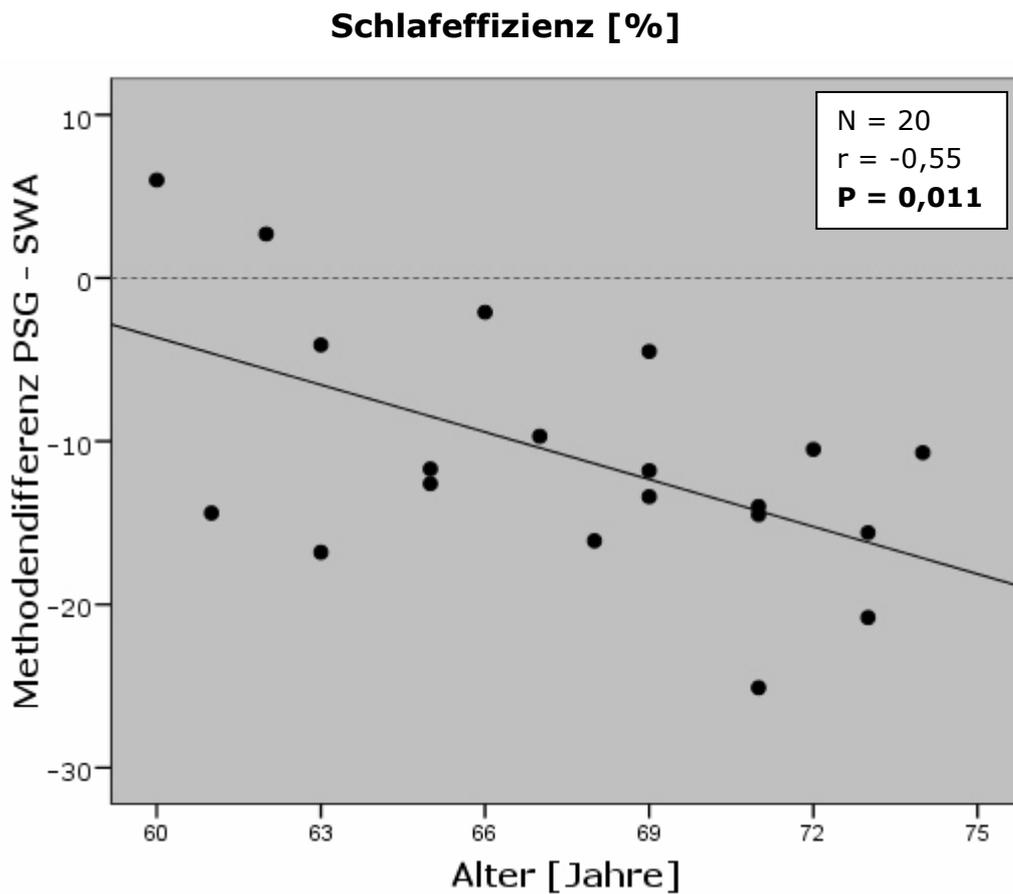


Abbildung 30: Zusammenhang zwischen dem Alter der Probandinnen und der Methodendifferenz von Polysomnographie (PSG) und Akzelerometrie (SWA) des Parameters Schlafeffizienz [%].

Gestrichelte Linie: Übereinstimmung beider Methoden, keine Differenz; durchgezogene Linie: Regressionsgerade

Beim Parameter Wachzeit während der Schlafperiode (Abbildung 31) ist die Unterschätzung mittels SenseWear Pro2-Akzelerometer umso größer, je älter die Probandinnen sind.

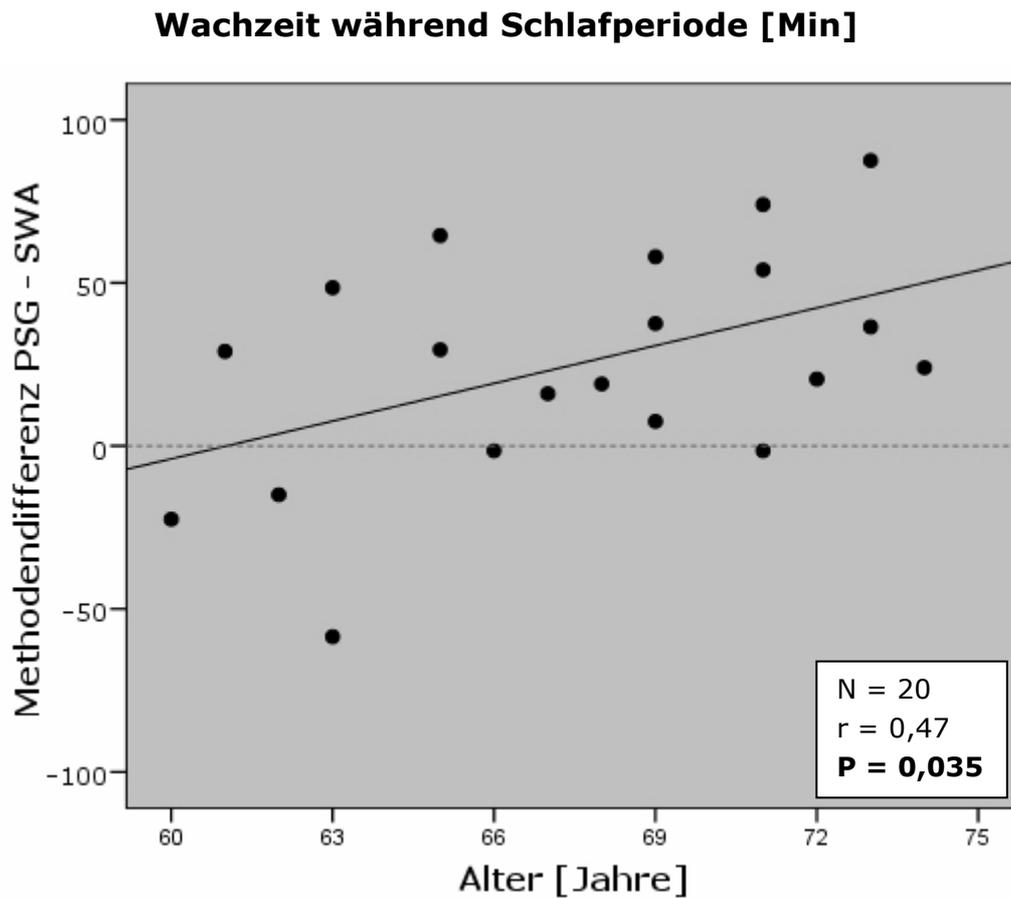


Abbildung 31: Zusammenhang zwischen dem Alter der Probandinnen und der Methodendifferenz von Polysomnographie (PSG) und Akzelerometrie (SWA) des Parameters Wachzeit während der Schlafperiode [Min]. Gestrichelte Linie: Übereinstimmung beider Methoden, keine Differenz; durchgezogene Linie: Regressionsgerade

Auch die Abweichungen von Abend-/Morgenprotokoll und Polysomnographie bezüglich der Anzahl nächtlicher Weckreaktionen korrelieren signifikant mit dem Alter ($r = -0,66$; $P = 0,003$), allerdings mit dem gegenteiligen Effekt: Je älter die Probandinnen sind, desto größer ist die Übereinstimmung von Polysomnographie und Abend-/Morgenprotokoll (Abbildung 32).

Mittlere Anzahl nächtlicher Weckreaktionen

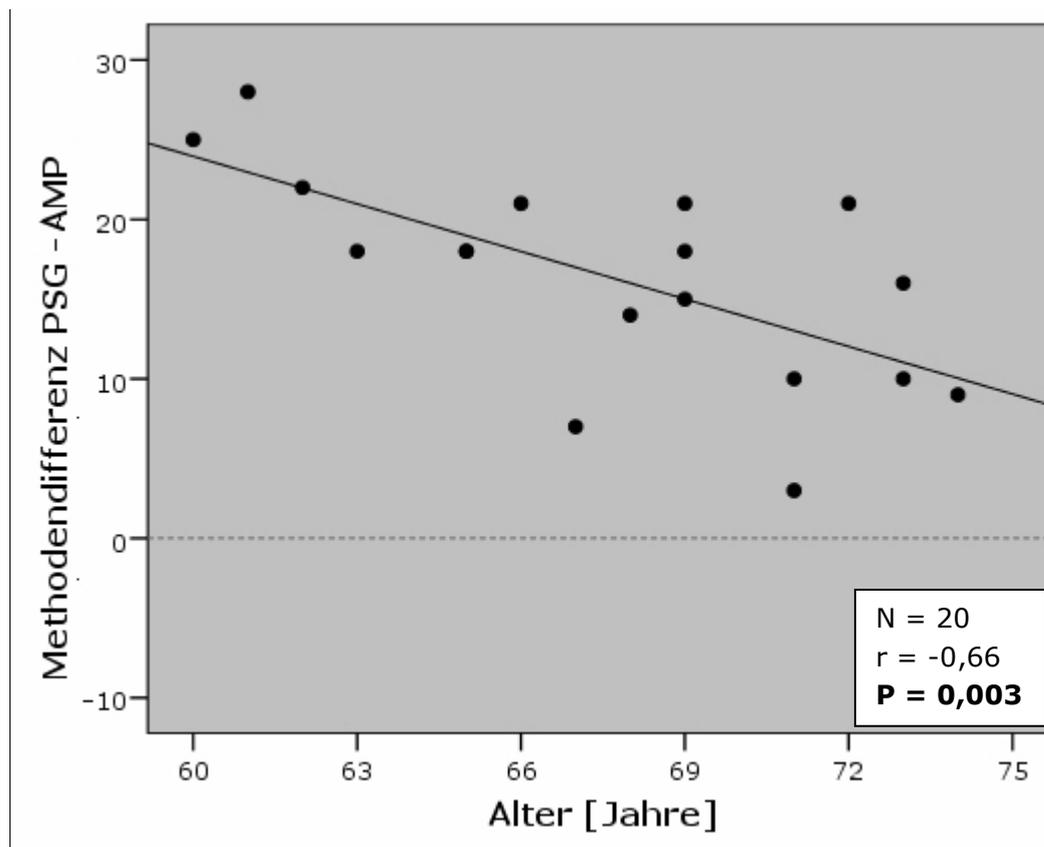


Abbildung 32: Korrelation der Methodendifferenz zwischen Polysomnographie (PSG) und Abend-/Morgenprotokoll (AMP) mit dem Alter der Probanden bezüglich des Parameters Anzahl nächtlicher Weckreaktionen.

Gestrichelte Linie: Übereinstimmung beider Methoden, keine Differenz; durchgezogene Linie: Regressionsgerade

Für die mittels PSQI erhobenen Parameter fand sich kein derartiger Alterseffekt ($P > 0,05$).

4.2.2 Weitere Einflussfaktoren auf Methodenunterschiede

Zur Prüfung auf Zusammenhänge weiterer Faktoren mit den Methodendifferenzen wurden Body-Mass-Index [kg/m^2], Blutdruck [mmHg] und Herzfrequenz [bpm] ermittelt. Der mittlere Body-Mass-Index der 20 untersuchten Probandinnen liegt bei $27,08 \pm 4,7$ kg/m^2 . Die Mittelwerte für den Blutdruck liegen bei $135,47 \pm 19,0$ mmHg (Systole) und $83,95 \pm 12,5$ mmHg (Diastole). Die Herzfrequenz beträgt im Mittel $71,11 \pm 12,1$ bpm .

Die Korrelation der Methodendifferenzen mit diesen Variablen zeigt Tabelle 10.

Tabelle 10: Korrelation von Methodendifferenzen bezüglich BMI, Blutdruck und Herzfrequenz zur Polysomnographie bei älteren Frauen

	Korrelationskoeffizient												
	BMI			Blutdruck				Herzfrequenz					
	[kg/m ²]			Systole		Diastole [mmHg]		[bpm]					
	N	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P		
Methodendifferenz													
PSG - SWA													
Schlaflatenz [Min]	20	0,36	0,123	0,18	0,463	0,21	0,389	0,06	0,818				
Gesamtschlafzeit [Min]	20	0,32	0,173	-0,20	0,422	-0,21	0,399	0,43	0,068				
Schlafeffizienz [%]	20	0,31	0,283	-0,19	0,444	-0,33	0,175	-0,08	0,755				
Anzahl nächtlicher Weckreaktionen	20	-0,31	0,185	-0,17	0,483	-0,33	0,167	-0,12	0,640				
Wachzeit während Schlafperiode [Min]	20	-0,40	0,077	0,20	0,413	-0,12	0,640	-0,10	0,697				
PSG - AMP													
Schlaflatenz [Min]	20	0,16	0,510	-0,44	0,060	-0,50	0,028	0,11	0,670				
Gesamtschlafzeit [Min]	19	-0,29	0,236	-0,02	0,925	-0,22	0,389	-0,23	0,350				
Schlafeffizienz [%]	19	-0,18	0,469	-0,27	0,278	-0,40	0,096	-0,24	0,341				
Anzahl nächtlicher Weckreaktionen	18	-0,27	0,283	-0,04	0,890	-0,16	0,524	-0,05	0,848				
Wachzeit während Schlafperiode [Min]	18	0,06	0,808	-0,43	0,078	-0,08	0,763	0,47	0,047				
PSG - PSQI													
Schlaflatenz [Min]	20	0,24	0,313	0,13	0,608	0,09	0,716	-0,09	0,713				
Gesamtschlafzeit [Min]	20	0,08	0,741	0,34	0,158	0,20	0,404	-0,18	0,470				
Schlafeffizienz [%]	20	0,01	0,953	0,09	0,728	-0,03	0,918	-0,12	0,624				
Anzahl nächtlicher Weckreaktionen ^a		-	-	-	-	-	-	-	-				
Wachzeit während Schlafperiode [Min]		-	-	-	-	-	-	-	-				

^a Variable anhand PSQI nicht ermittelbar

Abkürzungen: s. Tabelle 9; mmHg: Millimeter Quecksilbersäule; bpm: beats per minute (Schläge pro Minute)

Bei der Methodendifferenz von SenseWear Pro2-Akzelerometer und Polysomnographie sowie PSQI und Polysomnographie bestehen keine signifikanten Zusammenhänge mit den untersuchten Faktoren.

Bei der Differenz von Abend-/Morgenprotokoll und Polysomnographie zeigen sich leichte positive Zusammenhänge zwischen diastolischen Blutdruck und dem Parameter Schlaflatenz ($r = -0,5$; $P = 0,028$) sowie der Herzfrequenz und Wachzeit während Schlafperiode ($r = 0,47$; $P = 0,047$).

4.3 Zusammenhang zwischen verschiedenen Variablen und der Schlafqualität

Aufgrund der Geschlechtsunterschiede im Gruppenvergleich bezüglich der Schlafqualität (vgl. Tabelle 4, Abbildung 20) sind weitere Variablen geschlechtsdifferenziert verglichen worden um daraus auf mögliche Einflüsse auf die Schlafqualität zu schließen. Diese Variablen betreffen anthropometrische Merkmale, körperlicher Aktivitätsgrad und Energieumsatz. Außerdem verhaltens- und lebensstilbezogene Merkmale wie der Konsum von koffein- und alkoholhaltigen Getränken, Familien- und Sozialstruktur, Schlafgewohnheiten und Freizeitaktivitäten sowie der Gesundheitszustand. Zudem wurde mittels Korrelationsanalyse ein möglicher Zusammenhang mit der Schlafqualität (Gesamtpunktzahl im Schlafqualitäts-Fragebogen, PSQI) geprüft.

Die Mittelwerte und Standardabweichungen für anthropometrische Merkmale, körperlicher Aktivitätsgrad und Energieumsatz der 50 untersuchten Probanden sowie das Ergebnis des Gruppenvergleich auf Mittelwertunterschiede zwischen den Geschlechtern sind in Tabelle 11 aufgeführt, separat für Männer und Frauen.

Die Ergebnisse der Prüfung auf Normalverteilung der Daten mittels Kolmogorov-Smirnov-Test sind in Anhang E 1.

Tabelle 11: Mittelwerte und Gruppenvergleich auf Mittelwertunterschiede bezüglich anthropometrischer Parameter, körperlichen Aktivitätsgrades und Energieumsatzes mittels t-Test für unabhängige Stichproben bei 50 Älteren

Variablen	Männer (N = 25)		Frauen (N = 25)		Varianzgleichheit		Mittelwertunterschiede	
	Mittelwert ± SD		Mittelwert ± SD		F	P	t	P
Anthropometrische Parameter								
Alter [Jahre]	70,68 ± 7,7		69,12 ± 5,2		3,32	0,075	0,84	0,404
Körperhöhe [cm]	176,41 ± 7,2		162,27 ± 3,9		10,73	0,002	8,59	< 0,001
Körpergewicht [kg]	84,69 ± 10,7		71,12 ± 12,5		0,01	0,932	4,13	< 0,001
BMI [kg/m ²]	27,16 ± 2,5		26,96 ± 4,2		1,98	0,166	0,20	0,839
Körperliche Aktivität								
SWA [MET tagsüber] ^a	1,80 ± 0,6		1,86 ± 0,3		2,11	0,153	-0,40	0,691
SWA [MET in 24 Std]	1,50 ± 0,3		1,55 ± 0,02		0,04	0,836	-0,75	0,459
Dauer [Min] ^b	151,36 ± 93,9		190,40 ± 80,9		0,06	0,807	-1,58	0,122
Freiburger Fragebogen [Punkte]	62,47 ± 36,9		62,73 ± 38,5		0,00	0,996	-0,03	0,980
MBF [Punkte]	19,36 ± 9,3		16,61 ± 6,6		2,12	0,152	1,21	0,233
Energieumsatz								
REU Nacht 1 [kcal/24 Std]	1766,40 ± 210,8		1474,56 ± 137,0		7,87	0,007	5,80	< 0,001
REU Nacht 2 [kcal/24 Std]	1778,38 ± 208,4 ^c		1481,28 ± 131,7		6,78	0,012	5,94	< 0,001
REU [kcal/24 Std] ^d	1775,69 ± 209,4 ^c		1477,92 ± 132,7		7,23	0,010	5,92	< 0,001
Aktiver EU ≥ 3 MET (SWA) [kcal/24 Std]	787,84 ± 530,2		990,88 ± 442,6		1,09	0,301	-0,47	0,148

^a Mittelwert MET am Tag (Ende Nacht 1 bis Anfang Nacht 2); ^b Dauer körperlicher Aktivität mit Aktivitätsgrad ≥ 3 MET (SWA) über einen Zeitraum von 24 Std ^c N = 24; ^d Mittelwert aus Nacht 1 und Nacht 2;

Abkürzungen: N: Probandenzahl; SD: Standardabweichung; F: Prüfgröße des Lèvene-Test auf Varianzgleichheit; t: Prüfgröße des

t-Test für unabhängige Stichproben; P: Irrtumswahrscheinlichkeit; BMI: Body-Mass-Index; SWA: SenseWear Pro2-Akzelerometer; MET: Metabolische Einheit (Verbrauch kcal pro Stunde und pro kg Körpergewicht); MBF: nach Voorrips modifizierter Baecke-Fragebogen; REU: Ruheenergieumsatz; EU: Energieumsatz; Std: Stunden; Min: Minuten; kcal: Kilokalorien

Anthropometrische Parameter

Die Gruppenvergleiche zwischen den Geschlechtern mittels t-Test für unabhängige Stichproben bezüglich Alter, Körperhöhe, Körpergewicht und BMI ergeben in allen Variablen höhere Werte bei den Männern. Die Unterschiede zu den Frauen sind für die Variable Alter ($t = 0,84$; $P = 0,404$) und BMI ($t = 0,20$; $P = 0,839$) nicht statistisch signifikant, während Körperhöhe ($t = 8,59$; $P < 0,001$) und Körpergewicht ($t = 4,13$; $P < 0,001$) hoch signifikante Unterschiede zeigen (Tabelle 11).

Bei der Prüfung auf einen Zusammenhang zwischen Schlafqualität und diesen anthropometrischen Parametern mittels Korrelationsanalyse ergibt sich ein signifikantes Ergebnis für den Parameter Körpergewicht [kg] ($r_s = -0,34$; $P = 0,016$) und ein sehr signifikanter Zusammenhang beim Parameter Körperhöhe [cm] ($r_s = -0,39$; $P = 0,005$) für beide Geschlechter zusammen.

Nach Geschlechtern getrennt zeigt sich lediglich bei den Männern ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Alter und der Schlafqualität ($r_s = 0,41$; $P = 0,041$).

Die Ergebnisse der Prüfung auf einen Zusammenhang zwischen anthropometrischen Parametern und der Gesamtpunktzahl des PSQI mittels Spearman-Korrelation sind zusammen mit den im Folgenden untersuchten Variablen körperlicher Aktivitätsgrad und Energieumsatz in Tabelle 12 auf Seite 97 dargestellt.

Körperlicher Aktivitätsgrad

In einer Gruppenstatistik über einen Zeitraum von 24 Stunden zum körperlichen Aktivitätsgrad mittels Akzelerometer unterscheiden sich die beiden Geschlechter hinsichtlich des mittleren Energieverbrauchs tagsüber und in 24 Stunden nur wenig um im Mittel 0,6 MET bzw. 0,5 MET zugunsten der Frauen. Bezüglich der körperlichen Aktivität bei einem Aktivitätsgrad ≥ 3 MET sind Frauen mit im Mittel 190 Minuten pro Tag etwa 40 Minuten länger aktiv als die Männer (151 Minuten/Tag).

Beim Freiburger Fragebogen erreichen Männer und Frauen annähernd die gleiche Punktzahl (Männer: 62,5 Punkte, Frauen: 62,7 Punkte).

Beim Baecke-Fragebogen zur körperlichen Aktivität (MBF) erreichen die Männer im Mittel 2,8 Punkte mehr als die Frauen.

Weder der körperliche Aktivitätsgrad am Tag und über 24 Stunden mittels SenseWear-Akzelerometer noch die Punkte bei Freiburger Fragebogen und MBF zeigen signifikante Gruppenunterschiede beim Geschlechtervergleich (Tabelle 11).

Die Korrelationsanalyse zur Prüfung auf einen Zusammenhang zwischen körperlichem Aktivitätsgrad und der Schlafqualität zeigt bei keinem der untersuchten Parameter statistisch signifikante Werte bei den Frauen.

Bei den Männern ist der Zusammenhang zwischen dem körperlichen Aktivitätsgrad ermittelt mit dem nach Vorrips modifizierten Baecke-Fragebogen (MBF) und der Schlafqualität statistisch signifikant ($r_s = -0,40$; $P = 0,048$). Auch für beide Geschlechter ($N = 50$) ist der Zusammenhang signifikant ($r_s = -0,36$; $P = 0,010$). Nicht signifikant ist der Zusammenhang bei den Frauen, wie in Abbildung 33 dargestellt.

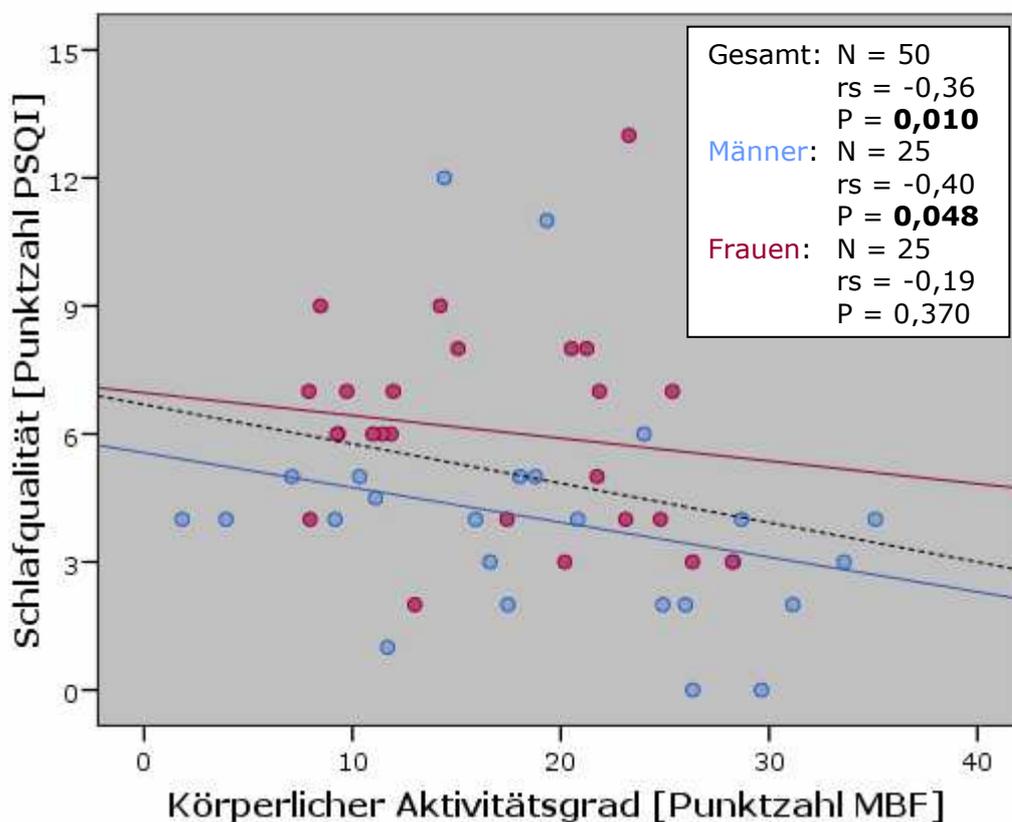


Abbildung 33: Darstellung des Zusammenhangs zwischen Schlafqualität und körperlichem Aktivitätsgrad; Abkürzungen: r_s : Korrelationskoeffizient nach Spearman; P: Irrtumswahrscheinlichkeit; PSQI: Pittsburgh Sleep Quality Index, Fragebogen zur Schlafqualität; MBF: nach Vorrips modifizierter Baecke-Fragebogen zur körperlichen Aktivität.

Rot: Frauen, Blau: Männer; durchgezogene Linie: Regressionsgerade geschlechtsdifferenziert, gestrichelte Linie: Regressionsgerade für Gesamtstichprobe ($N = 50$)

Die Ergebnisse der Korrelationsanalyse zur Prüfung eines Zusammenhangs zwischen körperlichem Aktivitätsgrad und Schlafqualität sind in Tabelle 12, S. 97 dargestellt.

Energieumsatz

Zur Prüfung der Reliabilität des SenseWear Pro2-Akzelerometers wurde der Ruheenergieumsatz (REU) in zwei aufeinanderfolgenden Nächten während einer Stunde des frühen Schlafes ermittelt. Wie in Tabelle 11 auf Seite 91 aufgeführt, zeigt der REU beider Nächte, signifikante Unterschiede zwischen Männern und Frauen: Während die Männer in Nacht 1 im Mittel 1766,4 bzw. 1778,4 kcal/24 Stunden verbrauchen, ist der mittlere Ruheenergieumsatz der Frauen mit 1474,6 bzw. 1481,3 kcal/24 Stunden 291 kcal/24 Stunden geringer. In Nacht 2 beträgt die Differenz 297 kcal/24 Stunden (Männer: $1778,38 \pm 208,4$ kcal/24 Std.; Frauen: $148,28 \pm 131,7$ kcal/24 Std.). Der Mittelwert aus beiden Nächten ist bei den Männern 298 kcal/24 Stunden höher als bei den Frauen (Männer $1775,7 \pm 209,4$ kcal/24 Stunden, Frauen $1477,9 \pm 132,7$ kcal/24 Stunden).

Abbildung 34 zeigt den mittleren Ruheenergieumsatz der untersuchten Probanden, der mittels SenseWear-Akzelerometer während zwei aufeinanderfolgenden Nächten ermittelt wurde.

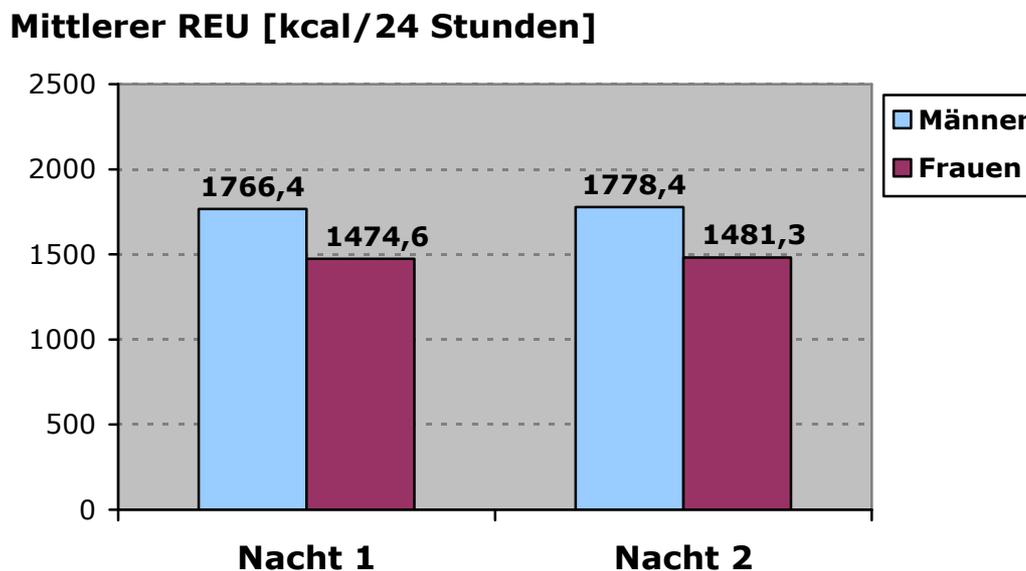


Abbildung 34: Der mittels SenseWear Pro2 in einer frühen Stunde des nächtlichen Schlafes in zwei aufeinanderfolgenden Nächten ermittelte Ruheenergieumsatz (REU) der 24 Männer und 25 Frauen. Angaben in kcal/24 Std.

Im Gruppenvergleich sind diese Unterschiede zwischen den beiden Geschlechtern hoch signifikant (Nacht 1: $t = 5,80$; Nacht 2: $t = 5,94$; Mittelwert aus Nacht 1 und Nacht 2: $t = 5,92$; alle $P < 0,001$).

Die Korrelationsanalyse (s. Tabelle 12, Seite 96) zeigt bei beiden Geschlechtern zusammen einen sehr signifikanten Zusammenhang zwischen Schlafqualität und dem Ruheenergieumsatz in Nacht 1 ($r_s = -0,39$; $P = 0,006$). Bezüglich des Ruheenergieumsatzes in Nacht 2 sowie dem mittleren Ruheenergieumsatz aus beiden Nächten (Abbildung 35) ist der Zusammenhang mit der Schlafqualität signifikant ($r_s = -0,36$; $P = 0,011$ und $r_s = -0,36$; $P = 0,010$).

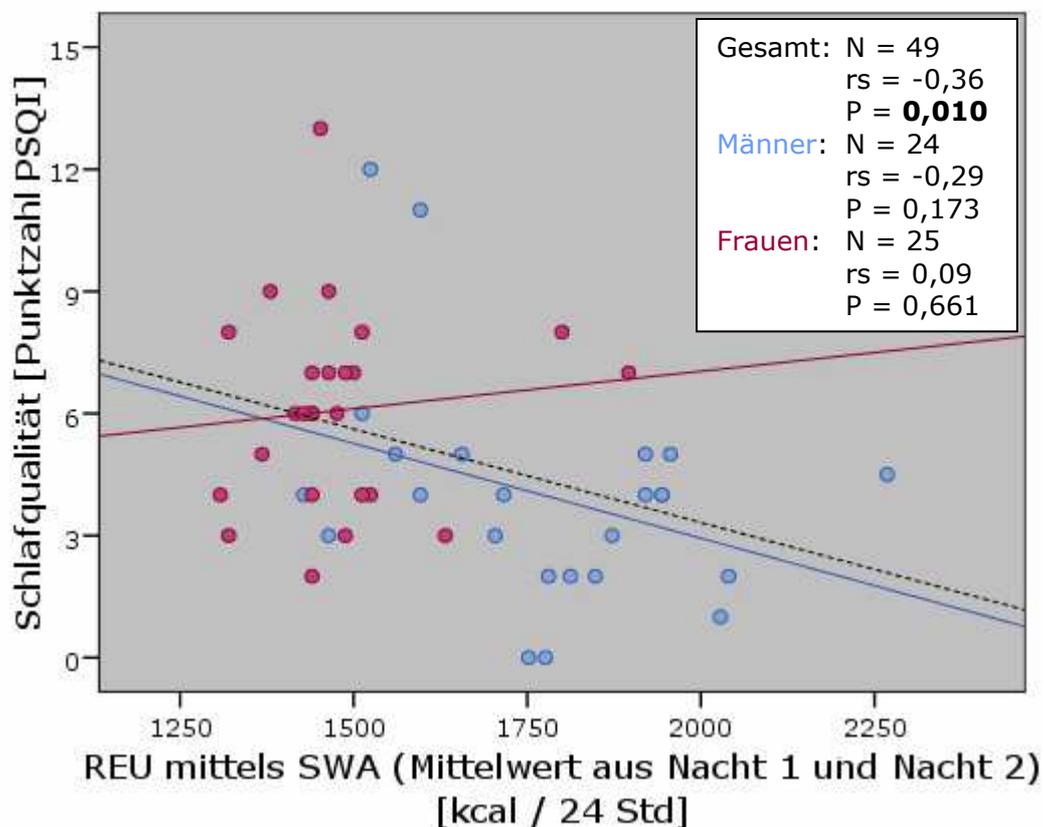


Abbildung 35: Zusammenhang zwischen Schlafqualität und mittlerem Ruheenergieumsatz aus zwei aufeinanderfolgenden Nächten. Abkürzungen: N = Probandenzahl; r_s : Korrelationskoeffizient nach Spearman; P: Irrtumswahrscheinlichkeit; PSQI: Pittsburgh Sleep Quality Index, Fragebogen zur Schlafqualität; REU: Ruheenergieumsatz; SWA: SenseWear Pro2-Akzelerometer; kcal: Kilokalorien; Rot: Frauen, Blau: Männer; durchgezogene Linie: Regressionsgerade geschlechtsdifferenziert, gestrichelte Linie: Regressionsgerade für Gesamtstichprobe (N = 49)

Der mittels SenseWear Pro2-Akzelerometer bestimmte aktive Energieumsatz entspricht einem Kilokalorienverbrauch oberhalb eines Schwellenwertes von 3 MET. Wie Tabelle 11 zeigt, sind die 25 untersuchten Frauen zwar über einen Zeitraum von 24 Stunden im Mittel 3 Minuten länger oberhalb dieses Schwellenwertes, aber der Mittelwertunterschied ist statistisch nicht signifikant zwischen den Geschlechtern ($t = -1,47$; $P = 0,148$).

Dieser Parameter zeigt auch keinen signifikanten Zusammenhang mit der Schlafqualität, sowohl für beide Geschlechter zusammen ($r_s = 0,09$; $P = 0,530$), als auch getrennt (Männer: $r_s = 0,18$; $P = 0,387$; Frauen: $r_s = -0,171$; $P = 0,413$).

Ergebnisse der Korrelationsanalyse zur Prüfung auf einen Zusammenhang zwischen anthropometrischen Parametern, der körperlichen Aktivität sowie dem Energieumsatz und der Schlafqualität sind in Tabelle 12 dargestellt.

Tabelle 12: Prüfung des Zusammenhangs zwischen anthropometrischen Merkmalen, körperlichem Aktivitätsgrad sowie Energieumsatz und der Schlafqualität bei 50 Älteren mittels Korrelationsanalyse nach Spearman

Variablen	Gesamt			Männer			Frauen		
	N	rs	P	N	rs	P	N	rs	P
Anthropometrische Parameter									
Alter [Jahre]	50	0,18	0,206	25	0,41	0,041	25	0,13	0,530
Körperhöhe [cm]	50	-0,39	0,005	25	-0,27	0,189	25	0,16	0,445
Körpergewicht [kg]	50	-0,34	0,016	25	-0,40	0,051	25	0,06	0,773
BMI [kg/m ²]	50	-0,19	0,182	25	-0,28	0,169	25	0,03	0,880
Körperliche Aktivität									
SWA [MET tagüber] ^a	50	0,10	0,488	25	0,13	0,546	25	-0,15	0,481
SWA [MET in 24 Std]	50	0,09	0,547	25	0,16	0,461	25	-0,16	0,437
Dauer ^b	50	0,06	0,696	25	0,14	0,513	25	-0,37	0,069
Freiburger Fragebogen [Punkte]	50	-0,23	0,113	25	-0,18	0,404	25	-0,25	0,235
MBF [Punkte]	50	-0,36	0,010	25	-0,40	0,048	25	-0,19	0,370
Energieumsatz									
REU Nacht 1 [kcal/24 Std]	50	-0,39	0,006	25	-0,29	0,157	25	0,02	0,929
REU Nacht 2 [kcal/24 Std]	49	-0,36	0,011	24	-0,31	0,146	25	0,12	0,584
REU [kcal/24 Std] ^c	49	-0,36	0,010	24	-0,29	0,173	25	0,09	0,661
Aktiver EU \geq 3 MET (SWA) [kcal/24 Std]	50	0,09	0,530	25	0,18	0,387	25	-0,17	0,413

^a Mittelwert MET am Tag (Ende Nacht 1 bis Anfang Nacht 2); ^b Dauer körperlicher Aktivität \geq 3 MET über einen Zeitraum von 24 Std (SWA); ^c Mittelwert aus Nacht 1 und Nacht 2;

Abkürzungen: N: Probandenzahl; rs: Korrelationskoeffizient nach Spearman; P: Irrtumswahrscheinlichkeit; BMI: Body-Mass-Index; SWA: SenseWear Pro2-Akzelerometer; MET: Metabolische Einheit (Verbrauch kcal pro Stunde und pro kg Körpergewicht); MBF: modifizierter Baecke-Fragebogen nach Voorrips; REU: Ruheenergieumsatz; EU: Energieumsatz; Std: Stunden; min: Minuten; kcal: Kilokalorien

Getränke

Tabelle 13 zeigt die mittleren Werte bezüglich des Konsums Schlaf störender Getränke wie z.B. Alkohol, Kaffee oder Schwarztee und die Mittelwertunterschiede zwischen den Geschlechtern.

Die Ergebnisse der Prüfung auf Normalverteilung der Daten mittels Kolmogorov-Smirnov-Test sind in Anhang E 1 dargestellt.

Tabelle 13: Mittelwerte und Mittelwertunterschiede zwischen Männern und Frauen bezüglich des Konsums koffein- und alkoholhaltiger Getränke mittels Mann-Whitney-u-Test

Getränke	Männer (N = 25)	Frauen (N = 25)	Mittelwert- unterschiede	
	Mittelwert ± SD	Mittelwert ± SD	u	P
Kaffee [Tassen à 125 ml/Woche]	14,56 ± 11,1	14,50 ± 11,5	307,00	0,914
Espresso [Tassen à 30 ml/Woche]	2,12 ± 10,0	1,00 ± 1,9	242,50	0,052
Tee [Tassen à 125 ml/Woche] ^a	2,44 ± 4,7	7,00 ± 7,0	180,50	0,006
Erfrischung [Gläser à 0,2 L/Woche] ^b	0,12 ± 0,6	-- -- ^c	300,00	0,317
Bier [Gläser à 0,3 L/Woche]	3,80 ± 6,0	0,20 ± 0,4	120,00	<0,001
Wein [Gläser à 0,2 L/Woche]	3,36 ± 3,0	1,70 ± 1,8	210,00	0,044
sonstiger Alkohol [Gläser/Woche]	0,12 ± 0,6	0,08 ± 0,4	312,00	0,977

^a Schwarztee, grüner Tee oder Matete; ^b koffeinhaltige Limonade oder Energydrinks;

^c nicht konsumiert

Abkürzungen: SD: Standardabweichung; u: Prüfgröße des Mann-Whitney-u-Test auf Mittelwertunterschiede; P: Irrtumswahrscheinlichkeit

Im Mittel trinken beide Geschlechter zwar etwa gleich viel Kaffee pro Woche, aber während Frauen im Mittel ca. 4,5 Tassen Tee mehr pro Woche trinken, konsumieren die Männer mit im Mittel 3,8 Gläsern à 0,3 L/Woche etwa 3,6 Gläser mehr Bier und etwa doppelt so viele Gläser Wein pro Woche (3,4 Gläser à 0,2 L/Woche) als die untersuchten Frauen (1,7 Gläser à 0,2 L/Woche).

Im Gruppenvergleich sind die Unterschiede zwischen den Geschlechtern bezüglich des Konsums von Kaffee (u = 307,00; P = 0,914), Espresso (u = 242,50; P = 0,052) koffeinhaltiger Limonade oder Energie-Drinks (u = 300,00; P = 0,317) und sonstigen alkoholischen Getränken (u = 312,00; P = 0,977) statistisch nicht signifikant bzw. aufgrund

sehr geringer Mengen zu vernachlässigen. Während der Mann-Whitney-u-Test für den Genuss von Wein statistisch signifikante ($u = 210,00$; $P = 0,044$) und den Konsum von Tee statistisch sehr signifikante ($u = 180,50$; $P = 0,006$) Unterschiede zeigt, ist der Unterschied zwischen den Geschlechtern bezüglich des Bierkonsums pro Woche hoch signifikant ($u = 120,0$; $P < 0,001$).

Ein signifikanter Zusammenhang zwischen Schlafqualität und Getränkekonsum besteht beim Parameter Tee lediglich bei den Männern ($r_s = 0,40$; $P = 0,048$). Wie Abbildung 36 verdeutlicht, ist dieser Parameter auch für beide Geschlechter zusammen signifikant ($r_s = 0,32$; $P = 0,024$).

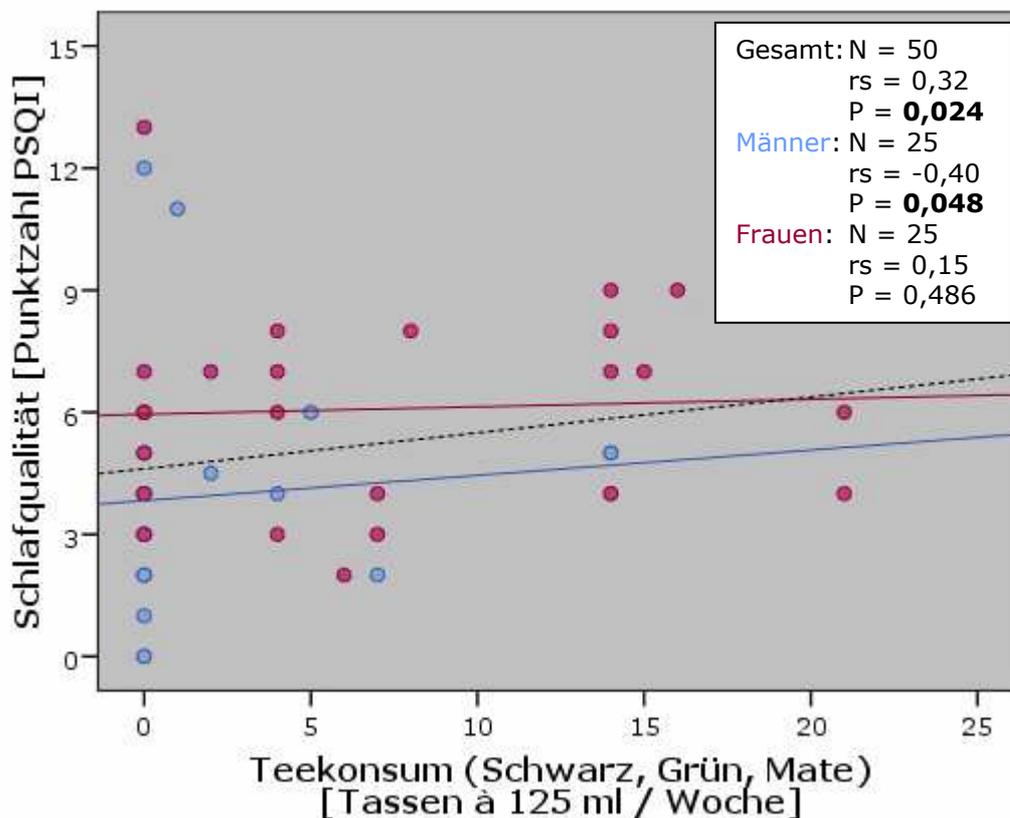


Abbildung 36: Zusammenhang zwischen Schlafqualität und Konsum von Schwarztee, grünem Tee oder Matete [Tassen à 125 ml/Woche].

Abkürzungen: r_s : Prüfgröße der Spearman-Korrelation; P: Irrtumswahrscheinlichkeit; PSQI: Pittsburgh Sleep Quality Index, Fragebogen zur Schlafqualität; Rot: Frauen, Blau: Männer; durchgezogene Linie: Regressionsgerade geschlechtsdifferenziert, gestrichelte Linie: Regressionsgerade für Gesamtstichprobe (N = 50)

Auch beim Bierkonsum ($r_s = -0,34$; $P = 0,015$) zeigt sich ein signifikanter Zusammenhang mit der Schlafqualität, wie in Abbildung 37 dargestellt.

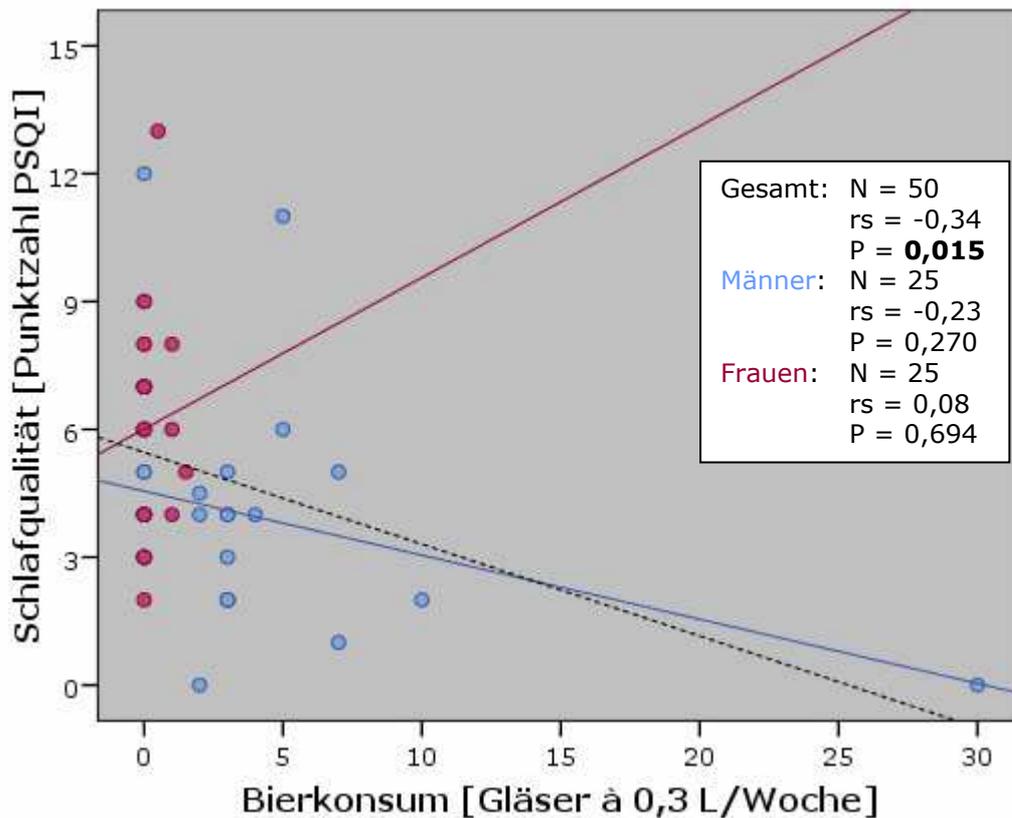


Abbildung 37: Zusammenhang zwischen Schlafqualität und Bierkonsum [Gläser à 0,3 L/Woche].

Abkürzungen: r_s : Prüfgröße der Spearman-Korrelation; P: Irrtumswahrscheinlichkeit; PSQI: Pittsburgh Sleep Quality Index, Fragebogen zur Schlafqualität; Rot: Frauen, Blau: Männer; durchgezogene Linie: Regressionsgerade geschlechtsdifferenziert, gestrichelte Linie: Regressionsgerade für Gesamtstichprobe (N = 50)

Bei den Frauen besteht kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Konsum alkohol- oder koffeinhaltiger Getränke mit der Schlafqualität.

Die Korrelationsanalyse zur Prüfung auf Zusammenhang zwischen Getränkekonsum und Schlafqualität ist in Tabelle 14 dargestellt.

Tabelle 14: Prüfung auf Zusammenhang des Konsums koffein- bzw. alkoholhaltiger Getränke und der Schlafqualität bei 50 Älteren mittels Korrelationsanalyse nach Spearman

Getränke	Gesamt (N = 50)		Männer (N = 25)		Frauen (N = 25)	
	rs	P	rs	P	rs	P
Kaffee [Tassen à 125 ml/Woche]	-0,001	0,996	-0,27	0,195	0,14	0,521
Espresso [Tassen à 30 ml/Woche]	-0,03	0,853	-0,13	0,543	-0,22	0,297
Tee [Tassen à 125 ml/Woche] ^a	0,32	0,024	-0,40	0,048	0,15	0,486
Erfrischung [Gläser à 0,2 L/Woche] ^b	-0,06	0,705	0,03	0,891	- -	- - ^c
Bier [Gläser à 0,3 L/Woche]	-0,34	0,015	-0,23	0,270	0,08	0,694
Wein [Gläser à 0,2 L/Woche]	-0,17	0,228	0,02	0,915	-0,19	0,354
sonstiger Alkohol [Gläser/Woche]	-0,20	0,164	-0,12	0,584	-0,29	0,165

^a Schwarztee, grüner Tee oder Matete; ^b koffeinhaltige Limonade oder Energydrinks;

^c nicht konsumiert

Abkürzungen: SD: Standardabweichung; rs: Korrelationskoeffizient nach Spearman; P: Irrtumswahrscheinlichkeit

Rauchen

Das Rauchverhalten ist in der vorliegenden Studie als Einflussfaktor auf die Schlafqualität nicht zu untersuchen, da alle teilnehmenden Probanden Nichtraucher sind.

Einnahme von Schlafmittel, Antidepressiva und Johanniskraut

Auch die Einnahme von Hypnotika und Antidepressiva kann in dieser Untersuchung auf einen Zusammenhang mit der Schlafqualität nicht untersucht werden. Lediglich jeweils ein Mann und eine Frau nehmen Schlafmittel und ein Mann Antidepressiva ein.

Johanniskraut nimmt keiner der 50 Probanden ein.

Familienstand

Die Häufigkeitsverteilungen bezüglich des Familienstandes sind in Tabelle 15 und als Kreisdiagramm für jedes Geschlecht in Abbildung 38 dargestellt.

Tabelle 15: Häufigkeitsverteilung des Parameters Familienstand bei den 50 untersuchten Probanden

Familienstand	Gesamt (N = 50)		Männer (N = 25)		Frauen (N = 25)	
	absolut	%	absolut	%	absolut	%
ledig	2	4,0	0	0,0	2	8,0
verheiratet	30	60,0	20	80,0	10	40,0
verwitwet	10	20,0	3	12,0	7	28,0
geschieden/getrennt lebend	8	16,0	2	8,0	6	24,0

Abkürzungen: N: Probandenzahl

Von den 50 untersuchten Probanden sind halb so viele Frauen verheiratet wie Männer (20 Männer, 10 Frauen), aber mehr als doppelt so viele Frauen sind verwitwet (3 Männer, 7 Frauen) und dreimal so viele Frauen sind geschieden oder leben vom Partner getrennt (2 Männer, 6 Frauen). Mit zwei Ledigen sind demnach 60 % der untersuchten Frauen ohne Lebenspartner. Abbildung 38 verdeutlicht den Familienstand der 25 Männer und 25 Frauen.

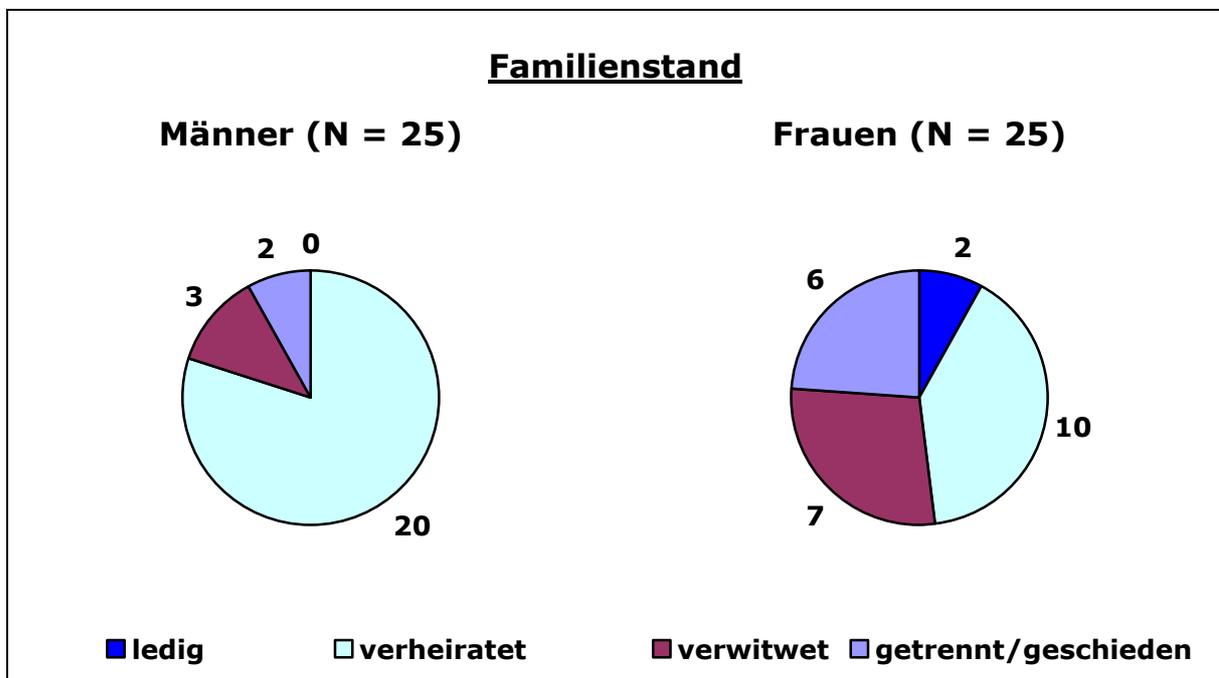


Abbildung 38: Kreisdiagramme zur Darstellung des Familienstandes der 50 untersuchten Probanden. Angaben als Absolutwerte

Aufgrund der zu geringen Fallzahlen ist eine Voraussetzung zur Durchführung eines statistischen Tests bezüglich des Zusammenhangs der Variablen nicht erfüllt (vergl. Kap. 2.3.4 *Häufigkeitsverteilungen und Prüfung auf Zusammenhang nominalskalierter Daten*). Durch Zusammenfassung der Variablen und Unterteilung der Wohnsituation in „allein lebend“ und „zusammen lebend“ konnten genügend große Fallzahlen pro Zelle erreicht werden um einen Chi-Quadrat-Test durchzuführen. Die Ergebnisse sind unter dem Lebensstil-Parameter *Wohnsituation* beschrieben und in Abbildung 39, Seite 105, sowie Tabelle 18, Seite 110 dargestellt.

Kinder und Enkelkinder

Fünf der 50 befragten Probanden sind kinderlos, 13 der Probanden haben ein Kind, 22 zwei Kinder und 10 Probanden drei Kinder (im Mittel 1,72 Kinder; Männer: 1,68 Kinder; Frauen: 1,76 Kinder). Die Enkelkinderzahl beläuft sich auf bis zu 8 Enkel, wobei 15 Probanden keine, 11 Probanden einen, 12 Probanden zwei, 2 Probanden drei, 6 Probanden vier und jeweils 2 Probanden fünf bzw. 8 Enkel haben (Im Mittel 1,82 Enkel (Männer: 1,84 Enkel; Frauen: 1,80 Enkel). Bei 3 Probanden lebt jeweils ein Kind mit im Haushalt, das entspricht 3,5 % der Kinder und im Mittel 0,06 Kinder. Lediglich 2,2 % der Enkel (im Mittel 0,04 Enkel) leben mit ihren Großeltern mit im Haushalt.

Der Mann-Whitney-u-Test zeigt weder für die jeweilige Anzahl an Kindern und Enkelkindern noch für die Anzahl an Kindern und Enkel, die im selben Haushalt leben signifikante Mittelwertunterschiede zwischen Männern und Frauen.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in Tabelle 16, die Ergebnisse des Kolmogorov-Smirnov-Tests zur Prüfung auf Normalverteilung der Daten in Anhang E 1 dargestellt.

Tabelle 16: Mittelwertunterschiede zwischen Männern und Frauen bezüglich der Anzahl Kinder und Enkelkinder insgesamt sowie den davon mit im Haushalt lebenden mittels Mann-Whitney-u-Test

Anzahl	Männer (N = 25)	Frauen (N = 25)	Mittelwert- unterschiede	
	Mittelwert ± SD	Mittelwert ± SD	u	P
insgesamt				
Kinder	1,68 ± 0,7	1,76 ± 1,1	286,00	0,583
Enkelkinder	1,84 ± 1,8	1,80 ± 2,1	283,50	0,563
im eigenen Haushalt				
Kinder	0,08 ± 0,3	0,04 ± 0,2	300,00	0,556
Enkelkinder	0,08 ± 0,4	-- -- ^a	300,00	0,317

^a Keine Enkelkinder im eigenen Haushalt

Abkürzungen: SD: Standardabweichung; u: Prüfgröße des Mann-Whitney-u-Test auf Mittelwertunterschiede; P: Irrtumswahrscheinlichkeit

Die Korrelationsanalyse nach Spearman zeigt signifikante Zusammenhänge zwischen der Schlafqualität und der Anzahl Enkelkinder ($r_s = -0,359$; $P = 0,011$) bzw. der Anzahl Kinder, die mit im Haushalt leben ($r_s = 0,315$; $P = 0,026$) bei beiden Geschlechtern zusammen ($N = 50$). Bei den Männern ist der Zusammenhang mit der Anzahl der Kinder, die im eigenen Haushalt leben, signifikant ($r_s = 0,457$; $P = 0,022$) und bei den Frauen keiner der Parameter (Tabelle 17).

Tabelle 17: Prüfung auf Zusammenhang der Anzahl Kinder bzw. Enkel und der Schlafqualität bei 50 Älteren (25 Männer, 25 Frauen) mittels Korrelationsanalyse nach Spearman

Anzahl	Gesamt (N = 50)		Männer (N = 25)		Frauen (N = 25)	
	rs	P	rs	P	rs	P
insgesamt						
Kinder	0,03	0,852	0,02	0,911	0,001	0,997
Enkelkinder	-0,36	0,011	-0,26	0,211	-0,36	0,079
im eigenen Haushalt						
Kinder	0,32	0,026	0,46	0,022	0,30	0,144
Enkelkinder	0,09	0,535	0,29	0,163	--	-- ^a

Abkürzungen: SD: Standardabweichung; r_s : Korrelationskoeffizient nach Spearman; P: Irrtumswahrscheinlichkeit

Wohnsituation

19 Probanden (5 Männer, 14 Frauen; 38 %) leben allein, 31 (20 Männer, 11 Frauen, 62 %) leben zusammen mit einer anderen Person in einem Haushalt. Bei einem Mann und einer Frau (jeweils 4 %) ist diese Person ein Familienangehöriger, 29 Probanden (19 Männer, 10 Frauen, 58 %) leben mit ihrem (Ehe-)Partner zusammen (Abbildung 39).

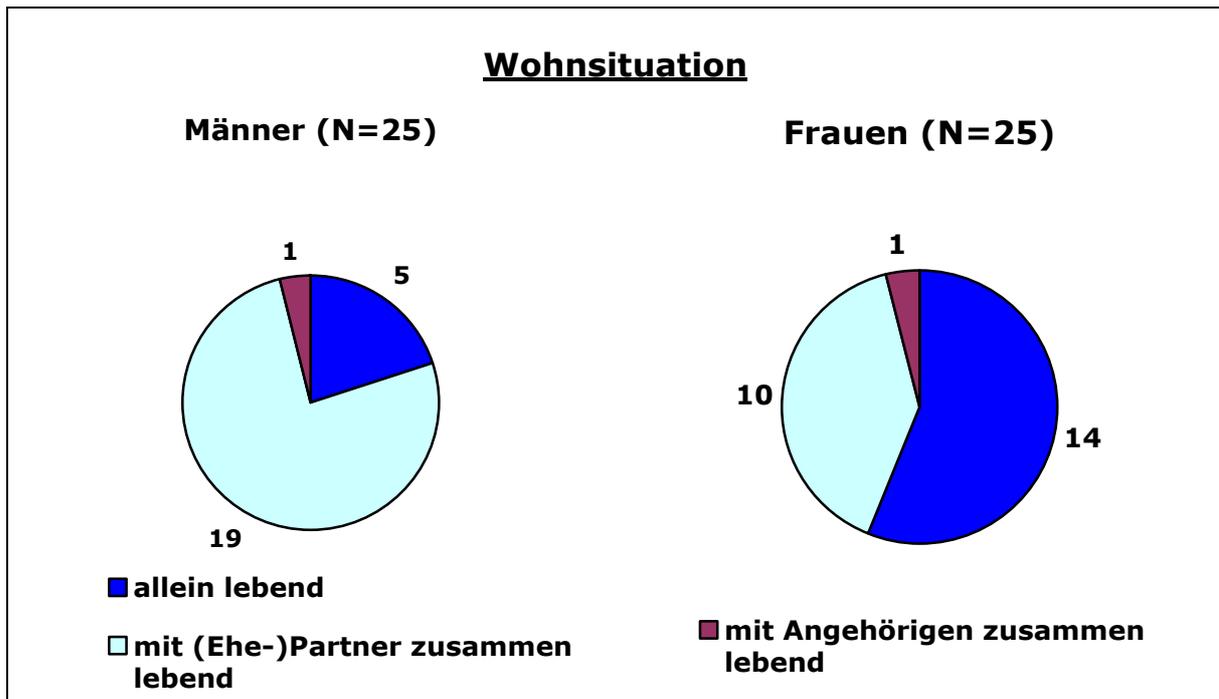


Abbildung 39: Kreisdiagramme zur Darstellung der Wohnsituation der 50 untersuchten Probanden. Angaben als Absolutwerte.

Zur Prüfung der Häufigkeitsverteilung bei den beiden Geschlechtern mittels Pearson Chi-Quadrat-Test bezüglich der Wohnsituation wurden die Probanden aufgrund geringer Fallzahlen in die Gruppen „allein lebend“ oder „zusammen lebend“ eingeteilt (s. Tabelle 18). Hierbei zeigt sich, dass die überwiegende Mehrheit der Frauen (56 %) allein lebt, während nur 20 % der Männer allein stehend ist, sowie fast doppelt so viele Männer (76 %) wie Frauen (40%) verheiratet sind und mit ihrem Ehepartner zusammen wohnen. Diese Unterschiede in der Häufigkeitsverteilung der Männer und Frauen sind sehr signifikant ($\chi^2 = 6,88$; $P = 0,009$).

Die Häufigkeitsverteilungen der *Wohnsituation* ist in Tabelle 18 auf Seite 110 zusammen mit den Befunden des Chi-Quadrat-Tests der Parameter zu *Schlafgewohnheiten und -verhalten* dargestellt, welche nachfolgend beschrieben werden.

Schlafgewohnheiten und -verhalten

Gefragt nach ihrer Einschätzung zur eigenen Schlafdauer geben 75 % der Männer an, ihrer Meinung nach ausreichend zu schlafen, während nur 52 % der Frauen ihre subjektive Schlafdauer als ausreichend empfinden. Annähernd gleich viele Männer (25 %) und Frauen (28%) beantworten die Frage, ob sie ihrer Meinung nach zu wenig schlafen, mit „Manchmal“. 20% der Frauen meinen eine nicht ausreichende Schlafdauer zu haben. Ein männlicher Proband konnte zu dieser Frage keine Auskunft geben.

Abbildung 40 zeigt die subjektive Einschätzung der Probanden bezüglich der Schlafdauer.

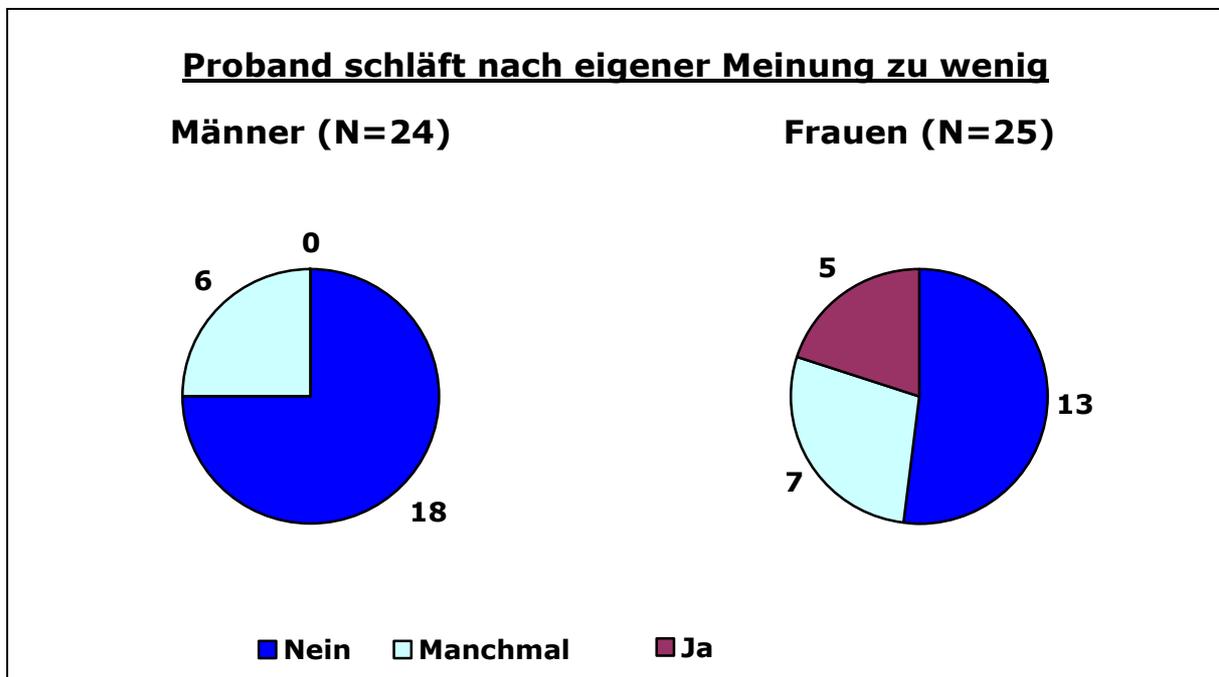


Abbildung 40: Kreisdiagramme zur Darstellung der Selbsteinschätzung der untersuchten Probanden bezüglich ihrer Schlafdauer. Angaben als Absolutwerte.

Zur Prüfung auf Geschlechtsunterschiede wurden die Probanden, welche mit „Ja“ (immer) und „Manchmal“ geantwortet haben aufgrund zu geringer Fallzahlen zu einer Gruppe zusammengefasst und die Häufigkeitsverteilung mittels Chi-Quadrat-Test analysiert. Dabei zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Geschlechtern bezüglich subjektiver Schlafdauer.

Die Häufigkeitsverteilungen und Ergebnisse des Chi-Quadrat-Tests zur Prüfung der Geschlechtsunterschiede der subjektiven Schlafdauer sind in Tabelle 18, Seite 110 dargestellt.

44 % der befragten Männer und 28 % der befragten Frauen verdunkeln ihr Schlafzimmer nachts mit Rollläden, Jalousien oder Licht undurchlässigen Verdunkelungsvorhängen. 40 % der Männer und 56 % der Frauen haben lichtdurchlässige Vorhänge im Schlafzimmer und jeweils 16 % der Männer und Frauen verdunkeln ihr Schlafzimmer gar nicht (Abbildung 41). Zur Beurteilung von Geschlechtsunterschieden wurde die Art der nächtlichen Schlafzimmerversdunkelung der Probanden in „Licht undurchlässig“ (Jalousien, Rollläden, Verdunkelungsvorhänge) und „Licht durchlässig“ (normale Vorhänge, keine Verdunkelung) eingeteilt und mittels Pearson Chi-Quadrat-Test analysiert. Dabei zeigen sich ebenfalls keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Häufigkeitsverteilung der Schlafzimmerversdunkelung (Tabelle 18, Seite 110).

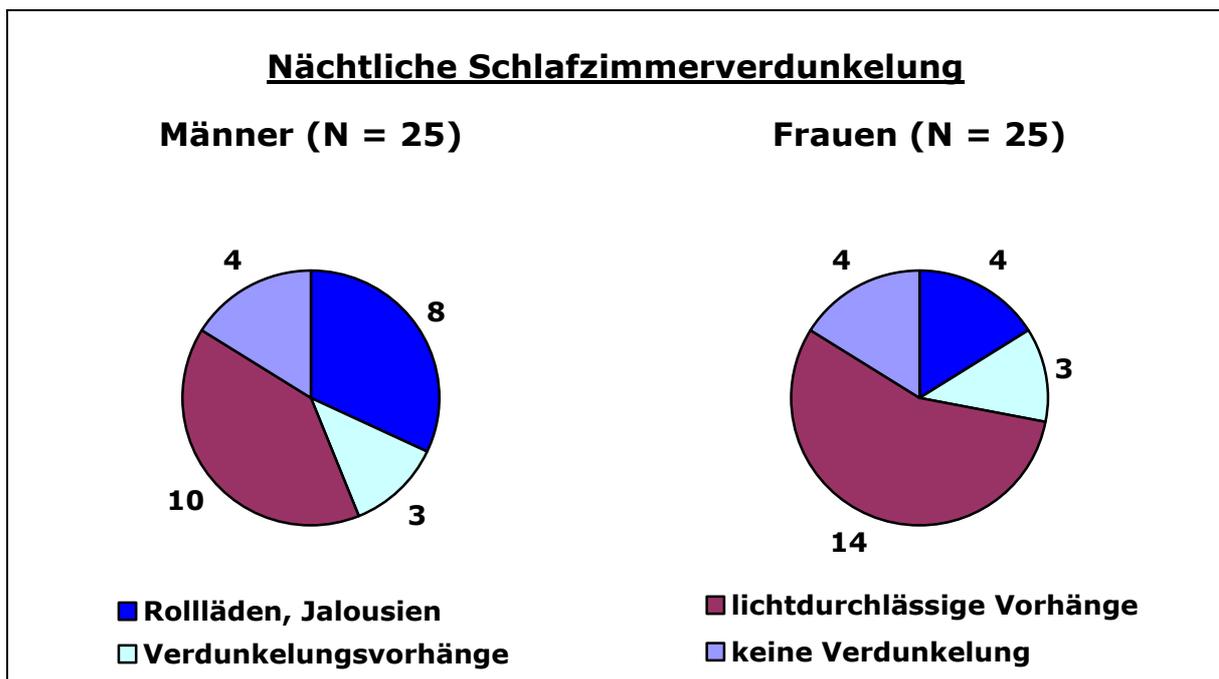


Abbildung 41: Darstellung der Art nächtlicher Schlafzimmerversdunkelung der 50 untersuchten Probanden (25 Männer, 25 Frauen). Angaben als Absolutwerte

68 % der befragten Männer und 48 % der Frauen geben an ein elektrisches Gerät in Form eines Fernsehers, DVD- bzw. CD-Players oder Radios, in ihrem Schlafzimmer zu haben. Außerdem ist bei 16 % der Männer und 24 % der Frauen ein Arbeitsplatz (Schreibtisch) im Schlafzimmer (Abbildung 42).

Keiner dieser Parameter zeigt im Pearson Chi-Quadrat-Test signifikante Geschlechtsunterschiede (Tabelle 18, Seite 110).

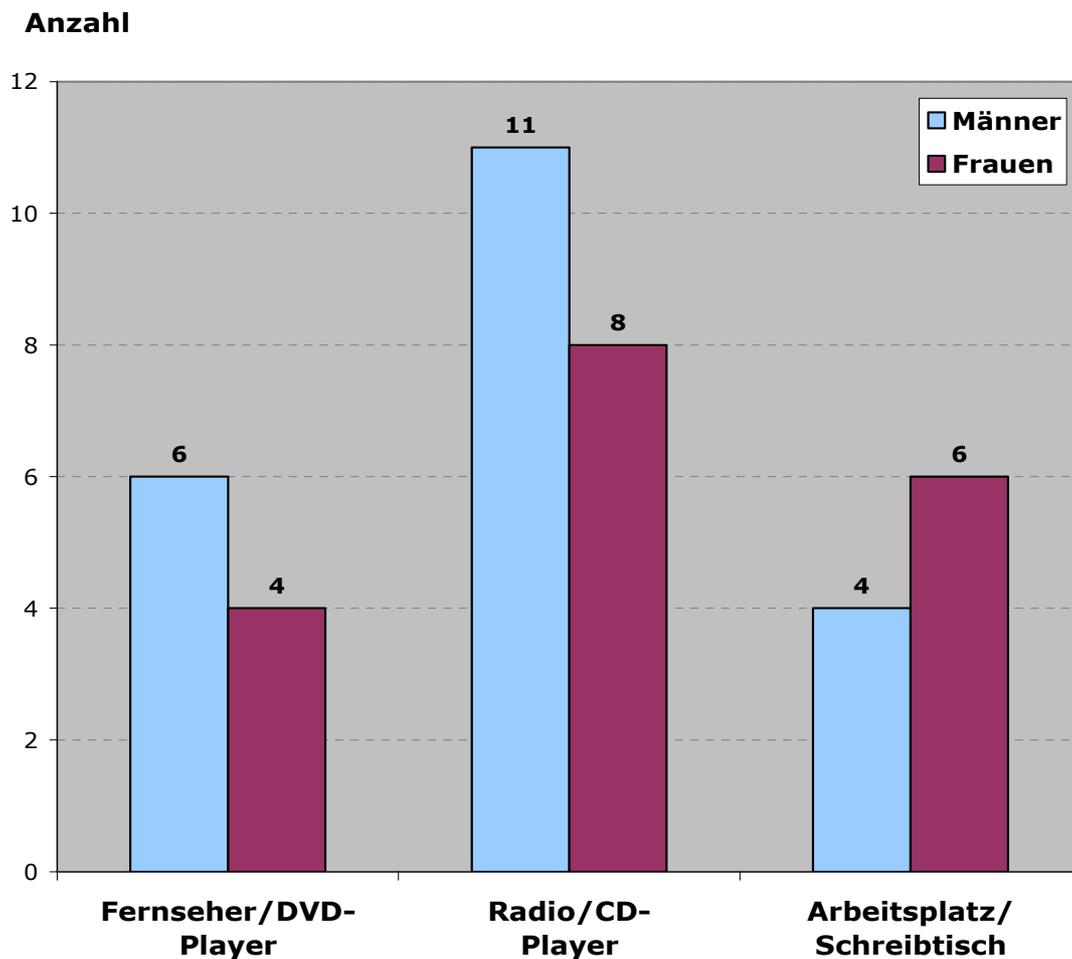


Abbildung 42: Darstellung der Anzahl an Männern und Frauen, die ein elektrisches Gerät (Fernseher, DVD-/CD-Player, Radio) oder einen Arbeitsplatz/Schreibtisch in ihrem Schlafzimmer haben.

Von den 50 per Fragebogen befragten Probanden geben 56 % der Männer und 44 % der Frauen an, im Laufe des Tages kurze Nickerchen zu machen, während der Rest angibt, tagsüber nicht zu schlafen (Abbildung 43). Ein Mittagsschlaf dauert bei den Männern bis zu 90 Minuten am Tag (im Mittel 25,9 Minuten pro Tag), während die Frauen nicht länger als 60 Minuten am Tag schlafen (im Mittel 14 Minuten pro Tag). Der Mittelwert für alle 50 Probanden liegt bei 19,9 Minuten pro Tag.

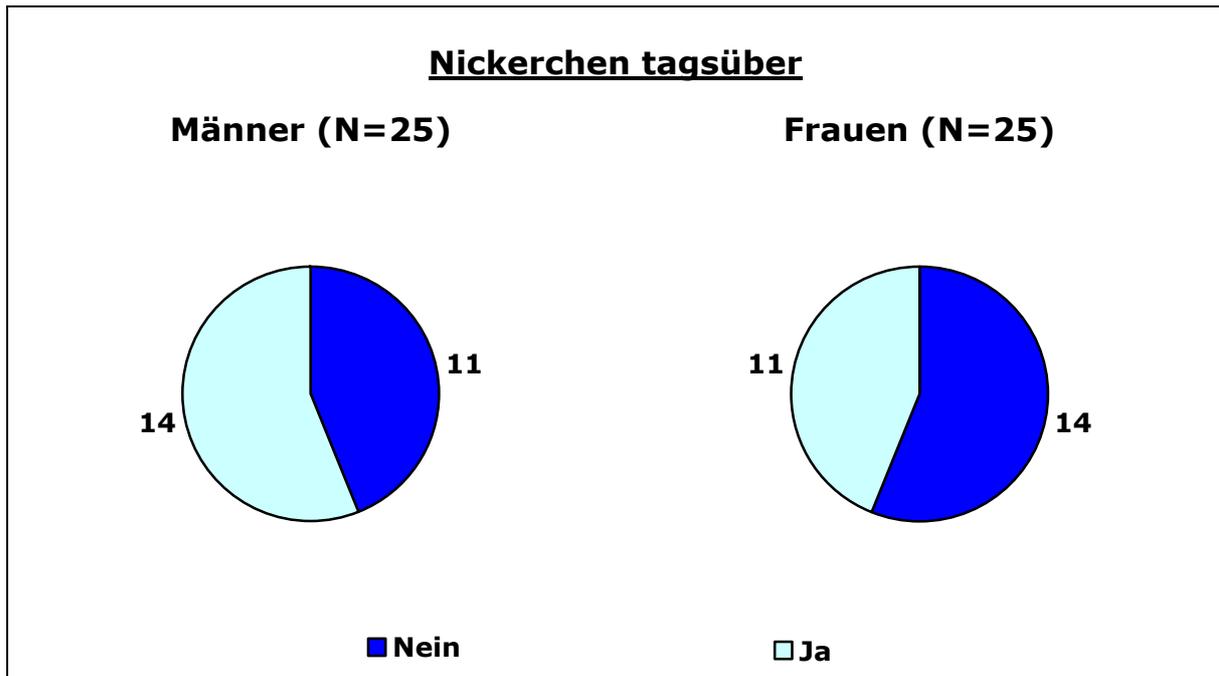


Abbildung 43: Kreisdiagramme zur Darstellung des Tagschlafverhaltens der 50 untersuchten Probanden

Der Pearson Chi-Quadrat-Test zeigt keinen signifikanten Unterschied in der Häufigkeitsverteilung zwischen den Geschlechtern (s. Tabelle 18, Seite 110).

Analysiert mittels Korrelation nach Spearman zeigt die Dauer des Mittagsschlafes keinen statistisch signifikanten Zusammenhang mit der Schlafqualität, sowohl für beide Geschlechter zusammen ($r_s = -0,02$; $P = 0,918$) als auch für Männer ($r_s = -0,08$; $P = 0,695$) und Frauen ($r_s = 0,28$; $P = 0,183$) getrennt.

Die Ergebnisse der Prüfung auf Normalverteilung dieser Variablen sind in Anhang E 1 dargestellt.

Tabelle 18: Häufigkeitsverteilung verschiedener Lebensstil-Parameter bei Männern und Frauen, analysiert mittels Pearson Chi-Quadrat-Test

Variablen	Gesamt (N = 50)		Männer (N = 25)		Frauen (N = 25)		Pearson Chi-Quadrat	
	absolut	%	absolut	%	absolut	%	χ^2	P
Wohnsituation								
allein lebend	19	38,0	5	20,0	14	56,0	6,88	0,009
zusammen lebend	31	62,0	20	80,0	11	44,0		
<i>mit (Ehe-)Partner</i>	29	58,0	19	76,0	10	40,0		
<i>mit Angehörigen</i>	2	4,0	1	4,0	1	4,0		
Schlafdauer								
nicht zu gering	31	63,3	18	75,0	13	52,0	2,79	0,095
zu gering	18	36,7	6	25,0	12	48,0		
<i>immer</i>	6	10,2	0	0,0	5	20,0		
<i>manchmal</i>	13	26,5	6	25,0	7	28,0		
Schlafzimmerverdunkelung								
lichtdurchlässig	32	64,0	14	56,0	18	72,0	1,39	0,239
<i>keine Vorhänge</i>	8	16,0	4	16,0	4	16,0		
<i>normale Vorhänge</i>	24	48,0	10	40,0	14	56,0		
lichtundurchlässig	18	36,0	11	44,0	7	28,0		
<i>Verdunkelungsvorhänge</i>	6	12,0	3	12,0	3	12,0		
<i>Rollläden, Jalousien</i>	12	24,0	8	32,0	4	16,0		
Fernseher/DVD-Player im Schlafzimmer								
nicht vorhanden	40	80,0	19	76,0	21	84,0	0,50	0,725 ^a
vorhanden	10	20,0	6	24,0	4	16,0		
Radio/CD-Player im Schlafzimmer								
nicht vorhanden	31	62,0	14	56,0	17	68,0	0,76	0,38
vorhanden	19	38,0	11	44,0	8	32,0		
Arbeitsplatz/Schreibtisch im Schlafzimmer								
nicht vorhanden	40	80,0	21	84,0	19	76,0	0,50	0,725 ^a
vorhanden	10	20,0	4	16,0	6	24,0		
Nickerchen tagsüber								
nein	25	50,0	11	44,0	14	56,0	0,72	0,396
ja	25	50,0	14	56,0	11	44,0		

^a Signifikanz nach Fisher's exakter Test; kursiv: zusammengefasste Variablen
Abkürzungen: N: Probandenzahl, χ^2 : Prüfgröße Pearson Chi-Quadrat-Test; P: Irrtumswahrscheinlichkeit

Soziale Kontakte

Im Mittel treffen sich die untersuchten Männer an 2,7 Tagen in der Woche und Frauen an 3,1 Tagen der Woche mit Freunden und Bekannten (gesamt: 2,88 Tage pro Woche).

Signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Geschlechtern zeigen sich mittels t-Test für unabhängige Stichproben nicht ($t = -1,07$; $P = 0,289$). Auch ein signifikanter Zusammenhang mit der Schlafqualität besteht laut Spearman-Korrelation nicht ($r_s = -0,04$; $P = 0,808$).

Die Ergebnisse der Analysen zu diesem Parameter werden mit den Ergebnissen für den Parameter *Freizeit* in Tabelle 19 (t-Test) und Tabelle 20 (Spearman Korrelation) auf der nächsten Seite zusammengefasst dargestellt.

Freizeit

In ihrer Freizeit verbringen die Männer im Mittel 5 Stunden pro Tag außerhalb ihrer Wohnung, wovon sie sich 4,1 Stunden im Freien bei Tageslicht aufhalten. 17 Männer besitzen einen Garten, in dem sie im Mittel 2,3 Stunden pro Tag verbringen. Die Frauen halten sich im Mittel an 4,8 Stunden pro Tag außerhalb ihrer Wohnung auf, davon 3,3 Stunden pro Tag bei Tageslicht im Freien. Die 20 Gartenbesitzerinnen unter den 25 befragten Frauen verbringen dort im Mittel 1,2 Stunden pro Tag.

Nicht signifikant sind die Mittelwertunterschiede zwischen den Geschlechtern beim Parameter „Aufenthalt außerhalb der Wohnung (Stunden/Tag)“ und „Aufenthalt im Freien bei Tageslicht (Stunden/Tag)“ ($t = 0,274$; $P = 0,786$ bzw. $t = 1,87$; $P = 0,069$). Signifikante Unterschiede gibt es zwischen Männern und Frauen aber bezüglich des Aufenthaltes im eigenen Garten (Stunden/Tag) ($t = 2,39$; $P = 0,030$).

Wie in Tabelle 20 dargestellt, gibt es keine signifikanten Zusammenhänge zwischen den untersuchten Freizeit-Parametern und der Schlafqualität (Spearman-Korrelation).

Tabelle 19 zeigt die Ergebnisse des t-Test für unabhängige Stichproben, Tabelle 20 die der Spearman-Korrelation für die Bereiche *soziale Kontakte* und *Freizeit*.

Die Ergebnisse der Prüfung auf Normalverteilung mittels Kolmogorov-Smirnov-Test sind in Anhang E 1 dargestellt.

Tabelle 19: Gruppenvergleich auf Mittelwertunterschiede zwischen Männern und Frauen bezüglich sozialer Kontakte und Freizeitverhalten mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben

Variablen	Männer		Frauen		Varianzgleichheit		Mittelwertunterschiede	
	N	Mittelwert± SD	N	Mittelwert± SD	F	P	t	P
Soziale Kontakte								
Treffen mit Freunden [Tage/Woche]	25	2,66 ± 1,2	25	3,10 ± 1,7	2,94	0,093	-1,07	0,289
Freizeit								
Aufenthalt außerhalb der Wohnung	23	4,96 ± 1,9	25	4,78 ± 2,5	0,25	0,622	0,27	0,786
Aufenthalt im Freien (Tageslicht) [Std/Tag]	22	4,11 ± 1,6	24	3,27 ± 1,4	0,59	0,445	1,87	0,069
Aufenthalt im Garten [Std/Tag]	17	2,34 ± 1,8	20	1,18 ± 1,1	5,93	0,020	2,39	0,030

Abkürzungen: N: Probandenzahl; SD: Standardabweichung; F: Prüfgröße des Lèvene-Test auf Varianzgleichheit; t: Prüfgröße des t-Test für unabhängige Stichproben; P: Irrtumswahrscheinlichkeit; Std: Stunden

Tabelle 20: Prüfung des Zusammenhangs sozialer Kontakte und Freizeitverhalten von Männern und Frauen mit der Schlafqualität mittels Korrelationsanalyse nach Spearman

Variablen	Gesamt			Männer			Frauen		
	N	rs	P	N	rs	P	N	rs	P
Soziale Kontakte									
Treffen mit Freunden [Tage/Woche]	50	-0,04	0,808	25	0,03	0,885	25	-0,25	0,220
Freizeit									
Aufenthalt außerhalb der Wohnung [Std/Tag]	48	-0,24	0,104	23	-0,12	0,578	25	-0,22	0,295
Aufenthalt im Freien (Tageslicht) [Std/Tag]	46	-0,13	0,403	22	-0,20	0,371	24	0,26	0,223
Aufenthalt im Garten (Tageslicht) [Std/Tag]	37	-0,19	0,262	17	-0,29	0,256	20	0,16	0,512

Abkürzungen: N: Probandenzahl; rs: Korrelationskoeffizient nach Spearman; P: Irrtumswahrscheinlichkeit; Std: Stunden

Gesundheitszustand

Die Anzahl an vom Arzt diagnostizierten und zum Teil medikamentös behandelten Erkrankungen liegt im Mittel bei 2,2 pro Proband. Sieben Probanden (14 %) haben keine Erkrankung, 34 Probanden (68 %) leiden an bis zu drei Krankheiten, Neun Probanden (18 %) haben mehr als vier Diagnosen. Während die Frauen an bis zu fünf verschiedenen Erkrankungen leiden, ist bei den Männern ein Proband an acht erkrankt (Abbildung 44).

Anzahl Probanden

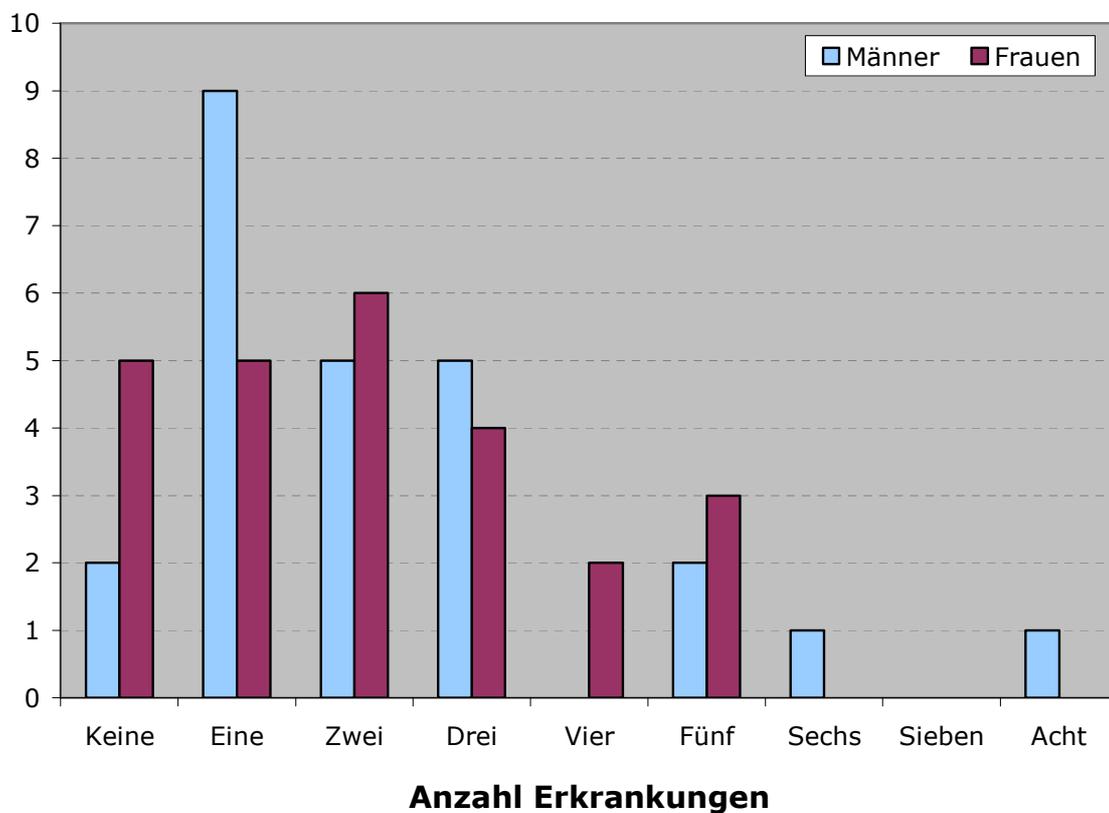


Abbildung 44: Darstellung der Anzahl an Erkrankungen der 50 Probanden (25 Männer, 25 Frauen)

Unter den Männern ist Hypertonie (Bluthochdruck) am häufigsten, wobei zehn Männer von dieser Erkrankung betroffen sind. Bei den Frauen ist Arthrose die häufigste Krankheit mit 14 Fällen. Eine Aufstellung der Verteilung der verschiedenen Erkrankungen ist in Anhang F dargestellt. Abbildung 45 zeigt die absoluten Häufigkeiten der diagnostizierten Erkrankungen.

Erkrankungen

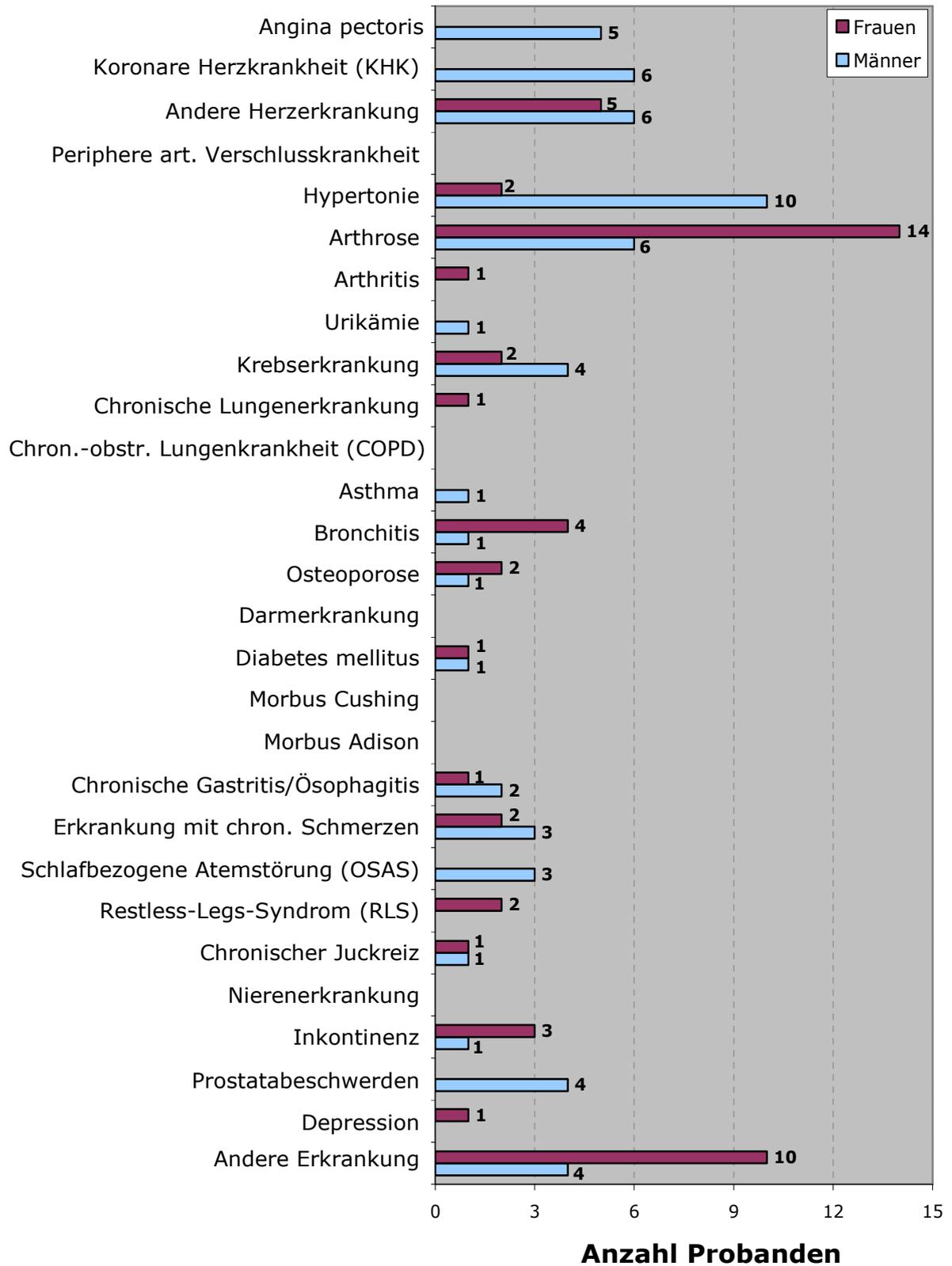


Abbildung 45: Vom Arzt diagnostizierte Erkrankungen der 50 untersuchten Probanden (25 Männer, 25 Frauen).

Die Anzahl an Erkrankungen zeigt sehr signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Geschlechtern ($u = 175,50$; $P = 0,008$). Allerdings sind die Zusammenhänge mit der Schlafqualität sowohl für beide Geschlechter zusammen ($r_s = 0,17$; $P = 0,242$), als auch getrenntgeschlechtlich (Männer: $r_s = 0,15$; $P = 0,463$, Frauen: $r_s = 0,33$; $P = 0,112$) nicht statistisch signifikant.

4.4 Reliabilität des SenseWear Pro2-Akzelerometers bezüglich der Ruheenergieumsatzbestimmung bei Älteren

Die Reliabilität des SenseWear Pro2-Akzelerometers zur Bestimmung des Ruheenergieumsatzes wurde anhand der Daten von 49 der 50 Probanden in jeweils einer Messung während zwei aufeinanderfolgenden Nächten ermittelt. Wie Tabelle 21 zeigt, unterscheiden sich die Mittelwerte der Messungen mit $1620,73 \pm 231,9$ kcal/24 Stunden in Nacht 1 und $1626,80 \pm 228,0$ kcal/24 Stunden Nacht 2 nicht signifikant voneinander ($t = -0,97$; $P = 0,335$).

Tabelle 21: Mittelwertvergleich der beiden Nachtmessungen bei 49 Probanden (24 Männer, 25 Frauen) zur Prüfung der Reliabilität des SenseWear Pro2-Akzelerometers zur Bestimmung des Ruheenergieumsatzes mittels t-Test für verbundene Stichproben und Test-Retes

Messung	Mittelwert \pm SD	Differenz [kcal/Tag]	Mittelwert- unterschiede		Test-Retest- Korrelation	
			t	P	r	P
REU _{Nacht 1} [kcal/24Std]	1620,73 \pm 231,9	-6,07	-0,97	0,335	0,98	<0,001
REU _{Nacht 2} [kcal/24Std]	1626,80 \pm 228,0					

Abkürzungen: REU: Ruheenergieumsatz; kcal: Kilokalorien; SD: Standardabweichung; t: Prüfgröße des t-Test für verbundene Stichproben; r: Korrelationskoeffizient nach Pearson; P: Irrtumswahrscheinlichkeit

Die Test-Retest-Korrelation zwischen beiden Messungen ist hoch signifikant ($r = 0,98$; $P < 0,001$) (Tabelle 21, Abbildung 46) und der „typical error“ TE = 30,8 kcal/24 Stunden (1,9 %).

Die Ergebnisse der Prüfung auf Normalverteilung der beiden Nachtmessungen mittels Kolmogorov-Smirnov-Test sind in Anhang E 1 dargestellt.

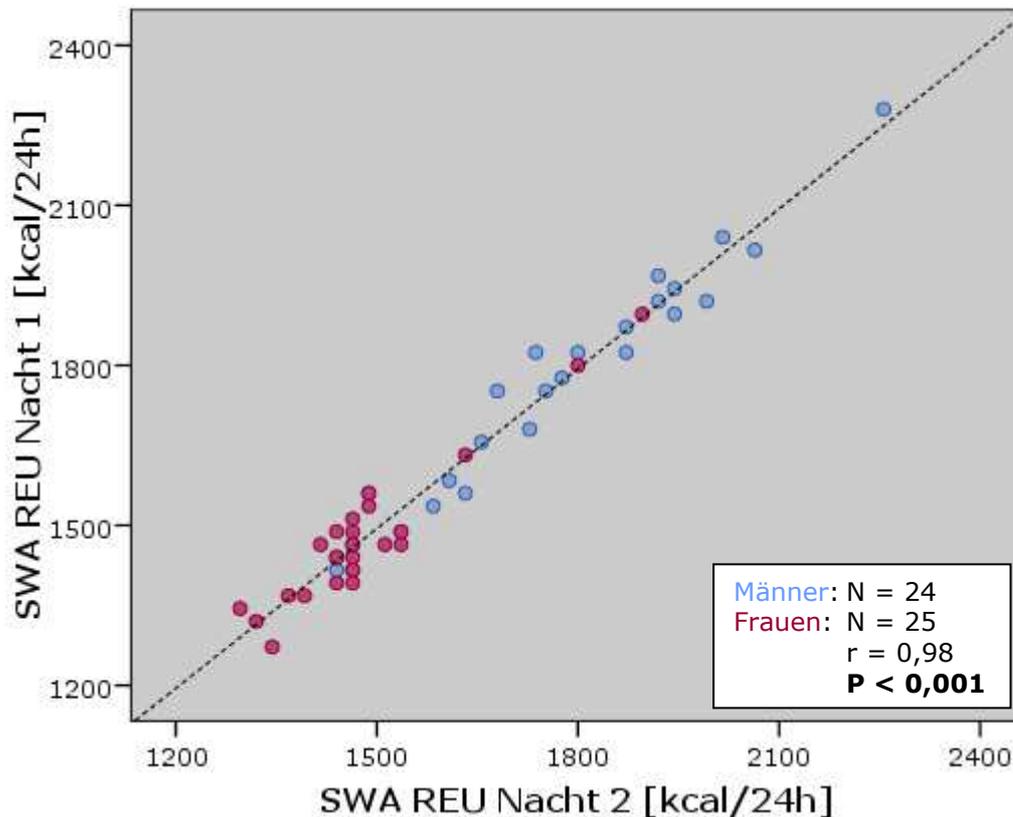


Abbildung 46: Darstellung des Zusammenhangs zwischen den Ruheenergieumsatzmessungen während zwei aufeinanderfolgenden Nächten mittels SenseWear Pro2-Akzelerometer.

Abkürzungen: SWA: SenseWear Pro2-Akzelerometer; REU: Ruheenergieumsatz; kcal: Kilokalorien

4.5 Validierung des SenseWear Pro2-Akzelerometers zur Bestimmung des Ruheenergieumsatzes gegen indirekte Kalorimetrie bei Älteren

Der Ruheenergieumsatz der 20-minütigen Akzelerometermessung bei den 32 untersuchten Probanden (13 Männer, 19 Frauen) liegt in einem Wertebereich zwischen 1296,0 und 1944,0 kcal/24 Stunden (Männer: 1512,0–1800,0 kcal/24 Stunden, Frauen: 1296,0–1944,0 kcal/24 Stunden) mit einem mittleren Kilokalorienverbrauch von $1543,50 \pm 181,0$ kcal/24 Stunden. Nach einer 30-minütigen Messung liegt der Ruheenergieumsatz pro Tag im Mittel bei $1534,29 \pm 198,0$ kcal/24 Stunden. Beide Werte unterscheiden sich im Mittelwertvergleich nicht signifikant ($t = 0,64$; $P = 0,526$), sodass

eine 20-minütige Morgenmessung (REU_{Morgen}) als ausreichend angesehen werden kann und deren Ergebnis zum weiteren Methodenvergleich herangezogen wird.

Während der Nachtmessung mittels SenseWear Pro2-Akzelerometer (REU_{Nacht}) wird ein Ruheenergieumsatz zwischen 1248,0 und 1968,0 kcal/24 Stunden (Männer: 1560,0–1872,0 kcal/24 Stunden, Frauen: 1248,0–1968,0 kcal/24 Stunden), im Mittel von $1563,75 \pm 192,1$ kcal/24 Stunden ermittelt.

Der Ruheenergieumsatz mittels Goldstandard indirekte Kalorimetrie (REU_{IK}) liegt im Wertebereich von 1035,0 bis 1957,0 kcal/24 Stunden (Männer: 1327,0–1957,0 kcal/24 Stunden, Frauen: 1035,0–1616,0 kcal/24 Stunden), im Mittel bei $1376,84 \pm 228,2$ kcal/24 Stunden.

Tabelle 22 zeigt die Mittelwerte der Ruheenergieumsatzmessungen mittels Akzelerometer und indirekter Kalorimetrie für alle 32 Probanden und für beide Geschlechter getrennt (13 Männer, 19 Frauen).

Tabelle 22: Mittlerer Ruheenergieumsatz der 32 Probanden zur Validierung des SenseWear Pro2-Akzelerometers gegen indirekte Kalorimetrie.

Ruheenergieumsatz	Gesamt	Männer	Frauen
	(N = 32)	(N = 13)	(N = 19)
	Mittelwert \pm SD	Mittelwert \pm SD	Mittelwert \pm SD
REU_{Nacht} [kcal/24 Std]	$1563,75 \pm 192,1$	$1715,08 \pm 99,7$	$1460,21 \pm 170,5$
REU_{Morgen} [kcal/24 Std]	$1543,50 \pm 181,0$	$1678,15 \pm 94,7$	$1451,37 \pm 168,5$
IK [kcal/24 Std]	$1376,84 \pm 228,2$	$1559,92 \pm 180,4$	$1251,58 \pm 165,1$

Abkürzungen: N: Probandenzahl; SD: Standardabweichung; REU_{Nacht} : Ruheenergieumsatz aus Kalorienverbrauch während einer Stunde des frühen Schlafes errechnet; REU_{Morgen} : Ruheenergieumsatz aus Kalorienverbrauch während 20-minütiger Messzeit am Morgen errechnet; IK: indirekte Kalorimetrie; kcal: Kilokalorien; Std: Stunden

Der Mittelwertunterschied zwischen den Akzelerometer-Messmethoden ist bei beiden Geschlechtern zusammen auf dem 5%-Niveau signifikant, mit höheren Werte für REU_{Nacht} ($t = -2,49$; $P = 0,018$). Bei den 19 untersuchten Männern zeigen sich ebenfalls signifikante Mittelwertunterschiede ($t = -3,07$; $P = 0,010$), bei den Frauen sind die Mittelwertunterschiede statistisch nicht signifikant ($t = -0,85$; $P = 0,407$).

Ergebnisse des Kolmogorov-Smirnov-Tests zur Prüfung auf Normalverteilung der Daten sind in Anhang E 3.

Im Vergleich mit der indirekten Kalorimetrie überschätzt das SenseWear Pro2-Akzelerometer sowohl mit der Morgen- als auch mit der Nachtmessung den Ruheenergieumsatz signifikant um 166,66 kcal/24 Stunden (12,1 %) bzw. 186,91 kcal/24 Stunden (13,6 %) (Abbildung 47).

Mittlerer REU [kcal/24 Stunden]

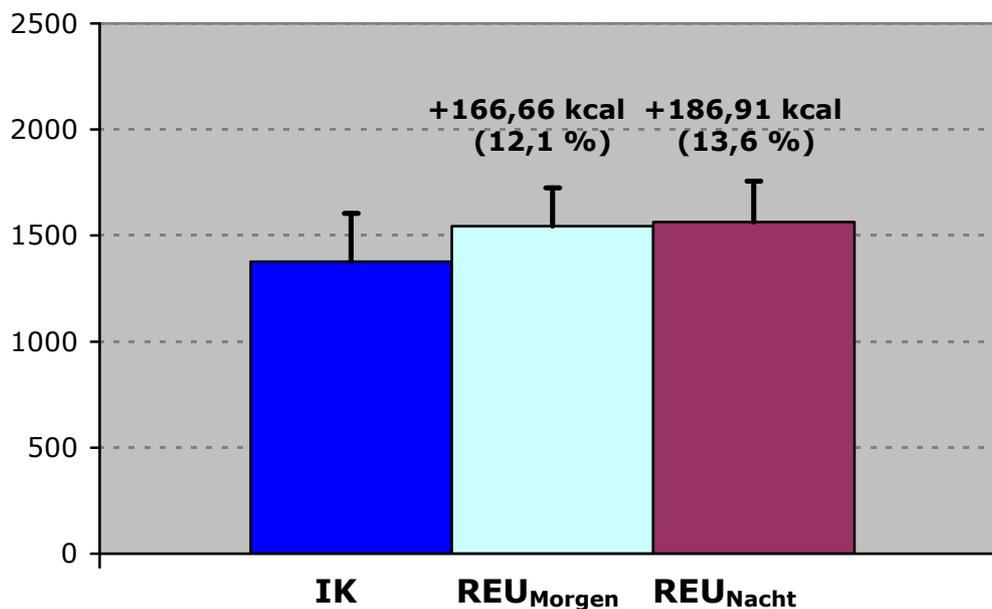


Abbildung 47: Vergleich der beiden Messmethoden für den Ruheenergieumsatz mittels SenseWear Pro2-Akzelerometer mit dem Goldstandard indirekte Kalorimetrie bei 32 Probanden (13 Männer, 19 Frauen).

Abkürzungen: kcal: Kilokalorien; REU: Ruheenergieumsatz; IK: Indirekte Kalorimetrie; REU_{Morgen}: 20-minütige Morgenmessung mittels Akzelerometer; REU_{Nacht}: 60-minütige Nachtmessung mittels Akzelerometer.

Die Methodendifferenzen von indirekter Kalorimetrie und Akzelerometer korrelieren positiv signifikant mit dem REU_{IK} (REU_{Morgen}: $r = 0,61$; $P < 0,001$; REU_{Nacht}: $r = 0,54$; $P = 0,001$) aber nicht signifikant mit Alter, BMI oder körperlichem Aktivitätsgrad anhand der von den Probanden erreichten Punktzahl im modifizierten Baecke-Fragebogen (MBF).

Tabelle 23 zeigt die Ergebnisse der Korrelationsanalyse nach Pearson bezüglich der Methodendifferenzen mit den untersuchten Parametern.

Tabelle 23: Korrelation der Methodendifferenzen von indirekter Kalorimetrie und Akzelerometer bezüglich Ruheenergieumsatz, Alter, BMI und körperlichem Aktivitätsgrad bei 32 Älteren (13 Männer, 19 Frauen)

Variablen	Differenz		Differenz	
	REU _{IK} - REU _{Morgen}		REU _{IK} - REU _{Nacht}	
	r	P	r	P
REU _{IK} [kcal/24 Std]	0,61	<0,001	0,54	0,001
REU _{Morgen} [kcal/24 Std]	0,003	0,987	-0,04	0,818
REU _{Nacht} [kcal/24 Std]	0,12	0,505	0,01	0,978
Alter [Jahre]	0,06	0,759	0,12	0,523
BMI [kg/m ²]	0,16	0,394	0,16	0,396
Aktivitätsgrad [Punkte MBF]	-0,14	0,433	-0,17	0,363

Abkürzungen: REU: Ruheenergieumsatz; SWA: SenseWear Pro2-Akzelerometer; REU_{IK}: REU mittels indirekter Kalorimetrie; REU_{Morgen}: REU während 20-minütiger Morgenmessung mittels SWA; REU_{Nacht}: REU während 60-minütiger Nachtmessung mittels SWA; BMI: Body-Mass-Index; MBF: nach Voorrips modifizierter Baecke-Fragebogen; kcal: Kilokalorien; Std: Stunden

Die Unterschiede zwischen dem Ruheenergieumsatz mittels indirekter Kalorimetrie (REU_{IK}) und mittels SenseWear Pro2-Akzelerometer (REU_{SWA}) beider Messmethoden, aufgetragen im Bland-Altman-Diagramm, verdeutlicht die Überschätzung des Ruheenergieumsatzes mittels Akzelerometer. Das Diagramm (Abbildung 48) zeigt eine größere Wertestreuung für die Morgenmessung.

Der individuelle Fehler liegt mit 28 % für die Morgenmessung und 31 % für die Nachtmessung über 20%.

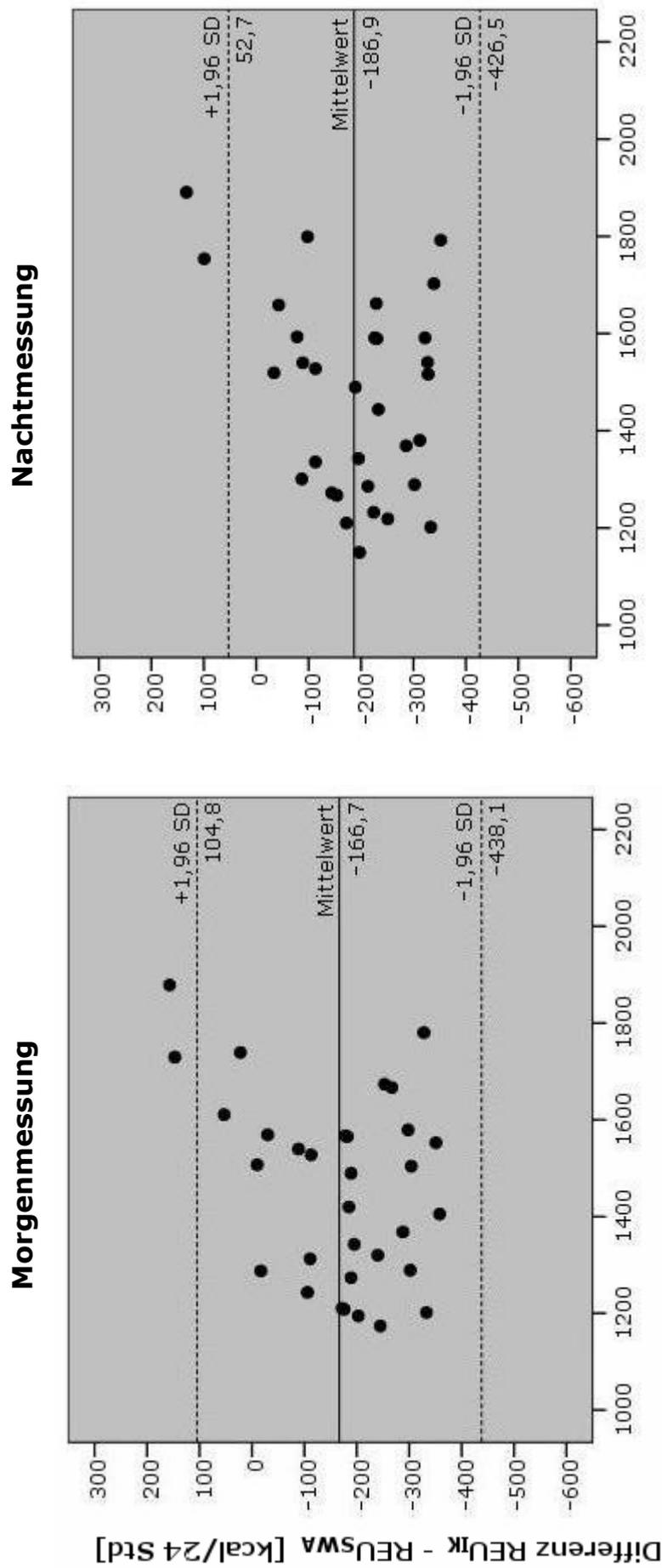


Abbildung 48: Unterschiede zwischen REU_{JC} gegen REU_{swa} als Bland-Altman Diagramme. Mittelwerte beider Akzelerometermessungen (jeweils auf der X-Achse) aufgetragen gegen die Differenz von $REU_{JC} - REU_{swa}$ (jeweils auf der Y-Achse) für Morgenmessung und Nachtmessung.

Abkürzungen: REU_{JC} : Ruheenergieumsatz gemessen mittels indirekter Kalorimetrie, REU_{swa} : Ruheenergieumsatz gemessen mittels SenseWear Pro2-Akzelerometer, SD: Standardabweichung.

Durchgezogene Linie: mittlere Differenz zwischen den Methoden, gestrichelte Linie: $\pm 1,96$ SD

5 Diskussion

5.1 Unterschiede zwischen subjektiv und objektiv erhobenen Parametern der Schlafqualität bei älteren Frauen sowie dem Goldstandard Polysomnographie

Beim Vergleich der subjektiven Methoden mit Polysomnographie zur Beurteilung der Schlafqualität überschätzt das Abend-/Morgenprotokoll der DGSM die Schlaflatenz bei den 20 untersuchten Frauen. Diese geschlechtsspezifische Wahrnehmung wurde in vielen anderen Studien ebenfalls bestätigt: Eine längere Zeit bis zum Einschlafen ist bei Frauen subjektiv häufiger als bei Männern und nimmt mit dem Alter zu (Morgan *et al.* 1989, Monk *et al.* 1994, Reyner und Horne 1995, Middelkoop *et al.* 1996, Hoch *et al.* 1997, Lavie und Pillar 2001, Ohayon *et al.* 2001, Vitiello *et al.* 2004). In der bereits erwähnten Meta-Analyse von Ohayon *et al.* (2004) ist dieses subjektive Empfinden anhand der objektiv erhobenen Daten nicht bestätigt worden: Ein Anstieg der Einschlafzeit betrug hier lediglich 10 Minuten beim Vergleich zwischen 20- und 80-Jährigen. Auch bei der Analyse von mehr als 50 Studien zur Altersinsomnie zeigten sich ähnliche Ergebnisse (Ohayon 2002): In fast allen berücksichtigten Studien stieg die Prävalenz von Insomniesymptomen und die Unzufriedenheit mit dem eigenen Schlaf zwar nicht signifikant bei gesunden Älteren, war aber bei Frauen höher als bei Männern. Als mögliche Ursache könnte eine verzögerte Wahrnehmung des Einschlafzeitpunktes diskutiert werden. Womöglich sind Frauen aber auch sensibler in der Wahrnehmung von Schlafgewohnheiten. In jedem Fall sollte das Geschlecht in der Entwicklung von standardisierten Tagebüchern berücksichtigt werden, wie von Vitiello *et al.* 2004 gefordert. Außerdem unterschätzte das DGSM-Abend-/Morgenprotokoll die Anzahl nächtlicher Weckreaktionen, was vermutlich daran liegt, dass die Erinnerung an nächtliche Wachphasen mit einer Dauer unter drei Minuten am nächsten Morgen fehlt (Zulley 2007). Das Auftreten nächtlicher Wachphasen ist zwar keineswegs ein altersbedingter Prozess und kommt auch bei jungen Menschen vor, nimmt aber mit dem Alter zu (Mathur und Douglas 1995).

Die korrekte Beurteilung von Gesamtschlafzeit, Schlafeffizienz und Wachzeit während der Schlafperiode bestätigt zudem die Genauigkeit des DGSM-Abend-/Morgenprotokolls zur Erfassung der Schlafqualität bei älteren Frauen.

Allerdings ist ein Vergleich der Befunde vorliegender Studie aufgrund fehlender Standardisierung erschwert. Hoch *et al.* (1987) benutzten ein selbst erstelltes Protokoll, womit bei gesunden älteren Menschen beider Geschlechter (10 Männer und 10 Frauen, 59–79 Jahre) signifikant positive Korrelationen mit Polysomnographie für Schlaflatenz und Gesamtschlafzeit gezeigt werden konnten.

Die mittels Fragebogen zur Schlafqualität (Pittsburgh Sleep Quality Index; PSQI) erhobenen Parameter Schlaflatenz und -effizienz zeigen keinen signifikanten Unterschied zur Polysomnographie in vorliegender Studie. Zwar wird die Gesamtschlafzeit auch hier überschätzt, was aber wiederum auf die fehlende Erinnerung an nächtliche Wachphasen zurückzuführen ist, die aber im Polysomnogramm erfasst werden. Der PSQI überschätzt auch die Liegedauer, weshalb wiederum die Schlafeffizienz korrekt wiedergegeben wird, da diese sich aus Schlaf- und Liegedauer errechnet. Verglichen mit der Polysomnographie liefert der PSQI akzeptable Ergebnisse für die Parameter Schlaflatenz und -effizienz bei älteren Frauen, obwohl es sich hierbei um einen retrospektiven Fragebogen handelt, der die Schlafgewohnheiten der letzten vier Wochen abfragt, während Polysomnographie und Abend-/Morgenprotokoll der DGSM nur die letzte Nacht beurteilen. Die Ergebnisse passen auch zu denen von Buysse *et al.* (1989) für die Schlaflatenz und Gesamtschlafzeit in gemischten Gruppen von jüngeren und älteren, einschließlich gesunden, schlafgestörten und depressiven Gruppen. Die Autoren berichteten zudem, dass der PSQI die Schlafeffizienz in diesen Gruppen überschätzte. Zwar wird auch in der vorliegenden Studie dieser Parameter leicht, aber dennoch nicht signifikant überschätzt.

Letztlich ist zu sagen, dass der PSQI im Methodenvergleich zur Polysomnographie die größte Übereinstimmung in den Mittelwerten zeigt. Die Abweichungen vom objektiven Goldstandard zur Bestimmung der Schlafqualität sind zwar geringer als mit den anderen verwendeten Methoden, allerdings können zwei wichtige Parameter der Schlafqualität nicht erfasst und berücksichtigt werden: Anzahl nächtlicher Weckreaktionen und Wachzeit während der Schlafperiode. Auch wenn der PSQI ein international anerkannter Fragebogen ist, ist er nicht normiert. Eine Klassifikation ergibt sich lediglich aus dem Cut-off-Wert von 5. Die Verwendung eines Fragebogens, welcher auch eine Beurteilung der nächtlichen Wachphasen zulässt, hätte einen noch besseren Vergleich ermöglicht.

Ähnliches gilt für das DGSM-Abend-/Morgenprotokoll. Zwar lassen sich hier alle Indikatoren der Schlafqualität erheben oder aus den angegebenen Daten ermitteln, aber eine

Gegenüberstellung mit der Literatur ist aufgrund fehlender internationaler Vergleichbarkeit nur schwer möglich. Für eine bessere Vergleichbarkeit sollte deshalb ein international standardisiertes Tagebuch entwickelt werden, das reliabel und valide Daten bezüglich der Schlafqualität liefert. Auch eine Skalierung oder Wertevergabe der Antworten könnte hilfreich sein. So ist das DGSM-Abend-/Morgenprotokoll in erster Linie ein – wenn auch hilfreiches – Instrument mit unterstützender Funktion in Diagnose und Therapieverlauf der Schlafmedizin. Speziell beim Einsatz in dieser Studie bei älteren Probanden zeigt sich ein Vorteil des Abend-/Morgenprotokoll: Die Retrospektivität des Protokolls beschränkt sich lediglich auf einen Tag bzw. eine Nacht. Durch die Bearbeitung der Fragen an jedem Morgen zur vergangenen Nacht bzw. an jedem Abend zum vergangenen Tag hatten die Probanden kaum Probleme bei der Beantwortung. Als schwieriger empfanden sie schon den PSQI mit einer Retrospektivität von 4 Wochen und kaum ein Proband konnte sich erinnern, ob er in der Kindheit und Jugend eher ein Morgen- oder Abendtyp war. Außerdem lieferten tagebuchähnliche Aufzeichnungen in den Bemerkungsfeldern nicht selten Erklärungen für eine schlechte Schlafqualität, z.B. ein Rock-Konzert in der benachbarten Veranstaltungshalle oder ein anstehender Gerichtstermin. Demnach kann das DGSM-Abend-/Morgenprotokoll durchaus als hilfreiches Instrument in der Schlafforschung speziell bei Älteren dienen.

Beim Vergleich der Akzelerometrie mit Polysomnographie zur Bestimmung der Schlafqualität mit bisherigen Studien sei darauf hingewiesen, dass dabei eine Vielzahl verschiedener Aktigraphen und Akzelerometer zum Einsatz kamen. In den meisten Fällen handelte es sich um Geräte, die am Handgelenk getragen werden (z.B. Actiwatch® von Cambridge Neurotechnology) und die Abmessungen und den Tragekomfort einer Armbanduhr haben. Zwar funktionieren diese Aktigraphen und Akzelerometer größtenteils ebenfalls nach dem Prinzip der Piezoelektronik, möglicherweise werden aber zur Berechnung verschiedener Parameter unterschiedliche Algorithmen angewendet. Da bisher kaum Vergleichsstudien mit dem SenseWear-Akzelerometer veröffentlicht wurden, sollen deshalb die Ergebnisse dieser Studie auch mit Ergebnissen aus Studien in denen andere Geräte zum Einsatz kamen, an dieser Stelle diskutiert werden.

Das SenseWear-Akzelerometer unterschätzt in dieser Untersuchung signifikant den Parameter Schlaflatenz um 9,6 Minuten, was einer Abweichung von 59,3 % entspricht. Sivertsen *et al.* (2006) fanden ebenfalls eine signifikante Unterschätzung (46 %) dieses Parameters mittels Actiwatch bei Insomnikern mit einem mittleren Alter von 60,5 Jahren, ebenso wie in einer großen Anzahl weiterer Studien (Übersicht s. Tryon *et al.* 1996,

Hauri *et al.* 1999, Vallières und Morin 2003, de Souza *et al.* 2003). Als eine Hauptursache für diese Unterschätzung wurde eine verstärkte Immobilität während der Einschlafphase diskutiert, welche vom Akzelerometer aufgrund fehlender Bewegungen bereits als „Schlaf“ gewertet wird (Tryon *et al.* 1996, Paquet *et al.* 2007). Auch ist denkbar, dass eine liegende, ruhige Tätigkeit wie im Bett lesen oder fernsehen, bereits vom Akzelerometer als „Schlaf“ beurteilt und aufgezeichnet wird, obwohl der Proband noch wach ist. Zum Ausschluss dieses Fehlers drückten die Probanden der vorliegenden Studie den Zeitmarker erst bei Löschen des Lichtes, sodass gegebenenfalls falsch positiv aufgezeichnete Schlaf nicht in die Auswertung mit einfluss.

Auch Chae *et al.* (2009) fanden eine signifikante Unterschätzung des Parameters Schlaf latenz im Vergleich von Aktigraphie (Sleepwatch-O; Ambulatory Monitoring, Inc.) und Polysomnographie bei 20 Patienten mit obstruktiver Schlafapnoe und 13 Patienten mit Restless-Legs-Syndrom mit einem mittleren Alter von $54 \pm 8,7$ Jahren, allerdings nur bei den Personen, die eine kurze Schlaf latenz (< 5 Minuten) laut Polysomnographie aufwiesen. Am genauesten wurde die Schlaf latenz bei einer Dauer von 5 Minuten wieder gegeben. Bei längerer Polysomnographie-Schlaf latenz (6, 10 und 16 Minuten) überschätzte der Aktigraph die Schlaf latenz.

Auch bei Hedner *et al.* (2004) wurde der Parameter Schlaf latenz mit dem Akzelerometer-System Watch_PAT100 bei 228 Personen mittleren Alters ($48,8 \pm 14$ Jahre), insbesondere bei den teilnehmenden Patienten mit mildem obstruktivem Schlafapnoe-Syndrom, überschätzt. Demgegenüber korrelierte die Schlaf latenz mittels Aktigraphie in der Studie von Bradshaw *et al.* (2007) bei 54 Patienten von im Mittel 30,7 Jahren mit exzessiver Tagesmüdigkeit signifikant mit den Ergebnissen der Polysomnographie und auch Lichstein *et al.* (2006) fanden keine signifikanten Unterschiede im Parameter Schlaf latenz mittels Actiwatch und Polysomnographie bei 57 Erwachsenen zwischen 21 und 87 Jahren mit primärer und komorbider Insomnie. Das lässt vermuten, dass verschiedene Erkrankungen zu einer Verhaltensänderung während der Einschlafphase führen können und durch z.B. vermehrte Bewegungen, der Einschlafzeitpunkt in dem Falle zu spät detektiert würde. Dies würde besonders für den Einsatz bei Älteren mit einer höheren Prävalenz für gehäuft im Alter auftretende Erkrankungen, eine Anpassung der gerätespezifischen Algorithmen erforderlich machen.

Nach eigenen Angaben der Herstellerfirma BodyMedia liegt der ermittelte Fehler für den Parameter Schlaflatenz mit dem SenseWear-Akzelerometer bei 8,3 Minuten (URL 7), Andre und Teller (2005) gaben nach Auswertung der bis zu diesem Zeitpunkt von BodyMedia erhobenen Daten (insgesamt rund 100 Millionen Minuten von über 3000 Personen) einen Fehler für die Erfassung der Schlaflatenz von unter 3 Minuten an. Ein Altersbereich dieser 3000 Personen ist dabei allerdings nicht angegeben.

Auch die Liegezeit wird in vorliegender Studie vom SenseWear Pro2-Akzelerometer um 14,2 Minuten bzw. 3,2 % signifikant unterschätzt. Es liegen keine publizierten Vergleichswerte aus anderen Studien zu diesem Parameter für ältere Probanden vor. Die Hersteller geben den Fehler für die Bestimmung der Liegezeit mit unter 1 % an (Andre und Teller 2005), bzw. eine Übereinstimmung von Akzelerometer und Polysomnographie für die Zu-Bett-Geh- und Aufstehzeit von 93,2 % (URL 7).

Die Wachzeit während der Schlafperiode wird mittels SenseWear Pro2-Akzelerometer im Vergleich zur Polysomnographie in vorliegender Studie im Mittel um 25,4 Minuten (43,6 %) sehr signifikant unterschätzt. Wieder fand sich bei Sivertsen *et al.* (2006) ein ähnlicher Wert (55,4 %) bei den untersuchten Insomnikern (mittleres Alter: 60,5 Jahre). Zwar gibt der Hersteller einen Fehler von weniger als 3 Minuten an (Andre und Teller 2005), aber eine intern durchgeführte Studie zur Validierung des Akzelerometers gegen Polysomnographie erreichte eine Übereinstimmung von 50,5 % und räumte an dieser Stelle Schwächen ein: Eine Wachphasenerkennung unter 10 Minuten wurde als begrenzt erkennbar angegeben und weiterführende Studien zur Verbesserung dieses Algorithmus' gefordert (URL 7).

Diese Beobachtung, dass kurze Wachphasen bei ruhigem Liegen nicht erkannt werden machten auch Pollak *et al.* (2001) mit den von ihnen untersuchten Geräten (CSA Modell 7164 Activity Monitor und ActiTrac) bei gesunden jungen (21–35 Jahre) und älteren (70–72 Jahre) Probanden. Verschiedene Studien konnten keine bzw. nur geringfügige aber nicht signifikante Unterschiede zwischen Akzelerometrie und Polysomnographie in diesem Parameter bei verschiedenen Altersgruppen feststellen: Lichstein *et al.* 2006 in einer Altersgruppe zwischen 21 und 87 Jahren, Blackwell *et al.* 2008 bei einer älteren Probandengruppe mit einem mittleren Alter von 81,9 Jahren und Sánchez-Ortuño *et al.* 2010 bei 31 jüngeren Insomnikern (mittleres Alter: 28,4 Jahren) und 31 Normalschläfern (mittleres Alter: 28,3 Jahre).

Hoch signifikant sind die Unterschiede bezüglich der Anzahl nächtlicher Weckreaktionen (14,4; 71,5 %). Diese starke Unterschätzung der Anzahl nächtlicher Weckreaktionen ist ebenfalls dadurch erklärbar, wenn kurze nächtliche Wachphasen ohne viele Bewegungen vom SenseWear Pro2 nicht erkannt werden können. Lichstein *et al.* (2006) fanden dagegen keine signifikanten Unterschiede zur Polysomnographie mit den von ihnen verwendeten Akzelerometer bei Probanden zwischen 21 und 87 Jahren, ebenso Paquet *et al.* (2007) bei 20- bis 60-Jährigen.

Hoch signifikant überschätzt wurden Gesamtschlafzeit und Schlafeffizienz. Die vom SenseWear-Akzelerometer gemessene Gesamtschlafzeit ist um 36,1 Minuten länger als die mittels Polysomnographie gemessene. Das entspricht einer Überschätzung von 10,5 % und ist damit doppelt so groß wie der vom Hersteller publizierte Wert von unter 5 % (Andre und Teller 2005). Die Hersteller ermittelten 99,1 % Übereinstimmung zur Polysomnographie (URL 7). Die Schlafeffizienz mittels Akzelerometer ist 11 % höher als die im Schlaflabor erhobene (Abweichung: 14,1 %). Die Überschätzung ist altersabhängig bei den Probanden unter 70 Jahren geringer als bei den über 70-jährigen. Eine Erklärung wäre die Funktionsweise des Akzelerometers über die Bewegungsdetektion und die Tatsache, dass ältere Menschen möglicherweise ruhiger im Bett liegen und weniger aktive Bewegungen während der Nacht machen als 60-Jährige. Die bereits angesprochene Problematik der unerkannten kurzen Wachphasen und unterschätzter Schlaf latenz erklären die Überschätzung der Gesamtschlafzeit und die Unterschätzung der Liegezeit. Damit wird auch die aus Schlaf- und Liegedauer errechnete Schlafeffizienz signifikant überschätzt.

Auch Sivertsen *et al.* (2006) fanden signifikante Überschätzungen der beiden Parameter um 10,9 % bzw. 6,9 % bei einer Probandengruppe im Alter von im Mittel 60,5 Jahren, ebenso wie in diversen weiteren Studien bei Gesunden und Patienten aller Altersgruppen (Cole *et al.* 1992, de Souza *et al.* 2003, Garcia-Diaz *et al.* 2007, Kushida *et al.* 2001, Edinger *et al.* 2004, Hauri und Wisbey 1992). Paquet *et al.* (2007) fanden eine Überschätzung von 14–60 Minuten bei 20- bis 60-Jährigen. Keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Gesamtschlafzeit und Schlafeffizienz fanden Lichstein *et al.* (2006) und Sánchez-Ortuño *et al.* (2010).

Bei Blackwell *et al.* (2008) war das Ergebnis für die Abweichung der Gesamtschlafzeit von der Polysomnographie in ihrer Studie mit älteren Frauen abhängig von der Schlaf latenz: Die Gesamtschlafzeit wurde um 31 Minuten bei den Probandinnen mit einer

Schlafeffizienz von unter 70 % überschätzt, bei den Normalschläferinnen betrug die Abweichung lediglich 17,9 Minuten und bei Kurzschläferinnen (≤ 5 Stunden) wurde der Parameter sogar unterschätzt. Die Schlafeffizienz mittels Akzelerometer wich um mindestens 3,8 % von der polysomnographischen Messung ab.

5.2 Zusammenhang zwischen verschiedenen subjektiv und objektiv erhobenen Parametern und der Schlafqualität im Alter

Aufgrund der PSQI-Punktzahl können die bisherigen Ergebnisse vieler Studien bestätigt werden, dass Frauen vor allem im Alter subjektiv schlechter schlafen als Männer (Driver 1996, Sherrill *et al.* 1998, Happe und Paulus 2004). In vorliegender Studie ist bei den Frauen die Schlaflatenz im Mittel neun Minuten länger, die Gesamtschlafzeit 30 Minuten kürzer und die Schlafeffizienz 8,5 % geringer als bei den Männern.

Diese Geschlechtsunterschiede sind signifikant. Dennoch zeigen die Frauen niedrigere Punktzahlen im Fragebogen zur Tagesschläfrigkeit (ESS) als die Männer, was zwar auf eine geringere Tagesschläfrigkeit bei Frauen hinweist, die Unterschiede hier aber nicht signifikant sind.

Bezüglich des Alters und des Body-Mass-Index (BMI) können im Gruppenvergleich keine signifikanten Geschlechtsunterschiede gefunden werden, was vor allem in Bezug auf den BMI in der kleinen Stichprobengröße begründet liegen wird. Die Korrelationsanalyse zwischen der Schlafqualität und dem Alter ergibt bei den Männern einen positiven signifikanten Zusammenhang. Was bedeutet: Je älter die Männer sind, desto höher ist die PSQI-Punktzahl und schlechter die Schlafqualität. Nach Happe und Paulus (2004) stellt das Lebensalter sogar die größte Einflussgröße auf den Schlaf dar.

Außerdem findet sich ein signifikant erhöhter Konsum von Schwarz-, Grün- oder Mateetee bei den Frauen. Die Männer trinken signifikant mehr Alkohol in Form von Wein und Bier. Zwar erleichtert der Genuss von Alkohol ebenso wie die Einnahme von Medikamenten zunächst das Einschlafen, verkürzt also die Schlaflatenz, steigert aber das Risiko für gestörten Schlaf (Sherrill *et al.* 1998, Karacan *et al.* 1976, Mellinger *et al.* 1985, Giron *et al.* 2002, Happe und Paulus 2004). Es ergibt sich ein negativer signifikanter Zusammenhang zwischen Schlafqualität und Alkoholkonsum bei beiden Geschlechtern zusammen: Die Schlafqualität ist umso besser, je mehr Bier getrunken wird. Gegenteiliges gilt für den Teekonsum: Je mehr koffeinhaltiger Tee getrunken wird,

desto höhere Punktzahl erreichen die Probanden, was eine schlechtere Schlafqualität bedeutet. Nach Geschlechtern getrennt kann der signifikante Zusammenhang zwischen Teekonsum und der Schlafqualität nur bei den Männern gefunden werden.

Sicherlich ist keinesfalls ein Teeverzehr von im Mittel sieben Tassen pro Woche, wie im vorliegenden Fall bei den Frauen, allein ursächlich für derartige Unterschiede in der Schlafqualität. Allerdings addiert sich der Konsum aller koffeinhaltigen Getränke bei den Männern im Mittel auf 2,75 Tassen bzw. Gläser pro Tag und bei den Frauen auf im Mittel 3,21 Tassen bzw. Gläser pro Tag. Auch wenn die Auswirkungen regelmäßiger ernährungsabhängiger Koffeinaufnahme auf den Schlaf und die Tagesfunktionalität noch nicht vollständig klar zu sein scheinen und die Risiken im Allgemeinen unterschätzt werden, sind viele Studien diesbezüglich bereits durchgeführt worden (Roehrs und Roth 2008). Wie Riemann und Nissen (2011) in einer Publikation über substanzinduzierte Schlafstörungen erörterten, ist Koffein als Inhaltsstoff von Kaffee, Tee oder Cola eine der am häufigsten konsumierten psychoaktiven Substanzen weltweit und beeinflusst dosisabhängig die Schlafkontinuität (erhöhte Einschlaflatenz, verkürzte Gesamtschlafzeit), die Schlafarchitektur (Stadienanteile am Gesamtschlaf, v. A. Reduktion der Tiefschlafphasen), die Erholbarkeit des Schlafes und die REM-Schlaf-Regulation. Auch kann es zu Störungen der nächtlichen Atemregulation und vermehrter Häufigkeit periodischer Beinbewegungen kommen. Durch die Blockade von Adenosinrezeptoren kann das für die Regulation der Schlafhomöostase zentrale Neuropeptid Adenosin nicht binden und es kann zu den beschriebenen Schlafstörungen kommen.

Die Empfehlung von ca. zwei Tassen pro Tag Kaffee als wichtiger Bestandteil der Schlafhygieneregeln (Riemann und Nissen 2011) wird demnach von den in dieser Studie untersuchten Probanden im Mittel überschritten, bei den Frauen um mehr als eine Tasse pro Tag. Nicht ganz unwesentlich ist auch die Tageszeit des Konsums: die Halbwertszeit einer Koffein-Einzeldosis liegt bei drei bis sieben Stunden und nimmt mit weiteren Dosen zu (Riemann und Nissen 2011). Die Uhrzeit der täglichen Kaffeepause wurde in vorliegender Studie nicht explizit erfragt, liegt aber möglicherweise ebenfalls später als empfohlen (14 Uhr).

Die Theorie, dass schlechte Schlafqualität vor allem im Alter von unzureichend körperlicher Aktivität am Tage herrührt (Sherrill *et al.* 1998), kann ebenfalls nicht bestätigt werden. Bezüglich Dauer und Grad (MET) der Aktivität erzielen die Frauen sogar etwas höhere Mittelwerte, die sich aber nicht signifikant von denen der Männer unterscheiden.

Die Korrelationsanalyse ergibt keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen der mittels SenseWear-Akzelerometer ermittelten Variablen zu Dauer bzw. Grad körperlicher Aktivität und der Schlafqualität sowohl für Männer und Frauen getrennt, als auch für beide Geschlechter gemeinsam.

Ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Schlafqualität und der Punktzahl im nach Voorrips modifizierten Baecke-Fragebogen zur Erfassung körperlicher Aktivität (MBF) findet sich bei den Männern. Auch für beide Geschlechter zusammen ist dieser Zusammenhang signifikant, allerdings nicht beim weiblichen Geschlecht allein.

Der signifikante Zusammenhang zwischen Schlafqualität und dem Ruheenergieumsatz bei beiden Geschlechtern zusammen kann man als Scheinkorrelation bezeichnen. Da Männer physiologisch bedingt eine höhere Körperzellmasse, damit auch einen höheren Ruheenergieumsatz und – wie in dieser Studie gezeigt – auch die bessere Schlafqualität haben, ist das Ergebnis, dass der Ruheenergieumsatz umso niedriger, je schlechter die Schlafqualität ist, zwar korrekt, aber der Zusammenhang eher zufällig. Dies bestätigen auch die Ergebnisse der Korrelation für beide Geschlechter separat, denn für Männer und Frauen ist der Zusammenhang zwischen Ruheenergieumsatz und der Schlafqualität jeweils nicht statistisch signifikant.

Die Analyse der Häufigkeitsverteilungen bezüglich der tagsüber gehaltenen Nickerchen zeigt zwar keine statistisch signifikanten Unterschiede, macht aber deutlich, dass mehr Männer einen Mittagsschlaf halten. Es konnte zudem kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen mittlerer Dauer des Nickerchens und der nächtlichen Schlafqualität festgestellt werden. Das bestätigt die Ergebnisse früherer Studien an Älteren (60–89 Jahre), die keine Minderung der nächtliche Schlafdauer und -qualität durch Mittagsschlaf zeigen konnten (Dautovich *et al.* 2008, Picarsic *et al.* 2008). Tatsächlich kann Mittagsschlaf bei älteren Menschen – sofern er nicht länger als 30 Minuten dauert – nicht nur zur Verbesserung der nächtlichen Schlafqualität beitragen, sondern auch das persönliche Wohlbefinden und die kognitive Leistungsfähigkeit steigern (Dhand und Sohal 2006, Milner und Cote 2009). In vorliegender Studie schlafen die Probanden im Mittel ca. 20 Minuten pro Tag, wobei Einzelne ihr Nickerchen auf bis zu 90 Minuten ausdehnen.

Auch sozioökonomische Faktoren scheinen als Einflussgrößen auf die Schlafqualität nicht unerheblich zu sein. In der Berliner Altersstudie (BASE) einer multidisziplinären Untersuchung älterer Menschen zwischen 70 und über 100 Jahren, die zu einer Längs-

schnittstudie ausgeweitet wurde, fanden die Wissenschaftler heraus, dass soziale Beziehungen und Kontakte mit dem Alter abnahmen. Dies führte zwar nicht zur sozialen Isolation, aber dennoch waren soziale Aktivitäten mit dem Alter rückläufig, abhängig davon in welchem Ausmaß diese in der Jugend betrieben wurden (Mayer *et al.* 2010). Folge davon könnte der Wegfall oder zumindest die Minderung der äußeren Zeitgeber zur Synchronisation des zirkadianen Rhythmus' sein. Friedman (2011) fand heraus, dass soziale Kontakte einen schlechten Schlaf in Verbindung mit IL-6, einem Interleukin das die Entzündungsreaktionen im Körper reguliert, bis zu einem gewissen Maße sogar kompensieren konnten.

Der Familienstand spielt möglicherweise auch eine Rolle: Vermehrte Insomniesymptome bei geschiedenen, getrennt lebenden oder verwitweten Menschen konnten beobachtet werden (Ohayon 1996, Ohayon *et al.* 1997a, b, Chevalier *et al.* 1999). Es zeigt sich auch in vorliegender Studie ein Zusammenhang zwischen Wohnsituation und Schlafqualität sowie signifikante Geschlechtsunterschiede: Von den Frauen leben 14 allein und 11 mit Partner oder Angehörigen zusammen, während bei den Männern lediglich fünf ohne (Ehe)partner sind.

Unter dem Gesichtspunkt, dass der Schlaf im Alter fragiler und störanfälliger ist, sollten demnach ältere allein lebende Menschen eine bessere Schlafqualität haben, vor allem unter den Frauen, da mit zunehmendem Alter vornehmlich bei den Männern atembezogene Symptome wie Schnarchen oder Schlafapnoe zunehmen (Jaussent *et al.* 2011).

Häufigkeitsanalysen vergleichen außerdem die Art der Schlafzimmerverschattung oder die Anwesenheit elektrischer Geräte wie Radio, Fernseher im Schlafzimmer, bzw. ob im Schlafzimmer ein Arbeitsplatz oder Schreibtisch untergebracht ist, was zwar nicht unbedingt Insomniesymptome hervorruft, aber sich dennoch negativ auf das Schlafverhalten auswirken kann (Brunborg *et al.* 2011). In diesen Punkten konnte in vorliegender Arbeit kein Zusammenhang mit der Schlafqualität gezeigt werden.

Der Einfluss von Einkommen, Ausbildung oder Beruf wurde in vorliegender Studie nicht weiter berücksichtigt, obwohl auch hier interessante Ansätze in früheren Studien gefunden werden konnten: Es zeigte sich eine vermehrte Insomniesymptomatik bei der nicht arbeitenden Bevölkerung (Ohayon *et al.* 1997a, b, Chevalier *et al.* 1999). Das höchste Insomnierisiko fand Ohayon *et al.* (1997b) bei Rentnern, gefolgt von Hausfrauen, wohingegen Studenten kein Risiko trugen.

Eine höhere Prävalenz von Schlafstörungen bei Niedrigverdienern in der Literatur (Bixler *et al.* 1979, Ohayon *et al.* 1997a, Newman *et al.* 1997) und Personen mit niedrigeren Bildungsabschlüssen (Bixler *et al.* 1979, Ancoli-Israel und Roth 1999, Kim *et al.* 2000) sollte als Scheinkorrelation angenommen werden, da in multivariaten Analysen die Parameter Einkommen und Ausbildungsstand nicht als unabhängige Faktoren behandelt wurden. Möglicherweise ist dieser Zusammenhang auch nur ein Effekt des Alters oder des Geschlechtes und könnte in weiterführenden Studien verfolgt werden. Eine andere Erklärung liegt eventuell darin, dass sich Menschen mit niedrigem Bildungsabschluss und/oder Einkommen keine ausreichend ruhige Wohngegend leisten können oder finanzielle Sorgen und Gedanken ihnen „den Schlaf rauben“.

Die Zunahme somatischer und psychiatrischer Erkrankungen mit dem Alter welche signifikant mit Schlafstörungen assoziiert sein können (Happe und Paulus 2004) erscheint dagegen nachvollziehbar. Giron *et al.* (2002) fanden signifikante Assoziationen von weiblichem Geschlecht mit depressiven Symptomen, Schmerzen und Hypnotikaeinnahme im Alter. Dass nicht nur die Anzahl sondern auch die Art der Erkrankung Einfluss auf das Schlafverhalten haben kann zeigt folgendes Fallbeispiel aus dieser Studie:

Männlicher Proband, 76 Jahre, Körperhöhe 170 cm, Gewicht 71 kg. Herr Z. ist verwitwet und lebt allein im eigenen Haushalt. Im Fragebogen zur Schlafqualität erreicht er insgesamt vier Punkte und gehört damit eigentlich zur Gruppe der guten Schläfer. Chronotypisch kann er laut Fragebogen von Horne und Östberg mit insgesamt 38,3 Punkten zu den Abendtypen gezählt werden. Die Tagesschläfrigkeit ist mit 11 Punkten im Epworth Sleepiness Scale (ESS) erhöht. Der Proband leidet an koronarer Herzkrankheit und ist insulinpflichtiger Diabetiker. Am Morgen von Tag 2, als Herr Z. zur Auswertung des SenseWear-Akzelerometer erschien, gab er an die vergangene Nacht schlecht geschlafen zu haben. Als er gegen 2:45 Uhr schlafen gehen wollte, habe er nicht mehr gewusst, ob er sich sein Langzeitinsulin, welches er sich jeden Abend zur Prophylaxe eines hyperglykämischen Vorfalls während der Nacht verabreichen muss, bereits gespritzt hatte oder nicht. Herr Z. spritzte sich die vom Arzt verordnete Dosis dennoch und ging zu Bett. Aus Angst, er könne nun im Falle einer Doppeldosierung einen hypoglykämischen Vorfall erleiden, konnte er laut eigenen Angaben nicht wirklich schlafen, sei viel in der Wohnung „herumgewandert“ und habe sich jede Stunde den Wecker gestellt um den Blutzuckerspiegel zu kontrollieren. Der Proband gab an, dass

dies nicht zum ersten Mal passiert sei und „schon mal vorkomme“. Tatsächlich konnte bei der Auswertung des SenseWear-Akzelerometer dieser Nacht kein Zeitraum von mehr als 30 Minuten zusammenhängenden Schlafes gefunden werden. Insgesamt schlief Herr Z. in dieser Nacht 78 Minuten. Bei einer Gesamtliegezeit von 125 Minuten erreichte er zwar eine Schlaffeffizienz von 62,4 %, fühlte sich aber verständlicherweise sehr unerholt.

Seine Daten wurden aus diesem Grund in den Untersuchungen zur Reliabilität des SenseWear Pro2-Akzelerometers bei der Bestimmung des Ruheenergieumsatzes nicht berücksichtigt.

Bezüglich des hormonellen Einflusses auf die Schlafqualität bei Frauen gibt es in der Literatur widersprüchliche Ergebnisse. Driver *et al.* (1996) konnten keinen Zusammenhang zwischen postmenopausalem Status und Schlafqualität zeigen und Young *et al.* (2003) fanden keine Reduktion der Schlafqualität bei einer polysomnographischen Untersuchung von pre-, peri- und postmenopausaler Frauen, während Bliwise (1993) Schlafstörungen mit Menopause und reduzierter Schlafqualität aufgrund vasomotorischer Symptome und Nykturie assoziierte.

Nicht nur die Konzentration der Sexualhormone wie Östrogen und Testosteron nimmt mit dem Alter ab, auch die Melatoninkonzentration sinkt (Münch *et al.* 2005) und es kommt zur Phasenverzögerung (späterer Peak). Zudem sinkt die Konzentration des Hypophysenhormons TSH, während Plasmakatecholamine (Epinephrin, Norepinephrin) vermehrt ausgeschüttet werden (Billiard 1993). In der vorliegenden Studie war es nicht möglich einen Hormonstatus zu erstellen um hier nach Einflussfaktoren zu suchen.

Genetische Faktoren scheinen ebenfalls die Schlafqualität im Alter zu beeinflussen. So konnten Giron *et al.* (2002) vermehrt bei Älteren eine schlechtere Schlafqualität feststellen, deren Eltern bereits unter Schlafstörungen litten. Auch eine diesbezügliche Untersuchung genetischer Faktoren, z.B. der Uhrengene war in vorliegender Studie nicht durchführbar.

Die Abnahme an Gesamtschlafzeit und dem Anteil an Tiefschlaf (NREM-Stadien 3 und 4) könnte möglicherweise auch ein Ergebnis einer altersbedingten Änderung der Schlafhomöostase sein. Borbély (2005) hat ein mathematisches Modell der Schlafhomöostase bei Kurz- und Langschläfern erstellt. Er fand in einer Schlafentzugsstudie heraus, dass Kurzschläfer in nur 6 Stunden den gleichen Anteil an Tiefschlaf haben, wie Langschläfer in 8 Stunden. In seinem schematischen Modell erklärte er, dass

Kurzschläfer bezüglich des im Wachen ansteigenden Schlafdruckes, der im Schlaf wieder abgebaut wird auf einem höheren Niveau oszillieren als Langschläfer und demnach auch eher die obere Grenze (entspricht dem Punkt des maximalen Schlafdruckes) erreichen (Abbildung 49 A) (Aeschbach *et al.* 1996). Angewendet auf das Alter würde es bedeuten, dass bei älteren Menschen das Niveau des maximalen Schlafdruckes tiefer läge als bei jüngeren und demnach auch schneller erreicht würde. Da der Ausgangspunkt gegen Morgen auch eher erreicht würde, nähme die Gesamtschlafzeit ab (Abbildung 49 B). Durch Mittagsschlaf (Abbildung 49 C) würde der ansteigende Schlafdruck kurzfristig wieder erniedrigt und der Punkt des maximalen Schlafdruckes am Abend erst später erreicht.

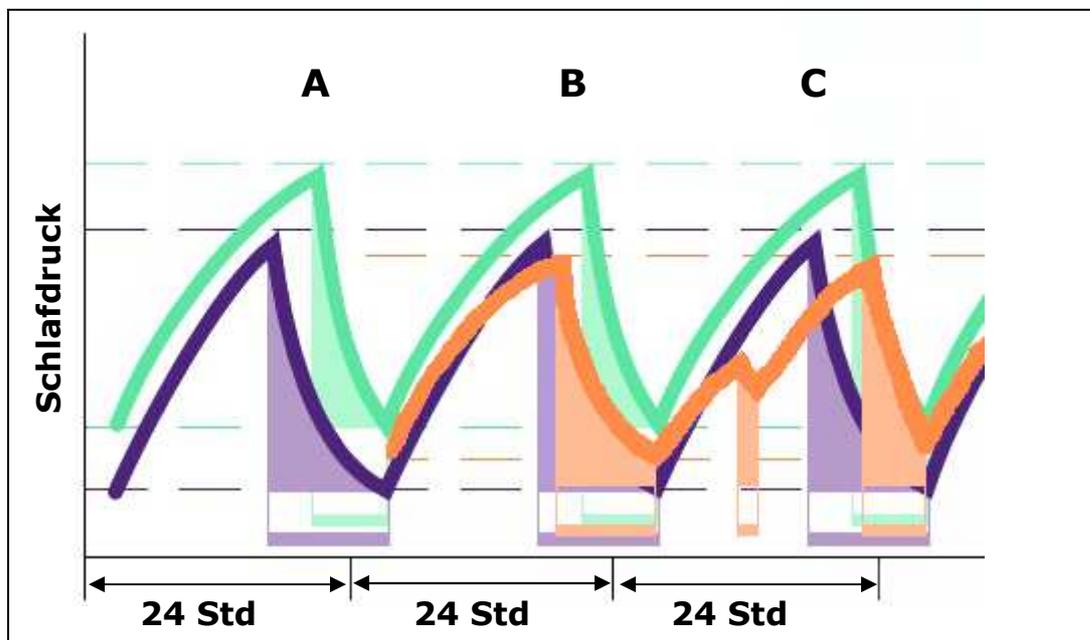


Abbildung 49: Modell der Schlafhomöostase von Kurzschläfern (grün), Langschläfern (violett) und im Alter (orange), ohne (B) und mit (C) Mittagsschlaf. Schlafphasen als farbige Fläche dargestellt. Quelle: Borbély 2005, S. 15 (modifiziert)

Letztlich scheinen multiple Faktoren die Schlafqualität zu beeinflussen und wahrscheinlich auch die Kombination aus mehreren. In Abbildung 50 sollen diese letztlich noch einmal zusammenfassend dargestellt werden.

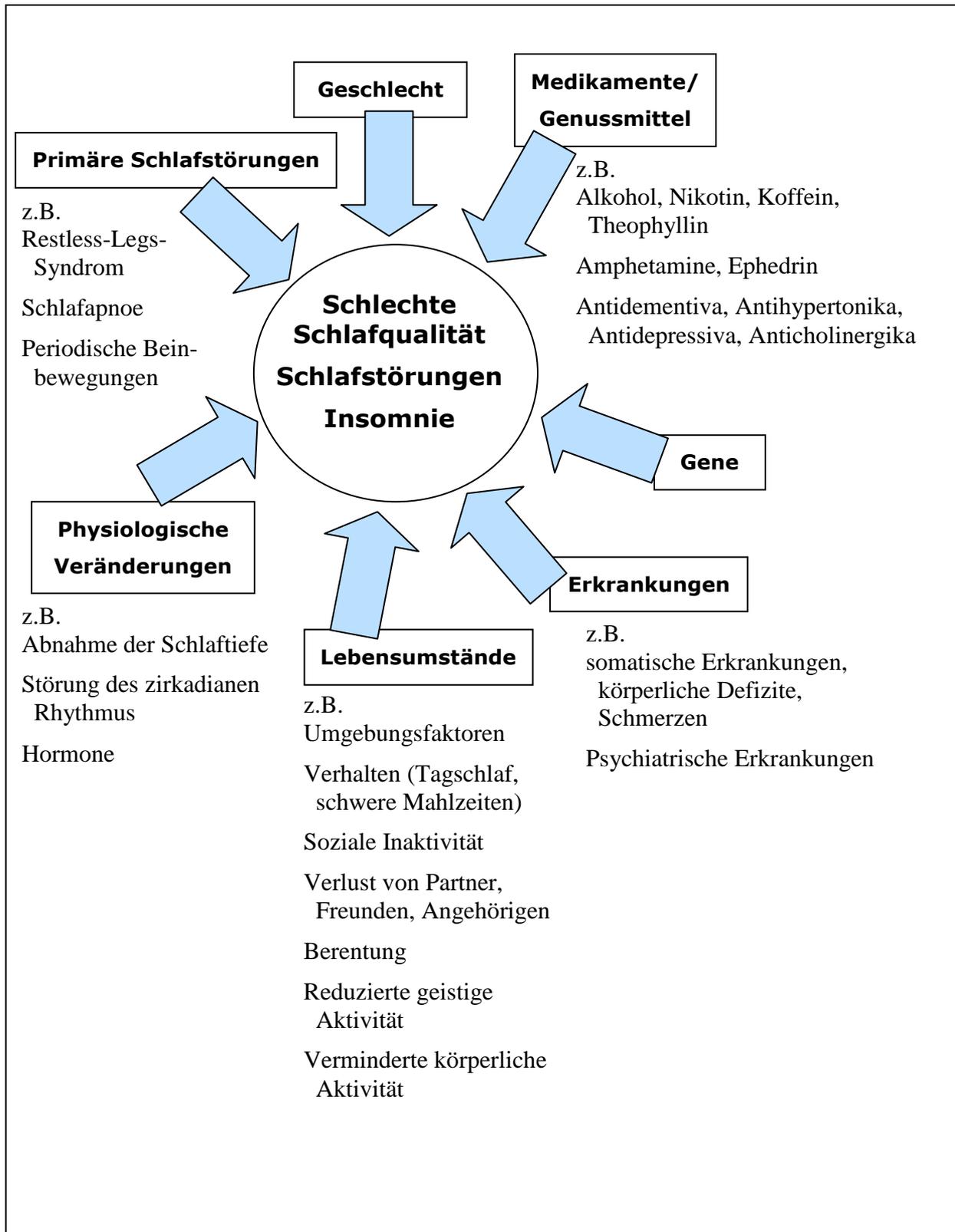


Abbildung 50: Zusammenfassung möglicher Einflussfaktoren auf den Schlaf im Alter.

5.3 Zuverlässigkeit des SenseWear Pro2-Akzelerometer bezüglich der Beurteilung von Schlafqualität und Schlafquantität bei älteren Personen

Die Ergebnisse des Vergleichs des SenseWear Pro2-Akzelerometer mit dem Goldstandard Polysomnographie zeigen, dass das Akzelerometer die Schlafqualität bei älteren Frauen besser einschätzt als sie tatsächlich ist: Die Schlafdauer wird signifikant überschätzt, Einschlaf latenz sowie Anzahl und Dauer nächtlicher Wachphasen werden nicht erkannt bzw. unterschätzt. Dadurch erhöht sich die Schlafeffizienz und damit wäre auch eine hohe Schlafqualität zu schlussfolgern. Demnach ist das SenseWear in der hier verwendeten Form nicht geeignet zur genauen Bestimmung von Schlafqualität, -quantität und -struktur bei älteren Menschen. Aufgrund der tendenziellen Überschätzung des Schlafes sollten die Algorithmen zur Unterscheidung von Schlaf- und Wachstadium optimiert werden. Dass dies möglich ist zeigt z.B. eine Studie mit einem anderen Gerät, welches die Schlaf latenz genauer bestimmen konnte (Cole *et al.* 1992). Bislang ist aber die fehlende Übereinstimmung von Akzelerometrie und Polysomnographie einer der kritischsten Punkte. Bei gesunden Schläfern wird die Schlafperiode zu 90 % auch schlafend verbracht (Paquet *et al.* 2007). Da Schlaf im Allgemeinen gut detektiert wird, ist der Fehler insgesamt gering. Betrachtet man allerdings die Übereinstimmungen, die nur die Wachzeit betreffen, zeigt sich eine Ungenauigkeit von 34–48 % bei Erwachsenen mittleren Alters (Blood *et al.* 1997, de Souza *et al.* 2003, Kushida *et al.* 2001, Signal *et al.* 2005) und Älteren (Sivertsen *et al.* 2006). Das bedeutet, dass die Fehlerrate ebenfalls steigt, wenn Erkrankungen und Störungen des Schlafes vorliegen und mehr Wachphasen auftreten (Paquet *et al.* 2007). Sind diese dann noch kurz oder werden ohne viel Bewegung im Bett liegend verbracht, kann das Akzelerometer sie nicht erfassen.

Zum SenseWear Pro2-Akzelerometer existieren bislang keine publizierten Vergleichsstudien an älteren Personen, aber verschiedene Studien verglichen die Handgelenks-Aktigraphie mit Polysomnographie zur Schlafqualitätsanalyse bei Älteren. Auch hier kam es zur Überschätzung der Gesamtschlafzeit, ebenso wie bei Probanden mittleren Alters und Insomnikern (Cole *et al.* 1992, Hauri und Wisbey 1992, Jean-Louis 1996, Blood *et al.* 1997, Lötjönen 2003). Cole *et al.* (1992) fanden zudem eine signifikante Überschätzung der Schlafeffizienz mittels Aktigraphie und die Unterschätzung der Schlaf latenz bestätigte die Ergebnisse von Blood *et al.* (1997) bei gesunden Probanden mittleren Alters.

In der vorliegenden Studie hat das SenseWear Pro2-Akzelerometer verglichen mit Polysomnographie keinen der fünf Schlafqualitätsindikatoren korrekt wiedergegeben. Die Gesamtübereinstimmung mit dem Goldstandard Polysomnographie liegt mit 74,45 % noch unter den Ergebnissen anderer Studien: Sivertsen *et al.* (2006) fanden eine Übereinstimmung von 80,8 % bei Insomnikern. Nach einer Behandlung mit Zopiclon oder Placebo erhöhte sich diese signifikant um 4,5 % was bedeutet, dass die Genauigkeit der Akzelerometrie signifikant höher ist bei Teilnehmern mit hoher Schlafeffizienz. Acebo *et al.* (2006) konnten eine Übereinstimmung von Akzelerometrie und Polysomnographie von über 85 % bei gesunden Personen verschiedenen Altersgruppen erzielen. In einer Literaturübersicht von 171 Publikationen über Validierungsstudien von Akzelerometrie gegen Polysomnographie kamen Ancoli-Israel *et al.* (2003) zu dem Fazit, dass Akzelerometrie zwar nicht an die Genauigkeit der Polysomnographie heranreichte, aber verlässlichere Daten brachte als Schlaftagebücher.

Im Vergleich mit den subjektiven Verfahren zur Erfassung verschiedener Schlafqualitätsparameter mit Polysomnographie zeigt das Abend-/Morgenprotokoll der DGSM in vorliegender Studie die geringste Abweichung: Die Gesamtschlafzeit, Schlafeffizienz und Wachzeit während der Schlafperiode können ohne signifikante Unterschiede zum Goldstandard ermittelt werden. Dies gilt auch für den Schlafqualitätsfragebogen (PSQI) bezüglich Schlaflatenz und -effizienz. Hoch signifikante Unterschiede zeigen sowohl Abend-/Morgenprotokoll als auch PSQI bezüglich der Liegezeit. Diese wird von den Probanden hoch signifikant überschätzt, während die Anzahl nächtlicher Weckreaktionen von den Probanden mittels Protokoll hoch signifikant unterschätzt wird. Auch Lichstein *et al.* (2006) fand in den Parametern Gesamtschlafzeit, Wachzeit während Schlafperiode und Schlafeffizienz mittels Schlaftagebuch keine signifikanten Unterschiede bei Insomnikern zwischen 21 und 86 Jahren. Die beobachtete Diskrepanz zwischen den Selbstberichten (Abend-/Morgenprotokoll, PSQI) und der Akzelerometrie ist wahrscheinlich im zur Errechnung der Schlafqualitätsparameter verwendeten Algorithmus zu suchen.

5.4 Reliabilität des SenseWear Pro2-Akzelerometer bei Wiederholungsmessungen des Ruheenergieumsatzes

Die Ergebnisse der Wiederholungsmessungen demonstrieren eine gute Reproduzierbarkeit in der Bestimmung des Ruheenergieumsatzes mittels SenseWear-Akzelerometer. Die Reliabilität der Methode konnte anhand einer Test-Retest-Korrelation und durch Berechnung des „typical Error“ für Messwiederholungen (Hopkins 2000) geprüft werden. Der Korrelationskoeffizient zwischen den Messwiederholungen ($r = 0,98$; $P < 0,001$) ist mit den Werten aus Studien an jüngeren Gesunden ($r = 0,86$; $P < 0,001$) von Malavolti *et al.* (2007) und Übergewichtigen ($r = 0,88$; $P < 0,001$) von Papazoglou *et al.* (2006) vergleichbar.

Der berechnete typical error (TE) von nur 1,9 % bestätigt zudem die gute Reliabilität des SenseWear bei der Bestimmung des Ruheenergieumsatzes bei gesunden Älteren.

5.5 Validität des SenseWear Pro2-Akzelerometer bezüglich der Ruheenergieumsatz-Bestimmung in beiden Messverfahren (Nachtmessung und Morgenmessung) verglichen mit dem Goldstandard indirekte Kalorimetrie bei einer Stichprobe von gesunden, älteren Menschen

Der Vergleich beider Messverfahren zur Ruheenergieumsatzbestimmung mittels SenseWear-Akzelerometer liefert für die Nachtmessung (REU_{Nacht}) höhere Werte als für die Morgenmessung (REU_{Morgen}), wofür mehrere Faktoren ursächlich sein könnten:

1) Der Übergang vom Wach- zum Schlafmetabolismus mit der Absenkung des Energieumsatzes geschieht relativ langsam, erreicht erst nach etwa drei Stunden seinen Tiefstpunkt und beginnt etwa zwei Stunden vor dem Erwachen erst wieder langsam anzusteigen (Schoffelen und Westerterp 2008). Durch die Bestimmung des $REU_{(SWA)Nacht}$ während einer Stunde des frühen Schlafes, in der die Metabolismusrate möglicherweise noch nicht so weit bzw. weit genug abgesunken ist, werden dabei höhere Werte erzielt als bei einer Messung am frühen Morgen, wenn der langsame Anstieg des $REU_{(SWA)Morgen}$ noch nicht vollständig abgeschlossen ist. Katayose *et al.* (2009) fanden heraus, dass der Energieumsatz während der verschiedenen Schlafphasen differiert.

So wird während der REM-Phase mehr Energie verbraucht als während der NREM-Phasen 2, 3 und 4. Ursächlich dafür könnte der erhöhte cerebrale Blutfluss oder der Anstieg von Kohlenhydratoxidation und Glucoseverbrauch sein. Auch der Sauerstoffbedarf differiert während der unterschiedlichen Schlafstadien. Auch wenn die Schlafstadien nur geringfügigen Effekt auf die Variabilität der Schlaf-Metabolismus-Rate haben (Fontvieille *et al* 1994), wird die nächtliche Ruheenergieumsatz-Messung mittels SWA lediglich innerhalb einer Stunde des Schlafes durchgeführt und somit selbst ein geringer Einfluss auf den Energieverbrauch bei der Umrechnung auf einen Tag auf das 24-fache multipliziert.

2) Der Schlaf älterer Menschen ist leichter und fragmentierter als bei jüngeren. Vermehrt auftretende kurze Wachphasen, Körperbewegungen oder Toilettengänge und weniger Tiefschlafphasen (NREM-3 und -4) führen zu einem Anstieg des nächtlichen Energieumsatzes. Tatsächlich zeigten Vergleiche des Verhältnisses von nächtlichem Energieumsatz zu Ruheenergieumsatz (in einer Respirationskammer gemessen) Werte > 1 bei Älteren und Werte < 1 bei Kindern. Lediglich bei Erwachsenen mittleren Alters sind beide Energieumsätze vergleichbar (Wouters-Adriaens und Westerterp 2006).

3) Der körperliche Aktivitätsgrad am Tag vor der Messung könnte ebenfalls Einfluss auf den nächtlichen Ruheenergieumsatz (REU_{Nacht}) haben. Während Adriaens *et al.* (2003) dies ausschlossen, empfehlen Compher *et al.* (2006) eine 14-stündige Ruhephase ohne sportlicher Betätigung vor der Messung. Die 32 untersuchten Probanden waren zwar im Vorfeld der Vergleichsmessung mittels indirekter Kalorimetrie dazu angewiesen worden auf anstrengende körperliche Aktivität am Tag vor der Messung zu verzichten, standardisierte Verhaltensregeln oder gar eine Überwachung wie sie unter Laborbedingungen möglich sind, gab es aber nicht. In Studien zur Bestimmung des nächtlichen Energieumsatzes mittels Akzelerometer sollte deshalb eine mehrtägige Tragedauer angestrebt werden und ein Fokus auf den körperlichen Aktivitätsgrad am Tag vor der Energieumsatzbestimmung gelegt werden.

4) Auch eine niedrige Raumtemperatur kann zu einer Erhöhung des Energieumsatzes führen, z.B. steigt die Metabolismusrate bei einer Raumtemperatur von 16°C um 5,7 % verglichen mit dem Energieumsatz bei 22°C (Westerterp-Plantenga *et al.* 2002). Unter den „häuslichen“ Bedingungen, die für die Anwendbarkeit des SenseWear sprechen, ist in diesem Punkt allerdings eine Überwachung auch nur schwer möglich. Trotzdem sollte eine Raumtemperatur von mindestens 20°C von den Probanden eingehalten werden.

5) Goldberg *et al.* (1988) fanden heraus, dass ein ernährungsbedingter Anstieg der nächtlichen Metabolismusrate um 6,7 % erfolgte, wenn die Personen am Abend vorher spät gegessen hatten. Auch dies sollte bei Untersuchungen zum nächtlichen REU berücksichtigt werden, die Probanden im Vorfeld auf diesen Einfluss aufmerksam gemacht und eine Nahrungsaufnahme nach einer bestimmten Uhrzeit vermieden werden.

6) Zur Vermeidung von saisonaler Variabilität sollten Messungen nur während einer Jahreszeit erfolgen. In einer Studie von Plasqui *et al.* (2003) war der Schlafmetabolismus bei Messungen im Sommer um 4,6 % signifikant erniedrigt, verglichen mit Wintermessungen. Zwar konnten in dieser Studie 17 % der intraindividuellen Variabilität allein aufgrund der Jahreszeit erklärt werden, dennoch gab es keinen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Monat der Messung und der Differenz zwischen Nacht- und Morgenbestimmung ($r_s = -0,2$; $P = 0,273$).

7) Letztlich könnten auch Hormonschwankungen die zirkadiane Variation der Körperkerntemperatur und dadurch die Schlafmetabolismusrate bei Älteren beeinflussen.

Viele dieser Störfaktoren könnten mittels standardisierten Durchführungsprotokolls für Nachtmessungen zumindest reduziert werden, vor allem bezüglich der Faktoren körperliche Aktivität, Nahrungsaufnahme und Raumtemperatur sollten entsprechende Empfehlungen eingehalten werden. Für die Durchführung von Morgenmessungen sind von Seiten des Herstellers ebenfalls standardisierte Bedingungen vorgeschrieben, über welche die Probanden im Vorfeld einer Untersuchung ausreichend aufgeklärt werden müssen, um möglichst genaue Ergebnisse zu erzielen. Angesichts der Tatsache, dass durch die fragmentiertere, unruhigere und oberflächlichere Beschaffenheit des Schlafes der nächtliche Energieumsatz ansteigt und zur Minimierung anderer Einflussfaktoren standardisierte Verhaltensregeln eingehalten werden sollten, ist bei Ältern eine Bestimmung des Ruheenergieumsatzes in einer Morgenmessung zu empfehlen. Bestätigt wird dies auch durch die vorliegende Untersuchung, bei welcher die Nachtmessung des Ruheenergieumsatzes verglichen mit dem Goldstandard indirekte Kalorimetrie eine Überschätzung von 14 % ergab, während die Überschätzung der Morgenmessung immerhin 1,5 % niedriger lag.

Andere Autoren fanden in ihren Studien ebenfalls erhöhte Werte für den Ruheenergieumsatz mittels SenseWear-Akzelerometer bei Gesunden jüngeren (King *et al.* 2004) und mittleren Alters (44 ± 12 Jahre) (Bertoli *et al.* 2008), sowie Intensivstation-Patienten (Cereda *et al.* 2007). Im Gegensatz dazu fanden Malavolti *et al.* 2007 eine Unterschätzung des Ruheenergieumsatzes bei jüngeren Probanden, welche aber mit 9 % nicht signifikant war. Bei Übergewichtigen Personen wurde der Ruheenergieumsatz allerdings signifikant unterschätzt (Papazoglou *et al.* 2006).

Die Übereinstimmung von SenseWear Akzelerometer und indirekter Kalorimetrie auf individueller Basis wurde mittels Bland-Altman-Analyse geprüft. Obwohl die Absolutwerte der mittleren Differenz zwischen den Methoden klein sind (166,7 kcal/Tag für die Morgenmessung und 187,0 kcal/Tag für die Nachtmessung), ist die Übereinstimmung nicht bei allen Personen gegeben. Große individuelle Variationen zwischen -8% und $+32\%$ zeigten sich bei einigen Probanden. Angesichts der Tatsache, dass die Morgenmessung parallel zur indirekten Kalorimetrie erfolgte, sind diese großen intraindividuellen Abweichungen anhand äußerer Faktoren bei dieser Messmethode nicht erklärbar und müssen demnach gerätespezifisch sein. Bei den Nachtmessungen sind unterschiedliche Umgebungsbedingungen während der Messung natürlich nicht auszuschließen. Ihnen kann man zumindest die Differenz um 1,5 % zur Morgenmessung zuschreiben. Der individuelle Fehler von mehr als 20 % deutet aber dennoch auf alternsbedingte Einflussfaktoren hin, die bei der geräteinternen Berechnung anhand von Algorithmen nicht berücksichtigt werden.

Dazu könnten beispielsweise Änderungen der Hautleitfähigkeit und Thermoregulation im Alter zählen. Diese vom SenseWear-Akzelerometer erfassten und zur Berechnung anhand von Algorithmen herangezogenen Parameter könnten bei älteren Personen zu Überschätzungen, sowohl in Nacht- als auch Morgenmessung, führen.

Mit zunehmendem Alter nimmt zudem das Blutgefäßvolumen ab, ebenso die subkutane Fettmasse sowie die Anzahl von Schweiß- und Talgdrüsen. Dies führt zu einer verminderten Hautfettung, schlechterer Thermoregulation und Änderungen der Hautleitfähigkeit. Zusätzlich gibt es anatomische und physiologische Änderungen im sympathischen Nervensystem mit dem Alter (Drory und Korczyn 1993) welche die Sudomotorik beeinflussen (Ferrer *et al.* 1995). Die Latenzzeit der sympathischen Hautreaktion, eine kurze Änderung in der elektrodermalen Aktivität, nimmt im Alter signifikant zu (Hay *et al.* 1997), was zu verminderter Hautleitfähigkeit beitragen kann.

Außerdem ist die sympathische Hautreaktion auch hormonell beeinflussbar: Östrogen, das im Alter abnimmt, hemmt signifikant sympathische Nervenzellgruppen im Rückenmark (Sahiner *et al.* 1998).

Alle Faktoren zusammen könnten bei der Überschätzung des Ruhenergieumsatzes eine Rolle spielen. Deshalb sollten die Algorithmen, die für jüngere Personen zur Bestimmung entwickelt wurden, für den Einsatz bei älteren Personen angepasst werden. Durch die Tatsache, dass das SenseWear gute Ergebnisse hinsichtlich des Ruhenergieumsatzes bei jüngeren Erwachsenen und Erwachsenen mittleren Alters aber nicht bei Kindern und älteren Menschen liefert, ist die Genauigkeit als altersabhängig zu bezeichnen. Da dieses Gerät aufgrund seiner einfachen Handhabung prädestiniert für den Einsatz in epidemiologischen Studien ist, sind weitere Untersuchungen an Älteren anzustreben.

5.6 Fehlerdiskussion

Die Größe der Stichprobe ist bei der Fehlerdiskussion dieser Arbeit sicher zuerst zu nennen. Für repräsentative Aussagen über die Schlafqualität und mögliche Einflussfaktoren hätten die Untersuchungen an noch mehr Probanden durchgeführt werden müssen.

Vor allem die fehlenden Vergleichswerte der Männer im Schlaflabor hätten Geschlechtsunterschiede sicherlich noch deutlicher gemacht. Da eine umfangreichere Untersuchung aus Kosten-, Kapazitäts- und technischen Gründen nicht möglich war, wurden die Messungen auf lediglich ein Geschlecht beschränkt.

Auch ein längerer Untersuchungszeitraum hätte für stabilere Ergebnisse sorgen können, was ebenfalls aus o. g. Gründen nicht realisierbar war. Wohlgemut *et al.* (1999) empfehlen ein Messintervall mittels Polysomnographie von einer Woche. Auch für das Tagebuch gilt ein einwöchiger Bearbeitungszeitraum bei Normalschläfern als ausreichend. Noch stabilere Ergebnisse werden hier allerdings nach zwei Wochen erzielt. Bei Insomnikern erhöht sich dies abhängig vom primär untersuchten Schlafqualitätsparameter auf bis zu drei Wochen.

Die Chronotypzuordnung nach der von Horne und Östberg (1976) festgelegten und nach Griefahn *et al.* (2001) an 377 Personen zwischen 18 und 68 Jahren validierten deutschen Version des Morningness-Eveningness-Questionnaire (D-MEQ), muss in der vorliegenden Altersgruppe als kritisch angesehen werden. Aufgrund der bereits

erwähnten altersbedingten Verschiebung der zirkadianen Phasenlage resultiert daraus eine Überrepräsentation von Morgentypen. In vorliegender Studie resultierten aus der Einteilung nach Griefahn *et al.* (2001) 58 % Morgen-, 36 % Neutral- und 6 % Abendtypen. Eine Anpassung der Grenzwerte zur Einteilung in Morgen-, Neutral- und Abendtypen forderten bereits Taillard *et al.* (2004) bei einer berufstätigen Probandengruppe mittleren Alters ($51,2 \pm 3,2$ Jahre). Sie legten für ihre untersuchte Altersgruppe folgende neue Grenzwerte fest: > 64 Punkte entsprechen dem Morgentyp, $53-64$ Punkte entsprechen dem Neutraltyp und < 53 Punkte entsprechen dem Abendtyp. Daraus resultierten 28,1 % Morgen-, 51,7 % Neutral- und 20,2 % Abendtypen. Auf das in vorliegender Studie untersuchte Probandenkollektiv mit einem mittleren Alter von $69,6 \pm 5,5$ Jahren ergeben sich nach der alterskorrigierten Einteilung von Taillard *et al.* (2004) 34 % Morgen-, 44 % Neutral- und 22 % Abendtypen. Ob für die Klassifikation von Probanden hohen Alters außerhalb der Berufstätigkeit in die verschiedenen Chronotypen weitere Anpassungen der Grenzwerte nötig sind, ist zu untersuchen.

Für die Ruheenergieumsatzmessung mittels SenseWear Pro2-Akzelerometer anhand der Morgenmessung hätte noch größerer Wert auf Einhaltung von standardisierten Bedingungen gelegt werden können. Zwar wurden die Messungen bei konstanter Raumtemperatur und Luftfeuchtigkeit durchgeführt und die Probanden waren angehalten am Tag vor der Messung keinen anstrengenden Sport zu betreiben und möglichst 12 Stunden vorher nichts zu essen oder zu trinken, aber die Untersuchung gegen den Goldstandard indirekte Kalorimetrie musste im Labor durchgeführt werden und dabei hatten sich die Probanden schon mehr bewegt, als bei der empfohlenen Morgenmessung im Bett nach dem Aufwachen und vor dem Aufstehen. Trotzdem zeigt sich – entgegen der Erwartung, dass durch den Weg zur Untersuchung der Ruheenergieumsatz erhöht sein wird –, dass die Methode der Morgenmessung eine geringere Überschätzung des Ruheenergieumsatzes als die Nachtmessung ergibt.

Durch eine Tragedauer von lediglich ca. 48 Stunden ist eine bewusste Beeinflussung des Energieumsatzes durch die Probanden nicht auszuschließen. Einige Probanden gaben bei der Auswertung zu, während des Messzeitraumes im Wissen um das angelegte Akzelerometer etwas körperlich aktiver gewesen zu sein als üblicherweise. Zusätzliche Spaziergänge oder Erledigungen zu Fuß statt sonst mit dem Auto sollten ein allzu geringes Ergebnis bezüglich der körperlichen Aktivität verhindern. Eine Verlängerung der Messzeit auf mehrere Tage bis zu einer Woche könnte diesen Effekt vermindern.

5.7 Ausblick

Weiterführende Studien vor allem zum Einsatz des SenseWear Pro2-Akzelerometer an älteren Personen wären wünschenswert. Das Gerät ist einfach sowohl in der Handhabung als auch in der Bedienbarkeit und wurde von den Probanden sehr gut angenommen. Die geringe Größe sorgt dafür, dass es ohne körperliche Einschränkungen von den Probanden während des alltäglichen Ablaufs getragen werden kann und nach etwa 30 Minuten von den meisten nicht einmal mehr bemerkt wird.

Das Potential dieses Gerätes sollte unbedingt anhand einer Anpassung der Algorithmen an die altersbedingt veränderten Gegebenheiten von Probanden über 60 Jahren angepasst werden.

Auch bei der Einsatzfähigkeit im Bereich der Schlafforschung sind anhand umfangreicher Studien in allen Altersgruppen, evtl. durch Vergleichsstudien mit dem Goldstandard Polysomnographie, noch Defizite auszuräumen. Größere Stichproben und vor allem beiderlei Geschlechts sollten in künftigen Untersuchungen die Genauigkeit des SenseWear-Akzelerometers verbessern.

Eine Überarbeitung der Algorithmen, um die Genauigkeit des SenseWear-Akzelerometers auch in der Gruppe der älteren Menschen oder bei bestimmten Erkrankungen noch zu erhöhen, wurde bereits angesprochen. Sicherlich ist eine Weiterentwicklung des Gerätes an sich ebenfalls wünschenswert, denn das SenseWear Pro2 ist im Vergleich zu Geräten, die am Handgelenk getragen werden (z.B. ActiWatch) vergleichsweise groß. Weitere Sensoren zur Aufzeichnung z.B. der Herzfrequenz wären ebenso wünschenswert.

Wie Abbildung 51 zeigt, ist die Herstellerfirma bereits um die Entwicklung neuer Prototypen bemüht. Fraglich bleibt dennoch, inwieweit sich das System des Oberarmgerätes auf lange Sicht gegen das komfortablere Handgelenkgerät durchsetzen kann.



Abbildung 51: Prototyp eines Akzelerometers in Pflasterform der Firma BodyMedia.
Quelle: Andre und Teller 2005

Zur Untersuchung möglicher Einflussfaktoren auf das Schlafverhalten sollten angesichts des demographischen Wandels unserer Gesellschaft ebenfalls weitreichendere Studien erfolgen. Wenn das Alter *per se* nicht ursächlich ist für eine Abnahme der Schlafqualität und/oder -quantität, wäre es wichtig, diese Einflussfaktoren zu erkennen und z.B. durch gezielte Empfehlungen der Schlafhygiene minimieren zu können.

Daran schließt sich die Forschung nach möglichen Folgen von altersbedingten Änderungen der Schlafqualität, -quantität und -struktur an: Bedenkt man z.B. die Konsolidierung deklarativer Gedächtnisinhalte hauptsächlich während der Tiefschlafphasen, welche im Alter deutlich reduziert sind, ist ein Zusammenhang mit den im Alter bei vielen Menschen auftretenden Erinnerungslücken Zahlen oder Ereignisse aus jüngerer Vergangenheit betreffend zu vermuten. Eine Untersuchung dieser Folgen und Optimierung der Erfassungsmethoden ist deshalb angesichts der heutigen demographischen Entwicklung wünschenswert.

6 Literaturverzeichnis

- Acebo C, LeBourgeois MK (2006) Actigraphy. *Respiratory Care Clinics of North America* **12**:23–30
- Adriaens MP, Schoffelen PF, Westerterp KR (2003) Intra-individual variation of basal metabolic rate and the influence of daily habitual physical activity before testing. *British Journal of Nutrition* **90**:419–423
- Aeschbach D, Cajochen C, Landolt HP, Borbély AA (1996) Homeostatic sleep regulation in habitual short sleepers and long sleepers. *The American Journal of Physiology* **270**: R41–R53
- Agnew HW Jr, Webb WB, Williams RL (1966) The first night effect: an EEG study of sleep. *Psychophysiology* **2**:263–266
- Ainsworth BE, Haskell WL, Leon AS, Jacobs DR, Montoye HJ, Sallis JF, Paffenberger RS (1993) Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities. *Medicine and Science in Sports and Exercise* **25**:71–80
- Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, Irwin ML, Swartz AM, Strath SJ, O'Brien WL, Bassett DR, Schmitz KH, Emplaincourt PO, Jacobs DR, Leon AS (2000) Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Medicine und Science in Sports and Exercise* **32** (Suppl.)S498–S504
- American Sleep Disorders Association (1995) Practice parameters for the use of actigraphy in the clinical assessment of sleep disorders. *Sleep* **18**:285–287.
- Ancoli-Israel S, Roth T (1999) Characteristics of insomnia in the United States: results of the 1991 National Sleep Foundation Survey. I. *Sleep* **22**(Suppl. 2):S347–S353
- Ancoli-Israel S (2000) Insomnia in the elderly: a review for the primary care practitioner. *Sleep* **23** Suppl. 1:S23–S30
- Ancoli-Israel S, Schnierow B, Kelsoe J, Fink R (2001) A pedigree of one family with delayed sleep phase syndrome. *Chronobiology International* **18**:831–841
- Ancoli-Israel S, Cole R, Alessi C, Chambers M, Moorcroft W, Pollak CP (2003) The role of actigraphy in the study of sleep and circadian rhythms. *Sleep* **26**:342–392
- Ancoli-Israel S, Ayalon L (2006) Diagnosis and treatment of sleep disorders in older adults. *The American Journal of Geriatric Psychiatry* **14**:95–103
- Andersson HI, Ejlertsson G, Leden I, Schersten B (1999) Impact of chronic pain on health care seeking, self care, and medication. Results from a population-based Swedish study. *Journal of Epidemiology and Community Health* **53**:503–509

- Andre D, Teller A (2005) Health. Care. Anywhere. Today. *Studies in Health Technology and Informatics* **118**:89–110
- Aserinsky E, Kleitman N (1953) Regularly occurring periods of eye motility, and concomitant phenomena during sleep. *Science* **118**:273–274
- Asplund R (1995) Are sleep disorders hereditary? A questionnaire survey of elderly persons about themselves and their parents. *Archives of Gerontology and Geriatrics* **21**:221–231
- Asplund R (1999) Mortality in the elderly in relation to nocturnal micturition. *BJU International* **84**: 297–301
- Backhaus J, Junghanns K, Broocks A, Riemann D, Hohagen F (2002) Test-retest reliability and validity of the Pittsburgh Sleep Quality Index in primary insomnia. *Journal of Psychosomatic Research* **53**:737–740
- Bader N, Bosy-Westphal A, Dilba B, Müller MJ (2005): Intra- and interindividual variability of resting energy expenditure in healthy male subjects – biological and methodological variability of resting energy expenditure. *British Journal of Nutrition* **94**:843–849.
- Barrett TR, Ekstrand BR (1972) Effect of sleep and memory. Controlling for time-of-day effects. *Journal of Experimental Psychology* **96**:321–327
- Baumgartner RN, Stauber PM, McHugh D, Koehler KM, Garry PJ (1995) Cross-sectional age differences in body composition in persons 60+ years of age. *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* **50A**:M307–M316.
- Beck AT, Ward CH, Mendelson M, Mock JE, Erbaugh JK (1961) An inventory for measuring depression. *Archives of General Psychiatry* **4**:561–571
- Beck AT, Steer, RA (1987) Beck Depression Inventory (BDI). San Antonio: The Psychological Corporation Inc.
- Beck AT, Steer RA, Garbin, MG (1988) Psychometric properties of the Beck Depression Inventory: Twenty-five years of evaluation. *Clinical Psychology Review* **8**: 77–100.
- Berger, H (1929) Über das Elektrenkephalogramm des Menschen. *European Archives of Psychiatry and clinical Neuroscience* **87**:527–570
- Bertoli S, Posata A, Battezzati A, Spadafranca A, Testolin G, Bedogni G (2008) Poor agreement between a portable armband and indirect calorimetry in the assessment of resting energy expenditure. *Clinical Nutrition* **27**:307–310.
- Billiard M (1993) Circadian rhythm modifications in ageing In: Albaredo JL, Morley JE, Roth T, Vellas BJ (Hrsg.). Facts and research in gerontology Vol. 7: *Sleep disorders and insomnia in the elderly*. Paris: Serdi. S. 69–76

- Bixler EO, Kales A, Leo LA, Slye T (1973) A comparison of subjective and objective sleep laboratory findings in insomniac patients. *Sleep Research* **2**:143 (Abstract)
- Bixler EO, Kales A, Soldator CR, Kales JD, Healey S (1979) Prevalence of sleep disorders in the Los Angeles metropolitan area. *American Journal of Psychiatry* **136**:1257-1262
- Blackwell T, Redline S, Ancoli-Israel S et al. (2008) Study of osteoporotic fractures research group. Comparison of sleep parameters from actigraphy and polysomnography in older women: The SOF study. *Sleep* **31**:283-291
- Bland JM, Altman DG (1986) Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* **1**:307–310.
- Bliwise DL (1993) Sleep in normal aging and dementia. Review. *Sleep* **16**:40-81
- Bloch KE (1997) Polysomnography: a systematic review. *Technology and Health Care* **5**:285-305.
- Bloch KE, Schoch OD, Zhang JN, Russi EW (1999) German version of the Epworth Sleepiness Scale. *Respiration* **66**:440-447
- Blood ML, Sack RL, Percy DC, Pen JC (1997) A comparison of sleep detection by wrist actigraphy, behavioral response, and polysomnography. *Sleep* **20**:388-395
- Bogardus C, Lillioja S, Ravussin E, Abbott W, Zawazki JK, Young A, Knowler WC, Jacobowitz R, Moll PP (1986) Familial dependence of the resting metabolic rate. *The New England Journal of Medicine* **315**:96-100
- Borbély AA (1982) A two process model of sleep regulation. *Human Neurobiology* **1**: 195–204.
- Borbély AA (2005) “Wer arbeitet, de mist der Schlaf süß...” Ausschau nach dem Wesen des Schlafs; Dies academicus anlässlich der 172. Stiftungsfeier der Universität Zürich; Band 7 von Zürcher Universitätsschriften; Communication; 42 S.
- Born J, Rasch B, Gais S. (2006) Sleep to remember. *The Neuroscientist* **12**:410-424
- Bosy-Westphal A, Eichhorn C, Kutzner D, Illner K, Heller M, Müller MJ (2003) The age-related decline in resting energy expenditure in humans is due to the loss of fat-free mass and to alterations in its metabolically active components. *Journal of Nutrition* **133**:2356–2362.
- Bouchard C, Shephard RJ, Stephens TS, Hrsg. (1994) Physical activity, fitness and health: international proceedings and consensus statement. Human Kinetics Publishers, Champaign, IL
- Brabant G, von zur Mühlen A (2000) Endokrine und metabolische Funktionsstörungen im hohen Erwachsenenalter. *Der Internist* **41**:515-523

- Brabbins CJ, Dewey ME, Copeland JRM (1993) Insomnia in the elderly: prevalence , gender differences and relationships with morbidity and mortality. *International Journal of Geriatric Psychiatry* **8**:473-480
- Bradshaw DA, Yanagi MA, Pak ES, Peery TS, Ruff GA (2007) Nightly sleep duration in the 2-week period preceding multiple sleep latency testing. *Journal of Clinical Sleep Medicine* **3**:613-619
- Brooks JO, Friedman L, Bliwise DL, Yesavage JA (1993) Use of wrist actigraphy to study insomnia in older adults. *Sleep* **16**:151-155
- Brosius F (2002) SPSS 11. 1. Auflage. Bonn: mitp Verlag, 982 S.
- Brunborg GS, Mentzoni RA, Molde H, Myrseth H, Skouverøe KJ, Bjorvatn B, Pallesen S (2011) The relationship between media use in the bedroom, sleep habits and symptoms of insomnia. *Journal of Sleep Research* doi: 10.1111/j.1365-2869.2011.00913.x. (Abstract)
- Bühl A (2008) SPSS 16 – Einführung in die moderne Datenanalyse. 11., aktualisierte Auflage. München: Pearson Deutschland GmbH, 888 S.
- Buyse DJ, Reynolds III CF, Monk TH, Berman SR, Kupfer DJ (1989) The Pittsburgh Sleep Quality Index: A new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Research* **28**:193-213
- Busser HJ, de Korte WG, Glerum EB, van Lummel RC (1998) Method for objective assessment of physical work load to the workplace. *Ergonomics* **41**:1519-1526
- Campbell S (1995) Effects of timed bright-light exposure on shift-work adaptation in middle-aged subjects. *Sleep* **18**:408–416
- Carskadon MA, Dement WC (2011). Monitoring and staging human sleep. In M.H. Kryger, T. Roth, & W.C. Dement (Hrsg.) *Principles and practice of sleep medicine*, 5th edition, (pp 16-26). St. Louis: Elsevier Saunders.
- Cereda E, Turrini M, Ciapanna D, Marbello L, Pietrobelli A, Corradi E (2007) Assessing energy expenditure in cancer patients: a pilot validation of a new wearable device. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition* **31**:502–507.
- Chae KY, Kripke DF, Poceta JS (2009) Evaluation of immobility time for sleep latency in actigraphy. *Sleep Medicine* **10**:621-625
- Chevalier H, Los F, Boichut D, Bianchi M, Nutt DJ, Hajak G, Hetta J, Hoffmann G, Crowe C (1999) Evaluation of severe insomnia in the general population: results of a European multinational survey. *Journal of Pharmacology* **13**(4 Suppl. D):S21-S24
- Chiu HF, Leung T, Lam LC, Wing YK, Chung DW, Li SW, Chi I, Law WT, Boey KW (1999) Sleep problems in Chinese elderly in Hong Kong. *Sleep* **22**:717-726

- Clarenbach, P (Hrsg.) (1998): Schering Lexikon Schlafmedizin. 2. Aufl. MMV, Medizin-Verlag, München, 320 S.
- Cole RJ, Kripke DF, Gruen W, Mullaney DJ, Gillin JC (1992) Automatic sleep/wake identification from wrist activity. *Sleep* **15**:461-469
- Compher C, Frankenfield MS, Keim N, Roth-Yousey L (2006) Evidence Analysis Working Group: Best practice methods to apply to measurement of resting metabolic rate in adults: a systematic review. *Journal of the American Dietetic Association* **106**:881-903
- Coughlin SS (1990) Recall bias in epidemiologic studies. *Journal of Clinical Epidemiology* **43**:87-91
- Crowley K, Trinder J, Kim Y, Carrington M, Colrain IM (2002) The effects of normal aging on sleep spindle and K-complex production. *Clinical Neuropsychology* **113**:1615-1622.
- de Souza L, Benedito-Silva AA, Pires ML, Poyares D, Tufik S, Calil HM (2003) Further validation of actigraphy for sleep studies. *Sleep* **26**:81-85
- DGSM: Deutsche Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin; Mayer G *et al.* (Hrsg.) (2009) S3-Leitlinie Nicht-erholsamer Schlaf / Schlafstörungen. *Somnologie* **13**:4-160
- Dijk DJ, Boulos Z, Eastman CI, Lewy AJ, Campbell SS, Terman M (1995) Light treatment for sleep disorders: consensus report. II. Basic properties of circadian physiology and sleep regulation. *Journal of Biological Rhythms* **10**:113-125.
- Driver HS (1996) Sleep in women. *Journal of Psychosomatic Research* **40**:227-230
- Drory VE, Korczyn AD (1993) Sympathetic skins response: age effect. *Neurology* **43**:1818-1820
- Dudai Y (2004) The neurobiology of consolidations, or, how stable is the engram? *Annual Review of Psychology* **55**:51-86
- Edinger JD, Fins AI, Sullivan RJ Jr, Marsh GR, Dailey DS, Hope TV, Young M, Shaw E, Carlson D, Vasilas D (1997) Do our methods lead to insomniacs' madness?: Daytime testing after laboratory and home-based polysomnographic studies. *Sleep* **20**:1127-1134
- Edinger JD, Means MK, Stechuchak KM, Olsen MK (2004) A pilot study of inexpensive sleep assessment devices. *Behavioral Sleep Medicine* **2**:41-49
- Ekelund U, Sjostrom M, Yngve A, Poortvliet E, Nilsson A, Froberg K, Wedderkopp N, Westerterp K (2001) Physical activity assessed by activity monitor and double labeled water in children. *Medicine & Science in Sports & Exercise* **33**:275-281

- Ekstrand BR, Barrett TR, West JN, Maier WG (1977) The effect of sleep on human long-term memory. In: Drucker-Colin RR, McGaugh JL (eds). *Neurobiology of Sleep and Memory*. New York; Academic Press; 419–438
- Everson, CA, Bergmann BM, Rechtschaffen A (1989) Sleep deprivation in the rat: Total sleep deprivation. *Sleep* **12**:13–21
- Ferrer T, Ramos MJ, Pérez-Sales P, Pérez-Jiménez A, Alvarez E (1995) Sympathetic sudomotor function and aging. *Muscle Nerv* **18**:395–401
- Fetveit A (2009) Late-life insomnia: a review. *Geriatrics and Gerontology International* **9**:220–234.
- Fiaterone MA, O’Neill EF, Ryan ND, Clements KM, Solares GR, Nelson ME, Roberts SB, Kehayias JJ, Lipsitz LA, Evans WJ (1994) Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *The New England Journal of Medicine* **330**:1769–1775
- Foley DJ, Monjan AA, Brown SL, Simonsick EM, Wallace RB, Blazer DG (1995) Sleep complaints among elderly persons: an epidemiologic study of three Communities. *Sleep* **18**:425–42
- Foley DJ, Monjan a, Simonsick EM, Wallace RB, Blazer DG (1999) Incidence and remission of insomnia among elderly adults: an epidemiologic study of 6800 persons over three years. *Sleep* **22**(Suppl.2): 366–372
- Folstein MF, Folstein, SE, McHugh PR (1975) Mini-Mental State (a practical method for grading the state of patients for the clinician). *Journal of Psychiatric Research* **12**:189–198
- Fontvieille AM, Rising R, Spraul M, Larson DE, Ravussin E (1994) Relationship between sleep stages and metabolic rate in humans. *American Journal of Physiology* **267**:E732–E737.
- Fredrix EWHM, Soeters PB, Deerenberg IM, Kester ADM, von Meyenfeldt MF, Saris WHM (1990) Resting and sleeping energy expenditure in the elderly. *European Journal of Clinical Nutrition* **44**:741–747
- Frey I, Berg A, Grathwohl D, Keul J (1999) Freiburger Fragebogen zur körperlichen Aktivität – Entwicklung, Prüfung und Anwendung. *Sozial- und Präventivmedizin* **44**:55–64
- Friedman EM (2011) Sleep quality, social well-being, gender, and inflammation: an integrative analysis in a national sample. *Annals of the New York Academy of Sciences* **1231**:23–34
- Fuchs R (2003) Sport, Gesundheit und Public Health; Göttingen, Hogrefe; 273 S.
- Fung EB (2000) Estimating energy expenditure in critically ill adults and children. *AACN Clinical Issues* **11**:480–497

- Garcia-Diaz E, Quintana-Gallego E, Ruiz A, Carmona-Bernal C, Sánchez-Armengol Á, Botebol-Benhamou G, Capote F (2007) Respiratory polygraphy with actigraphy in the diagnosis of sleep apnea-hypopnea syndrome. *Chest* **131**:725–732
- Gilleard CJ, Smits C, Morgan K (1984) Changes in hypnotic usage in residential homes for the elderly: a longitudinal study. *Archives of Gerontology and Geriatrics* **3**:223–228
- Giron MST, Forsell Y, Bernsten C, Thorslund M, Winblad B, Fastbom J (2002) Sleep problems in a very old population: drug use and clinical correlates. *Journal of Gerontology: Medical Science* **57**:M236–M240
- Gislason T, Almquist M (1987) Somatic diseases and sleep complaints: an epidemiological study of 3201 Swedish men. *Acta Medica Scandinavica* **221**:475–481
- Gislason T, Reynisdóttir H, Kristbjarnarson H, Benediksdóttir B (1993) Sleep habits and sleep disturbances among the elderly – an epidemiological survey. *Journal of Internal Medicine* **234**:31–39
- Goldberg GR, Prentice AM, Davies HL, Murgatroyd PR (1988) Overnight and basal metabolic rates in men and women. *European Journal of Clinical Nutrition* **42**:137–144
- Griefahn B, Künemund C, Bröde P, Mehnert P (2001) Zur Validität der deutschen Übersetzung des Morningness-Eveningness-Questionnaires von Horne und Östberg. *Somnologie* **5**:71–80
- Gümüştekin K, Seven B, Karabulut N, Aktaş Ö, Gülsan N, Aslan Ş, Keleş M, Varoğlu E, Dane Ş (2004) Effects of sleep deprivation, Nicotine, and Selenium on wound healing in rats. *International Journal of Neuroscience* **114**:1433–1442
- Hamann S (2001) Cognitive and neural mechanisms of emotional memory. *Trends in Cognitive Sciences* **3**:351–359
- Hamilton (1960) A ratingscale for depression. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry* **23**:56–62.
- Hammond EC (1964) Some preliminary findings on physical complaints from a prospective study of 1.064.004 men and women. *American Journal of Public Health* **54**:11–23
- Happe S, Paulus W (2004) Schlafstörungen im Alter. *Aktuelle Neurologie* **31**:188–196
- Hauer H, Berg A (2000) Körperliche Bewegung zur Prävention und Behandlung von Adipositas. *Deutsches Ärzteblatt* **97**:A768–A774
- Hauri PJ, Wisbey J (1992) Wrist actigraphy in insomnia. *Sleep* **15**:293–301
- Hauri PJ (1999) Evaluation of a sleep detection device. *Sleep* **22**:1110–1117

- Hautzinger, M., Bailer, M., Worall & H., Keller, F (1994) Beck-Depressions-Inventar (BDI). Bearbeitung der deutschen Ausgabe. Testhandbuch. Bern, Göttingen, Toronto, Seattle: Huber.
- Hay JE, Taylor PK, Nukada H (1997) Auditory and inspiratory gasp-evoked sympathetic skin response: age effects. *Journal of the Neurological Sciences* **148**:19–23
- Hedner J, Pillar G, Pittman SD, Zou D, Grote L, White DP (2004) A novel adaptive wrist actigraphy algorithm for sleep-wake assessment in sleep apnea patients. *Sleep* **27**:1560–1566
- Henderson S, Jorm AF, Scott LR, Mackinnon AJ, Christensen H, Korten AE (1995) Insomnia in the elderly: its prevalence and correlates in the general population. *The Medical Journal of Australia* **162**:22–24.
- Hetta J (1999) The impact of sleep deprivation caused by nocturia. *BJU International* **84** (Suppl 1):27–28.
- Hobson JA, Pace-Schott EF (2002) The cognitive neuroscience of sleep: neuronal systems, consciousness and learning. *Nature Reviews Neuroscience* **3**:679–693
- Hoch CC, Reynolds CF III, Kupfer D, Berman SR, Houck PR, Stack JA (1987) Empirical note: Self-report versus recorded sleep in healthy seniors. *Psychophysiology* **24**: 293–299
- Hoch CC, Dew MA, Reynolds CF III, Buysse DJ, Nowell PD, Monk TH, Mazumdar S, Borland MD, Miewald J, Kupfer DJ (1997) Longitudinal changes in diary-and laboratory-based sleep measures in healthy “old old” and “young old” subjects: A three-year follow-up. *Sleep* **20**:192–202
- Hoffmann RM, Müller T, Hajak G, Cassel W (1997) Abend-Morgenprotokolle in Schlafforschung und Schlafmedizin – Ein Standardinstrument für den deutschsprachigen Raum. *Somnologie* **1**:103–109
- Hoffmann G (1999) Evaluation of severe insomnia in the general population-implications for the management of insomnia: focus on results from Belgium. *Journal of Psychopharmacology* **13**(4 Suppl 1):S31–S32
- Hohagen F, Rink K, Käppler C, Schramm E, Riemann D, Weyerer S, Berger M (1993) Prevalence and treatment of insomnia in general practice. A longitudinal study. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience* **242**:329–336
- Hopkins WG (2000) Measures of reliability in sports medicines and science. *Sports Medicine* **30**:1–15
- Horne JA, Östberg O (1976) A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms. *International Journal of Chronobiology* **4**:97–110

- Iber C, Ancoli-Israel S, Chesson A, Quan SF for the American Academy of Sleep Medicine (2007) *The AASM Manual for the scoring of sleep and associated events: Rules, terminology and technical specifications*. 1st ed. Hrsg. American Academy of Sleep Medicine, Westchester, Illinois
- Irwin MR, Wang M, Ribeiro D, Cho HJ, Olmstead R, Crabb Breen E, Martinez-Maza O, Cole S (2008) Sleep loss activates cellular inflammatory signaling. *Biological Psychiatry* **64**:538–540
- Jausse I, Dauvilliers Y, Ancelin ML, Dartigues JF, Tavernier B, Touchon J, Ritchie K, Besset A (2011) Insomnia Symptoms in Older Adults: Associated Factors and Gender Differences. *American Journal of Geriatric Psychiatry* **19**:88–97
- Jean-Louis G, von Gizycki H, Zizi F, Fookson J, Spielman A, Nunes J, Fullilove R, Taub H (1996) Determination of sleep and wakefulness with the Actigraph Data Analysis Software (ADAS). *Sleep* **19**:739–743
- Jenkins JG, Dallenbach KM (1924) Obliviscence during sleep and waking. *The American Journal of Psychology* **35**:605–612
- Johns MW (1991) A new method for measuring daytime sleepiness: the Epworth Sleepiness Scale. *Sleep* **14**:540–545
- Johns MW (1992) Reliability and factor analysis of the Epworth Sleepiness Scale. *Sleep* **15**:376–381
- Johns MW (1994) Sleepiness indifferent situations measured by the Epworth Sleepiness Scale. *Sleep* **17**:703–710
- Jolley SG, Herbst JJ, Johnson DG, Matlak ME, Book LS (1981) Esophageal pH monitoring during sleep identifies children with respiratory symptoms from gastroesophageal reflux. *Gastroenterology* **80**:1501–1506
- Jones CR, Campbell SS, Zone SE, Cooper F, DeSano A, Murphy PJ, Jones B, Czajkowski L, Ptáček LJ (1999) Familial advanced sleep-phase syndrome: a short-period circadian-rhythm variant in humans. *Nature Medicine* **5**:1062–1065
- Jorm AF, Grayson D, Creasey H, Waite L, Broe GA (2000): Long-term benzodiazepine use by elderly people living in the community. *Australian and New Zealand Journal of Public Health* **24**:7–10
- Juuti AK, Hiltunen L, Rajala U, Laakso M, Härkönen P, Keinänen-Kiukaanniemi S, Läärä E (2011) Ten-year natural course of habitual snoring and restless legs syndrome in a population aged 61–63 years at the baseline. *Sleep and Breathing* DOI: 10.1007/s11325-011-0551-8
- Kähler WM (2010) *Statistische Datenanalyse*. 6. verbesserte und erweiterte Auflage. Wiesbaden: Vieweg + Teubner Verlag, 560 S.

- Karacan I, Thornby J, Anch M, Holzer CE, Warheit GJ, Schwab JJ, Williams RL (1976) Prevalence of sleep disturbance in a primarily urban Florida county. *Social Science and Medicine* **10**:239–244
- Katayose Y, Tasaki M, Ogata H, Nakata Y, Tokuyama K, Satoh M (2009) Metabolic rate and fuel utilization during sleep assessed by whole-body indirect calorimetry. *Metabolism* **58**:920–926.
- Keklund G, Åkerstedt T (1997) Objective components of individual differences in subjective sleep quality. *Journal of Sleep Research* **6**:217–220
- Keys A, Taylor HL, Grande F (1973) Basal metabolism and age of adult man. *Metabolism* **22**:579–87
- Khalaj-Hedayati K, Bosy-Westphal A, Müller MJ, Dittmar M (2009) Validation of the BIOPAC indirect calorimeter for determining resting energy expenditure in healthy free-living elderly people. *Nutrition Research* **29**:531–541
- Kim K, Uchiyama M, Okawa M, Liu X, Ogihara R (2000) An epidemiological study of insomnia among the Japanese general population. *Sleep* **23**:41–47
- King GA, Torres N, Potter C, Brooks TJ, Coleman KJ (2004) Comparison of activity monitors to estimate energy cost of treadmill exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise* **36**:1244–1251
- Klink M, Quan SF (1987) Prevalence of reported sleep disturbances in a general adult population and their relationship to obstructive airway diseases. *Chest* **91**:540–546
- Klink ME, Quan SF, Kaltenborn WT, Lebowitz MD (1992) Risk factors associated with complaints of insomnia in a general adult population. Influence of previous complaints of insomnia. *Archives of Internal Medicine* **152**:1634–1637
- Knussmann, R. (1988): Anthropologie – Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen, Bd. I, Stuttgart, New York; Fischer Verlag, 742 S.
- Korth O (2006) Körperzusammensetzung und Sympathikotonus als Determinanten des Ruheenergieverbrauchs. Tönning/Germany, Der Andere Verlag, 90 S.
- Kreymann G, Adolph M, Müller MJ (2007) Energieumsatz und Energiehaushalt. *Aktuelle Ernährungsmedizin* **32** (Suppl. 1):S8–S12
- Kripke DF, Simons RN, Garfinkel L, Hammond EC (1979) Short and long sleep and sleeping pills. Is increased mortality associated? *Archives of General Psychiatry* **36**:103–116
- Krska J, MacLeod TN (1995) Sleep quality and the use of benzodiazepine hypnotics in general practice. *Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics* **20**:91–96
- Kubitz KA, Landers DM, Petruzzello SJ, Han M (1996) The effects of acute and chronic exercise on sleep: a meta-analytic review. *Sports Medicine* **21**:277–291

- Kushida CA, Chang A, Gadkary C, Guilleminault C, Carillo O, Dement WC (2001) Comparison of actigraphic, polysomnographic, and subjective assessment of sleep parameters in sleep disordered patients. *Sleep Medicine* **2**:389–396
- Lange T, Perras B, Fehm HL, Born J (2003) Sleep enhances the human antibody response to Hapatitis A vaccination. *Psychosomatic Response* **65**:831–835
- Lavie P, Pillar G (2001) Gender and age differences in symptoms' profile in sleep apnea syndrome: A possible cause of gender bias in diagnosis. *Somnologie* **5**:93–96
- Léger D, Guilleminault C, Dreyfus JP, Delahaye C, Paillard M (2000) Prevalence of insomnia in a survey of 12778 adults in France. *Journal of Sleep Research* **9**:35–42
- Lichstein KL, Stone KC, Donaldson J, Nau SD, Soeffing JP, Murray D, Lester KW, Aguillard RN (2006) Actigraphy validation with insomnia. *Sleep* **29**:232–239
- Liendl S, Lauer CJ, Hoffmann RM (2004) Pre-Screening via sleep logs in sleep-disordered patients – Adaptional effects, Yes or No? *Somnologie* **8**:67–70
- Lötjönen J, Korhonen I, Hirvonen K, Eskelinen S, Myllymäki M, Partinen M (2003) Automatic sleep-wake and nap analysis with a new wrist worn online activity monitoring device Vivago WristCare®. *Sleep* **26**:86–90
- Lugaresi E, Cirignotta F, Coccagna G, Montagna P (1986a) Nocturnal myoclonus and restless legs syndrome. *Advances in Neurology* **43**:295–307
- Lugaresi E, Medori R, Montagna P, Baruzzi A, Cortelli P, Lugaresi A, Tinuper P, Zucconi M, Gambetti P (1986b) Fatal familial insomnia and dysautonomia with selective degeneration of thalamic nuclei. *New England Journal of Medicine* **315**:997–1003
- Lukesch H (1974) Testkriterien des Depressionsinventars von A.T. Beck. *Psychologische Praxis* **18**:60–78.
- Lunde LH, Pallesen S, Krangnes L, Nordhus IH (2010) Characteristics of sleep in older persons with chronic pain: a study based on actigraphy and self-reporting. *The Clinical Journal of Pain* **26**:132–137
- Maggi S, Langlois JA, Minicuci N, Grigoletto R, Pavan M, Foley DJ, Enzi G (1998): Sleep complaints in elderly community-dwelling older pesons: prevalence, associated factors, and reported causes. *Journal of the American Geriatrics Society* **46**:161–168
- Malavolti M, Pietrobelli A, Dugoni M, Poli M, Romagnoli E, De Cristofaro P, Battistini NC (2007) A new device for measuring resting energy expenditure (REE) in healthy subjects. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases* **17**:338–343

- Mallon L, Broman JE, Hetta J (2005) Sleep complaints predict coronary artery disease mortality in males: a 12-year follow-up study of a middle-aged Swedish population. *Journal of Internal Medicine* **251**:207–216
- Maquet P (2001) The role of sleep in learning and memory. *Science* **294**:1048–1052
- Marioni RE, Chatfield M, Brayne C, Matthews FE (2011) The reliability of assigning individuals to cognitive states using the Mini-Mental State Examination: a population-based prospective cohort study. *BMC Medical Research Methodology* **11**:127
- Martinez D, Lenz MCS, Menna-Barreto L (2008). Diagnosis of circadian rhythm sleep disorders. *Jornal Brasileiro de Pneumologia* **34**:173–180
- Maschke C, Hecht K (2007) Schlaf und Lärm. *Praktische Arbeitsmedizin* **7**:12–19
- Mathur R, Douglas NJ (1995) Frequency of EEG arousals from nocturnal sleep in normal subjects. *Sleep* **18**:330–333
- Mayer G (2008) Brauchen wir neue Regeln zur Schlaf-Auswertung? *Somnologie* **12**:187–188
- Mayer KU, Baltes PB, Baltes MM, Borchelt M, Delius J, Helmchen H, Linden M, Smith J, Staudinger UM, Steinhagen-Thiessen E, Wagner M (2010) Wissen über das Alter(n): Eine Zwischenbilanz der Berliner Altersstudie. In: Lindenberger U, Smith J, Mayer KU, Baltes PB (Hrsg.) Die Berliner Altersstudie. 3., erweiterte Auflage, Berlin: Akademie Verlag, 748 S.
- McCracken LM, Iverson GL (2002) Disrupted sleep patterns and daily functioning in patients with chronic pain. *Pain Research and Management* **7**:75–79
- McCurry SM, Reynolds CF III, Ancoli-Israel S, Teri L, Vitiello MV (2000) Treatment of sleep disturbances in Alzheimer's disease. *Sleep Medicine Reviews* **4**:603–628
- McGhie A, Russell SM (1962) The Subjective Assessment of Normal Sleep Patterns *Journal of Mental Science* **108**:642–654
- Mellinger GD, Balter MB, Uhlenhuth EH (1985) Insomnia and its treatment: prevalence and correlates. *Archives of General Psychiatry* **42**:225–232
- Mendels J, Hawkins DR (1967) The psychophysiology of sleep in depression. *Mental Hygiene* **51**:501–511.
- Mensink GBM, Deketh M, Mul MDM, Schuit AJ, Hoffmeister H (1996) Physical activity and its association with cardiovascular risk factors and mortality. *Epidemiology* **7**:397–397.
- Mensink GBM (2003) Bundes-Gesundheitssurvey: körperliche Aktivität: aktive Freizeitgestaltung in Deutschland. Robert-Koch-Institut, 11 S.

- Merilahti, J Saarinen A, Pärkkä J, Antila K, Mattila E, Korhonen I (2007) Long-Term subjective and objective sleep analysis of total sleep time and sleep quality in real life settings. *Engineering in Medicine and Biology Society: 29th Annual International Conference of the IEEE*: 5202–5205
- Middelkoop HA, Smilde-van den Doel AD, Neven AK, Kamphuisen HA, Springer CP (1996) Subjective sleep characteristic of 1,485 males and females aged 50–93: Effects of sex and age, and factors related to self-evaluated quality of sleep. *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* **51**:M108–115
- Mignot E, Taheri S, Nishino S (2002) Sleeping with the hypothalamus: emerging therapeutic targets for sleep disorders. *Nature Neuroscience* **5** (Suppl.): 1071–1075
- Miles L, Dement WC (1980) Sleep and aging. *Sleep* **3**:119–220
- Milner CE, Cote KA (2009): Benefits of napping in healthy adults: impact of nap length, time of day, age, and experience with napping. *Journal of sleep research* **18**:272–281
- Monk TH, Reynolds CF III, Kupfer DJ, Buysse DJ, Coble PA, Hayes AJ, Machen MA, Petrie SR, Ritenour AM (1994) The Pittsburgh sleep diary. *Journal of Sleep Research* **3**:111–120
- Montgomery P, Dennis JA (2003) Cognitive behavioural interventions for sleep problems in adults aged 60+ (Review) *Cochrane Database of Systematic Reviews*. Issue 1. Art. No.: CD003161. DOI: 10.1002/14651858.CD003161
- Montoye HJ, Kemper HCG, Saris WHM (1996) Measuring physical activity and energy expenditure. Verlag Human Kinetics Publishers Inc.; Champaign Illionois; 191 S.
- Moran MG, Thomson TL II, Nies AS (1988) Sleep disorders in the elderly. *American Journal of Psychiatry* **145**:1369–1378
- Morgan K, Dallosso H, Ebrahim S, Arie T, Fentem PH (1988) Prevalence, frequency, and duration of hypnotic drug use among the elderly living at home. *British Medical Journal* **296**:601–602
- Morgan K, Healey DW, Healey PJ (1989) Factors influencing persistent subjective insomnia in old age: a follow-up study of good and poor sleepers aged 65 to 74. *Age Ageing* **18**:117–122
- Morgenthaler T, Alessi C, Friedman L, Owens J, Kapur V, Boehlecke B, Brown T, Chesson A, Coleman J, Lee-Chiong T, Pancer J, Swick TJ (2007) Practice parameters for the use of actigraphy in the assessment of sleep and sleep disorders: An update for 2007. *Sleep* **30**:519–537
- Moul DE, Hall M, Pilkonis PA, Buysse DJ (2004) Self-report measures of insomnia in adults: rationales, choices, and needs. *Sleep Medicine Reviews* **8**:177–198

- Müller MJ, Bosity-Westphal A, Kutzner D, Heller M (2002) Metabolically active components of fat-free mass and resting energy-expenditure in humans: recent lessons from imaging technologies. *Obesity Reviews* **3**:113–122
- Müller MJ, Przyrembel H, Schmidt T (2006) Ernährungsmedizinische Praxis. Methoden – Prävention – Behandlung. Berlin, Springer; 453 S.
- Müller C, Winter C, Rosenbaum D (2010) Aktuelle objektive Messverfahren zur Erfassung körperlicher Aktivität im Vergleich zu subjektiven Erfassungsmethoden. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* **61**:11–18
- Münch M, Knoblauch V, Blatter K, Schröder C, Schnitzler C, Kräuchi K, Wirz-Justice A, Cajochen C (2004) The frontal predominance in human EEG delta activity after sleep loss decreases with age. *European Journal of Neuroscience* **20**:1402–1410
- Münch M, Cajochen C, Wirz-Justice A (2005) Schlaf und zirkadiane Rhythmik im Alter. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie* **38** (Suppl. 1): I21–I23
- Nebes RD, Buysse DJ, Halligan EM, Houck PR, Monk TH (2009) Self-reported sleep quality predicts poor cognitive performance in healthy older adults. *Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences* **64**:180–187
- Newman AB, Enright PL, Manolio TA, Haponik EF, Wahl PW (1997) Sleep disturbance, psychosocial correlates, and cardiovascular disease in 5201 older adults: the Cardiovascular Health Study. *Journal of the American Geriatrics Society* **45**:1–7
- Nicolas A, Petit D, Rompré S, Montplaisir J (2001) Sleep spindle characteristics in healthy subjects of different age groups. *Clinical Neuropsychology* **112**:521–527
- Noonan KJ, Farnum CE, Leifermann EM, Lampl M, Markel MD, Wilsman NJ (2004) Growing pains: Are they due to increased growth during recumbency as documented in a lamb model? *Journal of Pediatric Orthopedics* **24**:726–731
- Ohayon MM (1996): Epidemiological study on Insomnia in the general population. *Sleep* **19**:S7–S15
- Ohayon MM, Caulet M, Guilleminault C (1997a): Complaints about nocturnal sleep: how a general population perceives its sleep, and how this relates to the complaint of insomnia. *Sleep* **20**:715–723
- Ohayon MM, Caulet M, Priest RG, Guilleminault C (1997b): DSM-IV and ICSD-90 insomnia symptoms and sleep dissatisfaction. *British Journal of Psychiatry* **171**:382–388
- Ohayon MM, Caulet M, Arbus L et al. (1999): Are prescribed medications effective in the treatment of insomnia complaints? *Journal of Psychosomatic Research* **47**:359–368

- Ohayon MM, Zulley J, Guilleminault C, Smirne S, Priest RG (2001) How age and day-time activities are related to insomnia in the general population: Consequences for older people. *Journal of the American Geriatrics Society* **49**:360–366
- Ohayon MM (2002) Epidemiology of insomnia: what we know and what we still need to learn. *Sleep Medicine Reviews* **6**:97–111
- Ohayon MM, Carskadon MA, Guilleminault C, Vitiello MV (2004) Meta-analysis of quantitative sleep parameters from childhood to old age in healthy individuals: developing normative sleep values across the human lifespan. *Sleep* **27**:1255–1273
- Orr WC, Robinson MG, Johnson LF (1991) The effect of esophageal acid volume on arousals from sleep and acid clearance. *Chest* **99**:351–354
- Papazoglou D, Augello G, Tagliaferri M, Savia G, Marzullo P, Maltezos E, Liuzzi A (2006) Evaluation of a multisensor armband in estimating energy expenditure in obese individuals. *Obesity* **14**:2217–2223.
- Paquet J, Kawinska A, Carrier J (2007) Wake detection capacity of actigraphy during sleep. *Sleep* **30**:1362–1369
- Pate RR, Pratt M, Blair SN, Haskell WL, Macera CA, Bouchard C, Buchner D, Ettinger W, Heath GW, King AW, Kriska A, Leon AS, Marcus BH, Morris J, Paffenberger RS, Patrick K, Pollock ML, Rippe JM, Sallis J, Wilmore JH (1995) Physical activity and public health: A recommendation from the centers for disease control and prevention and the American College of Sports Medicine. *The Journal of American Medical Association, JAMA* **273**:402–407
- Picarsic JL, Glynn NW, Taylor CA, Katula JA, Goldman SE, Studenski SA, Newman AB (2008) Self-reported napping and duration and quality of sleep in the lifestyle interventions and independence for elders pilot study. *Journal of the American Geriatrics Society* **56**:1674–1678
- Plasqui G, Kester AD, Westerterp KR (2003) Seasonal variation in sleeping metabolic rate, thyroid activity, and leptin. *American Journal of Physiology: Endocrinology and Metabolism* **285**:E338–E343.
- Plihal W, Born J (1997) Effects of early and late nocturnal sleep on declarative and procedural memory. *Journal of Cognitive Neuroscience* **9**:534–547
- Plihal W, Born J (1999) Effects of early and late nocturnal sleep on priming and spatial memory. *Psychophysiology* **36**:571–582.
- Pollak, CP, Tryon WW, Nagaraja H, Dzonczyk R (2001) How accurately does wrist actigraphy identify the states of sleep and wakrefulness? *Sleep* **24**:957–965
- Prill T, Foerster F, Voderholzer U, Hornyak M, Fahrenberg J (2003): 24-Stunden-Monitoring des Restless-Legs-Syndroms mit multipler kalibrierter Akzelerometrie. Band 159 von Forschungsberichte des Instituts für Psychologie der Al-

- bert-Ludwigs-Universität Freiburg, Institut für Psychologie (Freiburg, Breisgau) 78 S.
- Principe JC, Smith JR (1982) Sleep spindle as a function of age. *Sleep* **5**:73–84
- Prinz PN, Vitiello MV (1993) Sleep loss in aging. In: Albarede JL, Morley JE, Roth T, Vellas BJ (eds). *Facts and research in gerontology Vol. 7: Sleep disorders and insomnia in the elderly*. Paris: Serdi Publisher. S. 55–68
- Rechtschaffen A, Kales A (Eds.), Berger RJ, Dement WC, Jacobson A, Johnson LC, Jouvett M, Monroe LJ, Oswald I, Roffwarg HP, Roth B, Walter RD (1968) *A Manual of Standardized Terminology, Techniques and Scoring System for Sleep Stages of Human Subjects*. Public Health Service, U.S. Government Printing Office, Washington D.C.
- Reeves MM, Davies PS, Bauer J, Battistutta D (2004) Reducing the time period of steady state does not affect the accuracy of energy expenditure measurements by indirect calorimetry. *Journal of Applied Physiology* **97**:130–134.
- Reimund E (1994) The free radical flux theory of sleep. *Medical Hypotheses* **43**:231–233
- Reyner A, Horne JA (1995) Gender and age-related differences in sleep and determined by home-recorded sleep logs and actimetry from 400 adults. *Sleep* **18**:127–134
- Richter P, Werner J, Bastine R (1994) Psychometrische Eigenschaften des Beck-Depressionsinventars (BDI): Ein Überblick. *Zeitschrift für Klinische Psychologie* **23**:3–19
- Richter P, Werner J, Heerlein A, Kraus A, Sauer A (1998) On the validity of the Beck Depression Inventory. *Psychopathology* **31**:160–168
- Riemann D, Backhaus J (Hrsg.) (1996) *Behandlung von Schlafstörungen: Ein psychologisches Gruppenprogramm*. Weinheim: Psychologie Verlags Union, 120 S.
- Riemann D, Voderholzer U, Berger M (2003) Nicht-erholsamer Schlaf und Insomnie. *Der Nervenarzt* **74**:456–469.
- Riemann D, Spiegelhalder K, Voderholzer U, Kaufmann R, Seer N, Klöpfer C, Hornyak M, Berger M, Espie C, Perlis M (2007) Primäre Insomnien: Neue Aspekte der Diagnostik und Differentialdiagnostik, Ätiologie und Pathophysiologie sowie Psychotherapie. *Somnologie* **11**:57–71.
- Riemann D, Nissen C (2011) Substanzinduzierte Schlafstörungen und Schlafmittelmissbrauch. *Bundesgesundheitsblatt* **54**:1325–1331
- Roberts SB, Gerard ED (2005) Energy requirements and aging. *Public Health Nutrition* **8**:1028–1036.
- Röhrle, B (1988) Fragebogen zur verhaltenstherapeutischen Diagnostik depressiver Störungen. Ein Kompendium. Tübingen: DGVT, 243 S.

- Roepke SK, Ancoli-Israel S (2010) Sleep disorders in the elderly. *Indian Journal of Medical Research* **131**:302–310
- Roehrs T, Roth T (2008) Caffeine: sleep and daytime sleepiness *Sleep Medicine Reviews* **12**: 153–162
- Rokuss K, Kalenka A, Bender HJ, Hinkelbein J (2009) Intensive care patients: Determining daily energy expenditure – a comparison of two methods [in German]. *Anaesthesist* **58**:787–794
- Roth T (1993) Sleep in the elderly: a clinical challenge. In: Albaredo JL, Morley JE, Roth T, Vellas BJ (eds). Facts and research in gerontology Vol. 7: *Sleep disorders and insomnia in the elderly*. Paris: Serdi Publisher. S.7–9
- Rühle KH, Mayer G (1998) Empfehlungen zur Begutachtung von Schlaf-Wachstörungen und Tagesschläfrigkeit. *Somnologie* **2**:89–95
- Sadeh A, Hauri PJ, Kripke DF, Lavie P (1995) The role of actigraphy in the evaluation of sleep disorders. *Sleep* **18**:288–302
- Sadeh A, Acebo C (2002) The role of actigraphy in sleep medicine. *Sleep Medicine Reviews* **6**:113–124
- Sahiner T, Aktan E, Kaleli B, Oguzhanoglu (1998) The effects of postmenopausal hormone replacement therapy on sympathetic skin response. *Maturitas* **30**:85–88
- Sánchez-Ortuño MM, Edinger JD, Means MK, Almirall D (2010) Home is where sleep is: an ecological approach to test the validity of actigraphy for the assessment of insomnia. *Journal of Clinical Sleep Medicine* **6**:21–29
- Savard J, Morin CM (2001) Insomnia in the context of cancer: a review of a neglected problem. *Journal of Clinical Oncology* **19**:895–908
- Schlegelmilch RM (2006) Das Armband-Kompodium. Körper-Monitoring und Lebensstilanalyse mit dem Bodymedia SenseWear Armband. Anwendung und Auswertung. Herausgegeben von SMT Medical & Co., Würzburg; 18 S.
- Schlicht W, Brand R (2007) Körperliche Aktivität, Sport und Gesundheit, Juventa Verlag Weinheim und München, 166 S.
- Schmitt M, Altstötter-Gleich C, Hinz A, Maes J Brähler E (2006) Normwerte für das Vereinfachte Beck-Depressions-Inventar (BDI-V) in der Allgemeinbevölkerung. *Diagnostica* **52**: 51–59
- Schneider S (2007) Zur diametralen Wirkung körperlicher Bewegung in Beruf und Freizeit auf das Rückenschmerzrisiko- Eine bundesweite Repräsentivstudie unter Berücksichtigung weiter sozialer Risikofaktoren. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* **58**:433–440
- Schoffelen PFM, Westerterp KR (2008) Intra-individual variability and adaptation of overnight- and sleeping metabolic rate. *Physiology and Behaviour* **94**:158–163.

- Schürer-Necker E (1994) Gedächtnis und Emotion: Zum Einfluss von Emotionen auf das Behalten von Texten. Weinheim; Beltz, Psychologie Verlags Union; 221 S.
- Schwartz S, McDowell Anderson W, Cole SR, Cornoni-Huntley J, Hays JC, Blazer D (1999) Insomnia and heart disease: a review of epidemiologic studies. *Journal of Psychosomatic Research* **47**:313–333
- Sherrill DL, Kotchou K, Quan SF (1998) Association of physical activity and human sleep disorders. *Archives of Internal Medicine* **158**:1894–1998
- Shin C, Lee S, Lee T, Shin K, Yi H, Kimm K, Cho N (2005) Prevalence of insomnia and its relationship to meno-pausal status in middle aged Korean women. *Psychiatry and Clinical Neurosciences* **59**: 395–402
- Siegel JM (2005) Clues to the functions of mammalian sleep. *Nature* **437**:1264–1271
- Siegel JM (2009) Sleep viewed as a state of adaptive inactivity. *Nature Reviews Neuroscience* **10**:747–754
- Signal TL, Gale J, Gander PH (2005) Sleep measurement in flight crew : comparing actigraphic and subjective estimates to polysomnography. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* **76**:1058–1063
- Sivertsen B, Omvik S, Havik OE, Pallesen S, Bjorvatn B, Høstmark N, Sivert S, Nordhus IH (2006) A comparison if actigraphy and polysomnographie in older adults treated for chronic primary insomnia. *Sleep* **29**:1353–1358
- Smith C (1995) Sleep states and memory process. *Behavioural Brain Research* **69**:137–145
- Smith-DiJulio K, Windsor C, Anderson D. (2010) The shaping of midlife women’s views of health and health behaviors. *Qualitative Health Research* **20**:966–976
- Spiegel K, Leproult R, L’Hermite-Balériaux, Copinschi G, Penev PD, van Couter E (2004) Leptin levels are dependent on sleep duration: Relationships with sympathovagal balance, carbohydrate regulation, Cortisol, and Thyrotropin. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* **89**:5762–5771
- Spiegel K, Knutson K, Leproult R, Tasali E, van Couter E (2005) Sleep loss: A novel risk factor for insulin resistance and type 2 diabetes. *Journal of Applied Physiology* **99**:2008–2019
- Sridhar GR, Madhu K (1994) Prevalence of sleep disturbance in diabetes mellitus. *Diabetes Research and Clinical Practice* **23**:183–186
- Staedt J, Riemann D (2007) Diagnostik und Therapie von Schlafstörungen. Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart 205 S.
- Steinberg R, Weeß HG, Landwehr R (2000) Schlafmedizin, Grundlagen und Praxis. Bremen: UNI-MED Verlag, 260 S.

- Steinmeyer EM (1993) Zur klinischen Validität des Beck-Depressionsinventars. *Der Nervenarzt* **64**:717–726.
- Stender M, Döring A, Hense HW, Schlichtherle S, M’Harzi S, Keil U (1991) Vergleich zweier Methoden zur Erhebung der körperlichen Aktivität. *Sozial- und Präventivmedizin* **36**:176–183
- Steward RB, Moore MT, May FE, Marks RG, Hale WE (1992) Nocturia: a risk factor for falls in the elderly. *Journal of the American Geriatrics Society* **40**: 1217–1220
- Strauch I (2010) Schlafgewohnheiten und Schlafqualität von der späten Kindheit bis ins Erwachsenenalter. Stuttgart: Schattauer GmbH, 118 S.
- Taillard J, Philip P, Chastang JF, Bioulac B (2004) Validation of Horne and Ostberg Morningness-Eveningness Questionnaire in a middle-aged population of french workers. *Journal of Biological Rhythms* **19**:76–86
- Thews G, Mutschler E, Vaupel P (1999) Anatomie, Physiologie, Pathophysiologie des Menschen. 5., völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, 868 S.
- Tryon WW (1996) Nocturnal activity and sleep assessment. *Cinical Psychology Review* **16**:197–213
- Tudor-Locke CE, Myers AM (2001) Methodological considerations for researchers and practitioners using pedometers to measure physical (ambulatory) activity. *Research Quarterly for Exercise and Sport* **72**:1–12
- Tulving E (1999) Study of memory: Process and systems. In: Foster JK, Jelicic M (Hrsg.). *Memory: Systems, process, or function?* Oxford; Oxford University Press. S. 11–30
- Tune GS (1969) Sleep and wakefulness in 509 normal human adults. *British Journal of Medical Psychology* **42**:75–80
- Tyler DB (1955) Psychological changes during experimental sleep deprivation. *Diseases of the Nervous System* **16**:293–299
- Vallièrès A, Morin CM (2003) Actigraphy in the assessment of insomnia. *Sleep* **26**:902–906
- Vitiello MV, Larsen LH, Moe KE (2004) Age-related sleep change: Gender and estrogen effects on the subjective-objective sleep quality relationships of healthy, noncomplaining older men and women. *Journal of Psychosomatic Research* **56**:503–510
- Vigeta SMG, Hachul H, Tufik S, Menicucci de Oliveira E (2011) Sleep in postmenopausal women. *Qualitative Health Research* DOI: 10.1177/1049732311422050

- Volkert D, Kreuel K, Stehle P (2004) Ernährung ab 65. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie* 37:436–443
- Voorrips L, Ravelli ACJ, Dongelmans PCA, Deurenberg P, Van Staveren WA (1991) A physical activity questionnaire for the elderly. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 23:974–979
- Wade AG (2010) The societal costs of insomnia. *Neuropsychiatric Disease and Treatment* 7:1–18
- Wagner U, Gais S, Born J (2001) Emotional memory formation is enhanced across sleep intervals with high amounts of rapid eye movement sleep. *Learning and Memory* 8:112–119
- Wagner U, Fischer S, Born J (2002) Changes in emotional responses to aversive pictures across periods rich of slow wave sleep versus rapid eye movement sleep. *Psychosomatic Medicine* 64:627–634
- Walker MP, Stickgold R (2004) Sleep-dependent learning and memory consolidation. *Neuron* 44:121–133
- Walker MP, Stickgold R (2006) Sleep, memory, and plasticity. *Annual Review of Psychology* 57:139–166
- Wei HG, Riel E, Czeisler CA, Dijk DJ (1999) Attenuated amplitude of circadian and sleep dependent modulation of electroencephalographic sleep spindle characteristics in elderly human subjects. *Neuroscience Letters* 260:29–32
- Weinsier RL, Schutz Y, Bracco D (1992) Reexamination of the relationship of resting metabolic rate to fat-free mass and to the metabolically components of fat-free mass in humans. *American Journal of Clinical Nutrition* 55:790–794
- Weir JB (1949) New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *The Journal of Physiology* 109:1–9.
- Weiss AR, Johnson NL, Berger NA, Redline S (2010) Validity of activity-based devices to estimate sleep. *Journal of Clinical Sleep Medicine* 6:336–342.
- Weitzman ED, Zimmerman JC, Czeisler CA, Ronda J (1983) Cortisol secretion is inhibited during sleep in normal man. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 56:352–358.
- Westerterp KR, Plasqui G (2004): Physical activity and human energy expenditure. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care* 7:607–613
- Westerterp-Plantenga MS, van Marken Lichtenbelt WD, Stobbe H, Schrauwen P (2002) Energy metabolism in humans at a lowered ambient temperature. *European Journal of Clinical Nutrition* 56:288–296.

- WHO (2002) The World Health Report 2002. Reducing risks – promoting healthy life. Geneva: World Health Organization.
Unter: http://www.who.int/whr/2002/en/whr02_en.pdf
- Wilcox S, Brenes GA, Levine D, Sevick MA, Shumaker SA, Craven T (2000) Factors related to sleep disturbance in older adults experiencing knee pain or knee pain with radiographic evidence of knee osteoarthritis. *Journal of the American Geriatrics Society* **48**:1241–1251.
- Wohlgemut WK, Edinger JD, Fins AI, Sullivan RJ (1999) How many nights are enough? The short-term stability of sleep parameters in elderly insomniacs and normal sleepers. *Psychophysiology* **36**:233–244
- Wouters-Adriaens MP, Westerterp KR (2006) Basal metabolic rate as a proxy for overnight energy expenditure: the effect of age. *British Journal of Nutrition* **95**:1166–1170.
- Yaroush R, Sullivan MJ, Ekstrand BR (1971) Effect of sleep on memory. Differential effect of the first and the second half of the night. *Journal of Experimental Neuroscience* **88**:361–366
- Young T, Rabago D, Zgierska A, Austin D, Finn L (2003) Objective and subjective sleep quality in premenopausal, perimenopausal, and postmenopausal women in the Wisconsin Sleep Cohort Study. *Sleep* **26**:667–672.
- Youngstedt SD, O'Connor PJ, Dishman RK (1997) The effects of acute exercise on sleep: a quantitative synthesis. *Sleep* **20**:203–214
- Zepelin H, Rechtschaffen A (1974) Mammalian sleep, longevity, and energy metabolism. *Brain, Behaviour and Evolution* **10**: 425–470
- Zhang B, Wing YK (2006) Sex differences in insomnia: a meta-analysis. *Sleep* **29**:85–93
- Zulley J (2007) Ohne Schlaf können wir nicht wach sein. Schlaf und Traum in der modernen Gesellschaft. Eine Einführung. In: Schlaf und Traum, Deutsches Hygiene-Museum Dresden, Helga Raulff (Hrsg.) und Michael Dormmann, Böhlau Verlag Köln, Weimar, 171 S.

Elektronische Quellen:

- URL 1:** <http://www.pharma.uzh.ch/static/schlafbuch/TITEL.htm>;
Borbély AA (1998) Das Geheimnis des Schlafes. Ausgabe für das Internet.
Universität Zürich; 196 S. (Stand: 14.06.2011, 14:17 Uhr)
- URL 2:** <http://hsc.unm.edu/som/psychiatry/geriatric%20fellowship/elective-sleep.shtml>
Department of Psychiatry – geriatric fellowship; University of New Mexico,
Albuquerque (Stand: 11.08.2011, 14:04)
- URL 3:** <http://www.mpipsykl.mpg.de/clinic/funktionsbereiche/schlaf/index.html>
Forschungsbereich Schlaflabor; Max-Planck-Institut für Psychiatrie, München
(Stand: 20.06.2011, 19:54)
- URL 4:** http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0017/43316/E92845.pdf; World
Health Organization, WHO (2009): Night noise guidelines for europe.
(Stand: 17.07.2011, 07:50 Uhr)
- URL 5:** http://www.who.int/whr/2002/en/whr02_en.pdf
WHO (2002) The World Health Report 2002. Reducing risks – promoting
healthy life. Geneva: World Health Organization
(Stand: 04.08.2011, 01:42 Uhr)
- URL 6:** <http://www.versorgungsleitlinien.de/methodik/nvl-archiv/vorversionen-depression/s3-nvl-unipolare-depression-konsultation1.2.pdf>
Deutsche Gesellschaft für Psychiatrie, Psychotherapie und Nervenheilkunde
(2009) Leitlinie S3 Leitlinie/Nationale Versorgungsleitlinie „Unipolare Depres-
sion“ Langfassung, 1. Auflage, Version 1.2 (Stand: 03.01.2012, 23:27 Uhr)
- URL 7:** [http://www.bodymedia.com/Professionals/Whitepapers/
The-SenseWear-armband-as-a-Sleep-Detection-Device](http://www.bodymedia.com/Professionals/Whitepapers/The-SenseWear-armband-as-a-Sleep-Detection-Device)
Sunseri M, Liden CB, Farrington J, Pelletier R, Safier S, Stivoric J, Teller A,
Vishnubhatla S. The SenseWear™ Armband as a sleep detection device.
(Stand 02.04.2008, 12:44)

7 Anhang

- A Probandeninformation und Einverständniserklärung
 - A 1 Probandeninformation
 - A 2 Einverständniserklärung
- B Verwendete Fragebogen
 - B 1 Allgemeiner Fragebogen
 - B 2 Fragebogen zur Bestimmung der Schlafqualität (PSQI)
 - B 3 Fragebogen zur Bestimmung der Tagesschläfrigkeit (ESS)
 - B 4 Fragebogen zur Bestimmung des Chronotyps (D-MEQ)
 - B 5 Abend-/Morgenprotokoll der DGSM
 - B 6 Fragebogen zur Bestimmung körperlicher Aktivität
 - B 6.1 Baecke/Vorrips Fragebogen (MBQ)
 - B 6.2 Freiburger Fragebogen
 - B 7 Beck Depressions Inventar
- C Datenbogen
- D Auswertebogen SWA (Bsp.)
- E Kolmogorov-Smirnov-Tests auf Normalverteilung der Daten
- F Deskriptive Statistik der diagnostizierten Erkrankungen

A Probandeninformation und Einverständniserklärung

A 1 Probandeninformationen (verkleinert)

C | A | U	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel	Mathematisch- Naturwissenschaftliche Fakultät
------------------	---	--

Zoologisches Institut - Abteilung Humanbiologie - Prof. Dr. Manuela Dittmar - Am Botanischen Garten 9
- 24118 Kiel - Tel.: 0431-880-4357

Probandeninformation

Proband(in)-Nr.: SH-.....

Ziel der Untersuchung:

Das Projekt befasst sich mit der „Analyse des menschlichen Schlafverhaltens im Alter“. Ziel ist herauszufinden, welche Faktoren die menschliche Schlafqualität beeinflussen (physiologische, chronobiologische und genetische Faktoren). Außerdem soll untersucht werden, wie genau das sog. Akzelerometer die Schlafqualität misst und wie aussagekräftig Fragebögen zum Schlafverhalten sind.

Durchführung der Untersuchung:

Sie füllen zunächst mehrere Fragebögen aus, mit denen Ihre Schlafqualität, Tagesschläfrigkeit und Ihr Chronotyp (Morgen- oder Abendmensch) bestimmt werden. Außerdem füllen Sie Fragebögen über Ihre körperliche Aktivität aus. ~~Danach geben Sie eine Speichelprobe für genetische Untersuchungen von sog. Uhrengenen ab, die Ihre Tagesrhythmik bestimmen.~~ Danach wird Ihnen die Handhabung des Akzelerometers erklärt, das Sie anschließend 48 Stunden als eine Art Armband am Oberarm tragen. Dieses Gerät misst Ihre körperliche Aktivität im Laufe eines Tages. Nach Abschluss der Messung bringen Sie das Gerät wieder in die Abteilung für Humanbiologie zurück, wo es ausgewertet wird. Bei einigen Probanden wird die Akzelerometermessung nach zwei Wochen wiederholt. Außerdem führen Sie zwei Tage ein Abend-/Morgenprotokoll.

Die Teilnahme an der Untersuchung ist freiwillig. Ihr Einverständnis können Sie jederzeit auch ohne Angabe von Gründen und ohne Nachteile zu erwarten zurücknehmen. Hinsichtlich des Versicherungsschutzes werden Sie vorsorglich darauf hingewiesen, dass Sie für Gesundheitsschäden oder sonstige Beeinträchtigungen, die Ihnen im Zusammenhang mit der Teilnahme an dieser Untersuchung entstehen, ohne dass ein Mitglied des Forscherteams ein schuldhaftes Fehlverhalten trifft, z.B. für Wegeunfälle, nicht versichert sind.

Datenschutz:

Ihre Daten aus dieser Untersuchung werden vertraulich behandelt und unterliegen den datenschutzrechtlichen Bestimmungen. Ihre Daten werden ausschließlich in der Abteilung für Humanbiologie der Christian-Albrechts-Universität gespeichert. Die Auswertung Ihrer Daten erfolgt anonymisiert (d.h. ohne Namensnennung). Die genetische Analyse der Proben beschränkt sich ausschließlich auf Uhrengene (*hAANAT*, *hClock*, *hPer1*, *hPer2*, *hPer3*, *hBmal1*, *hBmal2*, *hCry1*, *hCry*, *hTim*, *CKE*, *MTNR1A* und *MTNR1B*), die im Zusammenhang mit biologischen Rhythmen stehen. Ihre Angaben werden so gespeichert und aufbereitet, dass kein Rückschluss auf Ihre Person möglich ist. Die Daten werden ausschließlich unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten ausgewertet. Die Speicherung, Dokumentation, wissenschaftliche Auswertung und ggf. Publikation erfolgen ausschließlich in anonymisierter Form. Alle Personen, die Zugang zu den Proben bzw. Daten haben, sind der Wahrung des Datengeheimnisses verpflichtet. Nach der Auswertung der Ergebnisse werden Ihnen Ihre Befunde auf Wunsch mitgeteilt.

_____.i.A. _____ 2009

(Prof. Dr. M. Dittmar)

(Datum)

_____ 2009

(Unterschrift Proband)

(Datum)

Schlaflabor des Zentrums für Integrative Psychiatrie – Dr. Robert Göder –
Niemannsweg 147, 24105 Kiel – Tel 0431-99002664



Probandeninformation

Proband(in)-Nr.: SH-.....

Ziel der Untersuchung:

Das Projekt befasst sich mit der „Analyse des menschlichen Schlafverhaltens im Alter“. Ziel ist herauszufinden, welche Faktoren die menschliche Schlafqualität beeinflussen (physiologische, chronobiologische und genetische Faktoren). Außerdem soll untersucht werden, wie genau das sog. Akzelerometer die Schlafqualität misst und wie aussagekräftig Fragebögen zum Schlafverhalten sind.

Durchführung der Untersuchung:

Hiermit geben wir Ihnen einen Überblick über den Ablauf der von uns geplanten Untersuchung im Schlaflabor. Sie verbringen zwei Nächte im Schlaflabor:

1. Nacht:

Abends: Beginn gegen 21:00 Uhr
Anlegen des Akzelerometers (zur Messung Ihrer Aktivität)
Befestigung der Elektroden an festgelegten Punkten des Kopfes
Nachtruhe gegen 22:30 Uhr

Morgens: Weckzeit: etwa 6:30 Uhr
Entfernung der Elektroden
Anschließend können Sie nach Hause gehen. Nehmen Sie das Akzelerometer nicht ab.

2. Nacht:

Abends: Beginn gegen 20:00 Uhr
Befestigung der Elektroden, Neuropsychologischer Test (Figur abzeichnen)
Abendprotokoll ausfüllen (Selbstbeurteilung Schlaf und Stimmung)
Nachtruhe gegen 22:30 Uhr

Morgens: Weckzeit: etwa 6:30 Uhr
Entfernung der Elektroden
Morgenprotokoll ausfüllen (Selbstbeurteilung Schlaf und Stimmung)
Neuropsychologische Tests (15 Minuten), Abgabe des Akzelerometers

Anschließend wird Ihnen durch medizinisch geschultes Personal eine Blutprobe für genetische Analysen entnommen (ca. 5 ml Blut). Die Blutentnahmen können zu Schmerzen, ev. zu einem blauen Fleck und extrem selten zu einer Infektion führen.

Die Teilnahme an der Untersuchung ist freiwillig. Ihr Einverständnis können Sie jederzeit auch ohne Angabe von Gründen und ohne Nachteile zu erwarten zurücknehmen. Während der Nachtschlafableitungen sind Sie über das Zentrum für Integrative Psychiatrie (ZIP) versichert. Hinsichtlich des Versicherungsschutzes werden Sie vorsorglich darauf hingewiesen, dass Sie für Gesundheitsschäden oder sonstige Beeinträchtigungen, die Ihnen im Zusammenhang mit der Teilnahme an dieser Untersuchung entstehen, ohne dass ein Mitglied des Forscherteams ein schuldhaftes Fehlverhalten trifft, z.B. für Wegeunfälle, nicht versichert sind.

Datenschutz:

Ihre Daten aus dieser Untersuchung werden vertraulich behandelt und unterliegen den datenschutzrechtlichen Bestimmungen. Ihre Daten werden ausschließlich in der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie des Zentrums für Integrative Psychiatrie sowie der Abteilung für Humanbiologie der Christian-Albrechts-Universität gespeichert. Die Auswertung Ihrer Daten erfolgt anonymisiert (d.h. ohne Namensnennung). Ihre Angaben werden so gespeichert und aufbereitet, dass kein Rückschluss auf Ihre Person möglich ist. Die Daten werden ausschließlich unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten ausgewertet. Die Speicherung, Dokumentation, wissenschaftliche Auswertung und ggf. Publikation erfolgen ausschließlich in anonymisierter Form. Alle Personen, die Zugang zu den Proben bzw. Daten haben, sind der Wahrung des Datengeheimnisses verpflichtet. Nach der Auswertung der Ergebnisse werden Ihnen Ihre Befunde auf Wunsch mitgeteilt.

_____.i.A._____. 2009
(Dr. R. Göder, Oberarzt) (Datum)

_____. 2009
(Unterschrift Proband) (Datum)

A 2 Einverständniserklärungen (verkleinert)

C | A | U	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel	Mathematisch- Naturwissenschaftliche Fakultät
------------------	---	--

Zoologisches Institut - Abteilung Humanbiologie - Prof. Dr. Manuela Dittmar - Am Botanischen Garten 9 -
24118 Kiel - Tel.: 0431-880-4357

Einverständniserklärung

Proband(in)-Nr.: SH-.....

zur Studie: „Analyse des menschlichen Schlafverhaltens im Alter“

Name, Vorname des Probanden _____

Geburtsdatum: _____

Adresse: _____

Telefon-Nr.: _____

Handy-Nr.: _____

E-Mail-Adresse: _____

Hiermit erkläre ich mich mit der Teilnahme an der Untersuchung einverstanden.

Ich bin darüber informiert, dass ich jederzeit auch ohne Angabe von Gründen und ohne Nachteile mein Einverständnis zurücknehmen und von der Untersuchung zurücktreten kann.

Ich bin damit einverstanden, dass meine personenbezogenen, für die wissenschaftliche Erforschung notwendigen Daten gesammelt und gespeichert werden. Ich wurde informiert, dass meine Daten ausschließlich in der Abteilung für Humanbiologie der Christian-Albrechts-Universität gespeichert werden. Ich habe Anspruch auf Information über Ziel, Zweck und Verbleib dieser Datensammlung. Die Verarbeitung dieser Daten dient der wissenschaftlichen Forschung.

Alle Personen, die Zugang zu den Daten haben, sind der Wahrung des Datengeheimnisses verpflichtet. Die Blut-, Speichel- bzw. DNA-Proben werden anonymisiert (d.h. ohne Namensnennung) in den Räumen des Lehrstuhls für Humanbiologie der Christian-Albrechts-Universität gelagert. Alle Personen, die Zugang zu den Daten haben, sind der Wahrung des Datengeheimnisses verpflichtet. Publikationen erfolgen nur anonymisiert. Ich bin damit einverstanden, dass die entnommenen Speichelproben zu wissenschaftlichen, nicht-kommerziellen Untersuchungen verwendet werden und übertrage hiermit für den oben genannten Zweck den Studienleitern das Verfügungsrecht an diesem Material. Die genetische Analyse betrifft ausschließlich die Uhrengene (*hAANAT*, *hCLOCK*, *hPER1*, *hPER2*, *hPER3*, *hBMAL1*, *hBMAL2*, *hCRY1*, *hCRY2*, *hTIM*, *CKE*, *MTNR1A* UND *MTNR1B*).

Hinsichtlich des Versicherungsschutzes bin ich vorsorglich darauf hingewiesen worden, dass für Gesundheitsschäden oder sonstige Beeinträchtigungen, die bei mir im Zusammenhang mit der Teilnahme an dieser Untersuchung auftreten, ohne dass den Wissenschaftlern oder ihren Mitarbeitern ein schuldhaftes Fehlverhalten trifft, z. B. auch für Wegeunfälle, nicht versichert bin.

Ich bestätige, dass ich ausführliche Informationen erhalten habe und meine Fragen ausreichend beantwortet wurden. Eine Kopie der Probandeninformation habe ich erhalten. Ich habe zu der Untersuchung keinerlei weitere Fragen und mein Einverständnis bedarf keiner weiteren Bedenkzeit.

_____.i.A. _____ 2009

(Prof. Dr. M. Dittmar)

(Datum)

_____ 2009

(Unterschrift Proband)

(Datum)

Schlaflabor des Zentrums für Integrative Psychiatrie – Dr. Robert Göder –
Niemannsweg 147, 24105 Kiel – Tel 0431-99002664



Einverständniserklärung

Proband(in)-Nr.: SH-.....

zur Studie: „Analyse des menschlichen Schlafverhaltens im Alter“

Name, Vorname des Probanden _____
 Geburtsdatum: _____
 Adresse: _____
 Telefon-Nr.: _____
 Handy-Nr.: _____
 E-Mail-Adresse: _____

Hiermit erkläre ich mich mit der Teilnahme an der Untersuchung einverstanden.

Ich bin darüber informiert, dass ich jederzeit auch ohne Angabe von Gründen und ohne Nachteile mein Einverständnis zurücknehmen und von der Untersuchung zurücktreten kann.

Ich nehme freiwillig an insgesamt 2 Nachtableitungen im Schlaflabor des Zentrums für Integrative Psychiatrie Kiel teil, in denen mein nächtliches Schlafverhalten untersucht wird.

Ich bin damit einverstanden, dass meine Daten aufgezeichnet und anonymisiert (d.h. ohne Namensnennung) zur Auswertung der Ergebnisse verwendet werden. Alle im Rahmen der Studie erhobenen Daten werden strikt vertraulich gemäß dem Datenschutz behandelt. Alle Personen, die Zugang zu den Daten haben, sind der Wahrung des Datengeheimnisses verpflichtet. Einer wissenschaftlichen Auswertung der anonymisierten Daten und möglichen Veröffentlichung der Ergebnisse stimme ich zu. Publikationen erfolgen nur anonymisiert.

Hinsichtlich des Versicherungsschutzes bin ich vorsorglich darauf hingewiesen worden, dass für Gesundheitsschäden oder sonstige Beeinträchtigungen, die bei mir im Zusammenhang mit der Teilnahme an dieser Untersuchung auftreten, ohne dass den Wissenschaftlern oder ihren Mitarbeitern ein schuldhaftes Fehlverhalten trifft, z. B. auch für Wegeunfälle, nicht versichert bin.

Ich bestätige, dass ich ausführliche Informationen erhalten habe und meine Fragen ausreichend beantwortet wurden. Eine Kopie der Probandeninformation habe ich erhalten. Ich habe zu der Untersuchung keinerlei weitere Fragen und mein Einverständnis bedarf keiner weiteren Bedenkzeit.

_____.i.A. _____ 2009
 (Dr. R. Göder, Oberarzt) (Datum)

 (Unterschrift Proband) _____ 2009
 (Datum)

10. Haben Sie in Ihrem **Schlafzimmer**....
- | | | |
|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| ...einen Fernseher / DVD-Player? | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |
| ...ein Radio / CD-Player? | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |
| ...einen Arbeitsplatz? | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |
11. Halten Sie tagsüber ein **Nickerchen**?
- 0 nein 1 manchmal 2 ja: Minuten am Tag
12. Wie viele Stunden verbringen Sie durchschnittlich täglich außerhalb Ihrer Wohnung?
- Stunden am Tag
13. Wie lange halten Sie sich davon **draußen (wirklich im Freien!) bei Tageslicht** auf?
- An Arbeitstagen (Berufstätigkeit) Stunden Minuten
- An freien Tagen (keine Berufstätigkeit) Stunden Minuten
14. Haben Sie einen eigenen **Garten** oder halten sich regelmäßig in einem auf?
- 0 nein 1 ja, dort verbringe ich durchschnittlich Stunden/Tag
15. **Soziale Kontakte:** Wie oft treffen Sie sich in der Woche durchschnittlich mit Bekannten, Freunden, etc? Tage / Woche
16. **Selbsteinschätzung:** waren/sind Sie eher ein Morgentyp (früh munter) oder ein Abendtyp (spät munter)?
- | | Morgentyp | Mischtyp | Abendtyp |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Heute bin ich ein | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> |
| Im Alter von 20-40 Jahren war ich ein | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> |
| Als Teenager war ich ein | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> |
| Als Kleinkind war ich ein | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> |
17. Ihr/e **Partner/in** ist ein 1 Morgentyp? 2 Mischtyp? 3 Abendtyp?
18. Wie beurteilen Sie Ihren **Gesundheitszustand** im Vergleich zu Ihren Altersgenossen?
- 1 sehr schlecht 2 schlecht 3 mittel 4 gut 5 sehr gut
19. **Rauchen** Sie? 0 nein 1 ja Zigaretten (Zigarren) / Tag, seit Jahren
20. Wie viel **koffeinhaltige Getränke** trinken Sie in der Woche?
- | | |
|---------------------------|-------------------------------|
| Kaffee | Tassen (125 ml) / Woche |
| Espresso | Tassen (30 ml) / Woche |
| Tee (Schwarz, Grün, Mate) | Tassen (125 ml) /Woche |
| Cola / Energy-Drinks | Gläser (200 ml) / Woche |
21. Wie viel **Alkohol** trinken Sie in der Woche?
- | | |
|-----------|-------------------------------|
| Bier | Gläser (0,3 l) / Woche |
| Wein | Gläser (0,2 l) / Woche |
| sonstiges | Gläser (.....l) / Woche |

10. Wann nehmen Sie normalerweise Ihre letzte **warme Mahlzeit** zu sich?

Um Uhr

11. Wann nehmen Sie normalerweise die **letzte Mahlzeit des Tages** zu sich?

Um Uhr

12. Nehmen Sie **momentan** ein ...

... Schlafmittel? 0 nein 1 ja Name:

... Antidepressiva? 0 nein 1 ja Name:

... Johanniskraut? 0 nein 1 ja Name:

13. Wurde eine der folgenden **Erkrankungen** bei Ihnen vom Arzt diagnostiziert?

- | | | | | | |
|---|---------------------------------|-------------------------------|--|---------------------------------|-------------------------------|
| • Angina pectoris | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja | • Diabetes | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |
| • Koronare Herzkrankheit | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja | • Morbus Cushing
(zuviel Cortisol) | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |
| • Andere Herzerkrankung | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja | • Morbus Addison
(zuwenig Cortisol) | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |
| • Periphere arterielle
Verschlusskrankheit | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja | • Chron. Magen- /Speiseröhren-
entzündung | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |
| • Bluthochdruck | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja | • Erkrankungen mit
chron. Schmerzen | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |
| • Arthrose | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja | • Schlafbezogene
Atemstörungen | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |
| • Arthritis | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja | • Restless-leg-Syndrom (period.
Beinbewegungen) | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |
| • Gicht | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja | • Chronischer Juckreiz | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |
| • Krebserkrankung | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja | • Nierenerkrankung | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |
| • Chronische
Lungenerkrankung | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja | • Inkontinenz | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |
| • Chronisch-obstruktive
Lungenkrankheit | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja | • Prostatabeschwerden | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |
| • Asthma | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja | • Depressionen | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |
| • Bronchitis | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja | | | |
| • Osteoporose | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja | | | |
| • Darmerkrankung | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja | | | |

14. Haben Sie momentan weitere akute oder chronische **Krankheiten**? Wenn ja, welche?

.....

B 2 Fragebogen zur Erfassung der Schlafqualität (PSQI)

Schlafqualitäts-Fragebogen (PSQI)

Proband-Nr.: SH -.....

Datum:/...../.....

1. Wann sind Sie während der letzten vier Wochen gewöhnlich abends zu Bett gegangen?

..... Uhr

2. Wie lange hat es während der letzten vier Wochen gewöhnlich gedauert, bis Sie nachts eingeschlafen sind?

in Minuten:

3. Wann sind Sie während der letzten vier Wochen gewöhnlich morgens aufgestanden?

übliche Uhrzeit:

4. Wie viele Stunden haben Sie während der letzten vier Wochen pro Nacht tatsächlich geschlafen?

(Das muss nicht mit der Anzahl der Stunden, die Sie im Bett verbracht haben, übereinstimmen).

Effektive Schlafzeit (Stunden) pro Nacht:

Kreuzen Sie bitte für jede der folgenden Fragen die für Sie zutreffende Antwort an.
Beantworten Sie bitte alle Fragen.

5. Wie oft haben Sie während der letzten vier Wochen schlecht geschlafen, ...

- a) ... weil Sie nicht innerhalb von 30 Minuten einschlafen konnten?

- Während der letzten vier Wochen gar nicht
 Weniger als einmal pro Woche
 Einmal oder zweimal pro Woche
 Dreimal oder häufiger pro Woche

- b) ... weil Sie mitten in der Nacht oder früh morgens aufgewacht sind?

- Während der letzten vier Wochen gar nicht
 Weniger als einmal pro Woche
 Einmal oder zweimal pro Woche
 Dreimal oder häufiger pro Woche

c) ... weil Sie aufstehen mussten, um zur Toilette zu gehen?

- Während der letzten vier Wochen gar nicht
- Weniger als einmal pro Woche
- Einmal oder zweimal pro Woche
- Dreimal oder häufiger pro Woche

d) ... weil Sie Beschwerden beim Atmen hatten?

- Während der letzten vier Wochen gar nicht
- Weniger als einmal pro Woche
- Einmal oder zweimal pro Woche
- Dreimal oder häufiger pro Woche

e) ... weil Sie husten mussten oder laut geschnarcht haben?

- Während der letzten vier Wochen gar nicht
- Weniger als einmal pro Woche
- Einmal oder zweimal pro Woche
- Dreimal oder häufiger pro Woche

f) ... weil Ihnen zu kalt war?

- Während der letzten vier Wochen gar nicht
- Weniger als einmal pro Woche
- Einmal oder zweimal pro Woche
- Dreimal oder häufiger pro Woche

g) ... weil Ihnen zu warm war?

- Während der letzten vier Wochen gar nicht
- Weniger als einmal pro Woche
- Einmal oder zweimal pro Woche
- Dreimal oder häufiger pro Woche

h) ... weil Sie schlecht geträumt hatten?

- Während der letzten vier Wochen gar nicht
- Weniger als einmal pro Woche
- Einmal oder zweimal pro Woche
- Dreimal oder häufiger pro Woche

i) ... weil Sie Schmerzen hatten?

- Während der letzten vier Wochen gar nicht
- Weniger als einmal pro Woche
- Einmal oder zweimal pro Woche
- Dreimal oder häufiger pro Woche

j) ... aus anderen Gründen?

Bitte beschreiben:

Und wie oft während des letzten Monats konnten Sie aus diesem Grund schlecht schlafen?

- Während der letzten vier Wochen gar nicht
- Weniger als einmal pro Woche
- Einmal oder zweimal pro Woche
- Dreimal oder häufiger pro Woche

6. Wie würden Sie insgesamt die Qualität Ihres Schlafes während der letzten vier Wochen beurteilen?

- Sehr gut
- Ziemlich gut
- Ziemlich schlecht
- Sehr schlecht

7. Wie oft haben Sie während der letzten vier Wochen Schlafmittel eingenommen (vom Arzt verschriebene oder frei verkäufliche)?

- Während der letzten vier Wochen gar nicht
- Weniger als einmal pro Woche
- Einmal oder zweimal pro Woche
- Dreimal oder häufiger pro Woche

8. Wie oft hatten Sie während der letzten vier Wochen Schwierigkeiten wach zu bleiben, etwa beim Autofahren, beim Essen oder bei gesellschaftlichen Anlässen?

- Während der letzten vier Wochen gar nicht
- Weniger als einmal pro Woche
- Einmal oder zweimal pro Woche
- Dreimal oder häufiger pro Woche

9. Hatten Sie während der letzten vier Wochen Probleme, mit genügend Schwung die üblichen Alltagsaufgaben zu erledigen?

- Keine Probleme
- Kaum Probleme
- Etwas Probleme
- Große Probleme

10. Schlafen Sie allein in Ihrem Zimmer?

- Ja
- Ja, aber ein Partner/Mitbewohner schläft in einem anderen Zimmer
- Nein, der Partner schläft im selben Zimmer, aber nicht im selben Bett
- Nein, der Partner schläft im selben Bett

Falls Sie einen Mitbewohner / Partner haben, fragen Sie sie/ihn bitte, ob und wie oft er/sie bei Ihnen folgendes bemerkt hat.

a) Lautes Schnarchen

- Während der letzten vier Wochen gar nicht
- Weniger als einmal pro Woche
- Einmal oder zweimal pro Woche
- Dreimal oder häufiger pro Woche

- b) Lange Atempausen während des Schlafes
- Während der letzten vier Wochen gar nicht
 Weniger als einmal pro Woche
 Einmal oder zweimal pro Woche
 Dreimal oder häufiger pro Woche
- c) Zucken oder ruckartige Bewegungen der Beine während des Schlafes
- Während der letzten vier Wochen gar nicht
 Weniger als einmal pro Woche
 Einmal oder zweimal pro Woche
 Dreimal oder häufiger pro Woche
- d) Nächtliche Phasen von Verwirrung oder Desorientierung während des Schlafes
- Während der letzten vier Wochen gar nicht
 Weniger als einmal pro Woche
 Einmal oder zweimal pro Woche
 Dreimal oder häufiger pro Woche
- e) Oder andere Formen von Unruhe während des Schlafes
- Bitte beschreiben:
-

Machen Sie bitte noch folgende Angaben zu Ihrer Person:

Alter: _____ Jahre

Geschlecht: weiblich
 männlich

B 3 Fragebogen zur Tagesschläfrigkeit (ESS) (verkleinert)

ESS-FRAGEBOGEN

Proband(in)-Nr.: SH-.....
Datum:.....2009

Die fett gedruckte Frage bezieht sich auf Ihr normales Alltagsleben in der letzten Zeit:
Für wie wahrscheinlich halten Sie es, dass Sie in einer der folgenden Situationen einnicken oder einschlafen würden, - sich also nicht nur müde fühlen? Auch wenn Sie in der letzten Zeit einige dieser Situationen nicht erlebt haben, versuchen Sie sich trotzdem vorzustellen, wie sich diese Situationen auf Sie ausgewirkt hätten.

Benutzen Sie bitte die folgende Skala, um für jede Situation eine möglichst genaue Einschätzung vorzunehmen und kreuzen Sie die entsprechende Zahl an:

① = würde *niemals* einnicken

① = *geringe* Wahrscheinlichkeit einzunicken

② = *mittlere* Wahrscheinlichkeit einzunicken

③ = *hohe* Wahrscheinlichkeit einzunicken

Bitte kreuzen Sie eine Möglichkeit an:

Situation	Wahrscheinlichkeit einzunicken
Im Sitzen lesend	① ② ③
Beim Fernsehen	① ② ③
Wenn Sie passiv (als Zuhörer) in der Öffentlichkeit sitzen (z.B. im Theater oder bei einem Vortrag)	① ② ③
Als Beifahrer im Auto während einer einstündigen Fahrt ohne Pause	① ② ③
Wenn Sie sich am Nachmittag hingelegt haben, um auszuruhen	① ② ③
Wenn Sie sitzen und sich mit jemand unterhalten	① ② ③
Wenn Sie nach dem Mittagessen (ohne Alkohol) ruhig dasitzen	① ② ③

B 4 Fragebogen zu Beurteilung des Chronotyps (D-MEQ)

Chronotyp - Horne-Östberg-Fragebogen
(dt. validierte Version von Griefahn et al. 2001, D-MEQ)

Proband/in-Nr.: SH -.....

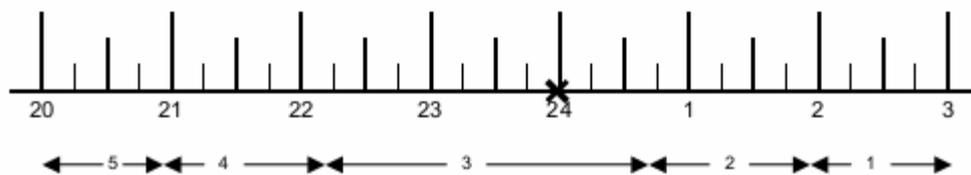
Datum: 2009

1. Bitte lesen Sie jede Frage sorgfältig durch, bevor Sie antworten.
2. Beantworten Sie bitte alle Fragen, auch dann wenn Sie sich bei einer Frage unsicher sind.
3. Beantworten Sie die Fragen in der vorgegebenen Reihenfolge.
4. Beantworten Sie die Fragen so schnell wie möglich. Es sind die ersten Reaktionen auf die Fragen, die uns mehr interessieren als eine lange überlegte Antwort.
5. Beantworten Sie jede Frage ehrlich. Es gibt keine richtige oder falsche Antwort.

Beantwortungsbeispiele

- a) Um wieviel Uhr werden Sie abends müde und haben das Bedürfnis, schlafen zu gehen ?

Hier sind **Zeitpunkte** gefragt. Kreuzen Sie bitte die für Sie zutreffende Zeit an. z.B.,



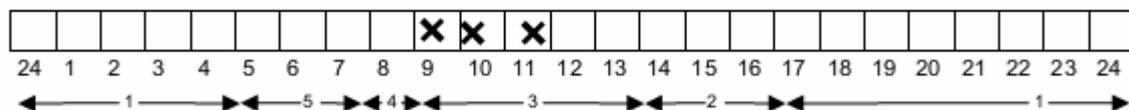
- b) Wenn Sie um 23 Uhr zu Bett gehen sollten, wie müde wären Sie dann ?

Kreuzen Sie bitte jeweils nur eine Antwortmöglichkeit an.

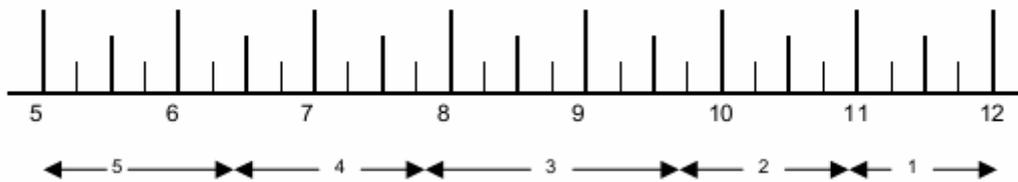
- Überhaupt nicht müde 0
 Etwas müde 2
 Ziemlich müde 3
 Sehr müde 5

- c) Zu welcher Tageszeit fühlen Sie sich Ihrer Meinung nach am besten ?

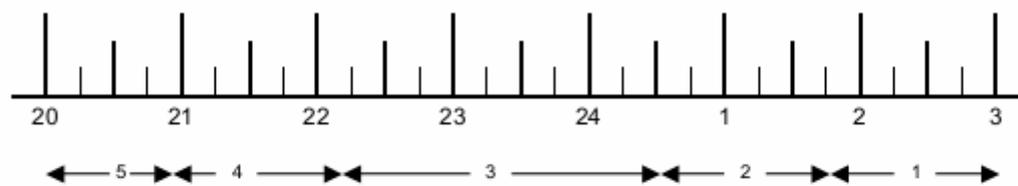
Hier ist ein **Zeitraum** gefragt. Kreuzen Sie bitte den für Sie zutreffenden Zeitraum an. z.B.,



1. Wenn es nur nach Ihrem eigenen Wohlbefinden ginge und Sie Ihren Tag völlig frei einteilen könnten, wann würden Sie dann aufstehen ?



2. Wenn es nur nach Ihrem eigenen Wohlbefinden ginge und Sie Ihren Abend völlig frei gestalten könnten, wann würden Sie dann zu Bett gehen ?



3. Wie sehr sind Sie von Ihrem Wecker abhängig, wenn Sie morgens zu einer bestimmten Zeit aufstehen müssen ?

- Überhaupt nicht abhängig 4
 Etwas abhängig 3
 Ziemlich abhängig 2
 Sehr abhängig 1

4. Wie leicht fällt es Ihnen üblicherweise morgens aufzustehen ?

- Überhaupt nicht leicht 1
 Nicht sehr leicht 2
 Ziemlich leicht 3
 Sehr leicht 4

5. Wie wach fühlen Sie sich morgens in der ersten halben Stunde nach dem Aufwachen ?

- Überhaupt nicht wach 1
 Ein bisschen wach 2
 Ziemlich wach 3
 Sehr wach 4

6. Wie ist Ihr Appetit in der ersten halben Stunde nach dem Aufwachen ?

- Sehr gering 1
 Ziemlich gering 2
 Ziemlich gut 3
 Sehr gut 4

7. Wie müde fühlen Sie sich morgens in der ersten halben Stunde nach dem Aufwachen ?

- Sehr müde 1
 Ziemlich müde 2
 Ziemlich frisch 3
 Sehr frisch 4

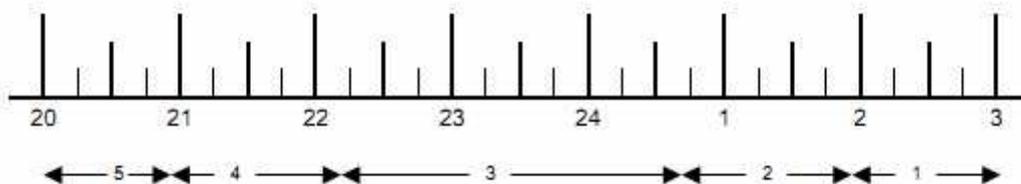
8. Wenn Sie am folgenden Tag keinerlei Verpflichtungen haben, wann gehen Sie dann – verglichen mit Ihrer üblichen Schlafenszeit – zu Bett ?

- Selten oder nie später 4
 Weniger als eine Stunde später 3
 1-2 Stunden später 2
 Mehr als 2 Stunden später 1

9. Sie haben beschlossen, sich körperlich zu betätigen. Ein Freund rät Ihnen, zweimal wöchentlich eine Stunde zu trainieren; für ihn sei die beste Zeit zwischen 7 und 8 Uhr. Ausgehend von Ihrem eigenen Wohlbefinden, wie schätzen Sie Ihre Leistungsfähigkeit zu dieser Zeit ein ?

- Ich wäre gut in Form 4
 Ich wäre ziemlich in Form 3
 Es wäre ziemlich schwierig für mich 2
 Es wäre sehr schwierig für mich 1

10. Um wie viel Uhr werden Sie abends müde und haben das Bedürfnis schlafen zu gehen ?



11. Sie möchten für einen zweistündigen Test, von dem Sie wissen, dass er mental sehr beansprucht, in Bestform sein. Wenn es nur nach Ihrem eigenen Wohlbefinden ginge und wenn Sie Ihren Tag völlig frei einteilen könnten, welchen der vier Test-Zeiträume würden Sie wählen ?

- 8 – 10 Uhr 6
11 – 13 Uhr 4
15 – 17 Uhr 2
19 – 21 Uhr 0

12. Wenn Sie um 23 Uhr zu Bett gehen sollten, wie müde wären Sie dann ?

- Überhaupt nicht müde 0
Etwas müde 2
Ziemlich müde 3
Sehr müde 5

13. Aus irgendeinem Grund sind Sie einige Stunden später als gewöhnlich zu Bett gegangen. Es besteht jedoch keine Notwendigkeit, am nächsten Morgen zu einer bestimmten Uhrzeit aufzustehen. Welcher der folgenden Fälle wird bei Ihnen am ehesten eintreten ?

- Ich werde zur üblichen Zeit wach und schlafe nicht wieder ein 4
Ich werde zur üblichen Zeit wach und döse danach noch ein wenig 3
Ich werde zur üblichen Zeit wach, schlafe dann aber wieder ein 2
Ich wache erst später als üblich auf 1

14. In einer Nacht müssen Sie für eine Nachtwache zwischen 4 und 6 Uhr wach sein. Am darauf folgenden Tag haben Sie keine weiteren Verpflichtungen. Welche der nachfolgenden Alternativen sagt Ihnen am ehesten zu ?

- Ich werde erst nach der Nachtwache zu Bett gehen 1
Ich werde vorher ein Nickerchen machen und nach der Nachtwache schlafen 2
Ich werde vorher richtig schlafen und hinterher noch ein Nickerchen machen 3
Ich werde nur vorher schlafen 4

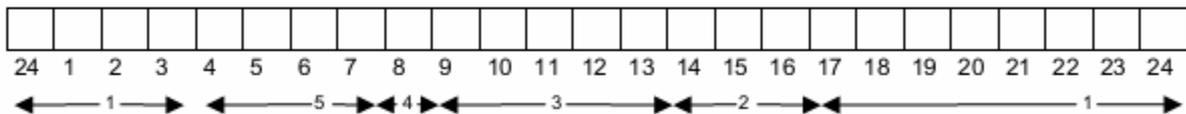
15. Sie müssen zwei Stunden körperlich schwer arbeiten und können sich Ihren Tag völlig frei einteilen. Wenn es nur nach Ihrem eigenen Wohlbefinden ginge, welche der folgenden Zeiten würden Sie wählen ?

- 8 – 10 Uhr 4
11 – 13 Uhr 3
15 – 17 Uhr 2
19 – 21 Uhr 1

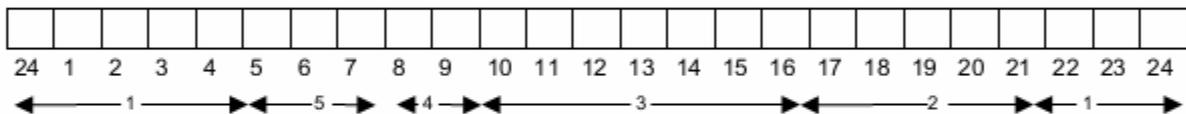
16. Sie haben sich zu einem anstrengenden körperlichen Training entschlossen. Ein Freund rät Ihnen, zweimal wöchentlich eine Stunde zu trainieren; für ihn sei die beste Zeit zwischen 22 und 23 Uhr. Ausgehend von Ihrem eigenen Wohlbefinden, wie schätzen Sie Ihre Leistungsfähigkeit zu dieser Zeit ein ?

- Ich wäre gut in Form 1
 Ich wäre ziemlich in Form 2
 Es wäre ziemlich schwierig für mich 3
 Es wäre sehr schwierig für mich 4

17. Angenommen, Sie könnten Ihre Arbeitszeit frei wählen und Ihre Arbeitszeit beträgt 5 Stunden pro Tag (einschließlich der Pausen), die Tätigkeit ist interessant und wird nach Erfolg bezahlt. Welche 5 aufeinander folgenden Stunden würden Sie wählen ?



18. Zu welcher Tageszeit fühlen Sie sich Ihrer Meinung nach am besten ?



19. Man spricht bei Menschen von ‚Morgen-‘ und ‚Abendtypen‘. Zu welchem der folgenden Typen zählen Sie sich ?

- Eindeutig ‚Morgentyp‘ 6
 Eher ‚Morgentyp‘ als ‚Abendtyp‘ 4
 Eher ‚Abendtyp‘ als ‚Morgentyp‘ 2
 Eindeutig ‚Abendtyp‘ 0

Alter: Jahre

Geschlecht: 1 männlich 2 weiblich

Vielen Dank !

B 5 Abend-/Morgenprotokoll der DGSM

ABEND-/MORGENPROTOKOLLE**WICHTIG: UNBEDINGT VOR DER ERSTBEARBEITUNG LESEN!**

Wir möchten Sie bitten, diese Abend/Morgenprotokolle **regelmäßig, vollständig und sorgfältig zu bearbeiten**. Nur so können wir die darin enthaltenen Informationen zu Ihrem Nutzen bearbeiten. Es gibt keine bessere Methode, sich ein umfassendes Bild von Ihren Schlafgewohnheiten und/oder -störungen zu machen, als über längere Zeiträume hinweg gründlich Buch zu führen; so können so auch komplizierte Zusammenhänge erkannt werden. **Nehmen Sie diese Aufgabe bitte sehr ernst.**

Sie müssen sich unmittelbar **vor dem abendlichen Lichtlöschen** und unmittelbar **nach dem morgendlichen Aufstehen** jeweils etwa **fünf Minuten** Zeit nehmen, um das Protokoll zu bearbeiten. Die gestellten Fragen beantworten Sie, indem Sie einerseits die erfragte Angabe machen, andererseits, indem Sie die für Sie passende Antwortvorgabe **ankreuzen**. Ein Beispiel, in dem beide Fälle zusammenkommen sieht dann so aus:

Wie lange haben Sie insgesamt geschlafen?	➤	War dies für Sie vergleichsweise...					
ca. ____ Std. ____ Min.		sehr lang	ziemlich lang	eher lang	eher kurz	ziemlich kurz	sehr kurz

Im Sinne einer Aufwandsersparnis für Sie haben wir den Fragebogen so konstruiert, daß Sie Eintragungen jeweils nur vornehmen müssen, wenn die jeweilige Fragestellung Sie auch betrifft. Wenn Sie also beispielsweise tagsüber nicht geraucht haben, machen Sie bei der entsprechenden Frage einfach keinen Vermerk.

Mit Ausnahme der abendlichen Zu-Bett-Gehzeit und des morgendlichen Aufwachens und Aufstehens (hier benötigen wir die Uhrzeit!) sind wir an ihrer **subjektiven Einschätzung** von Zeiträumen interessiert, beispielsweise also an Ihrer subjektiven Einschätzung der nächtlichen Gesamtschlafzeit in Stunden und Minuten **und** an Ihrer Bewertung dieser Zeitspanne als kurz, mittel oder lang. Zur Bearbeitung dieses Fragebogens brauchen Sie **nachts keine Uhr**.

Sollten Sie Probleme bei der Bearbeitung unserer Abend/Morgenprotokolle haben, wenden Sie sich bitte vertrauensvoll an uns!

Wir danken Ihnen für Ihre gewissenhafte Mitarbeit!

Wochentag:	Datum:	Probanden-Nr.: SH-
------------	--------	---------------------------

ABENDPROTOKOLL

Zutreffendes bitte ankreuzen!

1 Wie fühlen Sie sich jetzt?	➤	bedrückt	ziemlich bedrückt	eher bedrückt	eher unbeschwert	ziemlich unbeschwert	unbeschwert
	➤	matt	ziemlich matt	eher matt	eher frisch	ziemlich frisch	frisch
	➤	angespannt	ziemlich angespannt	eher angespannt	eher entspannt	ziemlich entspannt	entspannt

2 Wie war heute Ihre durchschnittliche Leistungsfähigkeit?	➤	gut	ziemlich gut	eher gut	eher schlecht	ziemlich schlecht	schlecht
--	---	-----	--------------	----------	---------------	-------------------	----------

3 Haben Sie sich heute müde oder erschöpft gefühlt?	Wenn ja:	ein wenig müde	ziemlich müde	sehr müde	ein wenig erschöpft	ziemlich erschöpft	sehr erschöpft
---	----------	----------------	---------------	-----------	---------------------	--------------------	----------------

4 Haben Sie heute tagsüber geschlafen?	Wenn ja:	Wie lange insgesamt? ca. ____ Min.	➤	Wie oft? ____ Mal	➤	Wann? ____ : ____ Uhr bis ____ : ____ Uhr
--	----------	--	---	-----------------------------	---	---

5 Hat es für Sie heute besonders starke Belastungen gegeben?	Wenn ja:	körperlicher Natur	geistiger Natur	seelischer Natur
--	----------	--------------------	-----------------	------------------

6 Haben Sie in den letzten 4 Stunden Genussmittel zu sich genommen?	Wenn ja:	Welche?	Wieviel?	War dies für Sie vergleichsweise...		
		Kaffee / Schwarzer Tee	____ Tassen	wenig	normal	viel
		Coca Cola	____ Gläser			
		Bier (0,3 l)	____ Gläser			
		Wein / Sekt (0,1 l)	____ Gläser	wenig	normal	viel
		Spirituosen (2 cl)	____ Gläser			
	Zigaretten	____ Stück				
	Zigarren / Pfeifen	____ Stück	wenig	normal	viel	

7	Wann sind Sie zu Bett gegangen? ____ : ____ Uhr
----------	--

8	Hat sich heute irgendetwas Außergewöhnliches ereignet, teilen Sie es uns bitte in Ihren Worten mit:

Bitte setzen Sie morgen früh die Bearbeitung auf der Rückseite fort!

Wochentag:	Datum:	Probanden-Nr.: SH-
------------	--------	--------------------

MORGENPROTOKOLL

9	Wie fühlen Sie sich jetzt?	bedrückt	ziemlich bedrückt	eher bedrückt	eher unbeschwert	ziemlich unbeschwert	Unbeschwert
		matt	ziemlich matt	eher matt	eher frisch	ziemlich frisch	Frisch
		angespannt	ziemlich angespannt	eher angespannt	eher entspannt	ziemlich entspannt	entspannt

10	Wie erholsam war Ihr Schlaf?	sehr erholsam	ziemlich erholsam	mittelmäßig erholsam	kaum erholsam	gar nicht erholsam
----	------------------------------	---------------	-------------------	----------------------	---------------	--------------------

11	Wie lange waren Sie abends im Bett, bevor Sie das Licht löschten?	ca. _____ Min.
----	---	----------------

12	Wie lange hat es anschließend gedauert, bis Sie einschliefen?	sofort eingeschlafen	War dies für Sie vergleichsweise...	sehr kurz	kurz	normal	lang	sehr lang
		ca. _____ Std. _____ Min.						
		gar nicht geschlafen						

13	Waren Sie nachts wach?	Wenn ja:	Wie oft?	War dies für Sie vergleichsweise...	Sind Sie währenddessen vorwiegend...	
			ca. _____ Mal			selten	normal	häufig	aufgestanden	im Bett geblieben
			Wie lange insgesamt?	War dies für Sie vergleichsweise...		
			ca. _____ Std. _____ Min.	kurz	normal	lang

Sofern Sie schlecht geschlafen haben, woran hat es gelegen? (mehrfaches Ankreuzen möglich)

14	persönliche Probleme	Schmerzen	Geräusche/Lärm	körperliche Mißempfindungen
	berufliche Probleme	Herzbeschwerden	fremde Schlafumgebung	konnte nicht aufhören zu denken
	ich hatte geträumt	Atembeschwerden	Hunger oder Durst	Beschäftigung mit Banalitäten
	innere Unruhe	starkes Schwitzen	ich musste zur Toilette	weiß ich nicht
	Sonstiges:			

15	Haben Sie nachts geträumt?	Wenn ja:	viel	mittel	wenig	angenehm	neutral	unangenehm
----	----------------------------	----------	------	--------	-------	----------	---------	------------

16	Wann sind Sie aufgewacht?	____:____ Uhr	Wurden Sie zuletzt...	Empfanden Sie das als...

17	Wie lange haben Sie insgesamt geschlafen?	ca. _____ Std. _____ Min.	War dies für Sie vergleichsweise...	sehr lang	ziemlich lang	eher lang	eher kurz	ziemlich kurz	sehr kurz

18	Wann sind Sie heute morgen endgültig aufgestanden?	____:____ Uhr
----	--	---------------

19	Haben Sie, seit Sie gestern morgen aufgestanden sind, bis jetzt (auch nachts) Medikamente genommen?	Wenn ja:	Welche?	Wieviel?	Um welche Uhrzeit

B 6 Fragebogen zur körperlichen Aktivität (verkleinert)

B 6.1 modifizierter Baecke Fragebogen (MBQ)

KÖRPERLICHE AKTIVITÄTS-ANALYSE

PROBAND/IN-NR.: SH-.....

Datum: _____
Geburtsdatum: _____Geschlecht: männlich weiblich
Alter: _____ Jahre**AKTIVITÄTEN IM HAUSHALT** (Zutreffendes bitte ankreuzen)**S1. Machen Sie leichte Hausarbeit (Staubwischen, Geschirrspülen, Kleidung ausbessern, usw.)?**

- 0 Nie (seltener als ein Mal im Monat)
 1 Manchmal (nur, wenn der Partner oder eine andere Hilfe nicht verfügbar ist)
 2 Meist (manchmal dabei durch Partner oder andere Hilfe unterstützt)
 3 Immer (alleine oder zusammen mit dem Partner)

S2. Machen Sie schwere Hausarbeit (Fußboden wischen, Fenster putzen, Müll wegtragen, usw.)?

- 0 Nie (seltener als ein Mal im Monat)
 1 Manchmal (nur, wenn der Partner oder eine andere Hilfe nicht verfügbar ist)
 2 Meist (manchmal dabei durch Partner oder andere Hilfe unterstützt)
 3 Immer (alleine oder zusammen mit dem Partner)

S3. Für wie viele Personen führen Sie den Haushalt? (zählen Sie sich bitte dazu)

_____ Personen

S4. Wie viele Räume halten Sie sauber? (einschließlich Küche, Schlafzimmer, Bad, Keller, Dachboden, Garage, usw.)

- 0 Ich mache keine Hausarbeit
 1 1-6 Räume
 2 7-9 Räume
 3 10 und mehr Räume

S5. Falls Sie Räume sauberhalten: über wie viele Stockwerke erstrecken sich diese?

_____ Stockwerke

S6. Kochen Sie warme Mahlzeiten selber oder helfen Sie beim Kochen?

- 0 Nie
 1 Manchmal
 2 Meist
 3 Immer

S7. Wie viele Treppen steigen Sie pro Tag hinauf? (Eine „Treppe“ sind 10 Stufen)

- 0 Ich steige nie Treppen hinauf
 1 1-5 Treppen (10-50 Stufen)
 2 6-10 Treppen (60-100 Stufen)
 3 Über 10 Treppen (über 100 Stufen)

Subtotal Seite 1

Übertrag Subtotal Seite 1 **S8. Wenn Sie in die Stadt gehen (außer Einkaufen), welche Transportmöglichkeit nutzen Sie?**

- 0 Ich verlasse nie das Haus
 1 Auto
 2 Öffentliches Verkehrsmittel (Bus, Straßenbahn, usw.)
 3 Fahrrad
 4 Ich gehe zu Fuß

S9. Wie oft verlassen Sie das Haus zum Einkaufen?

- 0 Nie oder seltener als 1 Mal pro Woche
 1 1 Mal pro Woche
 2 2-4 Mal pro Woche
 3 Täglich

S10. Wenn Sie zum Einkaufen gehen: welche Transportmöglichkeit nutzen Sie?

- 0 Ich gehe nie zum Einkaufen
 1 Auto
 2 Öffentliches Verkehrsmittel (Bus, Straßenbahn, usw.)
 3 Fahrrad
 4 Ich gehe zu Fuß

Total Haushalts-Aktivitäts-Punkte **SPORTLICHE AKTIVITÄTEN****Treiben Sie Sport?** (z.B. Gymnastik, Wandern, Schwimmen, Tanzen, Kegeln, usw.)

Sport 1:	Sportart: <i>(bitte notieren)</i>		
	Intensität:	1a	.....
	Stunden pro Woche:	1b	.....
	Monate im Jahr:	1c	.....
			Subtotal Sport 1 <input type="text"/>
Sport 2:	Sportart: <i>(bitte notieren)</i>		
	Intensität:	2a	.....
	Stunden pro Woche:	2b	.....
	Monate im Jahr:	2c	.....
			Subtotal Sport 2 <input type="text"/>
Sport 3:	Sportart: <i>(bitte notieren)</i>		
	Intensität:	3a	.....
	Stunden pro Woche:	3b	.....
	Monate im Jahr:	3c	.....
			Subtotal Sport 3 <input type="text"/>
Sport 4:	Sportart: <i>(bitte notieren)</i>		
	Intensität:	4a	.....
	Stunden pro Woche:	4b	.....
	Monate im Jahr:	4c	.....
			Subtotal Sport 4 <input type="text"/>
			Total Sport-Aktivitäts-Punkte <input type="text"/>

FREIZEIT AKTIVITÄTEN

Führen Sie noch andere körperlichen Aktivitäten durch? (z.B. Gartenarbeit, Rasenmähen, Handwerken, Reparaturen am Haus, usw.)

Aktivität 1:	Name der Aktivität: (<i>bitte notieren</i>) _____		
	Intensität: _____	1a	.....
	Stunden pro Woche: _____	1b	.....
	Monate im Jahr: _____	1c	.....
		Subtotal Aktivität 1	<input type="text"/>
Aktivität 2:	Name der Aktivität: (<i>bitte notieren</i>) _____		
	Intensität: _____	2a	.....
	Stunden pro Woche: _____	2b	.....
	Monate im Jahr: _____	2c	.....
		Subtotal Aktivität 2	<input type="text"/>
Aktivität 3:	Name der Aktivität: (<i>bitte notieren</i>) _____		
	Intensität: _____	3a	.....
	Stunden pro Woche: _____	3b	.....
	Monate im Jahr: _____	3c	.....
		Subtotal Aktivität 3	<input type="text"/>
Aktivität 4:	Name der Aktivität: (<i>bitte notieren</i>) _____		
	Intensität: _____	4a	.....
	Stunden pro Woche: _____	4b	.....
	Monate im Jahr: _____	4c	.....
		Subtotal Aktivität 4	<input type="text"/>
Aktivität 5:	Name der Aktivität: (<i>bitte notieren</i>) _____		
	Intensität: _____	5a	.....
	Stunden pro Woche: _____	5b	.....
	Monate im Jahr: _____	5c	.....
		Subtotal Aktivität 5	<input type="text"/>
Aktivität 6:	Name der Aktivität: (<i>bitte notieren</i>) _____		
	Intensität: _____		.....
	Stunden pro Woche: _____		.....
	Monate im Jahr: _____		.....
		Subtotal Aktivität 6	<input type="text"/>
		Total Freizeit-Aktivitäts-Punkte	<input type="text"/>

KÖRPERLICHE AKTIVITÄTS-ANALYSE
- BAECKE-FRAGEBOGEN -

PROBAND/IN-NR.: SH-.....

Datum:
Geburtsdatum:

Geschlecht: männlich weiblich
Alter: Jahre

Erhebungsinstrument: „Physical activity questionnaire for the elderly“ nach Voorrips et. al (1991)

Referenz: Voorrips LE, et. al (1991): A physical activity questionnaire for the elderly.
Medicine and Science in Sports and Exercise. 23:974-979

Auswertung: (s. Referenz):

Haushalts-Aktivitäts-Punkte:
$$\frac{(S1+S2+S3+S4+S5+S6+S7+S8+S9+S10)}{10} = \frac{\boxed{}}{10} = \boxed{}$$

Sport-Aktivitäts-Punkte:
$$\sum_{i=1}^4 (ia * ib * ic) = \boxed{}$$

Freizeit-Aktivitäts-Punkte:
$$\sum_{j=1}^6 (ja * jb * jc) = \boxed{}$$

Gesamt-Punkte: Haushaltspunkte + Sportpunkte + Freizeitpunkte =

Gesamtbefund:

- 1 = geringe körperliche Aktivität
- 2 = mittlere körperliche Aktivität
- 3 = hohe körperliche Aktivität

B 7 Beck Depressions Inventar

BDI

Probandin Nr.: SH- _____

vom _____ 2008

Dieser Fragebogen enthält 21 Gruppen von Aussagen. Bitte lesen Sie jede Gruppe sorgfältig durch. Suchen Sie dann die eine Aussage in jeder Gruppe heraus, die am besten beschreibt, wie Sie sich in dieser Woche einschließlich heute gefühlt haben und kreuzen Sie die dazugehörige Ziffer (0, 1, 2 oder 3) an. Falls mehrere Aussagen einer Gruppe gleichermaßen zutreffen, können Sie auch mehrere Ziffern markieren. Lesen Sie auf jeden Fall alle Aussagen in jeder Gruppe, bevor Sie Ihre Wahl treffen.

- | | |
|---|--|
| <p>A 0 <input type="checkbox"/> Ich bin nicht traurig.
 1 <input type="checkbox"/> Ich bin traurig.
 2 <input type="checkbox"/> Ich bin die ganze Zeit traurig und komme nicht davon los.
 3 <input type="checkbox"/> Ich bin so traurig und unglücklich, dass ich es kaum noch ertrage.</p> <p>B 0 <input type="checkbox"/> Ich sehe nicht besonders mutlos in die Zukunft
 1 <input type="checkbox"/> Ich sehe mutlos in die Zukunft.
 2 <input type="checkbox"/> Ich habe nichts, worauf ich mich freuen kann.
 3 <input type="checkbox"/> Ich habe das Gefühl, dass die Zukunft hoffnungslos ist, und dass die Situation nicht besser werden kann.</p> <p>C 0 <input type="checkbox"/> Ich fühle mich nicht als Versager.
 1 <input type="checkbox"/> Ich habe das Gefühl, öfter versagt zu haben als der Durchschnitt.
 2 <input type="checkbox"/> Wenn ich auf mein Leben zurückblicke, sehe ich bloß eine Menge Fehlschläge.</p> <p>D 0 <input type="checkbox"/> Ich kann die Dinge genauso genießen wie früher.
 1 <input type="checkbox"/> Ich kann die Dinge nicht mehr so genießen wie früher.
 2 <input type="checkbox"/> Ich kann aus nichts mehr eine echte Befriedigung ziehen.</p> <p>E 0 <input type="checkbox"/> Ich habe keine Schuldgefühle.
 1 <input type="checkbox"/> Ich habe häufig Schuldgefühle.
 2 <input type="checkbox"/> Ich habe fast immer Schuldgefühle.
 3 <input type="checkbox"/> Ich habe immer Schuldgefühle.</p> <p>F 0 <input type="checkbox"/> Ich habe nicht das Gefühl, gestraft zu sein.
 1 <input type="checkbox"/> Ich habe das Gefühl, vielleicht bestraft zu werden.
 2 <input type="checkbox"/> Ich erwarte, bestraft zu werden.
 3 <input type="checkbox"/> Ich habe das Gefühl, bestraft zu sein.</p> | <p>G 0 <input type="checkbox"/> Ich bin nicht von mir enttäuscht.
 1 <input type="checkbox"/> Ich bin von mir enttäuscht.
 2 <input type="checkbox"/> Ich finde mich fürchterlich.
 3 <input type="checkbox"/> Ich hasse mich.</p> <p>H 0 <input type="checkbox"/> Ich habe nicht das Gefühl, schlechter zu sein als alle anderen.
 1 <input type="checkbox"/> Ich kritisiere mich wegen meiner Fehler und Schwächen.
 2 <input type="checkbox"/> Ich mache mir die ganze Zeit Vorwürfe wegen meiner Mängel.
 3 <input type="checkbox"/> Ich gebe mir für alles die Schuld, was schief geht.</p> <p>I 0 <input type="checkbox"/> Ich denke nicht daran, mir etwas anzutun.
 1 <input type="checkbox"/> Ich denke manchmal an Selbstmord, aber ich würde es nie tun.
 2 <input type="checkbox"/> Ich möchte mich am liebsten umbringen.
 3 <input type="checkbox"/> Ich würde mich umbringen, wenn ich die Gelegenheit hätte.</p> <p>J 0 <input type="checkbox"/> Ich weine nicht öfter als früher.
 1 <input type="checkbox"/> Ich weine jetzt mehr als früher.
 2 <input type="checkbox"/> Ich weine jetzt die ganze Zeit.
 3 <input type="checkbox"/> Früher konnte ich weinen, aber jetzt kann ich es nicht mehr, obwohl ich es möchte.</p> <p>K 0 <input type="checkbox"/> Ich bin nicht reizbarer als sonst.
 1 <input type="checkbox"/> Ich bin jetzt leichter verärgert oder gereizt als früher.
 2 <input type="checkbox"/> Ich fühle mich dauernd gereizt.
 3 <input type="checkbox"/> Die Dinge, die mich früher geärgert haben, berühren mich nicht mehr.</p> |
|---|--|

 Subtotal Seite 1

- L 0 Ich habe nicht das Interesse an Menschen verloren.
 1 Ich interessiere mich jetzt weniger für Menschen als frühe.
 2 Ich habe mein Interesse an anderen Menschen zum größten Teil verloren
 3 Ich habe mein ganzes Interesse an anderen Menschen verloren.

- M 0 Ich bin so entschlossfreudig wie immer.
 1 Ich schiebe Entscheidungen jetzt öfter als früher auf.
 2 Es fällt mir jetzt schwerer als früher, Entscheidungen zu treffen.
 3 Ich kann überhaupt keine Entscheidungen mehr treffen.

- N 0 Ich habe nicht das Gefühl, schlechter auszusehen als früher.
 1 Ich mache mir Sorgen, dass ich alt oder unattraktiv aussehe.
 2 Ich habe das Gefühl, dass Veränderungen in meinem Aussehen eintreten, die mich hässlich machen.
 3 Ich finde mich hässlich.

- O 0 Ich kann so gut arbeiten wie früher.
 1 Ich muss mir einen Ruck geben, bevor ich eine Tätigkeit in Angriff nehme.
 2 Ich muss mich zu jeder Tätigkeit zwingen.
 3 Ich bin unfähig zu arbeiten.

- P 0 Ich schlafe so gut wie sonst.
 1 Ich schlafe nicht mehr so gut wie früher.
 2 Ich wache 1-2 Stunden früher auf als sonst und es fällt mir schwer, wieder einzuschlafen.
 3 Ich wache mehrere Stunden früher auf als sonst und kann nicht mehr einschlafen.

- Q 0 Ich ermüde nicht stärker als sonst.
 1 Ich ermüde schneller als sonst.
 2 Fast alles ermüdet mich.
 3 Ich bin zu müde, um etwas zu tun.

- R 0 Mein Appetit ist nicht schlechter als sonst.
 1 Mein Appetit ist nicht mehr so gut wie früher.
 2 Mein Appetit hat sehr stark nachgelassen.
 3 Ich habe überhaupt keinen Appetit mehr.

- S 0 Ich habe in letzter Zeit kaum abgenommen.
 1 Ich habe mehr als 2 Kilo abgenommen.
 2 Ich habe mehr als 5 Kilo abgenommen.
 3 Ich habe mehr als 8 Kilo abgenommen.

Ich esse absichtlich weniger um abzunehmen:

Ja Nein

- T 0 Ich mache mir keine größeren Sorgen um meine Gesundheit.
 1 Ich mache mir Sorgen über körperliche Probleme, wie Schmerzen, Magenbeschwerden oder Verstopfung.
 2 Ich mache mir so große Sorgen über gesundheitliche Probleme, dass es mir schwer fällt, an etwas anderes zu denken.
 3 Ich mache mir so große Sorgen über gesundheitliche Probleme, dass ich an nichts anderes mehr denken kann.

- U 0 Ich habe in letzter Zeit keine Veränderung meines Interesses an Sex bemerkt.
 1 Ich interessiere mich weniger für Sex als früher.
 2 Ich interessiere mich jetzt viel weniger für Sex.
 3 Ich habe das Interesse an Sex völlig verloren.

Subtotal Seite 2

Subtotal Seite 1

Summenwert

C Datenbogen

Datenbogen

Proband/in-Nr.: SH-.....

Datum:/..... 2009

 Alter: Jahre Geschlecht: 1 männlich 2 weiblich

Körperhöhe: cm Körpergewicht: kg

PSQI + BDI

PSQI Punkte

 BDI Punkte kein BDI durchgeführt

Bemerkung:

Cortisol (Morgenprofil)

 0 keine Proben vorhanden 1 Proben vorhanden

Bemerkung:

Melatonin (Abendprofil, DLMO)

 0 keine Proben vorhanden 1 Proben vorhanden

Bemerkung:

Uhrengene (Tagesprofil)

(hBMAL1, hCLOCK, hCRY1, hPER1, hTIM)

 0 keine Proben vorhanden 1 Proben vorhanden

Bemerkung:

Probe für DNA-Analysen

 Speichelprobe: 0 keine Probe vorhanden 1 Probe vorhanden

 Blutprobe: 0 keine Probe vorhanden 1 Probe vorhanden

Bemerkung:

Akzelerometer-Messung (Aktivitäts- und Ruhephasen)

 Projekt DO: 0 nein 1 ja Dauer: Stunden Wochentag:.....

 Projekt KKH: 0 nein 1 ja Dauer: Stunden Wochentag:.....

 Projekt SH: 0 nein 1 ja Dauer: Stunden Wochentag:.....

Bemerkung:

Körperlicher Aktivitätsgrad

Freiburger Fragebogen: (METs)

Baecke Fragebogen: Sport: (METs) Freizeit: (METs) Gesamt: (Punkte)

Akzelerometer-Messung: Tag: (METs)

Bemerkung:

Blutdruck: (Anmerkung: hoher Blutdruck kann zu Schlafstörungen führen)

Systole mmHg

Diastole mmHg

Puls bpm

Bemerkung:

Pulsoximetrie:

Uhrzeit : Uhr

Zeigefinger: % HbO₂Nagellack: 0 nein 1 ja

Bemerkung:

DiagnosestellungPSQI 0 keine Schlafstör. 1 leichte Schlafstör. 2 starke Schlafstör.BDI 0 keine Depression 1 leichte Depression 2 starke DepressionPolysomnographie 0 keine Schlafstör. 1 leichte Schlafstör. 2 starke Schlafstör.**Medikation** (Probanden sollen alle Beipackzettel mitbringen)

Name des Medikaments	Einnahme gegen:	Dosis	Tageszeit der Einnahme
.....
.....
.....
.....
.....
.....

D Auswertebogen SWA (verkleinert)

InnerView Protokoll Erstellt am Di Sep 8, 2009 Seite 1 von 3

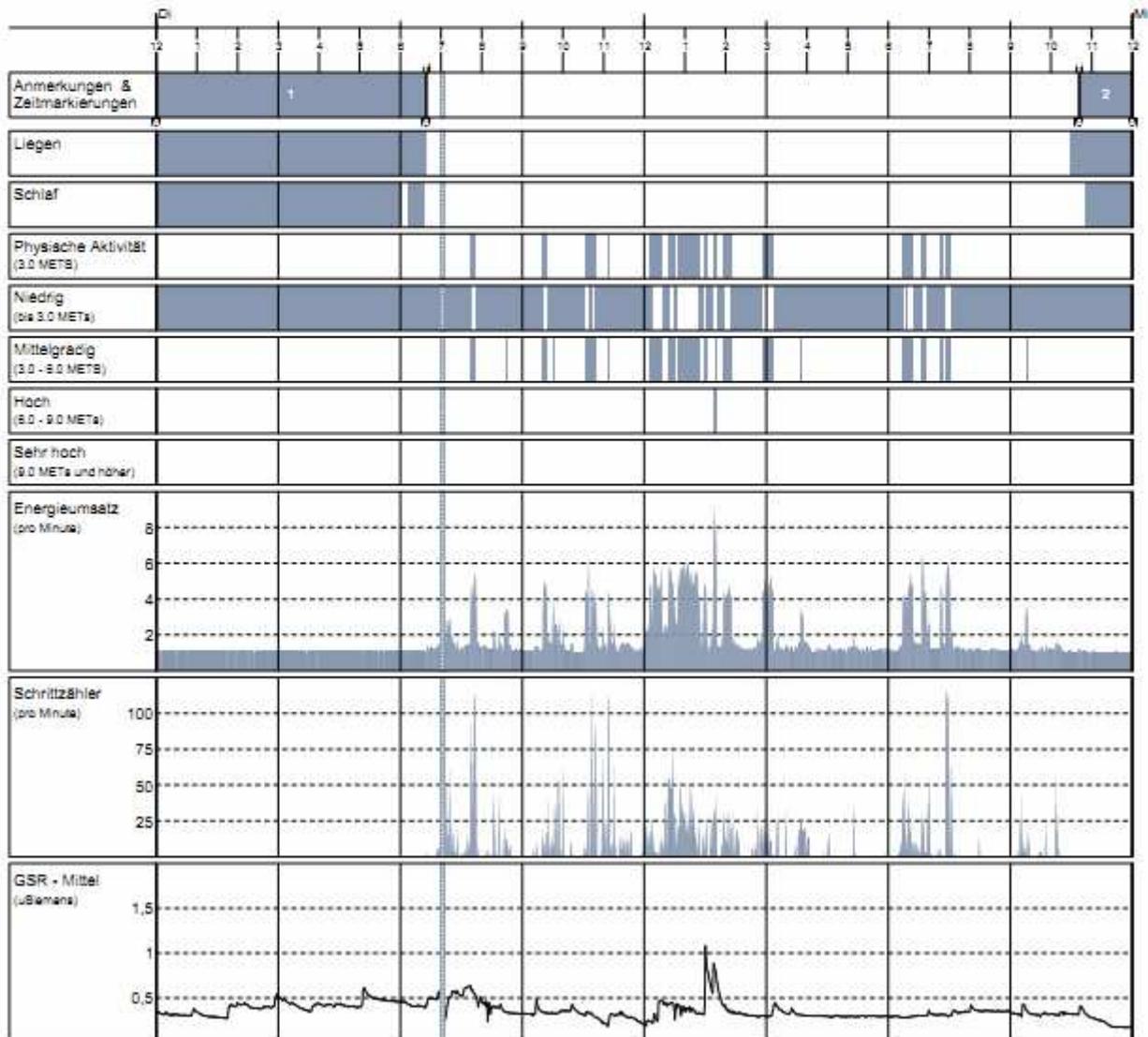


Arzt/Berater		Krankenhaus/Institut			Praxis/Abteilung		
Name SH-02	Alter 71	Geschlecht weiblich	Gewicht 149.9 lbs	Größe 5' 7"	Händigkeit Rechts	Raucher Nein	BMI 23.53
Start Di Nov 11, 2008 12:00 AM		Stopp Mi Nov 12, 2008 12:00 AM		Anzeigedauer 1 Tag	Tragedauer 23 Stdn 55 Min (99.7%)		



* Unvollständiger Tag. Werte sind für einen 24 Stunden Zeitraum nicht repräsentativ.

Arzt/Berater		Krankenhaus/Institut			Praxis/Abteilung		
Name	Alter	Geschlecht	Gewicht	Größe	Händigkeit	Raucher	BMI
SH-02	71	weiblich	149,9 lbs	5' 7"	Rechts	Nein	23.53
Start		Stopp		Anzeigedauer		Tragedauer	
Di Nov 11, 2008 12:00 AM		Mi Nov 12, 2008 12:00 AM		1 Tag		23 Std 55 Min (99,7%)	

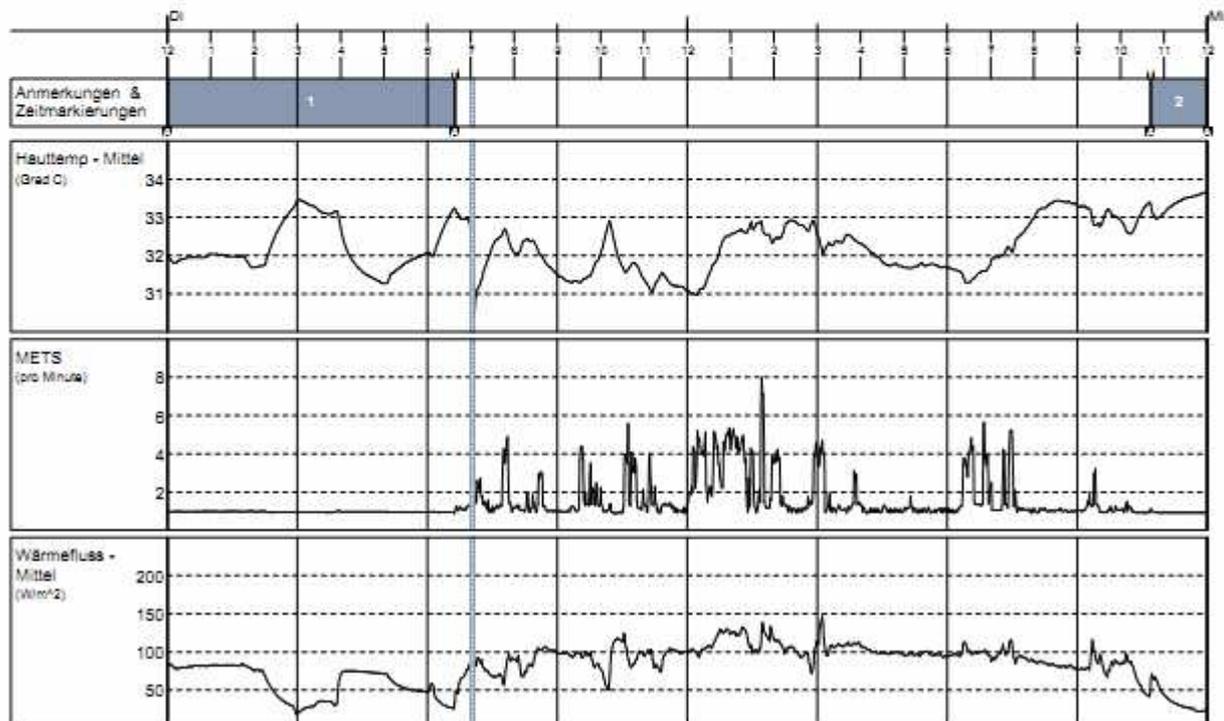


Anmerkungschiüssel: (1) Nacht 1 (2) Nacht 2

InnerView Protokoll Erstellt am Di Sep 8, 2009 Seite 3 von 3



Arzt/Berater		Krankenhaus/Institut			Praxis/Abteilung										
Name	SH-02	Alter	71	Geschlecht	weiblich	Gewicht	149.9 lbs	Größe	5' 7"	Händigkeit	Rechts	Raucher	Nein	BMI	23.53
Start	Di Nov 11, 2008 12:00 AM			Stopp	Mi Nov 12, 2008 12:00 AM			Anzeigedauer	1 Tag		Tragedauer	23 Stdn 55 Min (99.7%)			



Anmerkungsschlüssel: (1) Nacht 1 (2) Nacht 2.

E Kolmogorov-Smirnov-Tests auf Normalverteilung

E 1 Prüfung der Normalverteilung der Daten aus der Fragebogenerhebung und Akzelerometrie an 50 Probanden

Allgemeine Parameter	Gesamt			Männer			Frauen		
	N	Z	P	N	Z	P	N	Z	P
	Alter [Jahre]	50	0,80	0,545	25	1,02	0,252	25	0,66	0,773
Körperhöhe [cm]	50	0,84	0,488	25	0,46	0,985	25	0,49	0,970
Körpergewicht [kg]	50	0,70	0,705	25	0,25	0,888	25	0,97	0,308
BMI [kg/m ²]	50	0,81	0,535	25	0,62	0,835	25	0,95	0,331
Schlafqualität [Punktzahl PSQI]	50	0,81	0,535	25	1,18	0,126	25	0,77	0,589
Tagesschläfrigkeit [Punktzahl ESS]	50	0,64	0,812	25	0,61	0,845	25	0,69	0,731
Chronotyp [Punktzahl D-MEQ]	50	0,53	0,938	25	0,65	0,798	25	0,49	0,969
Anzahl Erkrankungen	50	1,45	0,029	25	0,97	0,307	25	1,07	0,206
Schlafqualität (PSQI)									
Zu-Bett-Geh-Zeit [Min]	50	2,3	< 0,001	25	1,92	0,001	25	0,68	0,748
Liegezeit [Min]	50	0,8	0,487	25	0,84	0,477	25	0,74	0,644
Schlaflatenz [Min]	50	1,4	0,044	25	1,41	0,038	25	0,94	0,343
Gesamtschlafzeit [Min]	50	1	0,235	25	0,86	0,452	25	0,95	0,332
Schlafeffizienz [%]	50	0,7	0,755	25	1,06	0,212	25	0,67	0,761
Aufstehzeit [Min]	50	1,3	0,086	25	1,02	0,245	25	0,81	0,524

Akkürzungen: N: Probandenzahl; Z: Prüfgröße; P: Irrtumswahrscheinlichkeit; BMI: Body-Mass-Index; PSQI: Pittsburgh Sleep Quality Index; ESS: Epworth-Sleepiness-Scale; D-MEQ: deutsche Version des Morningness-Eveningness-Fragebogen nach Horne und Östberg

E 1 Prüfung der Normalverteilung der Daten aus der Fragebogenerhebung und Akzelerometrie an 50 Probanden (Fortsetzung)

Getränke	N		Z		P		N		Z		P	
	50	0,9	0,434	25	0,63	0,824	25	0,82	0,512			
Kaffee [Tassen à 125 ml/Woche]	50	0,9	0,434	25	0,63	0,824	25	0,82	0,512			
Espresso [Tassen à 30 ml/Woche]	50	2,9	<0,001	25	2,52	<0,001	25	1,90	0,002			
Tee [Schwarz/Grün/Mate][Tassen à 125 ml/Woche]	50	1,9	0,001	25	1,89	0,002	25	0,93	0,359			
Cola/Energie-Drinks [Gläser à 200 ml/Woche]	50	3,8	<0,001	25	2,7	<0,001	25	- ^a	- ^a			
Alkohol: Bier [Gläser à 0,3 L/Woche]	50	2,4	<0,001	25	1,36	0,049	25	2,39	<0,001			
Alkohol: Wein [Gläser à 0,2 L/Woche]	50	1,4	0,034	25	0,78	0,580	25	1,06	0,211			
Alkohol: sonstiges [Gläser/Woche]	50	3,8	<0,001	25	2,7	<0,001	25	2,70	<0,001			
Familie												
Anzahl Kinder	50	1,9	0,002	25	1,59	0,013	25	1,15	0,141			
Anzahl Enkel	50	1,6	0,014	25	1,32	0,061	25	1,03	0,241			
Anzahl Kinder im selben Haushalt	50	3,8	<0,001	25	2,67	<0,001	25	2,70	<0,001			
Anzahl Enkel im selben Haushalt	50	3,8	<0,001	25	2,7	<0,001	25	- ^a	- ^a			
Tagschlafgewohnheiten												
Dauer Mittagsschlaf [Min/Tag]	50	2	0,001	25	1,19	0,118	25	1,62	0,011			

^a Keine Enkel im Haushalt;

Abkürzungen: N: Probandenzahl; Z: Prüfgröße; P: Irrtumswahrscheinlichkeit

E 1 Prüfung der Normalverteilung der Daten aus der Fragebogenerhebung und Akzelerometrie an 50 Probanden (Fortsetzung)

Freizeit	Gesamt			Männer			Frauen		
	N	Z	P	N	Z	P	N	Z	P
	48	1,27	0,078	23	0,69	0,734	25	1,12	0,159
Aufenthalt außerhalb der Wohnung [Std/Tag]	46	1,06	0,207	22	0,77	0,596	14	0,98	0,287
Aufenthalt im Freien (Tageslicht) [Std/Tag]	37	1,12	0,166	17	0,99	0,280	20	1,21	0,108
Aufenthalt im Garten (Tageslicht) [Std/Tag]	50	1,04	0,230	25	0,94	0,339	25	0,73	0,108
Treffen mit Freunden [Tage/Woche]									
SenseWear Pro2-Akzelerometer									
Dauer körperlicher Aktivität (≥ 3 MET tagsüber) [Min]	50	0,81	0,525	25	0,86	0,457	25	0,61	0,853
Körperlicher Aktivitätsgrad/24 Std [MET]	50	1,18	0,124	25	1,21	0,108	25	0,74	0,641
Körperlicher Aktivitätsgrad (tagsüber) [MET]	50	0,98	0,289	25	0,91	0,373	25	0,72	0,672
Aktiver Energieumsatz [kcal/Tag]	50	0,75	0,622	25	0,87	0,431	25	0,45	0,986
Ruheenergieumsatz (Nacht 1) [kcal/24 Std]	50	1,16	0,136	25	0,47	0,980	25	1,11	0,174
Ruheenergieumsatz (Nacht 2) [kcal/24 Std]	49	1,30	0,069	25	0,44	0,990	25	1,20	0,113
Ruheenergieumsatz (Mittelwert Nächte 1 u. 2) [kcal/24 Std]	49	1,39	0,041	24	0,47	0,979	25	1,22	0,101
Körperlicher Aktivitätsgrad									
Freiberger Fragebogen [Punkte]	50	0,63	0,817	25	0,41	0,996	25	0,60	0,859
MBF [Punkte]	50	0,79	0,564	25	0,16	0,986	25	0,79	0,561
SWA [Gesamtmeßzeit] [MET]	50	1,18	0,124	25	1,16	0,136	25	1,06	0,215

Abkürzungen: N: Probandenzahl; Z: Prüfgröße; P: Irrtumswahrscheinlichkeit; MET: metabolische Einheit (Verbrauch kcal/Tag/kg Körpergewicht); MBF: nach Voorrips modifizierter Baecke Fragebogen; SWA: SenseWear Pro2-Akzelerometer

E 2 Prüfung der Normalverteilung der Daten beim Methodenvergleich mit Polysomnographie

	N	Z	P
Polysomnographie Nacht 2			
Zubettgehzeit [Min]	20	0,45	0,987
Schlaflatenz (Stadium NREM-1) [Min]	20	0,92	0,369
Schlafdauer [Min]	20	0,83	0,496
Liegedauer [Min]	20	0,47	0,982
Schlafeffizienz [%]	20	0,51	0,954
Aufstehzeit [Min]	20	0,72	0,682
Anzahl nächtlicher Weckreaktionen (> 15 Sek)	20	0,81	0,53
Wachzeit während Schlafperiode [Min]	20	0,74	0,646
PSQI			
Zubettgehzeit [Min]	20	0,77	0,602
Schlaflatenz [Min]	20	0,78	0,575
Schlafdauer [Min]	20	0,94	0,341
Liegedauer [Min]	20	0,65	0,79
Schlafeffizienz [%]	20	0,71	0,697
Aufstehzeit [Min]	20	0,91	0,385
SWA Nacht 2			
Zubettgehzeit [Min]	20	0,45	0,987
Schlaflatenz [Min]	20	1,13	0,156
Schlafdauer [Min]	20	0,81	0,527
Liegedauer [Min]	20	0,70	0,713
Schlafeffizienz [%]	20	0,73	0,667
Aufstehzeit [Min]	20	0,72	0,682
Anzahl nächtlicher Weckreaktionen	20	0,77	0,603
Wachzeit während Schlafperiode [Min]	20	1,00	0,271
AMP Nacht 2			
Zubettgehzeit [Min]	20	0,60	0,864
Schlaflatenz [Min]	20	1,26	0,086
Schlafdauer [Min]	19	0,56	0,915
Liegedauer [Min]	20	0,85	0,469
Schlafeffizienz [%]	19	0,42	0,994
Aufstehzeit [Min]	20	1,03	0,244
Anzahl nächtlicher Weckreaktionen	18	0,99	0,277
Wachzeit während Schlafperiode [Min]	18	1,20	0,113

Abkürzungen: N: Probandenzahl, Z: Prüfgröße Kolmogorov-Smirnov-Test, P: Irrtumswahrscheinlichkeit, PSQI: Pittsburgh-Sleep-Quality-Index, SWA: SenseWear Pro2-Akzelerometer, AMP: Schlaftagebuch der Deutschen Gesellschaft für Schlafmedizin und Schlafforschung

E 3 Normalverteilung der Daten zur Untersuchung von Reliabilität und Validität des SenseWear Pro2 bezüglich Energieumsatzerfassung

	Gesamt			Männer			Frauen		
	N	Z	P	N	Z	P	N	Z	P
Allgemein									
Alter [Jahre]	32	0,91	0,383	13	0,96	0,320	19	0,55	0,925
Körperhöhe [cm]	32	0,85	0,465	13	0,87	0,441	19	0,67	0,756
Körpergewicht [kg]	32	0,49	0,969	13	0,53	0,944	19	0,92	0,369
BMI [kg/m ²]	32	0,64	0,815	13	0,34	1,000	19	0,77	0,598
REU _{IK} [kcal/24 Std]	32	0,60	0,861	13	0,80	0,550	19	0,75	0,634
REU _{SWA} (Nachtmessung) [kcal/24 Std]	32	0,72	0,682	13	0,48	0,895	19	0,79	0,557
SWA (21 Stunden Messzeit)									
Energieumsatz [kcal]	32	0,67	0,760	13	0,43	0,992	19	0,70	0,719
Aktiver Energieumsatz (≥ 3 MET)[kcal]	32	0,93	0,351	13	0,47	0,980	19	0,97	0,304
Dauer körperlicher Aktivität (≥ 3 MET)[Min]	32	0,71	0,689	13	0,57	0,900	19	0,82	0,508
MET [kcal/Std/kg]	32	0,87	0,443	13	0,51	0,960	19	0,79	0,564

Abkürzungen: N: Probandenzahl; Z: Prüfgröße; P: Irrtumswahrscheinlichkeit; BMI: Body-Mass-Index; REU: Ruheenergieumsatz; IK: indirekte Kalorimetrie; SWA: SenseWear Pro2-Akzelerometer; MET: metabolische Einheit (Verbrauch kcal/Std/kg Körpergewicht)

E 3 Normalverteilung der Daten zur Untersuchung von Reliabilität und Validität des SenseWear Pro2 bezüglich Energieumsatzerfassung (Fortsetzung)

	Gesamt			Männer			Frauen		
	N	Z	P	N	Z	P	N	Z	P
SWA Morgenmessung (30 Minuten)									
REU [kcal/24 Std]	32	0,68	0,741	13	0,64	0,801	19	0,91	0,376
Energieumsatz [kcal]	32	0,65	0,790	13	0,82	0,511	19	0,68	0,738
MET [kcal/Std/kg]	32	1,43	0,003	13	1,01	0,257	19	1,03	0,237
SWA Morgenmessung (20 Minuten)									
REU [kcal/24 Std]	32	0,68	0,748	13	0,59	0,884	19	0,78	0,583
Energieumsatz [kcal]	32	0,68	0,748	13	0,59	0,884	19	0,78	0,583
MET [kcal/Std/kg]	32	1,43	0,033	13	1,01	0,257	19	1,03	0,237

Abkürzungen: N: Probandenzahl; Z: Prüfgröße; Irrtumswahrscheinlichkeit; SWA: SenseWear Pro2 Akzelerometer; REU: Ruheenergieumsatz; MET: Metabolische Einheit (Verbrauch kcal/Std/kg Körpergewicht)

F Deskriptive Statistik der diagnostizierten Erkrankungen

Erkrankung	Gesamt		Männer		Frauen	
	absolut	%	absolut	%	absolut	%
Angina pectoris	5	10	5	20	0	0
Koronare Herzkrankheit (KHK)	6	12	6	24	0	0
andere Herzerkrankung	11	22	6	24	5	20
periphere arterielle Verschlusskrankheit	0	0	0	0	0	0
Hypertonie	12	24	10	40	2	8
Arthrose	20	40	6	24	14	56
Arthritis	1	2	0	0	1	4
Urikopathie	1	2	1	4	0	0
Krebserkrankung	6	12	4	16	2	8
chronische Lungenerkrankung	1	2	0	0	1	4
chronisch-obstruktive Lungenkrankheit (COPD)	0	0	0	0	0	0
Asthma	1	2	1	4	0	0
Bronchitis	5	10	1	4	4	16
Osteoporose	3	6	1	4	2	8
Darmerkrankung	0	0	0	0	0	0
Diabetes mellitus	2	4	1	4	1	4
Morbus Cushing	0	0	0	0	0	0
Morbus Addison	0	0	0	0	0	0
chronische Gastritis / Ösophagitis	3	6	2	8	1	4
Erkrankung mit chron. Schmerzen	5	10	3	12	2	8
Schlafbezogene Atemstörung (OSAS)	3	6	3	12	0	0
Restless-Legs-Syndrom (RLS)	2	4	0	0	2	8
chronischer Juckreiz	2	4	1	4	1	4

	Gesamt		Männer		Frauen	
	absolut	%	absolut	%	absolut	%
Erkrankung (Fortsetzung)						
Nierenerkrankung	0	0	0	0	0	0
Inkontinenz	4	8	1	4	3	12
Prostatabeschwerden	4	8	4	16	-	-
Depressionen	1	2	0	0	1	4
Andere Erkrankung:						
<i>Glaukom</i>	5	10	3	12	2	8
<i>Polyneuropathie</i>	1	2	1	4	0	0
<i>Neurodermitis</i>	1	2	0	0	1	4
<i>HWS-Syndrom /</i>						
<i>Wirbelsäuleninstabilität</i>	2	4	0	0	2	8
<i>Schilddrüsen-Dysfunktion</i>	2	4	0	0	2	8
<i>Allergie / Heuschnupfen</i>	1	2	0	0	1	4
<i>Morbus Menière</i>	1	2	0	0	1	4
<i>multiple Organ-Tuberkulose</i>	1	2	0	0	1	4

Publikationen und Manuskript

Heiermann S, Khalaj Hedayati K, Müller MJ, Dittmar M (2011) Accuracy of a portable multisensor body monitor for predicting resting energy expenditure in older people: A comparison with Indirect Calorimetry. *Gerontology* **57**:473–479

Heiermann S, Göder R, Seeck-Hirschner M, Dittmar M (*eingereicht 2010*) Evaluation of objective and subjective measurement tools of sleep quality in older women – a comparison with polysomnography as criterion method.

Seeck-Hirschner M, Baier PC, Weinhold SL, Dittmar M, Heiermann S, Aldenhoff JB, Göder R (2011) Declarative memory performance is associated with the number of sleep spindles in elderly women. *American Journal of Geriatric Psychology*; DOI: 10.1097/JGP.0b013e31823033da

Danksagung

Die hier vorgestellte Arbeit entstand im Zeitraum von Oktober 2007 bis Januar 2012. In dieser Zeit haben viele Leute zu ihrer Herstellung beigetragen, von denen ich einigen hier besonders danken möchte:

Zunächst gilt mein besonderer Dank den Männern und Frauen, die als Probanden an dieser Studie teilgenommen und mir ihr Vertrauen geschenkt haben.

Frau Professor Dittmar danke ich sehr herzlich für die Konzeption und Bereitstellung des Themas, der Geräte und Materialien zur Datenerhebung sowie ihrer kompetenten wissenschaftlichen Betreuung während der letzten Jahre.

Bei Herrn PD Dr. Robert Göder bedanke ich mich für die Übernahme des Korreferats und für die Durchführung der Schlaflaboruntersuchungen am Zentrum für integrative Psychiatrie in Kiel. Trotz hoher Auslastung waren die Probanden immer herzlich willkommen und durften sich gut betreut fühlen.

Deshalb gilt mein Dank auch allen anderen Mitarbeitern des Schlaflaborteams im Besonderen Dr. Mareen Seeck-Hischner für die Voruntersuchungen der Probanden und Frau Nicola Wendisch für die tolle Betreuung, den reibungslosen Ablauf und die polysomnographische Auswertungen der Untersuchungen.

Frau Dr. rer. nat. Kerstin Khalaj-Hedayati danke ich für die Durchführung der indirekten Kalorimetrie.

Ein besonderes Wort des Dankes geht an Frederik für sein offenes Ohr bei Problemen jeglicher Art, seine aufmunternden, ermutigenden, tröstenden, lobenden und auch kritischen Worte in jeder Arbeitsphase. Ohne ihn wäre so vieles nicht möglich gewesen. Danke.

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere hiermit an Eides statt, dass die Abhandlung – abgesehen von der Beratung durch meine Betreuerin – nach Inhalt und Form die eigene Arbeit ist. Die Inanspruchnahme fremder Hilfen habe ich aufgeführt sowie die wörtlich oder inhaltlich aus anderen Quellen entnommenen Stellen als solche gekennzeichnet.

Die Arbeit wurde weder ganz noch zum Teil einer anderen Stelle im Rahmen eines Prüfungsverfahrens vorgelegt. Ferner erkläre ich, dass ich bis zum heutigen Tage weder an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel noch an einer anderen Hochschule ein Promotionsverfahren endgültig nicht bestanden habe oder mich in einem entsprechenden Verfahren befinde oder befunden habe.

Folgende Teile der vorliegenden Arbeit wurden in Form von Artikeln in internationalen Fachzeitschriften veröffentlicht bzw. zur Veröffentlichung eingereicht:

Heiermann S, Khalaj Hedayati K, Müller MJ, Dittmar M (2011) Accuracy of a portable multisensor body monitor for predicting resting energy expenditure in older people: A comparison with Indirect Calorimetry. *Gerontology* **57**:473–479

Heiermann S, Göder R, Seeck-Hirschner M, Dittmar M (eingereicht 2010) Evaluation of objective and subjective measurement tools of sleep quality in older women – a comparison with polysomnography as criterion method.

Diese Arbeit ist unter Einhaltung der Regeln guter wissenschaftlicher Praxis der Deutschen Forschungsgemeinschaft entstanden.

Stefanie Heiermann

Kiel, den 4. Februar 2012