

**Zur Bedeutung des menschlichen Alters für die circadiane Rhythmik der  
Hauttemperatur, Körperkerntemperatur und Herzfrequenz sowie für  
verschiedene Aspekte der Lebensqualität und des Schlafes unter  
Berücksichtigung tageszeitlicher Nickerchen**

**Dissertation**

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

Vorgelegt von Stefanie Anders

Kiel

November 2015

Referentin:

Prof. Dr. Manuela Dittmar

Korreferent:

Prof. Dr. Julia Schwanewedel

Tag der mündlichen Prüfung:

03.12.2015

Zum Druck genehmigt:

Kiel, den 03.12.2015

# Inhaltsverzeichnis

<b>I. Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1. Chronobiologie .....	1
2. Circadiane Rhythmen .....	3
2.1 Schlaf-Wach-Rhythmus .....	9
2.2 Körperkern- und Hauttemperatur-Rhythmus .....	11
2.3 Herzfrequenz-Rhythmus.....	15
2.4 Wechselwirkung circadianer Rhythmen.....	17
3. Der Einfluss des Alters auf verschiedene circadiane Rhythmen .....	21
3.1 Veränderungen des zentralen circadianen Schrittmachers .....	21
3.2 Altersbedingte Veränderungen einzelner circadianer Rhythmen .....	24
3.3 Veränderte Wechselwirkung zwischen circadianen Rhythmen .....	26
4. Schlaf und seine Veränderungen im Alter .....	27
4.1 Schlafstruktur .....	27
4.2 Funktion des Schlafs .....	30
4.3 Schlafqualität .....	32
4.4 Müdigkeit und Schläfrigkeit.....	34
4.5 Tageszeitliche Nickerchen .....	37
5. Lebensqualität und ihre Veränderungen im Alter .....	39
5.1 Bedeutungs-, Anwendungs- und Definitionswandel der Lebensqualität.....	39
5.2 Indikatoren der Lebensqualität und ihre Messbarkeit.....	40
<b>II. Fragestellungen</b> .....	<b>43</b>
<b>III. Probanden und Methoden</b> .....	<b>46</b>
1. Probandenkollektiv.....	46
2. Für das Probandenkollektiv geltende Ein- und Ausschlusskriterien .....	47
2. Studiendesign .....	48
3. Methoden .....	54
3.1 Erfassung anthropometrischer Daten .....	54
3.2 Bestimmung der Körperzusammensetzung mittel Bioimpedanzanalyse .....	55
3.3 Erfassung objektiver Schlafvariablen mittels Gehirnstrommessung.....	58
3.4 Ermittlung subjektiver Schlafvariablen mittels Schlaftagebuch .....	61
3.5 Erfassung des Tagesablaufs mittels Tagesprotokoll.....	64
3.6 Messung der körperlichen Aktivität mittels Aktigraphie.....	64

3.7. Messung der Hauttemperatur mittels Temperaturchips .....	70
3.8 Messung der oralen Körperkerntemperatur mittels Thermometer .....	72
3.9 Messung der Herzfrequenz mittels eines EKG-Messgeräts .....	73
3.10 Messung der objektiven Schläfrigkeit mittels pupillographischem Schläfrigkeitstest.....	75
3.11 Fragebogenerhebungen .....	80
3.11.1 Allgemeiner Fragebogen zur Erfassung von Demographie und Lebensstil .....	81
3.11.2 Epworth Sleepiness Scale (ESS) zur Erfassung der subjektiven Tagesschläfrigkeit .....	82
4.11.3 Freiburger Fragebogen zur Erfassung der körperlichen Aktivität .....	82
3.11.4 Morningness-Eveningness-Questionnaire (D-MEQ) zur Bestimmung des Chronotyps ...	82
3.11.6 Pittsburgh-Sleep-Quality Index (PSQI) zur Erfassung der subjektiven Schlafqualität ...	83
3.11.7 Quality of life Fragebogen (QOL) zur Erfassung der Lebensqualität .....	83
3.11.8 Stanford Sleepiness Scale (SSS) zur Erfassung der momentanen Schläfrigkeit.....	84
3.11.9 Karolinska Sleepiness Scale (KSS) zur Erfassung der momentanen Müdigkeit .....	84
4. Statistische Methoden .....	85
<b>IV. Ergebnisse.....</b>	<b>87</b>
1. Deskriptive Merkmale der Probandinnen .....	87
1.1 Altersverteilung im Probandenkollektiv .....	87
1.2 Anthropometrische Merkmale .....	88
1.3 Körperlicher Aktivitätsgrad.....	89
1.4 Verteilung der Chronotypen.....	90
1.5 Schlafqualität und Tagesschläfrigkeit.....	91
1.6 Tageszeitliche Nickerchen .....	94
1.7 Lebensqualität .....	94
2. Vergleich älterer und jüngerer Probandinnen hinsichtlich circadianer Merkmale.....	97
2.1 Abendlicher Verlauf circadianer Merkmale unter kontrollieren Bedingungen bei jüngeren und älteren Probandinnen .....	97
2.1.1 Verlauf der Haut- und Körperkerntemperatur jüngerer und älterer Probandinnen im Abendprofil.....	97
2.1.2 Verlauf der Müdigkeit und Schläfrigkeit älterer und jüngerer Probandinnen im Abendprofil.....	100
2.1.3 Verlauf der Herzfrequenz jüngerer und älterer Probandinnen im Abendprofil .....	104
2.2 Gegenüberstellung circadianer Rhythmen älterer und jüngerer Probandinnen unter natürlichen Bedingungen .....	104
2.2.1Vergleich des Haut- und Körperkerntemperatur-Rhythmus älterer und jüngerer Probandinnen unter natürlichen Bedingungen.....	104

2.2.2 Vergleich des Schlaf-Wach-Rhythmus älterer und jüngerer Probandinnen unter natürlichen Bedingungen .....	108
2.2.3 Vergleich des Herzfrequenz-Rhythmus älterer und jüngerer Probandinnen unter natürlichen Bedingungen .....	109
2.3 Reproduzierbarkeit circadianer Rhythmen älterer und jüngerer Probandinnen unter natürlichen Bedingungen .....	110
2.3.1 Reproduzierbarkeit des Haut- und Körperkerntemperatur-Rhythmus älterer und jüngerer Probandinnen unter natürlichen Bedingungen .....	110
2.3.2 Reproduzierbarkeit des Schlaf- Wach- Rhythmus älterer und jüngerer Probandinnen unter natürlichen Bedingungen .....	114
2.3.3 Reproduzierbarkeit des Herzfrequenz-Rhythmus älterer und jüngerer Probandinnen unter natürlichen Bedingungen .....	115
2.4 Wechselwirkung circadianer Variablen unter kontrollierten und natürlichen Bedingungen bei älteren und jüngeren Probandinnen .....	116
2.4.1 Gegenüberstellung der Herzfrequenz und der Haut- und Körperkerntemperatur unter kontrollierten und natürlichen Bedingungen .....	116
2.4.2 Wechselwirkung der Herzfrequenz mit der subjektiven Müdigkeit und Schläfrigkeit unter kontrollierten und natürlichen Bedingungen .....	123
3. Altersbedingte Veränderungen des Schlafs .....	126
3.1 Vergleich jüngerer und älterer Probandinnen hinsichtlich der Schlafstruktur .....	126
3.2 Vergleich jüngerer und älterer Probandinnen hinsichtlich subjektiver und objektiver Schlafqualität .....	129
3.3 Vergleich jüngerer und älterer Probandinnen hinsichtlich subjektiver und objektiver Schläfrigkeit .....	132
4. Auswirkung tageszeitlicher Nickerchen auf den Nachtschlaf älterer Probandinnen .....	135
4.1 Auswirkungen tageszeitlicher Nickerchen auf die Schlafstruktur älterer Probandinnen .....	135
4.2 Auswirkung tageszeitlicher Nickerchen auf subjektive und objektive Schlafqualität älterer Probandinnen .....	139
4.4 Auswirkungen tageszeitlicher Nickerchen auf die subjektiv und objektiv erfasste Schläfrigkeit älterer Probandinnen .....	143
5. Altersbedingte Veränderung der Lebensqualität .....	147
5.1 Vergleich jüngerer und älterer Probandinnen hinsichtlich verschiedener Aspekte der Lebensqualität .....	147
5.2 Zusammenhang zwischen Schlaf und Lebensqualität bei älteren und jüngeren Probandinnen .....	149
5.2.1 Zusammenhang zwischen Schlafstruktur und verschiedenen Aspekten der Lebensqualität bei älteren und jüngeren Probandinnen .....	149
5.2.2 Zusammenhang zwischen Schlafqualität und verschiedenen Aspekten der Lebensqualität bei älteren und jüngeren Probandinnen .....	151

5.2.3 Zusammenhang zwischen Schläfrigkeit und verschiedenen Aspekten der Lebensqualität bei älteren und jüngeren Probandinnen .....	156
5.2 Auswirkung tageszeitlicher Nickerchen auf die Lebensqualität.....	160
5.3 Zusammenhang verschiedener circadianer Variablen mit der Lebensqualität bei jüngeren und älteren Probandinnen .....	164
<b>V. Diskussion .....</b>	<b>166</b>
1. Unterscheiden sich ältere und jüngere Frauen a) im Verlauf und b) in der Gegenüberstellung des Verlaufs der Haut- und Körperkerntemperatur, der Herzfrequenz und der Schläfrigkeit als Schlaf-Wach-Rhythmus bezogener Aspekt unter kontrollierten Versuchsbedingungen?.....	166
2) Unterscheiden sich jüngere und ältere Frauen a) in Verlauf und Reproduzierbarkeit sowie b) im Vergleich von Rhythmusvariablen der circadianen Rhythmik der Hauttemperatur, der Herzfrequenz und des Schlaf-Wach-Rhythmus unter natürlichen Bedingungen?.....	176
3a) Welche Veränderungen treten bei älteren Frauen hinsichtlich Schlafstruktur, Schlafqualität und Schläfrigkeit unter natürlichen Bedingungen im Vergleich zu jüngeren Frauen auf? .....	184
3b) Welche Auswirkungen haben tageszeitliche Nickerchen auf Struktur und Qualität des Nachtschlafs sowie die Schläfrigkeit älterer Frauen?.....	190
4a) Unterscheiden sich ältere und jüngere Frauen hinsichtlich ihrer Lebensqualität und gibt es bei älteren und jüngeren Frauen einen Zusammenhang zwischen der Lebensqualität und schlafbezogenen Aspekten wie Schlafstruktur, Schlafqualität und Schläfrigkeit? .....	199
4b) Wie wirken sich altersbedingt vermehrt auftretende tageszeitliche Nickerchen auf die Lebensqualität älterer Frauen aus?.....	210
5. Methodenkritik.....	211
6. Ausblick.....	213
<b>VI. Zusammenfassung.....</b>	<b>215</b>
<b>VII. Summary .....</b>	<b>218</b>
<b>VIII. Literaturverzeichnis .....</b>	<b>220</b>
<b>IX. Anhang .....</b>	<b>237</b>
<b>X. Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>238</b>
<b>XI. Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>240</b>
<b>XII. Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>243</b>
<b>XIII. Danksagung.....</b>	<b>247</b>
<b>XIV. Erklärung .....</b>	<b>248</b>

## I. Einleitung

### 1. Chronobiologie

Die Chronobiologie befasst sich mit biologischen Rhythmen, die von einer inneren Uhr generiert werden. Ein Rhythmus ist durch die identische Wiederholung der zeitlichen Abfolge von Änderungen einer Variablen gegeben (Fleissner 2001). Biologische Rhythmen bestimmen die zeitliche Organisation physiologischer Prozesse in Lebewesen und ermöglichen so dessen optimale Anpassung an die Umwelt (Fleissner 2001, Takahashi 1995). Sie kommen bei nahezu allen Lebewesen vor, sowohl bei Pflanzen und Pilzen als auch bei Tieren (Dunlap 1993). Die Periodendauer dieser Rhythmen reicht von Millisekunden bis Jahren (Abbildung 1). Beispielsweise dauert die rhythmische Weiterleitung von Nervenimpulsen nur Millisekunden an, während man hingegen bei lokomotorischer Aktivität von Stunden sprechen kann. Nestbauaktivitäten können mehrere Tage in Anspruch nehmen (Abbildung 1). Neben der Periodendauer sind auch die organisatorischen Ebenen, auf welchen biologisch rhythmische Prozesse stattfinden, vielfältig (Fleissner 2001). Physiologische Stoffwechselprozesse wie die Synthese von Proteinen und Fetten folgen ebenso einer biologischen Rhythmik wie Räuber-Beute-Beziehungen (Phillips 2009).

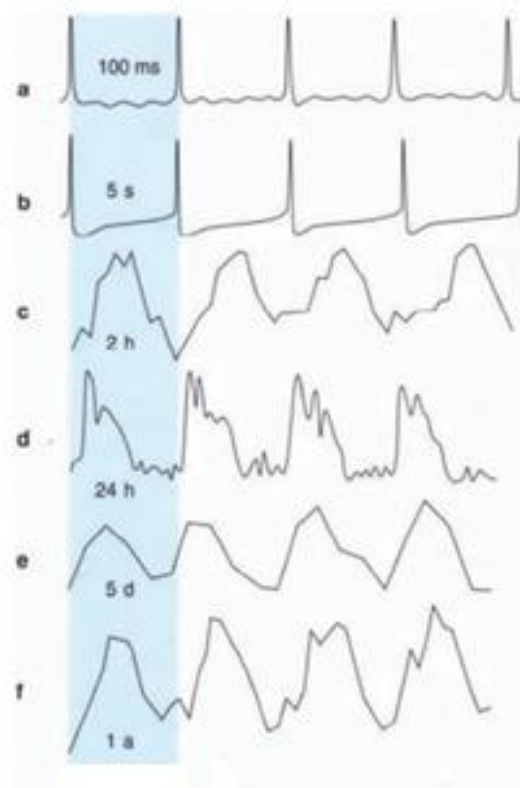


Abbildung 1: Beispiele für biologische Rhythmen mit unterschiedlicher Periodendauer: a) Nervenimpulse eines Kälterezeptors der Katze, b) Nervenimpulse einer Schrittmacherzelle der Weinbergschnecke, c) lokomotorische Aktivität von Wühlmäusen, d) Sauerstoffaufnahme der Hirschmaus, e) Nestbauaktivität von Ratten, f) Selbstmordhäufigkeit ( Fleissner 2001, S. 527)

Die Anfänge der Chronobiologie reichen bis ins 18. Jahrhundert zurück. 1729 beobachtete der französische Astronom Jean Jaques d'Ortous de Mairan trotz Tageslichtentzug bei der Sonnenwendepflanze ein morgendliches Öffnen und abendliches Schließen der Blätter, welche jeweils immer zu vergleichbaren Uhrzeiten stattfanden. Damit war der erste Beleg für das Vorkommen einer inneren Uhr erbracht. Der schwedische Botaniker Carl von Linné machte 16 Jahre später ähnliche Beobachtungen und stellte zudem fest, dass sich die Öffnungs- und Schließzeiten der Blätter von Pflanzenart zu Pflanzenart stark unterschieden. Auf Grundlage dieser Beobachtung entwickelte er 1745 eine Blumenuhr (Abbildung 2). So wusste er beispielsweise, dass es zu jenem Zeitpunkt, zu welchem die Blüte der Seerose schon geöffnet war, die des Johanneskrauts hingegen noch nicht, sechs Uhr morgens sein musste (Frisch 1963). Die Blumenuhr ermöglichte dem Menschen die zeitliche Orientierung an der Natur.



Abbildung 2: Die Blumenuhr von Carl von Linné (URL [1])

1880 folgte der Gründer der Evolutionstheorie, Charles Darwin, aus eigenen Untersuchungen und Beobachtungen, dass die einem angeborenen Zeitschema unterliegenden Blattbewegungen von Pflanzen einen Selektionsvorteil gegenüber unflexibel reagierenden Artgenossen darstellen und sich als Merkmal langfristig durchsetzten (Bünning 1962). 1952 fand sich zum ersten Mal der Hinweis, dass auch im Tierreich biologische Uhren existieren. Der Verhaltensforscher Gustav Kramer entdeckte, dass sich Stare bei ihrer Wanderung am Sonnenstand orientieren (Kramer 1953). Kurz danach stellte sein Kollege Klaus Hoffmann fest, dass Eidechsen einem endogenen Schlaf-Wach-Rhythmus folgen und diesen auch bei Veränderungen des Tag-Nacht-Wechsels aufrecht erhalten. Dies führte zu der Schlussfolgerung, dass die innere Uhr trotz Ausbleiben äußerer Reize weiterläuft



und sich flexibel an veränderte Umweltbedingungen anpassen kann. Die Anpassung des Organismus an seine Umwelt durch eine rhythmische Mobilisierung einer Reaktionsbereitschaft ermöglicht es ihm, sich rechtzeitig auf periodisch wiederkehrende Ereignisse einzustellen und daher schneller und effizienter zu reagieren. Dies bedeutet einen evolutiven Vorteil, der folglich einem Selektionsdruck unterliegt und dazu führt, dass die biologische Rhythmizität weiter vererbt wird (Fleissner 1996).

Daher war es nicht verwunderlich, dass der Mediziner Jürgen Aschoff (1955) den Beweis erbrachte, dass sich die circadiane Forschung auch auf den Menschen übertragen lässt. Er entdeckte, dass die Körperkerntemperatur des Menschen einer circadianen Rhythmik unterliegt (Aschoff 1955). Aufgrund der zahlreichen im Pflanzen- und Tierreich gemachten Beobachtungen kamen im Jahr 1960 in New York erstmalig 150 Forscher zu einem internationalen Symposium über biologische Rhythmen zusammen. Hier erfolgte auf Grundlage der gesammelten Daten die offizielle Anerkennung der inneren Uhr und die mit ihr verbundene Generierung biologischer Rhythmen in Lebewesen (Spork 2011). Des Weiteren wurden die Fachbegriffe *circadian* für ungefähr 24 Stunden andauernde Rhythmen, *circalunar* für der Mondphase folgende Rhythmen und *circannual* für Jahreszeitliche Rhythmen geprägt (Wirz-Justice und Roenneberg 2004). Zu einem späteren Zeitpunkt erfolgte eine Erweiterung der Fachbegriffe um *infradiane* Rhythmen, welche länger als 28 Stunden dauern, und um *ultradiane* Rhythmen, die eine Periodendauer von weniger als 20 Stunden aufweisen (Fleissner et al. 2001). Zu den *infradianen* Rhythmen zählt unter anderem der bei weiblichen Individuen vorkommende Menstruationszyklus (Hedge 2003), zu ultradianen Rhythmen u.a. der Wechsel der Schlafperioden (Schulz et al. 1976). Die meisten heutigen Forschungsarbeiten befassen sich mit den ungefähr 24 Stunden andauernden circadianen Rhythmen, welche auch im Rahmen dieser Arbeit untersucht wurden.

## 2. Circadiane Rhythmen

Circadiane Rhythmen werden von einer inneren Uhr generiert und ermöglichen die optimale Anpassung des Lebewesens an seine zeitlich orientierte Umwelt (Korf und Stehle 2005). Letztere umfasst zyklisch stattfindende Umweltereignisse, wie zum Beispiel den Tag-Nacht-Wechsel und damit verbundene Temperaturschwankungen (Weinert 2010). Das Auftreten eines reproduzierbaren und stabilen circadianen Rhythmus mit einer ausgeprägten Amplitude und einer charakteristischen Phasenlage im Hinblick auf andere biologische Prozesse und der Umwelt scheint ein optimales Funktionieren des biologischen Systems zu garantieren (Weinert 2010). Circadiane Rhythmen haben eine Periodenlänge von ca. 24 Stunden (lat. *circa*=ungefähr; *dies*=Tag) und werden durch exogene Zeitgeber mit dem 24-Stunden-Rhythmus der Umwelt synchronisiert (Reppert et al. 2001). Der Begriff „Zeitgeber“ wurde maßgeblich durch den Mediziner Jürgen Aschoff geprägt. „Zeitgeber für die tierische 24-Std-Periodik sind alle mit der Erddrehung gekoppelten periodischen Umweltprozesse

## I. Einleitung

kontinuierlicher und diskontinuierlicher Art, die für das Tier reizwirksam sind“. (Aschoff 1955). Einer der wichtigsten Zeitgeber stellt der Hell-Dunkel-Wechsel dar. Den Beweis hierfür erbrachte Jürgen Aschoff (1965), als er ca. 300 freiwillige Probanden für drei bis vier Wochen in unterirdischen Bunkern unterbrachte und von jeglichen Umwelteinflüssen isolierte (Abbildung 3).



*Abbildung 3: Eingang zum Versuchsbunker (Globig 2007, S. 60)*

Es zeigte sich, dass die circadiane Rhythmik des Schlaf-Wach-Verhaltens sowie der Körperkerntemperatur erhalten blieb, sich aber die mittlere Periodenlänge - sie wird als Zeitintervall zwischen zwei identischen Phasen definiert - auf ca. 25 Stunden erhöhte. Dies wurde unter anderem auf den Entzug des natürlichen Hell-Dunkel-Wechsels zurückgeführt (Aschoff 1965). Somit war der Beweis erbracht, dass die circadiane Rhythmik vom menschlichen Organismus selbst erzeugt wird und durch äußere Umweltfaktoren, insbesondere Licht, an die Länge des astrophysikalischen Tages von 24 Stunden angepasst wird (Korf und Stehle 2005). Neben dem Hell-Dunkel-Wechsel stellen Umgebungstemperaturen, soziale Interaktionen, körperliche Aktivität oder auch Nahrungsaufnahme Zeitgeber dar (Hoffmann 1969, Weinert et al. 2007, Pöppel 1968). Oftmals haben sie gleichzeitig eine maskierende Wirkung, was den tatsächlichen Verlauf der circadianen Rhythmik, zum Beispiel Lage der Minima und Maxima, verdecken kann (Hoffmann 1969). Daher werden Untersuchungen zur von der inneren Uhr erzeugten circadianen Rhythmik häufig unter kontrollierten Bedingungen durchgeführt, was bedeutet, dass die Vorgaben für die während der Untersuchung herrschende Lichtintensität und Umgebungstemperatur, sowie körperliche Aktivität und Nahrungsaufnahme der Probanden definiert sind.

Bei der inneren Uhr handelt es sich um einen zentralen circadianen Schrittmacher, der aus einer paarigen Ansammlung von je 10.000 Nervenzellen besteht (Reppert et al. 2001, Wirz-Justice und Roenneberg 2004). Jede einzelne Nervenzelle kann einen eigenen circadianen Rhythmus erzeugen. Eine der Aufgaben des zentralen circadianen Schrittmachers ist daher u.a. die Synchronisation der einzelnen Nervenzellen, um einheitliche und koordinierte Nervenimpulse zu erhalten (Reppert et al.

2001). Der zentrale circadiane Schrittmacher wird als *nucleus suprachiasmaticus (SCN)* bezeichnet und ist bei Säugetieren und somit auch beim Menschen im vorderen Hypothalamus des Gehirns lokalisiert, oberhalb der Kreuzung des Sehnervs (Hofman 2005) (Abbildung 4). Er ist über den retinohypothalamischen Trakt eng mit dem visuellen System verbunden und steuert u.a. mit Hilfe der erhaltenen Lichtinformation die tagesrhythmische Produktion des Nachthormons Melatonin durch die Zirbeldrüse (Epiphyse, Abbildung 4). Melatonin wird als das biochemische Signal für Dunkelheit bezeichnet (Wirz-Justice et al. 2004, Weinert 2010).

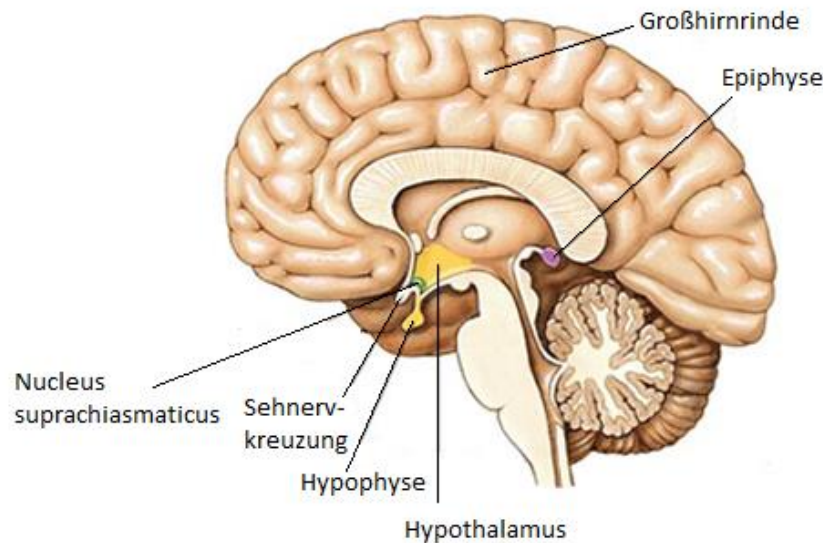


Abbildung 4: Lage der Nuclei suprachiasmaticii im Gehirn des Menschen (verändert nach Moyes und Schulte, 2008, S.327)

Die Melatoninkonzentration kann als Zeiger der inneren Uhr gesehen werden, da über die Höhe auf die im Organismus vorherrschende Tag-Nacht-Zeit geschlossen werden kann (Korf und Stehle 2005). Des Weiteren steht der zentrale circadiane Schrittmacher mit anderen Bereichen des Gehirns sowie mit der Hypophyse (Hirnanhangsdrüse, Abbildung 4) in Verbindung, um neuronale, neuroendokrine oder endokrine Impulse an die in vielen Geweben und Organen wie Leber, Niere, Lunge oder Herz vorkommenden circadianen Schrittmacher weiterleiten zu können (Reppert et al. 2002, Weinert 2010). Den Takt gibt hierbei wiederum der zentrale circadiane Schrittmacher vor, weshalb dieser umgangssprachlich auch als *Masteruhr* bezeichnet wird, wohingegen den circadianen Schrittmachern in Geweben und Organen die Rolle der *Sklavenuhren* zukommt (Nader 2010). Die Verbindung zwischen SCN und dem autonomen Nervensystem ist von besonderer Bedeutung, da über die beiden Gegenspieler Sympathikus und Parasympathikus physiologische Prozesse wie Herzfrequenz, Atmung, Blutdruck oder auch Verdauungstätigkeit reguliert werden können. Die genannten Variablen folgen ebenfalls einer circadianen Rhythmik (Burgess et al 2001, Cabiddu et al. 2012).

## I. Einleitung

Die molekulare Grundlage für die Erzeugung einer circadianen Rhythmik bilden Uhrengene. Sie stehen über positive und negative Rückkopplungsschleifen mit Transkriptionsfaktoren in Verbindung, welche die Expression bestimmter Gene an- und abschalten, um so Einfluss auf physiologische Vorgänge im Körper zu nehmen (Reppert und Weaver 2001, Korf und Stehle 2005). Der zentrale circadiane Schrittmacher kann bei Säugetieren räumlich gesehen in ein Zentrum und eine Schale unterteilt werden (Hofmann 2006). Die Schale ist zuständig für die Weiterleitung der neuronalen bzw. endokrinen Impulses an die circadianen Schrittmacher in Geweben und Organen. Die Aufgabe des Zentrums ist die Erzeugung des circadianen Rhythmus über die Synchronisation der 10.000 Nervenzellen sowie die Verarbeitung der Licht- und Dunkelimpulse aus der Netzhaut über den retinohypothalamischen Trakt (Abbildung 5). Hierbei handelt es sich um eine Unterabteilung der Sehnerven, welche die Netzhaut (lat. *Retina*) mit dem im Hypothalamus liegenden zentralen circadianen Schrittmacher verbindet. Lichtsinneszellen in der Netzhaut, sogenannte Stäbchen und Zapfen, registrieren Lichtreize und leiten die Information an die innere Uhr weiter (Sadun et al. 1984). Des Weiteren wurde eine dritte Gruppe an Lichtsinneszellen identifiziert, welche Melanopsin enthält und an der Zeitwahrnehmung beteiligt ist (Bellingham und Foster 2002) (Abbildung 5). Sie stehen ebenfalls über den retinohypothalamischen Trakt mit dem SCN in Verbindung. Der zentrale circadiane Schrittmacher des Menschen reagiert auf die erhaltene Lichtinformation je nach Tageszeit unterschiedlich. Lichtreize, die zu Nachtbeginn stattfinden, führen zu einer Verlängerung des subjektiven Tages durch eine Verzögerung der circadianen Rhythmik. Kommt es gegen Nachtende am frühen Morgen zu einem Lichtimpuls, ist eine Beschleunigung der circadianen Rhythmik mit Phasenverkürzung die Folge (Korf und Stehle 2005).

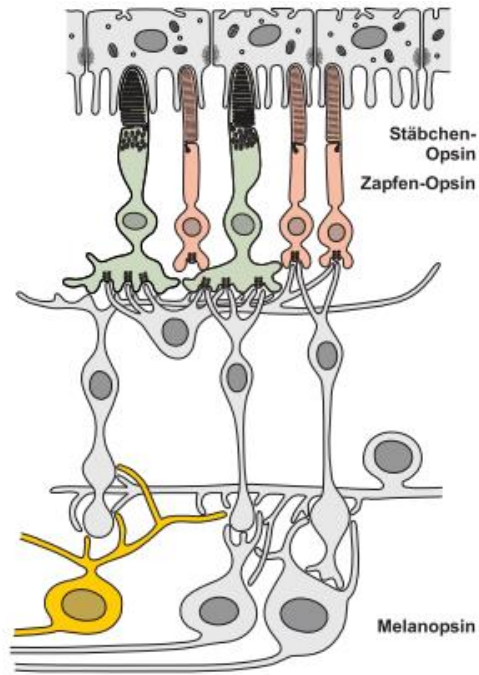


Abbildung 5: Netzhaut mit Stäbchen, Zapfen und den Melanopsinhaltigen Ganglienzellen zur Zeitwahrnehmung (Korf und Stehle, 2005, S.15)

Zur Untersuchung circadianer Rhythmen unter kontrollierten Bedingungen gibt es verschiedene Protokolle, welche die Versuchsbedingungen, unter denen die Messung circadianer Rhythmen stattfindet, definieren und festlegen. Zwei dieser sogenannten „Goldstandard-Protokolle“ (Wirz-Justice 2007) sollen an dieser Stelle kurz vorgestellt werden. Zum einen ist das „*Konstante Routine-Protokoll*“ zu nennen. Die Probanden verbringen mindestens 24 Stunden in einer halb aufrechten Körperposition im Bett und sind Schlafentzug ausgesetzt. Licht, Raumtemperatur und Luftfeuchtigkeit werden streng kontrolliert und die Probanden erhalten alle 1-2 Stunden kleine Snacks mit geringem Kaloriengehalt und Wasser. Dieses Protokoll ermöglicht die Erfassung circadianer Rhythmen ohne den Einfluss äußerer „maskierender“ Effekte. Des Weiteren findet das sogenannte „*multiple nap protocol*“ Anwendung. Probanden werden dazu angehalten, über 24 Stunden wiederholt in regelmäßigen Abständen Nickerchen zu halten und wach zu sein, beispielsweise 150 Minuten wach und 75 Minuten schlafend. Dies führt dazu, dass sich der Schlafdruck nicht akkumulieren und circadiane Rhythmen nicht überdecken kann (Wirz-Justice 2007).

Die Analyse und Auswertung circadianer Rhythmen kann mit Hilfe verschiedener Methoden erfolgen. Eine davon stellt die sogenannte *Cosinor-Analyse* dar, welche auch in dieser Arbeit zugrunde angewendet wurde (Haen 1994). Hierbei werden zur Beschreibung circadianer Rhythmen verschiedene circadiane Rhythmusvariablen herangezogen, welche sich aus der Anpassung einer Cosinusfunktion an die Messdaten ergeben. *Mesor*, *Amplitude*, *Periode* und *Akrophase* stellen die vier wichtigsten circadianen Rhythmusvariablen dar (Haus und Touitou 1992, Refinetti 2007)

(Abbildung 6). Der *Mesor* (steht für engl. mean estimated statistic of rhythm) beschreibt den Mittelwert der Cosinusfunktion über 24 Stunden. Er kann als zentraler Wert gesehen werden, um den sich die Schwingung bewegt. Unter der *Amplitude* versteht man die Abweichung der Cosinusfunktion vom Mesor oder auch die Hälfte der Schwingungsbreite. Als *Periode* wird die Dauer eines vollen Zyklus bezeichnet oder auch der Abstand zwischen zwei Peaks. Die *Akrophase* beschreibt die zeitliche Lage des Maximums der Cosinorfunktion bezogen auf einen Referenzpunkt (Haen 1994, Refinetti 2007). Der Referenzpunkt liegt nach internationaler Übereinkunft bei tagaktiven Lebewesen wie dem Menschen bei 24:00 Uhr.

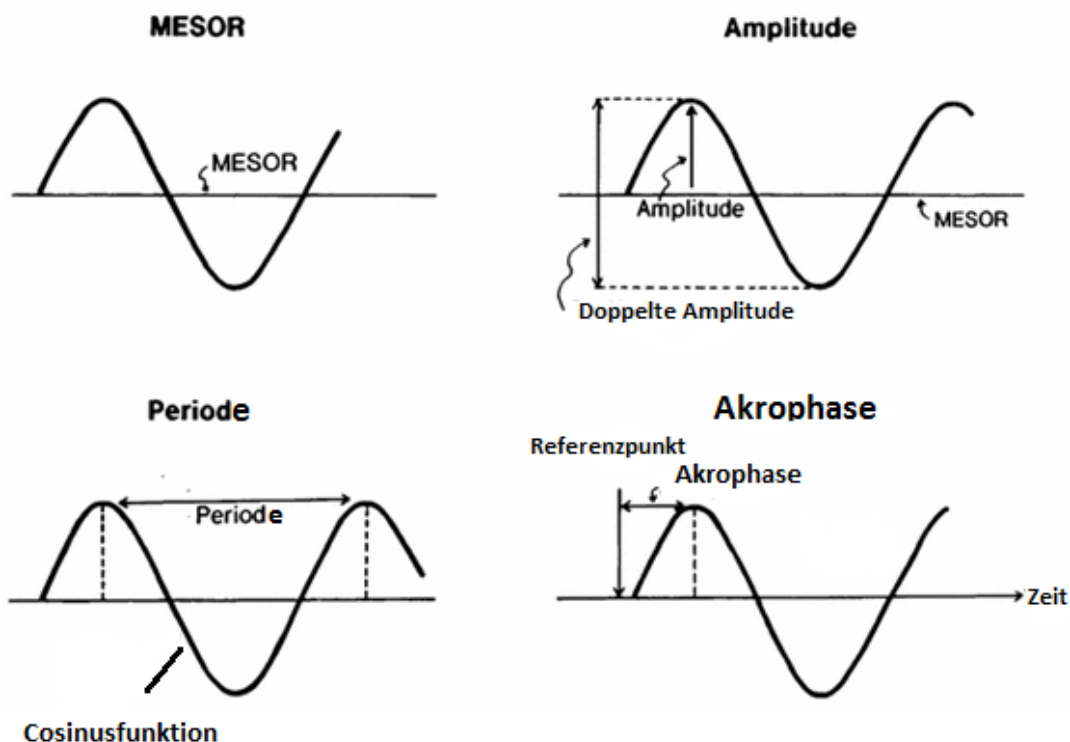


Abbildung 6: Darstellung der vier wichtigsten Rhythmusvariablen zur Beschreibung circadianer Rhythmen (verändert nach Haus und Touito 1992, S. 6)

In den letzten Jahren fand eine zunehmende Erforschung der circadianen Rhythmik beim Menschen statt. Hier standen zum einen die Untersuchung genetischer Grundlagen der inneren Uhr und deren Zusammenhänge mit Krankheiten im Vordergrund. Als Beispiel sind genetisch bedingte Schlafstörungen, genannt „circadian rhythm sleep disorders“ (CRSD) zu nennen, welche ihren Ursprung in einer Mutation innerhalb eines der Uhrengene haben können, was sich wiederum auf die circadiane Rhythmik der Betroffenen auswirkt (Rahman et al. 2010). Des Weiteren wurde der Zusammenhang zwischen einer Veränderung der circadianen Rhythmik und der Entstehung bestimmter Krebsarten näher beleuchtet. Studien weisen darauf hin, dass die durch die Industrialisierung und Technologisierung verstärkte auftretende Tendenz zu Nacht- und Schichtarbeit die circadiane Rhythmik der Körperkerntemperatur sowie verschiedener Hormone stören kann

(Czeisler et al. 1999). Dies hat häufig negative Folgen für die Gesundheit, wie zum Beispiel ein erhöhtes Risiko, an Übergewicht und Bluthochdruck zu erkranken (Chen et al. 2010) und kann sogar krebsfördernd sein. Aufgrund dieser Erkenntnisse wurde Nacht- und Schichtarbeit inzwischen von der „International Agency for Research on Cancer“ als wahrscheinlicher Krebsauslöser klassifiziert (Pronk et al. 2010).

Ein weiteres Forschungsfeld, welches sich in den letzten Jahren verstärkt auftut, ist die sogenannte Chronopharmakologie. Diesem Gebiet liegt die Erkenntnis zugrunde, dass biologische Rhythmen die Wirkung von Medikamenten im Organismus auf verschiedene Weise beeinflussen können und das Auftreten von Krankheitssymptomen häufig auch einer circadianen Rhythmik unterliegt (Lemmer 2012). Die zunehmende Bedeutung der Erforschung der circadianen Rhythmik in den letzten Jahren wird auch dadurch deutlich, dass zu Beginn des Jahres 2006 das Projekt „EUCLOCK“ ins Leben gerufen wurde. Hierbei handelt es sich um ein von der Europäischen Union finanziell unterstütztes Projekt mit einem Budget von 14,5 Millionen Euro, an welchem Chronobiologen von 29 Institutionen aus 11 Ländern beteiligt sind. Ziel des Projekts ist es, die innere Uhr von Zellen, höheren Organismen und dem Menschen zu untersuchen sowie die Synchronisation der inneren Uhr mit Veränderungen der Umwelt (URL [2]). Die vorliegende Arbeit fokussiert sich auf die Untersuchung alternsbedingter Veränderungen humaner circadianer Rhythmen.

### **2.1 Schlaf-Wach-Rhythmus**

Der Schlaf-Wach-Rhythmus ist einer der am intensivsten erforschten circadianen Rhythmen und gilt als ein wichtiger Markerrhythmus für das circadiane System. Der Regulation des Schlaf-Wach-Verhaltens liegt das 2-Prozess-Modell der Schlafregulation zugrunde (Borbely und Achermann 1999). Es umfasst die Steuerung des Schlaf- und Wachzustands über die Interaktion von zwei Prozessen, den homöostatischen Prozess S und den circadianen Prozess C (Abbildung 7). Homöostase wird als die Koordination physiologischer Prozesse im Organismus definiert, welche der Aufrechterhaltung des Gleichgewichts dienen (Cannon 1967). Die Steuerung der Homöostase erfolgt hauptsächlich durch den Hypothalamus im Gehirn (Silverthorn 2009). Im Zusammenhang mit Schlaf bezieht sich die Homöostase auf den vom Schlaf- und Wachzustand abhängigen Aspekt der Schlafregulation (Borbely und Achermann 1999). Der circadiane Prozess C wird von dem zentralen circadianen Schrittmacher, dem SCN, gesteuert. Neuere Studien haben ergeben, dass sich der circadiane Prozess C aus zwei parallel verlaufenden Kurven, der Aufweckschwelle L und der Einschlafschwelle H, zusammensetzt (Achermann 2004)(Abbildung 7).

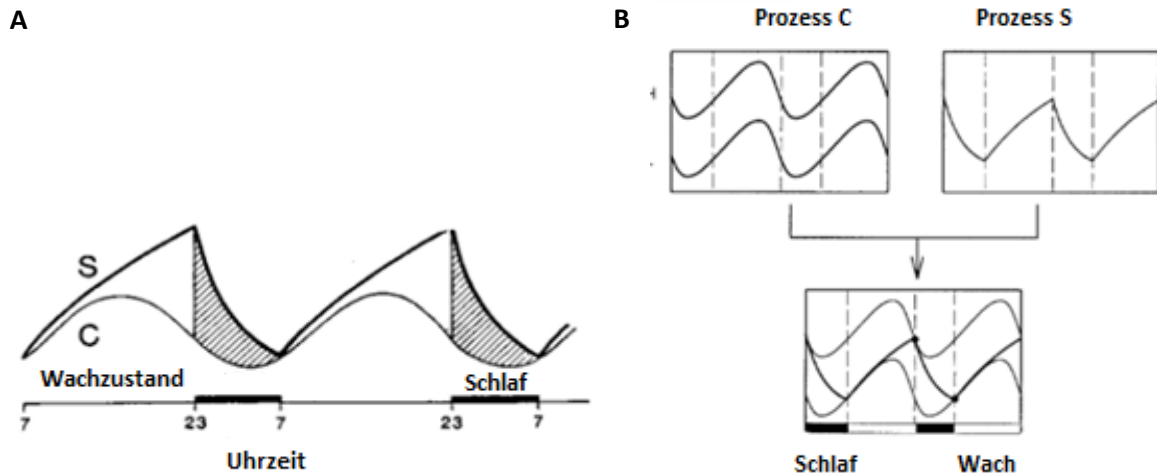


Abbildung 7: A) Ursprüngliches 2-Prozess-Modell der Schlafregulation (verändert nach Borbely und Achermann 1999, S. 386) und B) erweitertes 2-Prozess-Modell der Schlafregulation (verändert nach Achermann 2004, S. A38)

Der Verlauf der in Abbildung 7 dargestellten Prozesse lässt sich folgendermaßen erklären. Mit zunehmender Wachdauer steigt der homöostatische Prozess S (Schlafdruck) an, hat bei Beginn des Schlafs ein Maximum erreicht und fällt während des Schlafs ab, um dann nach Beendigung des Schlafs erneut anzusteigen. Folglich repräsentiert Prozess S das Schlafbedürfnis, welches sich über den Tag akkumuliert und während des Schlafs abgebaut wird (Borbely und Achermann 1999). Prozess S ist demnach abhängig von der vorangegangenen Wachdauer, welche sich wiederum in der Höhe des Anteils an Tiefschlaf widerspiegelt (Webb und Agnew 1971). Je höher die vorangegangene Wachdauer, desto höher der Anteil an Tiefschlaf im Nachtschlaf. Daraus kann geschlossen werden, dass der Anteil an Tiefschlaf durch den vorangegangenen Verlauf des Schlaf- und Wachzustand beeinflusst wird und daher als quantitativer Marker der Dynamik des Prozess S gesehen werden kann (Achermann 2004). Prozess C stellt den Verlauf der circadianen Aufwachs- (L) bzw. der Einschlafschwelle (H) dar. Die nicht statische Aufwach- und Einschlafschwelle steigt über den Vormittag an, erreicht gegen 14 Uhr das Maximum und fällt dann ab, um nachts gegen 5 Uhr am niedrigsten zu sein. Anschließend steigt sie erneut an. Prozess C ist an mit dem Schrittmacherimpulsen verbundene sekundäre Prozesse, wie beispielsweise die Produktion des Stresshormons Cortisol sowie des Nachthormons Melatonin, gebunden und ist unabhängig von dem vorangegangenen oder aktuellen Schlaf- und Wachzustand (Moore-Ede et al. 1982). Die Regulierung von Schlafbeginn und Schlafende erfolgt über die Interaktion von Prozess S und C. Je weiter sich Prozess S und C auseinander entwickeln, also je höher der Abstand zwischen dem Verlauf beider Kurven wird, desto stärker steigt der Schlafdruck an. Dieser ist in Abbildung 7 zunächst durch den zunehmenden weißen Bereich und dann durch den abnehmenden quer gestreiften Bereich zwischen



dem Kurvenverlauf von Prozess S und C dargestellt. Er erreicht aufgrund der Auseinanderentwicklung beider Prozesse gegen 23 Uhr ein Maximum, was zur Einleitung des Schlafs führt (Daan et al. 1984).

Trotz ihrer Interaktion verlaufen beide Prozesse unabhängig voneinander. Dies konnte durch Studien am Säugetiermodell belegt werden, bei welchen trotz Zerstörung des zentralen circadianen Schrittmachers SCN und damit des Prozesses C ein unveränderter Verlauf von Prozess S beobachtet werden konnte (Dijk et al. 1987). Des Weiteren war es möglich, beide Prozesse unabhängig voneinander zu beeinflussen, ohne dass der jeweils andere Prozess beeinflusst wurde. Beispielsweise führte eine helle Lichtexposition am Morgen zu einer Verschiebung des Prozesses C, nicht aber des Prozesses S (Dijk et al. 1987). Mit Hilfe des 2-Prozess-Modells der Schlafregulation kann neben dem Schlaf-Wach-Rhythmus auch der Verlauf von Schläfrigkeit und Wachheit, die Erholung von Schlafentzug, die von der circadianen Phase abhängige Schlafdauer, das Schlafbedürfnis während Nacht- und Schichtarbeit sowie die interne Desynchronisation circadianer Rhythmen bei Abwesenheit von Zeitgebern erklärt werden (Daan et al. 1984). Neben der endogenen circadianen Regulation des Schlaf-Wach-Rhythmus spielt auch der Einfluss exogener Zeitgeber wie Licht, Umgebungstemperatur und körperliche Aktivität eine Rolle (Weitzman et al. 1982). Beispielsweise führt eine durch eine Tageslichtlampe hervorgerufene abendliche Tageslichtexposition zu späteren Zubettgeh- und Aufstehzeiten aufgrund einer Verzögerung der circadianen Phasenlage, während hingegen eine morgendliche Tageslichtexposition zu früheren Zubettgeh- und Aufstehzeiten aufgrund einer Vorverschiebung der circadianen Phasenlage führt (Korf und Stehle 2005). Im Rahmen der vorliegenden Arbeit erfolgte die Untersuchung des Schlaf-Wach-Rhythmus jüngerer und älterer Frauen unter natürlichen Bedingungen in gewohnter Umgebung zu Hause.

### **2. 2 Körperkern- und Hauttemperatur-Rhythmus**

Um den optimalen Ablauf physiologischer Prozesse im menschlichen Organismus zu ermöglichen, variiert die Körperkerntemperatur des Menschen in einem eng gesteckten Rahmen um 37°C (Weinert 2010). Sie wird durch den Hypothalamus geregelt (vgl. Abbildung 4, Kapitel I 2). Er enthält temperaturempfindliche Neurone, welche mit Hilfe von Informationen aus übergeordneten neuronalen Strukturen und Hormonen den „Sollwert“ festsetzen, mit dem im Organismus vorliegenden Istwert vergleichen und bei Bedarf temperaturregulierende Mechanismen auslösen (Lang und Lang 2007). Thermisch gesehen kann der menschliche Körper in einen wärmeproduzierenden Kern und in eine wärmeverlust-regulierende Schale unterteilt werden (Kräuchi, 2002). Soll Körperwärme gespeichert werden, um beispielsweise ein Auskühlen bei niedrigen Umgebungstemperaturen zu verhindern, vergrößert sich die thermische Körperschale. Die Wärmeproduktion übersteigt folglich den Wärmeverlust (Abbildung 8, links). Soll hingegen Körperwärme zur Vermeidung einer Überhitzung aufgrund von hohen Umgebungstemperaturen

## I. Einleitung

abgegeben werden, wird die thermische Körperschale verkleinert und der Wärmeverlust übersteigt die Wärmeproduktion (Aschoff 1983)( Abbildung 8, rechts).

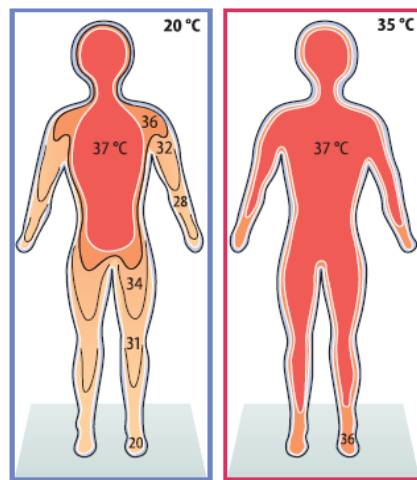


Abbildung 8: Körperschale bei niedriger (links) und hoher Umgebungstemperatur (rechts), (Lang und Lang, 2007, S. 189)

Die Regulierung der Körperschalengröße geschieht neben der Stimulierung bzw. Verminderung von Muskeltätigkeit sowie Verkleinerung bzw. Vergrößerung der Körperoberfläche (Lang und Lang 2007) über die Veränderung der Weite peripherer Blutgefäße, insbesondere der *arteriovenösen Anastomosen* an Hand und Fuß. Hierbei handelt es sich um Verbindungen zwischen Arterien und Venen, welche unter anderem die Hautdurchblutung regulieren (Rosenkranz et al. 2008). Eine Erweiterung der Blutgefäße führt zu einer erhöhten Hautdurchblutung, einer Zunahme der Hauttemperatur sowie einer erhöhten Wärmeabgabe; in Folge dessen sinkt die Körperkerntemperatur. Eine Verengung bewirkt das Gegenteil. Auch Körperkern- und Hauttemperatur folgen einer circadianen Rhythmik, welche eng mit dem Prozess der Wärmeproduktion und dem Wärmeverlust des Körpers in Zusammenhang steht (Aschoff 1980, Weinert 2010). Dies konnte sowohl unter kontrollierten (Aschoff 1980, Kräuchi und Wirz-Justice 1994) als auch unter natürlichen Bedingungen gezeigt werden (Weinert et al. 2007 Weinert 2010). Erweiterung und Verengung der *arteriovenösen Anastomosen* werden unter anderem vom zentralen circadianen Schrittmacher (SCN) im vorderen Hypothalamus mit Hilfe des Nachthormons Melatonin gesteuert (Kräuchi 2002). Folglich steht der circadiane Rhythmus der Körperkerntemperatur primär unter der Kontrolle des zentralen circadianen Schrittmachers und wird sekundär über das thermoregulatorische System angepasst (Weinert 2010).

Hinsichtlich des thermoregulatorischen Systems stellt der physiologische Vorgang des Schwitzens einen wichtigen Prozess dar, da das Verdampfen des Schweißes als energetisch aufwendiger Prozess die Abgabe einer großen Menge an Wärmeenergie ermöglicht und somit sehr effektiv ist (Lang und Lang 2007). Da auch hier eine erhöhte Hauttemperatur Voraussetzung ist, ist es nicht verwunderlich,

dass im Rahmen einer Studie von *Timbal und Kollegen* (1975) bei Probanden ein erhöhtes Schwitzen im Zusammenhang mit dem Schlafbeginn beobachtet werden konnte. Zu diesem Zeitpunkt kommt es zu einem Anstieg der distalen Hauttemperatur. Demnach folgt auch das Schwitzen einer circadianen Rhythmik, die eng mit dem circadianen Verlauf der distalen Hauttemperatur gekoppelt ist (Timbal et al. 1975).

Neben der circadianen Rhythmik der Körperkerntemperatur lässt sich auch eine circalunare Rhythmik feststellen, die mit dem Menstruationszyklus der Frau einhergeht (Refinetti 1992). Literaturbefunde weisen darauf hin, dass die Körperkerntemperatur zu Beginn der lutealen Phase, also direkt nach der Ovulation, im Mittel 0,4 °C höher ist als während der restlichen lutealen Phase sowie während der Follikelreifungsphase (Lee 1988). Neben geschlechtsspezifischen Unterschieden lässt sich auch eine altersabhängige Veränderung feststellen. So konnte in verschiedenen Studien gezeigt werden, dass die Regulierungseffizienz ab dem Erreichen des 60. Lebensjahres signifikant abnimmt (Collins et al. 1981). Die Körperkerntemperatur kann sowohl rektal, thympanal als auch oral gemessen werden. Die rektale Messung stellt die zuverlässigste Methode dar, da sie als beste Näherung an die tatsächliche Körperkerntemperatur angesehen werden kann (Bligh und Johnsen 1973). Aus hygienischen Gründen und aufgrund der unkomplizierteren Durchführbarkeit wird in Studien jedoch häufig die thympanale oder orale Messung der Körperkerntemperatur gemessen, vor allem dann, wenn diese Messung von den Probanden selbst durchgeführt werden soll.

Der circadiane Verlauf der Körperkerntemperatur sowie der distalen und proximalen Hauttemperatur über 24 Stunden unter kontrollierten Versuchsbedingungen ist in Abbildung 9 dargestellt. Der abendliche Anstieg der Melatoninproduktion führt zu einer Erweiterung der *arteriovenösen Anastomosen* und folglich zu einem Anstieg der distalen Hauttemperatur, einem Abfall der Körperkerntemperatur sowie der proximalen Hauttemperatur. Der menschliche Organismus befindet sich nachts folglich in einem Zustand des Wärmeverlusts (Weinert 2010). Die Körperkerntemperatur erreicht am frühen Morgen ihr Minimum ebenso wie die proximale Hauttemperatur, während hingegen die distale Hauttemperatur mit einer leichten Zeitverzögerung ihr Maximum erreicht. Im Rahmen der von *Kräuchi und Kollegen* (1994) unter kontrollierten Bedingungen an Studenten durchgeführten Studie konnte festgestellt werden, dass das Minimum der Körperkerntemperatur zwischen fünf und sechs Uhr morgens stattfindet und im Mittel bei 36,5°C liegt, wohingegen das Minimum der proximalen Hauttemperatur zwischen sieben und acht Uhr morgens stattfindet und im Mittel 33,8 °C beträgt. Zum vergleichbaren Zeitpunkt tritt bei der distalen Hauttemperatur das Maximum auf, welches zwischen sechs und sieben Uhr morgens liegt und im Mittel 33,3 °C beträgt (Kräuchi et al. 1994). Unter natürlichen Versuchsbedingungen zeigen sich Minima und Maxima zu vergleichbaren Uhrzeiten, auch wenn sie aufgrund des Einflusses körperlicher Aktivität und anderer Faktoren nicht so klar zu erkennen sind, da die

Körperkerntemperatur insgesamt aufgrund variierender Umweltbedingungen stärkeren Schwankungen unterliegt (Weinert 2010).

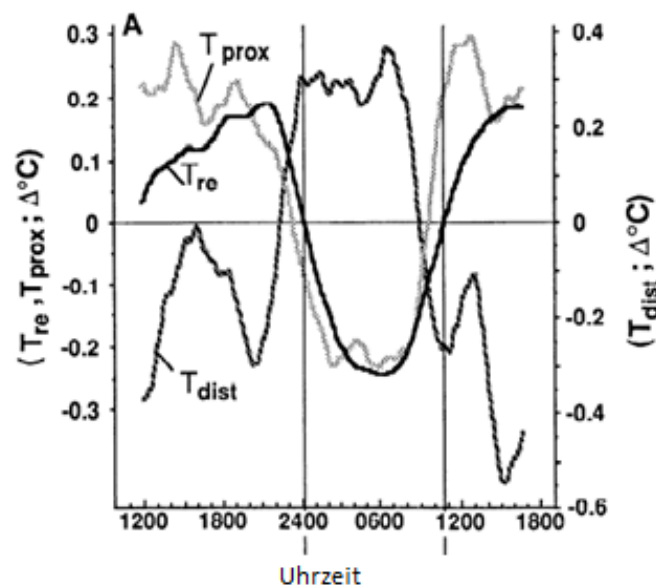


Abbildung 9: Verlauf der rektalen Körperkerntemperatur ( $T_{re}$ ) sowie der distalen ( $T_{dist}$ ) und proximalen Hauttemperatur ( $T_{prox}$ ) (Kräuchi, 1994, S. R826)

Zu den distalen Hautregionen zählen insbesondere die Hände und Füße, wohingegen proximale Hautregionen beispielsweise Oberschenkel und Wade umfassen. Der Verlauf der distalen Hand- und Fußtemperatur sowie der Oberschenkeltemperatur über 24 Stunden ist in Abbildung 10 dargestellt. Es zeigt sich ein ähnlicher Verlauf der distalen Hand- und Fußtemperatur, wobei die Fußtemperatur um zwei Grad höher liegt als die Handtemperatur (Abbildung 10A und B). Die Handtemperatur erreicht laut einer unter kontrollierten Versuchsbedingungen mit einem studentischen Probandenkollektiv durgeführten Studie von Kurt Kräuchi und Kollegen (1994) zwischen 14-15 Uhr das absolute Minimum und zwischen 00-01 Uhr das absolute Maximum, während die Fußtemperatur zwischen 15-16 Uhr das Minimum und zwischen 06-07 Uhr das Maximum erreicht. Die proximale Hauttemperatur am Oberschenkel verläuft wie erwartet annähernd gegenteilig zur distalen Hauttemperatur an Hand und Fuß (Abbildung 10C). Kräuchis Studie aus dem Jahr 1994 deutet darauf hin, dass zwischen 01-02 Uhr das absolute Minimum und zwischen 12-13 Uhr das absolute Maximum erreicht wird (Kräuchi et al. 1994). Der circadiane Verlauf der proximalen Hauttemperatur an der Wade ist bislang wenig untersucht. Im Rahmen dieser Arbeit wurde der circadiane Rhythmus der Hauttemperatur über sieben Tage an den genannten distalen und proximalen Hautregionen gemessen sowie zwischen jüngeren und älteren Frauen vergleichend gegenübergestellt.

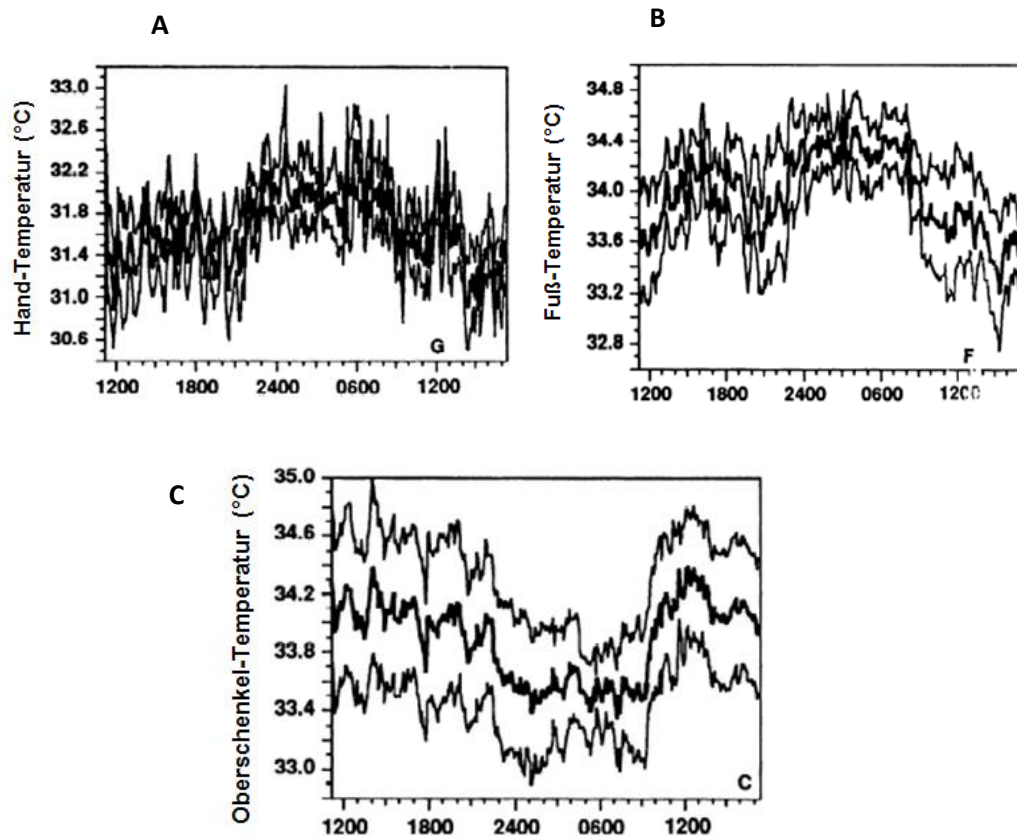


Abbildung 10: Verlauf der distalen Hauttemperatur an A) Hand, B) Fuß, C) Oberschenkel über 24 Stunden (Kräuchi 1994, S. 822)

### 2.3. Herzfrequenz-Rhythmus

Die Funktion des Herzens steht unter der Kontrolle des vegetativen Nervensystems. Dieses setzt sich aus zwei Gegenspielern zusammen, dem Sympathikus und dem Parasympathikus, welche die Herzleistung an den Bedarf des Organismus anpassen (Lang und Lang 2007). Der Sympathikus wird in Stresssituationen aktiv, wenn eine Kampf- oder Fluchtreaktion erforderlich wird. Er erhöht u.a. die Herztätigkeit und folglich die Herzfrequenz durch Stimulierung des den Herzrhythmus hervorrufenden Sinusknotens und durch Erhöhung der Leitungsgeschwindigkeit im AV-Knoten, welcher die Erregung an die Herzmuskulatur weiter gibt. Der Parasympathikus hingegen wird in Ruhesituationen aktiv und senkt die Herztätigkeit und folglich die Herzfrequenz durch Hemmung des Sinusknotens und Herabsetzung der Leitungsgeschwindigkeit im AV-Knoten (Lang und Lang 2007).

## I. Einleitung

Trotz des dominanten Einflusses körperlicher Aktivität auf die Höhe der Herzfrequenz weisen Literaturbefunde darauf hin, dass der Verlauf der Herzfrequenz über 24 Stunden einer circadianen Rhythmik folgt (Degaute 1991). Zum einen konnte gezeigt werden, dass auch Herzzellen einen circadianen Schrittmacher besitzen (Durgan et al. 2005). Des Weiteren führt das Ausschalten von Uhrengenen in Herzzellen von Mäusen zu einer Auslöschung des circadianen Rhythmus der Herzfrequenz, was sich durch einen gestörten Herzstoffwechsel sowie eine gestörte Funktion der Herzmuskelkontraktion bemerkbar macht (Bray et al. 2008). Jüngste Studienergebnisse deuten darauf hin, dass eine Störung des circadianen Schrittmachers in Herzzellen möglicherweise das Auftreten herz-kreislauf bedingter Erkrankungen begünstigt (Young et al. 2003, Rudic et al. 2009). Ein Zusammenhang zwischen der circadianen Rhythmik der Herzfrequenz und dem Auftreten herz-kreislauf-bedingter Erkrankungen wird schon seit längeren vermutet. Literaturbefunde zeigen, dass das Herz-Kreislauf-System betreffende Ereignisse wie Herzinfarkt, plötzlicher Herztod oder auch Herzrhythmusstörungen beim Menschen gehäuft in den frühen Morgenstunden auftreten (Willich et al. 1989, Muller 1985), wenn das kardiovaskuläre System aufgrund des dominierenden REM- Schlafs instabil ist (Boudreau 2013) und es aufgrund der hohen Sympathikusaktivität zu einem steilen Anstieg der Herzfrequenz kommt (Somers et al. 1993). Daher ist auch die Wirkung von Medikamenten, die zur Behandlung Herz-Kreislauf bedingter Erkrankungen gegeben werden, zeitabhängig (Portaluppi et al. 2012).

Neben Medikamenten und körperlicher Aktivität haben auch andere exogene Faktoren wie zum Beispiel die Nahrungsaufnahme einen Einfluss auf die Höhe der Herzfrequenz. In Abhängigkeit von der Zusammensetzung der Nahrung gibt es eine geringere oder stärker ausgeprägte Zunahme der Herzfrequenz nach der Nahrungsaufnahme, was auf die Aktivierung des Stoffwechsels und der damit verbundenen Anhebung des Stoffwechselumsatzes zurückzuführen ist (Schütz 1958). Des Weiteren spielen Geschlecht und Alter eine Rolle. Frauen weisen mit durchschnittlich 68 Schlägen pro Minute in Ruhe geringfügig höhere Mittelwerte auf als Männer mit ca. 62 Schlägen/min (Schütz 1958). Grund hierfür ist der höhere basale Grundumsatz, die Männer im Vergleich zu Frauen aufgrund ihrer höheren Muskelmasse aufweisen (URL [5]).

Hinsichtlich altersbedingter Einflüsse zeigen sich folgende Beobachtungen. Im Säuglingsalter beträgt die Herzfrequenz 120-160 Schläge pro Minute und ist stärkeren Schwankungen zwischen 60-80 Schlägen pro Minute unterworfen. Bis zum 20. Lebensjahr erfolgt dann eine Abnahme der mittleren Herzfrequenz, die in einer konstanten mittleren Herzfrequenzrate in Ruhe von 70-72 Schlägen pro Minute ab dem 20. Lebensjahr bis zum 50. Lebensjahr mündet (Schütz 1958). Anschließend nimmt aufgrund der altersbedingten Leistungsabnahme des Herzens die maximale Herzfrequenz ab (Borg 2004, Kostis 1982). Hinsichtlich einer Veränderung der mittleren Herzfrequenz mit dem Alter gibt es widersprüchliche Literaturbefunde (Kostis et al. 1982, Umetani et al. 1998).

Der Verlauf der circadianen Rhythmik der Herzfrequenz ist in Abbildung 11 dargestellt. Vereinfacht gesehen ist die Herzfrequenz erwartungsgemäß tagsüber höher und nachts niedriger. Wird der Verlauf genauer betrachtet, zeigt sich laut einer an männlichen Studenten durchgeführten Studie von *Kurt Kräuchi und Kollegen* (1994) das absolute Minimum zwischen 4-5 Uhr morgens mit einer mittleren Herzfrequenz 58,2 Schlägen. Diesem folgt das Maximum zwischen 11 und 12 Uhr mittags mit einer mittleren Herzschlagfrequenz von 64,4, bevor die Herzfrequenz über den Nachmittag abfällt, um gegen 21 Uhr abends ein weiteres kleines Maximum zu erreichen. Anschließend lässt sich ein Herzfrequenzabfall bis 4 oder 5 Uhr morgens beobachten (Abbildung 11, links).

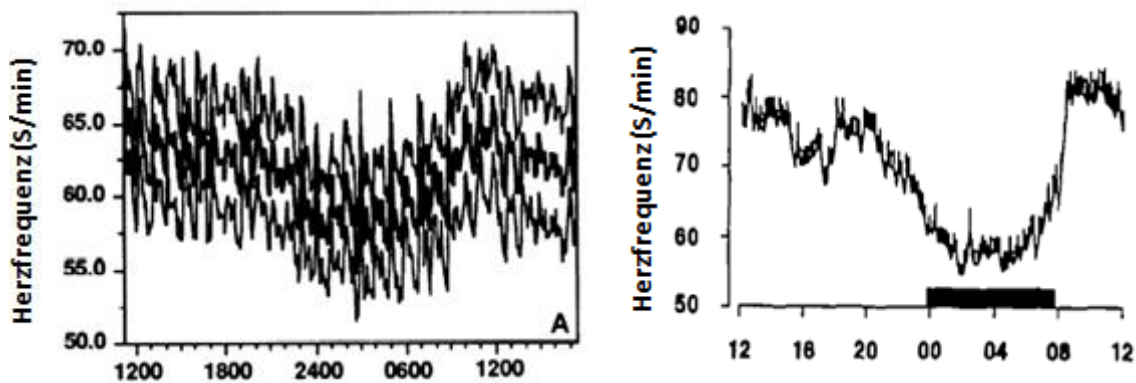


Abbildung 11: Circadianer Rhythmus der Herzfrequenz über 24 Stunden  
(links: Kräuchi, 1994, S. R824; rechts: Degaute, 1991, S. 202)

Eine Studie von *Jean-Paul Degaute und Kollegen* (1991) zeigt leichte Abweichungen von dem in Kräuchis Studie beschriebenen Verlauf (Abbildung 11, rechts). Minima und Maxima werden hier eine Stunde früher erreicht. Zudem sind die Herzfrequenzmittelwerte insgesamt höher. Möglicherweise spielen hier die Studienbedingungen eine Rolle, welche in Kräuchis Studie strikter und kontrollierter waren als in *Degautes* Studie. Zum anderen könnte das Alter der untersuchten Probanden eine Rolle spielen. Im Rahmen dieser Arbeit wurde daher die circadiane Rhythmik der Herzfrequenz jüngerer und älterer Probandinnen vergleichend betrachtet.

## 2.4. Wechselwirkung circadianer Rhythmen

Verschiedene circadiane Rhythmen stehen über den zentralen circadianen Schrittmacher miteinander in Wechselwirkung (Burgess et al. 2001, Czeisler 1980). Literaturbefunde zeigen, dass der Schlaf-Wach-Rhythmus und der circadiane Rhythmus der Körperkerntemperatur unter natürlichen Bedingungen eine stabile Beziehung zueinander aufweisen (Zulley et al. 1981, Van Someren 2000), sie sind intern miteinander synchronisiert. Literaturbefunde weisen darauf hin, dass der circadiane Rhythmus der Körperkerntemperatur mit der circadianen Rhythmik der Schlafneigung korreliert. Es konnte gezeigt werden, dass der Schlafbeginn während der Abnahme der Körperkerntemperatur stattfindet, wohingegen das Schlafende mit dem Anstieg der Körperkerntemperatur zusammenfällt (Dijk und Czeisler 2000, Kräuchi 2007). Des Weiteren konnten

Zulley und Kollegen (1981) an einem jüngeren Probandenkollektiv beobachten, dass der Schlafbeginn durchschnittlich 1,34 Stunden vor dem Körpertemperaturminimum und das Schlafende im Mittel 6,94 Stunden nach dem Körpertemperaturminimum liegt (Abbildung 14). Die zeitliche Lage des Schlafbeginns wiederum hat einen Einfluss auf die Schlafdauer (Zulley et al. 1981, Czeisler 1980). Je früher der Schlafbeginn zeitlich gesehen vor dem Minimum der Körperkerntemperatur erfolgt, desto länger dauert der Schlaf an (Abbildung 15). Es konnte gezeigt werden, dass die zeitliche Lage des Schlafbeginns in Relation zum Minimum der Körperkerntemperatur die Schlafdauer stärker beeinflusst als die vorangegangene Wachzeit (Czeisler 1980). Die innere Synchronisation des Schlaf-Wach-Rhythmus und des Rhythmus der Körperkerntemperatur scheint eine wichtige Voraussetzung für eine gute Schlafqualität zu sein. Kommt es beispielsweise aufgrund von Nacht- oder Schichtarbeit zu einer Abweichung von gewohnten Zubettgeh- und Aufstehzeiten und damit zu einer Veränderung der zeitlichen Lage von Schlafbeginn und Körperkerntemperaturminimum zueinander, kann dies zu verlängerten Einschlafzeiten bzw. verfrühten Aufwachzeiten und somit zu einer Abnahme der Schlafqualität führen (Zulley 1980).

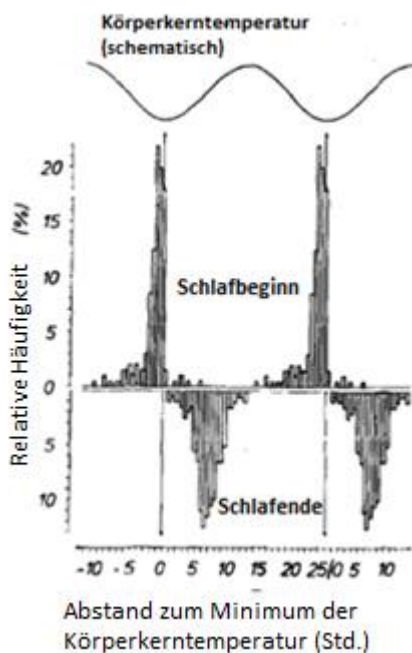


Abbildung 13: Zeitliche Lage des Schlafbeginns und des Schlafendes in Abhängigkeit vom Minimum der Körperkerntemperatur (Zulley, 1981, S. 316)

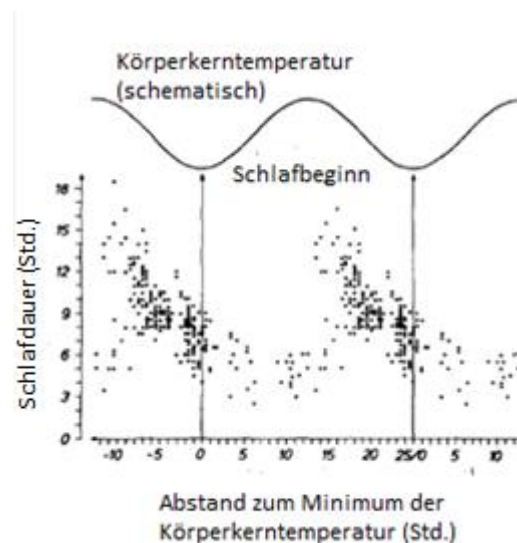


Abbildung 12: Schlafdauer in Abhängigkeit von der zeitlichen Lage des Schlafbeginns (Zulley, 1981, S. 316)

Auch zwischen der circadianen Rhythmik der Körperkerntemperatur und der Hauttemperatur besteht - wie bereits im vorherigen Kapitel angedeutet - ein enger Zusammenhang, da beide Variablen über den physiologischen Prozess der Wärmeproduktion und des Wärmeverlusts reguliert werden (Aschoff 1983, Kräuchi 2002). Dieser Prozess hängt wiederum mit der circadianen Ausschüttung des Nachthormons Melatonin zusammen. Es wird angenommen, dass die abendliche



Melatoninausschüttung über das Andocken von Melatonin an melatonininsensitive Rezeptoren an den arteriovenösen Anastomosen zu einer Erweiterung der peripheren Blutgefäße führt, was ein Ansteigen der peripheren Hauttemperatur und ein sich daraus ergebendes Absinken der Körperkerntemperatur zur Folge hat (Kräuchi 1997).

Eine andere mögliche Erklärung für den abendlichen Anstieg der Hauttemperatur ist die Reduzierung der gefäßverengenden Nervenimpulse des Sympathikus, was zu einer erhöhten peripheren Durchblutung und Wärmeabgabe führt (Van Someren 2000). Der abendliche Prozess der peripheren Gefäßerweiterung wird zusätzlich durch das Einnehmen der liegenden Position unterstützt, da es dadurch zu einem Rückstrom des abgekühlten Bluts aus der Peripherie zum Körperkern und zu einem Zustrom des angewärmten Bluts aus dem Körperkern in die Körperperipherie kommt, was die Erhöhung der Hauttemperatur sowie den Abfall der Körperkerntemperatur begünstigt (Kräuchi et al. 1997). Abends kommt es folglich zu einem Anstieg der proximalen und distalen Hauttemperatur und einem Abfall der Körperkerntemperatur, während hingegen morgens das Gegenteil eintritt (Kräuchi und Deboer 2010). Folglich weisen Körperkerntemperatur und distale Hauttemperatur sowohl tagsüber als auch nachts einen gegensinnigen Verlauf auf (Abbildung 14). Die proximale Hauttemperatur folgt unter kontrollierten Bedingungen tagsüber den hohen Mittelwerten der Körperkerntemperatur und nachts den hohen Mittelwerten der distalen Hauttemperatur (Kräuchi 2002). Letzteres ist jedoch nur der Fall, wenn die Probanden wach gehalten wurden, also kein Schlaf erlaubt war. Unter Studienbedingungen, unter denen Schlaf erlaubt war, zeigte sich ein nächtliches Absinken der proximalen Hauttemperatur; sie folgte damit der Körperkerntemperatur (Kräuchi et al. 1994) (Abbildung 14). Aus diesen Beobachtungen kann geschlossen werden, dass es auch einen Zusammenhang des Schlaf-Wach-Rhythmus mit der circadianen Rhythmik der Hauttemperatur gibt.

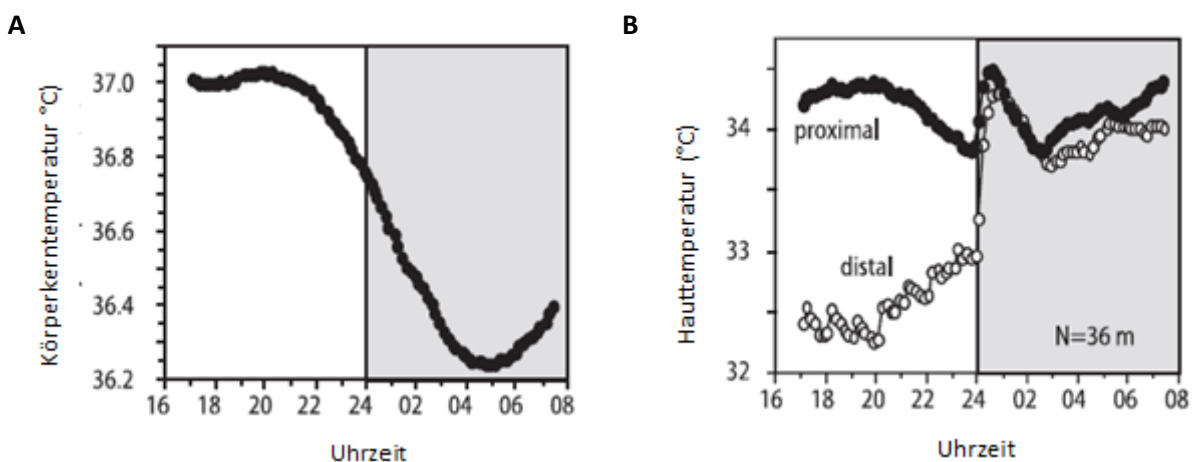


Abbildung 14: A) Verlauf der Körperkerntemperatur und B) der distalen und proximalen Hauttemperatur über 24 Stunden (Kräuchi, 2002, S. 148)

## I. Einleitung

Neben dem Schlaf-Wach-Rhythmus weisen auch andere schlafbezogene Variablen wie die Schlafstruktur einen Zusammenhang mit der circadianen Rhythmik der Körperkern- und Hauttemperatur auf. Literaturbefunde deuten ein zeitlich früheres Auftreten des REM-Schlafs (s. Kap. I 4.1) an, wenn der Schlafbeginn um das Körpertemperaturminimum liegt (Czeisler et al. 1980). Zudem zeigt sich ein Anstieg der Hauttemperatur und ein Abfall der Körperkerntemperatur während der Non REM-Stadien, insbesondere während der ersten Schlafstunde.

Des Weiteren steht die Schläfrigkeit in enger Wechselwirkung mit der Körperkerntemperatur und der distalen Hauttemperatur. Literaturbefunde zeigen einen Zusammenhang zwischen dem abendlichen Grad der peripheren Gefäßerweiterung, dem Anstieg der Müdigkeit und der Einschlafdauer (Kräuchi et al. 1997, Kräuchi 2007). Der abendliche Anstieg der peripheren Hauttemperatur aufgrund der peripheren Gefäßerweiterung und der daraus folgende Abfall der Körperkerntemperatur stellt ein schlafinduzierendes Signal dar, indem die Schläfrigkeit erhöht und die Einschlaf latenz (Dauer bis zum Erreichen des Einschlafzeitpunkts) verkürzt wird. Am Morgen tritt der gegenteilige Effekt ein. Die auftretende periphere Gefäßverengung führt zu einem Abfall der peripheren Hauttemperatur und einem Anstieg der Körperkerntemperatur, was einem Aufwachsignal gleich kommt (Rayman et al. 2007). Daraus ergibt sich wiederum ein Zusammenhang zwischen der circadianen Rhythmik der Haut- und Körperkerntemperatur und der Schlafqualität (Van Someren 2002).

Eine mögliche Erklärung für den engen Zusammenhang zwischen Schlaf- und Temperaturregulation ist, dass der vordere Hypothalamus für die Steuerung beider Vorgänge verantwortlich ist. Thermosensitive Neurone, die sich wie schlafregulierende Neurone gehäuft in der präoptischen Region des Hypothalamus finden, zeigen vor und während des Schlafs veränderte Aktivitätsmuster hinsichtlich ihrer Abgabe von Nervenimpulsen (Van Someren 2000). Des Weiteren modulieren die über den Tag stattfindenden Veränderungen der Hauttemperatur die neuronale Aktivierung von Wachsignal erzeugenden Strukturen (Van Someren 2002).

Neben der circadianen Rhythmik der Körperkern- und Hauttemperatur steht der Schlaf-Wach-Rhythmus sowie schlafbezogene Variablen auch mit der circadianen Rhythmik der Herzfrequenz in Verbindung; das vegetative Nervensystem stellt hier das Bindeglied dar (Virtanen et al. 2015). Da das vegetative Nervensystem auch für die Regulierung des Blutdrucks sowie der Atmung zuständig ist, gibt es zudem einen Zusammenhang zwischen den beiden genannten Variablen und der Herzfrequenz (Lang und Lang 2007). Während des Wachzustands ist die Aktivität des Sympathikus am höchsten, was eine hohe Herzfrequenz bedingt. Insbesondere während des Tiefschlafs überwiegt der Einfluss des Parasympathikus, was eine niedrige Herzfrequenz zur Folge hat (Cabiddu 2012). Zudem findet hier eine ruhige und regelmäßige Atmung statt, welche die niedrige und regelmäßige Herzfrequenz zusätzlich begünstigt. Im REM-Schlaf treten hingegen starke Schwankungen der Atmung und Herzfrequenz auf, da hier abwechselnd der Einfluss des Sympathikus und des

Parasympathikus überwiegt (Virtanen et al. 2015). Aufgrund der Zunahme des REM-Schlafanteils sowie nächtlicher Aufwacher in der zweiten Nachthälfte treten hier stärkere Schwankungen der Herzfrequenz auf als in der ersten Nachthälfte (Portulappi et al. 2012). Des Weiteren kommt es vor Schlafbeginn zu einem Abfall und vor Schlafende zu einem Anstieg der Herzfrequenz (Degaute et al. 1991). Die mit Schlafbeginn und Schlafende verbundene Veränderung der Körperposition scheint hierbei nur eine untergeordnete Rolle zu spielen (Van den Meiracker 1988). Ein weiterer Hinweis für den Zusammenhang zwischen circadianer Rhythmik des Schlafs und der Herzfrequenz ist, dass schlafbezogene Erkrankungen wie zum Beispiel Schlafapnoe aufgrund der Unterversorgung des Körpers mit Sauerstoff sowie häufigen nächtlichen Aufwachphasen das Auftreten kardiovaskulärer Erkrankungen wie Herzrhythmusstörungen oder Bluthochdruck begünstigen (Constanzo et al. 2015).

Der Zusammenhang der circadianen Rhythmik der Herzfrequenz mit der circadianen Rhythmik der Haut- und Körperkerntemperatur ist bislang wenig erforscht. Literaturbefunde weisen darauf hin, dass der circadiane Rhythmus der Körperkerntemperatur, welcher aufwendig zu messen ist, mittels der Messung der Herzfrequenz eingeschätzt werden kann (Sim et al. 2014, Buller et al. 2013, Waterhouse et al. 2009). Der physiologische Zusammenhang ist hingegen besser untersucht. Über das vegetative Nervensystem steht die Herzfrequenz mit der Haut- und Körperkerntemperatur in Verbindung. In Situationen, die eine hohe Leistungsbereitschaft des Körpers erfordern, wie zum Beispiel erhöhte körperliche Aktivität (Sport) oder Stress, kommt es aufgrund der Dominanz des sympathischen Systems u.a. zu einer Erhöhung der Herzfrequenz sowie zu einer Vasokonstriktion peripherer Gefäße in der Haut. So soll ein Abfallen des Blutdrucks verhindert werden, um eine ausreichende Durchblutung und Versorgung der beanspruchten Muskulatur garantieren zu können (Lang und Lang 2007). Aufgrund der Vasokonstriktion peripherer Gefäße kommt es zu einem Absinken der Hauttemperatur, was in Kombination mit der Stimulierung der Schweißdrüsen eine Wärmeabgabe mit geringer Hautdurchblutung ermöglicht (=Verdunstungskälte). Die Folge ist ein Anstieg der Körperkerntemperatur (Waterhouse et al. 2009). Aufgrund der Tatsache, dass der Zusammenhang zwischen der circadianen Rhythmik der Haut- und Körperkerntemperatur und der Herzfrequenz bislang kaum untersucht wurde, wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit die circadiane Rhythmik der Herzfrequenz sowie die circadiane Rhythmik der peripheren Hauttemperatur vergleichend gegenübergestellt.

### **3. Der Einfluss des Alters auf verschiedene circadiane Rhythmen**

#### **3.1 Veränderungen des zentralen circadianen Schrittmachers**

Im Laufe des Lebens kommt es zu Veränderungen physiologischer Prozesse im Körper. Es wird unter anderem eine altersbedingte Abnahme der Temperaturregulation, des Grundumsatzes, der

## I. Einleitung

Muskelmasse und Muskelkraft, des Herzminutenvolumens, des Lungenvolumens sowie ein Nachlassen der sensorischen Fähigkeiten beobachtet (Deuschl und Reichmann, 2006). Insbesondere bei Frauen findet zudem ab der fünften Lebensdekade eine hormonelle Umstellung statt. Ab der sogenannten Menopause - dem Zeitpunkt der letzten Menstruationsblutung - nimmt die Hormonproduktion des Östrogens und Gestagens in den Eierstöcken der Frau ab, was u.a. Symptome wie Hitzewallungen und Herzrasen mit sich bringen kann (Lang und Lang 2007).

Altersbedingte Veränderungen betreffen auch das Gehirn. So kommt es u.a. zu einer Abnahme des synaptischen Netzwerks und folglich der synaptischen Kommunikation durch Verlust synaptischer Kontakte zwischen den Nervenzellen aufgrund morphologischen Veränderungen der Nervenzellenden, der sogenannten Dendriten (Bertini et al. 2010, Hollmann 2000). Dies hat Auswirkungen auf das circadiane System (Dijk 2000, Monk 1995), genauer gesagt auf den zentralen circadianen Schrittmacher im Hypothalamus, den *nucleus suprachiasmaticus (SCN)* (vgl. Abbildung 4, Kapitel I 2). Wissenschaftliche Erkenntnisse zu morphologischen Veränderungen des SCN im Alter sind widersprüchlich. Den meisten Studien liegt aus ethischen Gründen Säugetiermodelle - insbesondere Mäuse- zugrunde. Aufgrund der Tatsache, dass es sich bei dem Menschen ebenfalls um ein Säugetier handelt und er genetisch gesehen der Maus ähnlich ist, ist anzunehmen, dass die bisher gewonnen Erkenntnisse auch auf den Menschen übertragen werden können. Während Hofman und Swaab (2006) sowie Czeisler und Kollegen (1992) von einer Reduzierung des SCN Nervenzellvolumens ab dem 80. Lebensjahr ausgehen, kommen Bertini und Kollegen (2010) zu dem Schluss, dass sich Größe und Volumen des SCN in Laufe des Lebens nicht ändern.

Einigkeit herrscht jedoch darüber, dass es zu altersbedingten Veränderungen des zentralen circadianen Schrittmachers kommt (Hofman und Schwab 2006, Bertini et al. 2010, Czeisler et al. 1992). Unklar ist allerdings, an welcher Stelle des circadianen Systems/der circadianen Kaskade diese degenerativen Veränderungen räumlich und zeitlich gesehen ansetzen. Monk und Kollegen (1995) halten drei verschiedene Ansatzstellen für möglich. Zum einen könnte die Generierung der Rhythmen betroffen sein, welche im Zentrum des SCN erfolgt (Hofman und Schwab 2006). Möglicherweise verändert sich der Rhythmus der neuronalen Impulsabgabe des SCN insofern, als dass eine geringere Amplitude sowie einer höheren Variabilität der neuronalen Impulse auftritt und folglich zu Veränderungen der circadianen Rhythmik führen (Satinoff et al. 1993, Ajuard et al. 2001). Abbildung 15 zeigt die neuronale Impulsaktivität von drei aus dem SCN isolierten Nervenzellen einer jüngeren (A) und einer älteren (B) Maus. Während sich bei der jungen Maus ein regelmäßiger Rhythmus der neuronalen Impulsaktivität zeigt, ist er bei der älteren Maus unregelmäßig und von geringerer Amplitude (Abbildung 15).

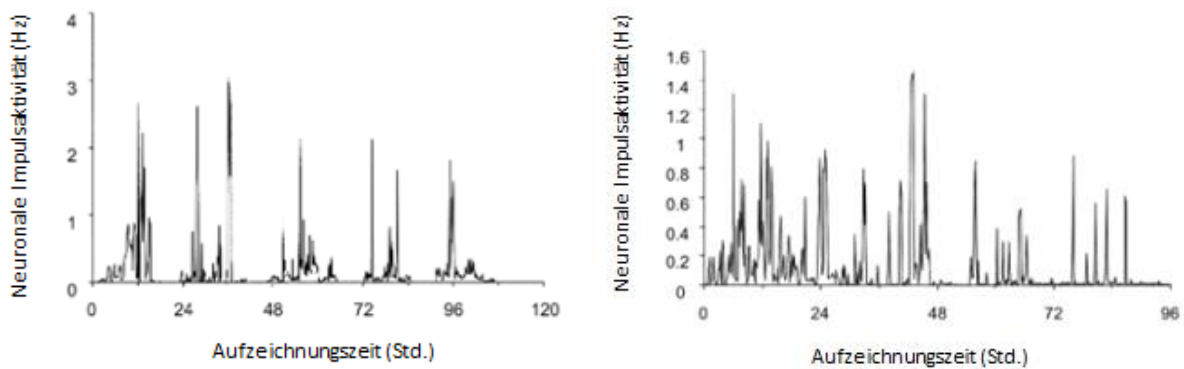


Abbildung 15: Neuronale Impulsaktivität von 3 Zellen des SCN A) einer jüngeren und B) einer älteren Maus (Aujard et al. 2001, S. 258)

Des Weiteren ist es denkbar, dass es aufgrund altersbedingter Veränderungen der Retina zu einer Abnahme der Lichtsensibilität und damit der Lichtstimulation kommt, was eine Verminderung der Synchronisierung des SCN mit der Umwelt über den Tag-Nacht-Wechsel zur Folge hat (Weinert 2010, Hofman et al. 2006). Den dritten Ansatzpunkt stellt die Weitergabe der neuronalen Impulse des SCN an die circadianen Schrittmacher in den Zellen der Gewebe und Organe dar (Hofman et al. 2006). Möglicherweise lässt altersbedingt die Fähigkeit der Nervenimpulsweitergabe des SCN an die peripheren Uhren nach, was durch eine Abnahme der Stärke der neuronalen Impulsaktivität des SCN zu erklären wäre. Umgekehrt wäre auch denkbar, dass die peripheren Uhren selbst von altersbedingten Veränderungen betroffen sind, was zu einer veränderten Rhythmus erzeugung in den Geweben und Organen des Körpers führen würde und folglich die Anpassung an veränderte Umweltbedingungen erschwert (Davidson et al. 2008, Sitzmann et al. 2008). Des Weiteren wäre es möglich, dass alle genannten Ansatzstellen von altersbedingten degenerativen Veränderungen betroffen sind (Monk et al. 1995).

Zudem wird der Veränderung des Lebensstils im Alter, welche sich tendenziell in einer abnehmenden körperlichen Aktivität sowie einer reduzierten Lichtexposition äußert, eine zentrale Rolle hinsichtlich altersbedingter Veränderungen der inneren Uhr zugeschrieben (Ancoli Israel et al. 1997, Myers und Badia 1995). Sowohl körperliche Aktivität als auch Licht haben wie bereits erwähnt einen großen Einfluss auf die circadiane Rhythmik.

Die hinsichtlich der circadianen Rhythmen im Alter häufig beobachtete Vorverschiebung der Phasenlage sowie die Abflachung der Amplitude ließe sich am besten mit der ersten Theorie, einer altersbedingt auftretenden Veränderung der Nervenimpulsabgaberate des SCN erklären (Hofmann et al. 2006, Weitzman et al. 1982, Vitiello et al. 1986, Campell et al. 1998). Möglicherweise ist die Kommunikation zwischen den einzelnen Nervenzellen im SCN beeinträchtigt, was eine Störung der

temporären Organisation der circadianen Rhythmen zur Folge haben könnte, da die oszillierenden Impulse der einzelnen Nervenzellen des SCN nicht mehr aufeinander abgestimmt werden und sich die neuronale SCN-Impulsaktivität insgesamt abschwächt (Hofman et al. 2006, Bertini et al. 2010) (Abbildung 15). Die im Alter zu beobachtende abnehmende Fähigkeit des Organismus, sich an periodisch schwankende Umweltbedingungen anzupassen (Gibson et al. 2009), kann sowohl durch die zweite Theorie, die Abnahme der Lichtsensibilität und folglich der Lichtstimulation des SCN, als auch durch die dritte Theorie, die eingeschränkte Weitergabe der SCN-Nervenimpulse an die peripheren Schrittmacher, erklärt werden.

Daraus kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass vermutlich das Zusammenspiel mehrerer genannter Prozesse in Kombination mit einer Veränderung des Lebensstils zur altersbedingten Veränderung des zentralen circadianen Schrittmachers führt.

### **3.2 Altersbedingte Veränderungen einzelner circadianer Rhythmen**

Die altersbedingten Veränderungen des zentralen circadianen Schrittmachers wirken sich auf die von ihm generierten und synchronisierten circadianen Rhythmen aus. Sie sind am besten anhand des Schlaf-Wach-Rhythmus erforscht (Byles et al. 2005, Bertini et al. 2010, Cajochen et al. 2006). Die im Alter zu beobachtende Vorverschiebung der Phasenlage sowie die Abflachung der Amplitude äußert sich hinsichtlich des Schlaf-Wach-Rhythmus in vorgezogenen Einschlaf- und Aufwachzeiten. Dies konnte hauptsächlich unter kontrollierten Studienbedingungen (Czeisler et al. 1992, Duffy et al. 2001, Dijk et al. 2000) gezeigt werden und erklärt unter anderem die im Alter auftretende Tendenz in Richtung Morgentyp, welcher sich durch frühe Zubettgeh- und Aufstehzeiten auszeichnet (Zhang et al. 2015, Monk et al. 1995). Insgesamt kommt es zu einer höheren Fragmentierung des Schlaf-Wach-Rhythmus (Haug et al. 2002), was sich in häufigeren und längeren nächtlichen Wachphasen sowie vermehrtem Tagschlaf äußert (Evan und Rogers 1999, Happe 2011). Eine mögliche Erklärung ist die Abnahme der Schlaftiefe aufgrund einer altersbedingten Abschwächung der circadianen schlafinduzierenden Nervenimpulse (Cajochen et al. 2006, Dijk et al. 2000). Eine Folge hiervon ist eine erhöhte tageszeitliche Müdigkeit, welche häufig mit tageszeitlichen Nickerchen kompensiert wird (Münch et al. 2005, Takahshi 1995).

Auch Schlafstruktur und Schlafqualität sind von altersbedingten Veränderungen betroffen (Evans et al. 1994, Monk et al. 1995). Literaturbefunde zeigen eine Abnahme des REM- und Tiefschlafanteils sowie eine Zunahme des Leichtschlafanteils (Wilhelm et al. 2008, Happe 2011). Dies kann gemeinsam mit der häufig beobachteten altersbedingten Zunahme der Einschlafzeit und Abnahme der Schlaffeizienz (s. Kap. I 4.3) zu einer Verschlechterung der Schlafqualität führen (Myers und Badia 1995, Weitzmann et al. 1982). Dies erklärt wiederum möglicherweise das vermehrte Auftreten von Schlafstörungen im Alter (Happe 2011, Vitiello 2006). Die beschriebenen altersbedingten Veränderungen des Schlaf-Wach-Rhythmus sowie anderer schlafbezogener Variablen lassen sich

## I. Einleitung

möglicherweise nicht allein auf Veränderungen des circadianes Systems zurückführen. Auch veränderte Lebensumstände wie die tendenziell abnehmende körperliche Aktivität und geringere Lichtexposition sowie das gehäufte Auftreten körperlicher Erkrankungen können eine Rolle spielen (Happe 2011, Shochat et al., 2003).

Hinsichtlich der circadianen Rhythmik der Körperkerntemperatur lässt sich bei älteren im Vergleich zu jüngeren Probandinnen zum einen eine vorgezogene Phasenlage beobachten; dies spiegelt sich in der früheren zeitlichen Lage der Minima und Maxima wieder. Dies konnte sowohl unter kontrollierten Versuchsbedingungen (Czeisler et al. 1992, Zepelin und Mc Donald 1987) als auch unter natürlichen Bedingungen (Campell et al. 1998, Monk et al. 1995) für die circadiane Rhythmik der Körperkerntemperatur und der Melatoninproduktion sowie den Schlaf-Wach-Rhythmus gezeigt werden. Zum anderen kommt es zu einer Abflachung der Amplitude, was ebenfalls unter kontrollierten (Czeisler et al. 1992, Weitzmann et al. 1982) und natürlichen Versuchsbedingungen (Vitiello et al. 1986, Weitzmann et al. 1982) bei der circadianen Rhythmik der Körperkerntemperatur beobachtet werden konnte. Insgesamt nimmt die Körperkerntemperatur mit dem Alter ab (Van Someren 2000, Poehlman et al. 1993). Grund hierfür kann neben der abnehmenden und unregelmäßiger werdenden circadianen neuronalen Impulsaktivität des SCN zum einen das Nachlassen des intrinsischen Mechanismus der Thermoregulation, insbesondere der Wärmeerhaltung. Literaturbefunde, welche altersbedingt einen erhöhten Abfall der Körperkerntemperatur bei kalten Umgebungstemperaturen zeigen, bestätigen dies (Falk et al. 1994, Wagner et al. 1974). Zum anderen kommt es zu einer Abnahme des Grundumsatzes aufgrund der altersbedingten Abnahme der Muskelmasse (Weinert und Waterhouse 2007, Czeisler et al. 1992). Des Weiteren spielen veränderte Lebensumstände wie eine geringere körperliche Aktivität oder auch ein erhöhter Medikamentenkonsum eine Rolle (Monk et al. 1995, Van Someren 2002). Die mit dem Alter abnehmende Flexibilität der thermoregulatorischen Regulierung des Wärmeverlusts stellt gegebenenfalls einen Grund für die erhöhte Todesrate älterer Menschen in den Wintermonaten dar (Young 1991).

Die genannten altersbedingten Veränderungen betreffen indirekt auch die circadiane Rhythmik der distalen und proximalen Hauttemperatur, da diese wie bereits erwähnt eng mit der circadianen Rhythmik der Körperkerntemperatur in Zusammenhang steht. Zudem konnte eine altersbedingte Abnahme des abendlichen Anstiegs der distalen Hauttemperatur festgestellt werden (Raymann et al. 2007), was wiederum die Theorie der Amplitudenabnahme im Alter stützt.

Die Veränderungen der circadianen Rhythmik der Herzfrequenz im Alter sind bislang wenig erforscht. Fest steht jedoch, dass es altersbedingt zu anatomischen und physiologischen Veränderungen des Herzens kommt (Lakatta et al. 1987). Aufgrund des steigenden Blutdrucks ist bei älteren Menschen häufig eine Hypertrophie, also eine Größenzunahme der linken Herzkammer zu beobachten

Literaturbefunde deuten eine Abnahme der Flexibilität hinsichtlich der Anpassung der Herzfrequenz an unterschiedliche Aktivitätsniveaus an (Bonnemeier et al. 2003). Des Weiteren kommt es zu einer Abnahme der maximalen Herzfrequenz aufgrund der Leistungsabnahme des Herzens (Kostis et al. 1982). Die Literaturbefunde zur altersbedingten Veränderung der mittleren Herzfrequenz sind jedoch widersprüchlich. Zum einen konnte eine altersbedingte Abnahme der Herzfrequenz insbesondere bei Frauen beobachtet werden (Umetani et al. 1998), während andere Studien keine altersbedingte Veränderung der Herzfrequenz zeigen konnten (Kostis et al. 1982). Zudem treten im Alter vermehrt Herzerkrankungen auf (Lakatta et al. 1987). Zur Untersuchung altersbedingter Veränderungen der circadianen Rhythmik der Herzfrequenz wurden im Rahmen dieser Arbeit jüngere und ältere Frauen hinsichtlich der circadianen Rhythmik der Herzfrequenz über 48 Stunden gegenübergestellt.

### **3.3 Veränderte Wechselwirkung zwischen circadianen Rhythmen**

Die altersbedingte Veränderung einzelner circadianer Rhythmen kann zu einer veränderten Wechselwirkung zwischen den circadianen Rhythmen führen. Die temporäre Organisation der Rhythmen wäre folglich möglicherweise gestört (Hofmann und Swaab 2006). Literaturbefunde weisen darauf hin, dass der Zusammenhang zwischen Schlaf-Wach-Rhythmus und circadianer Rhythmik der Körperkern- und Hauttemperatur aufgrund altersabhängiger Leistungseinbußen des SCN mit dem Alter an Präzision verliert (Czeisler et al. 1992). Folglich können Veränderungen hinsichtlich der zeitlichen Lage des nächtlichen Körpertemperaturminimums und der Zubettgeh- und Aufstehzeit zueinander auftreten. *Derk Jan Dijk* und Kollegen (2000) konnten zeigen, dass ältere Menschen zu einem früheren Zeitpunkt ihrer circadianen Phase der Körperkerntemperatur aufwachen als jüngere Menschen. Die altersbedingt zu beobachtende Phasenvorverschiebung sowie Abnahme der Amplitude der Körperkerntemperatur erklärt möglicherweise auch das vermehrte Auftreten von Schlafstörungen im Alter (Czeisler et al. 1992).

Aufgrund des engen Zusammenhangs zwischen Körperkern- und Hauttemperatur ist anzunehmen, dass sich auch das Zusammenspiel zwischen Hauttemperatur und Schlaf-Wach-Rhythmus altersbedingt ändern dürfte. Folglich stellt der altersbedingt reduzierte abendliche Anstieg der distalen Hauttemperatur möglicherweise kein effektives schlafinduziertes Signal mehr (Rayman et al. 2007). Dies erklärt gegebenenfalls die häufig zu beobachtende verlängerte Einschlafdauer bei älteren Menschen (Buysse et al. 1991). Eine mögliche Erklärung für das Ausbleiben eines ausgeprägten distalen Anstiegs der Hauttemperatur am Abend ist neben degenerativen Veränderungen des circadianen Systems die altersbedingte Abnahme der Thermosensitivität. Dies reduziert die Fähigkeit des menschlichen Organismus, den leichten Anstieg der Umgebungstemperatur durch beispielsweise das warme Bettklima zu registrieren und mit einem peripheren Hauttemperaturanstieg angemessen zu reagieren (Rayman und Swaab 2007). Altersbedingte



Veränderungen hinsichtlich der Wechselwirkung zwischen der circadianen Rhythmik der Herzfrequenz und der Haut- und Körperkerntemperatur sowie der Schläfrigkeit sind bislang wenig erforscht. Daher wird diese Thematik im Rahmen der vorliegenden Arbeit untersucht.

### **4. Schlaf und seine Veränderungen im Alter**

#### **4.1 Schlafstruktur**

Der Schlaf kann in verschiedene Stadien unterteilt werden. Die Identifizierung bzw. Zuordnung der Schlafstadien erfolgt anhand charakteristischer Gehirnwellenmuster, die sich mit Hilfe einer Elektroenzephalographie (EEG) messen und im Elektroenzephalogramm graphisch darstellen lassen. Eine Forschergruppe um Rechtschaffen und Kales stellte die zunächst geltenden Kriterien für die Definition der Schlafstadien auf (Rechtschaffen und Kales 1968). Im Jahr 2007 veröffentlichte die „*American Academy of Sleep Medicine*“ neue Kriterien zur Klassifizierung von Schlafstadien. Neben der methodischen Empfehlung, die Elektroden für das nächtliche EEG frontal statt zentral zu platzieren, wurde auch zu einer Veränderung der Terminologie geraten (Iber 2007). Dieser Arbeit liegen jedoch die von Rechtschaffen und Kales definierten Kriterien zur Schlafstadienklassifizierung zu Grunde, da sich die meisten bisherigen Forschungsarbeiten auf diese stützen und da die neuen Kriterien zur Schlafstadienklassifizierung umstritten sind (Carskadon und Dement 2011). Zur genaueren Charakterisierung der Schlafstadien werden in der Praxis neben der Elektroenzephalographie eine Elektrokulographie (EOG) zur Erfassung der Augenbewegungen sowie eine Elektromyographie (EMG) zur Erfassung des Muskeltonus herangezogen (Abbildung 16). Diese Methode ist unter dem Namen *Polysomnographie* bekannt und gilt als Goldstandardmethode in der Schlafforschung und Schlafmedizin (Qureshi A. 2003).

NREM-Stadium eins, das leichteste Schlafstadium, wird nach den Kriterien von *Rechtschaffen* und *Kales* durch das Vorherrschen von Alpha-Wellen, welche mit 8-13 Hz schwingen, charakterisiert. Des Weiteren treten langsame und große Augenbewegungen auf, der Muskeltonus ist gleichmäßig. NREM-Stadium zwei kennzeichnet sich durch das Auftreten sogenannter Schlafspindeln. Hierbei handelt es sich um das Aufeinanderfolgen mehrerer Gehirnwellen mit großer Amplitude über einen Zeitraum von > 0,5 Sekunden (Abbildung 16A). Zudem ist das Vorkommen von K-Komplexen charakteristisch, deren Namen ihrer Form zuzuschreiben ist (Abbildung 16B). Augenbewegungen und Muskeltonus nehmen weiter ab. Im NREM-Stadium drei treten Delta-Wellen mit einer Frequenz von unter zwei Hz und einer Amplitude von 75mVolt und größer auf. Sie weisen einen Anteil von 20-50% pro Epoche (Messzeitraum, für den Werte erfasst und gemittelt werden; meist 1 Minute) auf. Des Weiteren nehmen Muskeltonus und Augenbewegungen weiter ab ebenso wie die physiologische Reaktivität auf äußere Stimuli. Nehmen die Deltawellen mehr als 50% pro Epoche ein, handelt es sich um das NREM-Stadium 4. Augenbewegungen und Muskeltonus erreichen ihr absolutes Minimum

und auch die Reaktivität auf äußere Reize ist in diesem Stadium am niedrigsten. Stadium eins und zwei ergeben zusammen den Leichtschlaf, während Stadium drei und vier den Tiefschlaf darstellen. Insgesamt fasst man Stadium eins bis vier zum Non-REM Schlaf zusammen (Rechtschaffen und Kales 1968).

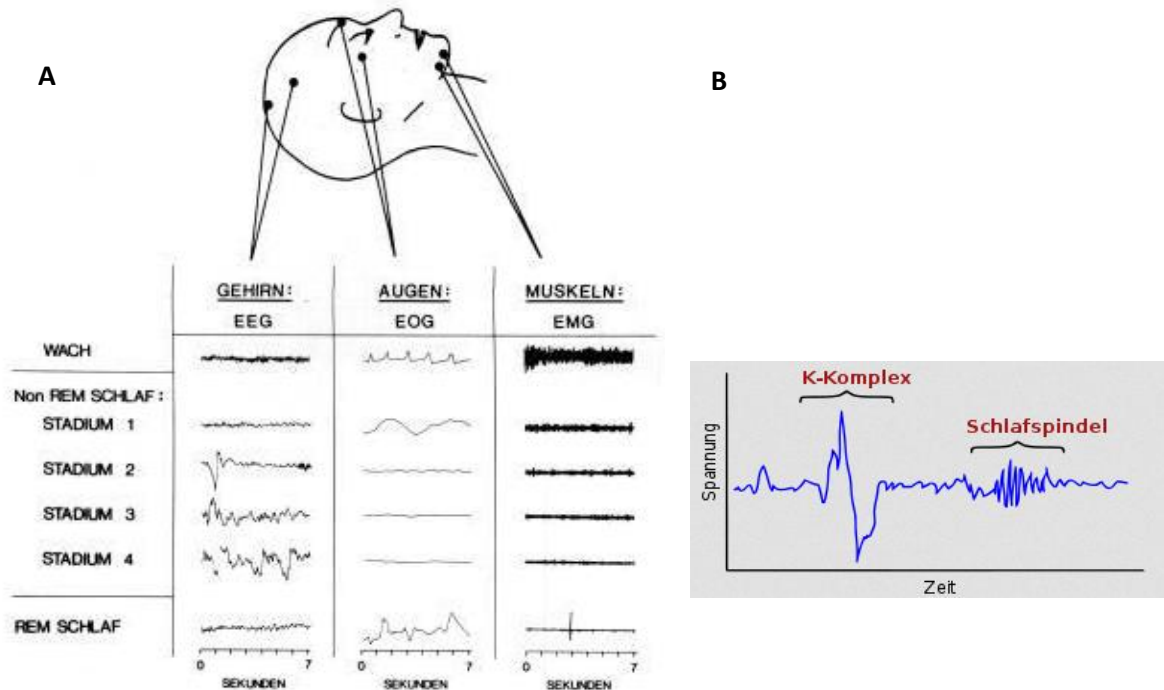


Abbildung 16: A) Definition der Schlafstadien anhand von Gehirnwellen (EEG), Augenbewegungen (EOG) und Muskelspannung (EMG) und B) Darstellung eines K-Komplexes sowie Schlafspindeln (Borbely, 1998, S. 4)

Während des REM- Schlafs treten schnelle Augenbewegungen auf, welche dem „Rapid Eye Moving-Schlaf“ ihren Namen verleihen. Das Gehirnwellenmuster ist vergleichbar mit dem des Wachzustands, ruhige Phasen wechseln sich mit aktiven Phasen ab. In Abhängigkeit davon schwankt die Reaktivität auf äußere Einflüsse stark. In diesem Stadium treten vermehrt Träume auf. Der Muskeltonus ist relativ niedrig, kann jedoch in den kurzen Wachphasen ansteigen. Im Laufe der Nacht werden die genannten Schlafstadien in einer sich wiederholenden Reihenfolge durchlaufen (Abbildung 17 A).

Zu Beginn der Nacht tritt Schlafstadium eins auf, welches im Mittel nur ein paar Minuten andauert und ca. 2-5% des Gesamtschlafs ausmacht. Mit dem Einschlafzeitpunkt erfolgt der Übergang zu Schlafstadium zwei, welches im Mittel 10-25 Minuten umfasst und einen Anteil von 45-55% am Gesamtschlaf einnimmt. Anschließend wird Stadium drei erreicht, in dem vergleichbar mit Stadium eins nur ein paar Minuten verbracht werden und welches ca. 3-8% des Gesamtschlafs ausmacht. Das auf Stadium drei folgende Stadium vier umfasst 20-40 Minuten und hat einen Anteil am Gesamtschlaf von ca. 10-15 %. Dann wird die Reihenfolge der genannten Schlafstadien rückwärts

## I. Einleitung

durchlaufen. Nach Stadium eins erfolgt der Übergang in den ersten REM- Schlaf und der erste sogenannte Schlafzyklus ist abgeschlossen (Caskardon und Dement 2011)(Abbildung 17A). Insgesamt werden pro Nacht 4-5 solcher Schlafzyklen durchlaufen. Der erste Schlafzyklus dauert im Mittel 70 bis 100 Minuten an, die anderen 90 bis 120 Minuten.

Im Verlauf der Nacht nimmt der Anteil an REM- Schlaf zu und der Anteil an Tiefschlaf ab (Abbildung 17A). Die Zunahme des REM- Schlafs ist vermutlich auf die Interaktion mit der circadianen Rhythmik der Körperkerntemperatur zurückzuführen (Zulley et al. 1981). Das Körperkerntemperaturminimum fällt mit dem vermehrten Auftreten von REM- Schlaf am Morgen zusammen. Die Abnahme des Tiefschlafs kann hingegen auf den mit voranschreitender Schlafdauer abnehmenden Schlafdruck zurückgeführt werden (Weitzmann et al. 1982).

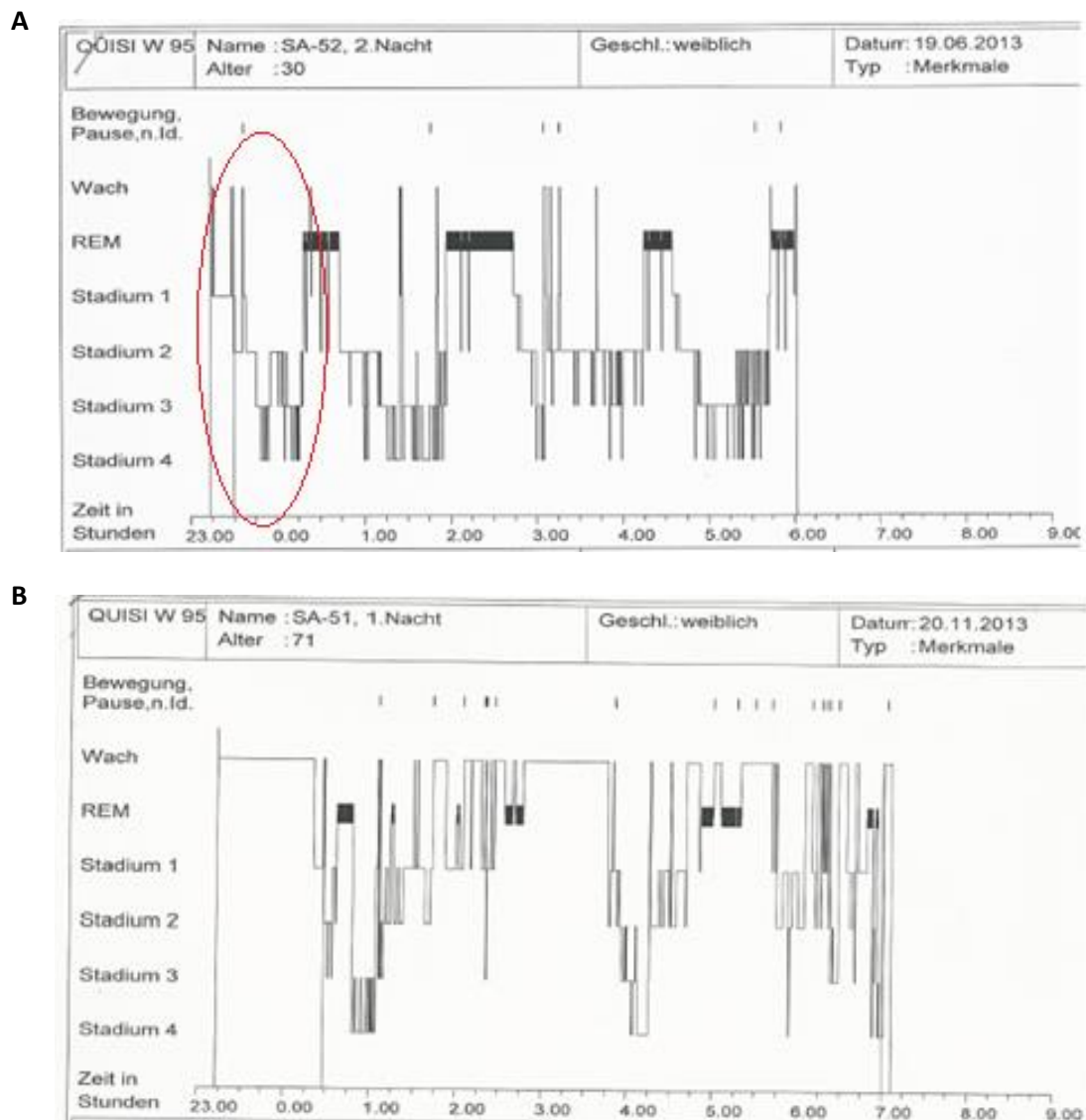


Abbildung 17: A) Schlafzyklen einer jüngeren Probandin und einer B) älteren Probandin

Mit zunehmendem Alter kann es zu Veränderungen der Schlafstruktur kommen (Happe 2011, Evans und Rogers 1994) (Abbildung 17B). Dies ist möglicherweise auf die Abnahme der Dichte der synaptischen Verbindungen zwischen den Nervenzellen in der Hirnrinde zurückzuführen (Carskadon und Dement 2011). Die bisherigen Studienergebnisse sind jedoch widersprüchlich. Einige Studien deuten auf eine altersbedingte Abnahme des Tiefschlafanteils sowie eine Zunahme des Leichtschlafanteils hin (Gillin et al. 1981, Ohayon et al. 2004), während hingegen andere Studien keine signifikanten Veränderungen des Tief- und Leichtschlafanteils mit dem Alter finden konnten (Webb 1982). Einigkeit herrscht jedoch hinsichtlich der Zunahme nächtlicher Wachphasen, was zu einer Auflösung der geordneten Schlafzyklusstruktur führt (Huang et al. 2002, Webb 1982). Im Bezug auf den REM- Schlafanteil zeigen sich ebenfalls widersprüchliche Studienergebnisse. Zum einen konnte eine altersbedingte Abnahme gezeigt werden (Ohayon et al. 2004), zum anderen blieb der REM Schlafanteil mit dem Alter unverändert (Haimov et al. 1997). Des Weiteren gibt es Hinweise darauf, dass er mit intellektuellen Funktionen korreliert und im Falle von organischen Gehirndysfunktionen abnimmt (Blois et al. 1983).

Zudem treten im Alter gehäuft Schlafstörungen wie beispielsweise *Restless leg Syndrom* oder *Schlafapnoe* auf, welche neben vermehrten nächtlichen Wachphasen zu einer Unterdrückung des Tiefschlafs oder REM-Schlafs führen und folglich die Schlafstruktur verändern (Caskardon und Dement 2011, Qureshi 2003). Zum anderen erhöht sich die Wahrscheinlichkeit im Alter, an physischen Erkrankungen wie Diabetes oder Herz-Kreislauf-Erkrankungen zu erkranken, was sich ebenfalls in einer Erhöhung der nächtlichen Wachphasen und damit einer Störung der geordneten Schlafzyklusstruktur manifestiert (Zamir et al. 1998, Rudic und Fulton 2009). Auch Medikamente zur Behandlung von Schlafstörungen und den genannten körperlichen Erkrankungen können die Schlafstruktur beeinflussen. Die u.a. zur Verbesserung von Ein- und Durchschlafen eingesetzten Benzodiazepine unterdrücken den Tiefschlaf. Des Weiteren sind tricyclische Antidepressiva zur Behandlung von Depressionen zu nennen, welche den REM- Schlafanteil erhöhen (Caskardon und Dement 2011).

### **4.2 Funktion des Schlafs**

Der Mensch verbringt ein Drittel seines Lebens schlafend (Sejnowski und Destexhe 2000). Schlaf wird als physisch inaktiver Zustand definiert, der durch zyklische Veränderungen des Gehirnstrommusters und anderer physiologischer Variablen gekennzeichnet ist (Webb und Agnew 1971). Zudem ist während des Schlafens die Reaktionsfähigkeit auf äußere Reize herabgesetzt, so dass Schlaf auch als Zustand reduzierter Reaktionsfreudigkeit auf externe Stimuli gesehen werden kann, was auf die veränderte Bewusstseinslage während des Schlafens zurückzuführen ist (Wilson-Barnett et al. 1988). Hartmann vereint die beiden genannten Aspekte in seiner Definition, indem er Schlaf als regelmäßig wiederkehrenden reversiblen Zustand des Organismus beschreibt, welcher durch Ruhe und einem

starken Anstieg der Antwortschwelle auf äußere Stimuli gekennzeichnet ist (Hartmann 1973). Turpin hingegen vertritt die Ansicht, dass Schlaf kein Zustand physiologischer Ruhe ist, sondern ein komplexes Phänomen, welches das Ergebnis verschiedener physiologischer Prozesse ist (Turpin 1986). Studien am Säugetiermodell unterstützen diese Theorie.

Es zeigt sich, dass NREM-Schlaf durch komplexe neurochemische Reaktionen im Hirnstamm und im Vorderhirn durch das Ausschütten der Neurotransmitter Serotonin und Noradrenalin ausgelöst wird (Borbely 1998, Siegel 2003). Die hierfür verantwortlichen Neurone werden als schlafinduzierende Neurone bezeichnet. Während des non-REM Schlafs weisen sie eine regelmäßige und konstante neuronale Impulsaktivität auf. Die mittlere Dauer des Schlafs ist oft von der Größe des Lebewesens abhängig. Große Lebewesen wie der Elefant brauchen im Mittel nur drei Stunden Schlaf, während ein Mensch im Mittel acht Stunden, ein Hund zehn Stunden und eine Katze zwölf Stunden Schlaf benötigt (Siegel 2003). Dies wird darauf zurückgeführt, dass kleinere Lebewesen höheren Grundumsatz in Ruhe und höhere Gehirn- und Körpertemperaturen aufweisen als größere Lebewesen. Folglich häuft sich eine größere Menge freier Radikale an, welche die Zellen schädigen können. Aufgrund dieser Tatsache wird mehr Schlaf benötigt, um die Zellschäden reparieren zu können. Vor allem während des Non-REM Schlafs sind Gehirntemperatur und Grundumsatz niedrig, was eine effizientere Reparatur durch Enzyme ermöglicht. Hieraus kann Siegels Theorie über die Funktion des Schlafs abgeleitet werden. Sie beinhaltet drei Aspekte.

Der erste Aspekt bezieht sich auf die Funktion des Non-REM Schlafs. Die reduzierte körperliche Aktivität während des Non-REM Schlafs gibt Zellen, insbesondere Gehirnzellen die Möglichkeit, repariert bzw. ersetzt zu werden (Siegel 2003). Der zweite Aspekt umfasst die Funktion des REM-Schlafs. Während des REM-Schlafs wird die Ausschüttung monoaminer Neurotransmitter wie zum Beispiel Noradrenalin, Serotonin und Histamin stark reduziert, was zu einer Regeneration der dazu passenden Rezeptoren und zu einer Wiederherstellung ihrer Sensivität führt. Dies beeinflusst wiederum die Regulation von Stimmung und Lernen positiv. Der dritte Aspekt der Schlaffunktionstheorie von Siegel bezieht sich ebenfalls auf die Funktion des REM-Schlafs. Die intensive neuronale Aktivität während des REM-Schlafs ermöglicht die Festigung neuronaler Verknüpfungen im Säuglings- und Kleinkindalter und ermöglicht so instinktives Verhalten trotz des Fehlens eigener Erfahrungen. Die Bedeutung des REM-Schlafs insbesondere während der frühkindlichen Entwicklung wird durch die Beobachtung gestützt, dass Säuglinge und Kleinkinder einen hohen REM-Anteil aufweisen (Siegel 2003).

Neben Siegels Theorie zur Funktion des Schlafs gibt es noch andere Theorien. Zum einen ist die humorale Schlaftheorie zu nennen, welche davon ausgeht, dass vor Beginn des Schlafs die Konzentration verschiedener biochemischer schlafinduzierender Substanzen wie Melatonin und

Adenosin im Organismus ansteigt und dies zu einer Zunahme von Schläfrigkeit und Schlafbedürfnis und letztendlich zum Einleiten des Schlafs führt (Turpin 1986, Laube et al. 2015).

Zum anderen ist die Restitutionstheorie zu nennen, die Schlaf ähnlich wie Siegel als einen Zustand von Gewebswachstum und Reparatur sieht. Während der Wachphase überwiegen katabolische Stoffwechselprozesse, die dem Abbau von Molekülen zur Energiegewinnung dienen; während des Schlafs dominieren hingegen anabolische, den Aufbau von Molekülen umfassende Stoffwechselprozesse (Shapiro et al. 1987). Wachstumshormone werden beispielsweise verstärkt während des Schlafes gebildet (Takahashi 1979).

Des Weiteren existiert die Theorie, dass insbesondere Tiefschlaf die Bildung des Langzeitgedächtnisses fördert (Diekelmann und Born 2010). Studien an Menschen konnten zeigen, dass während des Tiefschlafs vergleichbare Gehirnareale (Hippocampus) mittels eines Geruchsstoffes reaktiviert werden können, die auch schon während einer Lernaufgabe/Merkaufgabe, die vor dem Schlaf stattfand und zu der der gleiche Geruchsstoff präsentiert wurde, aktiv waren. Zudem wurde festgestellt, dass die Höhe der Hippocampusaktivität während des Schlafs mit der Intensität der Leistungsverbesserung bei der Wiederholung der Merkaufgabe am nächsten Tag korrelierte (Peigneux et al. 2004). Möglicherweise erklärt diese Theorie auch die Abnahme der Fähigkeit der Langzeitgedächtnisbildung im Alter. Durch die altersbedingt auftretende Abnahme der Schlafqualität, welche sich u.a. durch eine Reduzierung des Tiefschlafanteils auszeichnet, kommt es zu einer Verschlechterung der Fähigkeit, neu Erlerntes in das Langzeitgedächtnis aufzunehmen. Dies führt zu dem altersbedingt zu beobachtenden Phänomen, dass sich ältere Menschen zwar an die Dinge erinnern, die sie früher beispielsweise in ihrer Kindheit erlebt haben, aktuell Erlebtes bzw. Erlerntes jedoch schnell vergessen (URL [3]).

### 4.3 Schlafqualität

Ein Drittel aller Erwachsenen weltweit klagt über eine subjektiv empfundene schlechte Schlafqualität aufgrund von Einschlaf- und Durchschlafproblemen (Mellinger et al. 1985). Die Schlafqualität setzt sich aus objektiven quantifizierbaren sowie subjektiven Aspekten zusammen (Buysse et al. 1988).

Als objektiv und subjektiv zu erfassende Aspekte gelten die **Einschlafdauer**, die **effektive Schlafdauer**, die **Dauer** und **Anzahl nächtlicher Wachphasen** sowie die **Schlafeffizienz**, wohingegen die empfundene Schlaftiefe und Erholbarkeit des Schlafs nur subjektiv erfasst werden kann (Pilcher et al. 1997). Die Einschlafdauer (SOL) wird als die Zeit definiert, welche ab dem Zeitpunkt des Lichtlöschens bis zum ersten Erreichen von Stadium zwei (=Einschlafzeitpunkt) benötigt wird. Als effektive Schlafdauer (TST) wird die tatsächliche Schlafdauer nach Abzug der Einschlafdauer sowie der nächtlichen Wachphasen bezeichnet. Beide Variablen werden in Minuten angegeben, ebenso wie die Dauer nächtlicher Wachphasen (WASO). Die Schlafeffizienz berechnet sich aus dem Verhältnis von effektiver Schlafdauer zur Liegezeit, multipliziert mit 100:  $TST/TIB \times 100$  und wird in % angegeben

(Hori et al. 2001). Eine gute Schlafqualität zeichnet sich durch eine kurze Einschlafdauer, eine hohe effektive Schlafdauer im Vergleich zur Gesamtschlafdauer, eine geringe Anzahl nächtlicher Wachphasen von kurzer Dauer sowie eine hohe Schlafeffizienz aus. Eine schlechte Schlafqualität hingegen ist geprägt von einer langen Einschlafdauer, einer niedrigen effektiven Schlafdauer, einer hohen Anzahl langer nächtlicher Wachphasen und/oder einer niedrigen Schlafeffizienz (Landis et al. 2003). Regelmäßige, sich wiederholende nächtliche Wachphasen führen zu einer Fragmentierung des Schlafs, was häufig eine erhöhte Tagesschläfrigkeit zur Folge hat (Haung et al. 2002, Münch et al. 2005).

Gründe für eine schlechte Schlafqualität können Störungen der circadianen Regulierung des Schlafs sein (Myers und Badia 1995). Des Weiteren können Schlafstörungen sowie körperliche Erkrankungen für eine Verschlechterung der Schlafqualität verantwortlich sein (Buysse et al. 1988). Auch psychische Aspekte wie Stress oder Angst können den Schlaf stören. Literaturbefunde weisen darauf hin, dass bei 35 % der an Insomnien erkrankten Patienten psychiatrische Störungen Auslöser für die genannte Erkrankung sind (Coleman 1983). Eine schlechte Schlafqualität kann sich wiederum negativ auf die Gesundheit auswirken. Literaturbefunde weisen darauf hin, dass eine schlechte Schlafqualität u.a das Risiko erhöht, an Diabetes zu erkranken, da die glykämische Regulierung mit der Schlafregulierung interagiert. Des Weiteren gilt Nacht- und Schichtarbeit, welches die Schlafqualität nachweislich verschlechtert, als gesundheitsgefährdender Faktor (Monk und Buysse 2013).

Neben den genannten endogenen Aspekten spielen auch exogene Faktoren wie Umgebungstemperatur, Licht oder körperliche Aktivität eine Rolle hinsichtlich der Schlafqualität. Literaturbefunde weisen darauf hin, dass das Erwärmen der distalen Hauttemperatur der Extremitäten die Schlafneigung erhöht und folglich die Einschlafdauer verkürzt (Raymann et al. 2007, Kräuchi et al. 2008). Licht hingegen stört aufgrund des Abbaus des Nachthormons Melatonin den Schlafbeginn sowie den Schlaf selbst (Burgess et al. 2001), wohingegen körperliche Aktivität die Einschlafdauer verkürzen kann (Youngstedt 2005).

Auch das Alter hat Einfluss auf die Schlafqualität. Unter kontrollierten Versuchsbedingungen lässt sich eine altersbedingte Verschlechterung der Schlafqualität beobachten (Myers und Baida 1995). Zum einen ist eine Abnahme der effektiven Schlafdauer festzustellen, welche in der Zunahme von Anzahl und Dauer nächtlicher Wachphasen begründet liegt (Brezinova 1975, Buysse et al. 1992). Dies führt zur Fragmentierung des Schlafs und hat oftmals eine erhöhte Tagesschläfrigkeit sowie vermehrten Tagschlaf zur Folge (Monk et al. 1995, Münch et al. 2005). Zum anderen weisen Literaturbefunde auf eine Abnahme der Schlafeffizienz unter kontrollierten Versuchsbedingungen hin (Haimov et al. 1997). Zudem treten altersbedingt vermehrt Schlafstörungen - insbesondere bei Frauen - auf, welche die Schlafqualität verschlechtern und ebenfalls eine erhöhte Tagesschläfrigkeit sowie vermehrten Tagschlaf begünstigen (Vitiello et al. 2004). Hinsichtlich der Einschlafdauer zeigen

sich unterschiedliche Ergebnisse. Einige Studien deuten auf eine altersbedingte Zunahme hin (Hayashi et al. 1982), während hingegen andere Studien keine signifikanten Veränderungen hinsichtlich der Einschlafdauer zwischen jüngeren und älteren Menschen zeigen konnten (Monk et al. 1991).

### **4.4 Müdigkeit und Schläfrigkeit**

Trotz ihrer scheinbaren Ähnlichkeit sollten die Begriffe Müdigkeit und Schläfrigkeit klar voneinander abgegrenzt werden, da sie unterschiedliche Ursachen und Kennzeichen haben. Müdigkeit ist häufig eine Folge von psychischen oder psychosomatischen Störungen und Belastungen wie z.B. Stress; auch psychische Erkrankungen wie Depressionen oder Angststörungen können Ursachen für Müdigkeit sein (Borbely und Achermann 1992). Des Weiteren kann sie als Begleiterscheinung somatischer Erkrankungen wie Rheuma, Tumorleiden oder Multipler Sklerose auftreten (Laube et al. 2015). Schläfrigkeit hingegen ist auf eine Reduzierung des zentralnervösen Aktivierungsniveaus zurückzuführen und entsteht meist aufgrund von unerholsamem, reduziertem Schlaf oder in Folge von Schlafstörungen wie Schlafapnoe, Restless-leg Syndrom oder Hypersomnien.

Auch circadiane Störungen des Schlaf-Wach-Rhythmus stellen eine Ursache von erhöhter Tageschläfrigkeit dar (Bassetti und Gugger 2000, Laube et al. 2015). Während Müdigkeit als ein Gefühl der Erschöpfung und verminderten Leistungsfähigkeit in körperlichen, psychischen und kognitiven Anforderungssituationen erlebt wird, vermindern Anforderungs- und Stresssituationen die Schläfrigkeit sogar (Weeß et al. 1998). Im Gegensatz zur Müdigkeit folgt die Schläfrigkeit einer ausgeprägten circadianen Rhythmik, deren Verlauf durch das 2-Prozess-Modell der Schlafregulation veranschaulicht werden kann (Achermann, 2004, Vergl. Abschnitt 2.1, Abbildung 7). Studien, bei welchen ältere und jüngere Probandinnen über 24 Stunden in regelmäßigen Abständen geweckt wurden, haben ergeben, dass die Einschlafdauer nach 15 Minuten Wachzeit zwischen 2 bis 6 Uhr morgens und 14 bis 18 Uhr nachmittags am kürzesten und folglich die Schläfrigkeit zu diesen Zeitpunkten am höchsten ist (Richardson et al. 1982). Studien, bei welchen über 24 Stunden Schlafentzug erfolgte, bestätigen diese Ergebnisse insofern, als dass zu den genannten Zeitpunkten die subjektiv eingeschätzte Schläfrigkeit am höchsten war (Monk et al. 1991).

Ein weiteres Unterscheidungskriterium zwischen Müdigkeit und Schläfrigkeit ist die Dienlichkeit monotoner Situationen als Schlafstimulus. Während sich Müdigkeit dadurch kennzeichnet, dass Schlaf nicht durch monotone Situationen induziert wird und auch dann nicht auftritt, wenn er erwünscht oder möglich ist (Alapin et al. 2000), wirken bei von Schläfrigkeit Betroffenen monotone Situationen wie langes Autofahren auf Landstraßen oder Autobahnen schlafstimulierend (Weeß et al. 1998). Daher sind insbesondere LKW- und Busfahrer sowie Zugführer und Piloten einem erhöhten Tagesschläfrigkeitsrisiko ausgesetzt. Schlaf tritt folglich auch dann auf, wenn er möglich, aber unerwünscht ist. Dies spiegelt sich in zahlreichen durch überhöhte Schläfrigkeit am Steuer



verursachten Unfällen auf Autobahnen wieder (Wilhelm 2008, Wilhelm 2009). Auch einige der größten Katastrophen der Menschheitsgeschichte wie zum Beispiel der Atomunfall in Tschernobyl oder der Industrieunfall in Bophal können auf menschliches Versagen aufgrund von erhöhter Tagesschläfrigkeit zurückgeführt werden (Weeß 2006, Mitler 2008).

Die Intensität der Schläfrigkeit hängt von verschiedenen Bestimmungsgrößen ab. Zum einen ist die Anzahl der vorangegangenen geschlafenen Stunden entscheidend. Dies wird durch Literaturbefunde deutlich, welche eine deutliche Zunahme der Schläfrigkeit bei vollständigem oder teilweisem Schlafentzug belegen (Carskardon und Dement 1982). Des Weiteren spielt die circadiane Phasenlage und folglich der Zeitpunkt des stattgefundenen Schlafs eine Rolle. Nacht- und Schichtarbeiter leiden meist unter einer ausgeprägteren Schläfrigkeit als am Tag Arbeitende, da sie zu Zeitpunkten leistungsfähig sein müssen, zu denen der Organismus auf Schlaf eingestellt und folglich der Schlafdruck hoch ist (Monk und Buysse 2013). Zum anderen wird die Intensität der Schläfrigkeit durch die Schlafqualität bestimmt. Mit zunehmender Anzahl und Dauer nächtlicher Wachphasen nimmt die Fragmentierung des Schlafs und die Schläfrigkeit zu (Haung et al. 2002, Münch et al. 2005). Dies wiederum hat eine Abnahme des zentralnervösen Aktivierungsniveaus zur Folge.

*Posner und Rafal* (1987) entwickelten ein neurophysiologisches Modell, welches den Zusammenhang zwischen Schlafqualität und Leistungsvermögen bzw. Aufmerksamkeit erklärt (Abbildung 18). Die durch Schlafstörungen verursachte schlechte Schlafqualität führt zu einer Reduzierung der der nicht bewussten Kontrolle unterliegenden tonischen und phasischen zentralnervösen Aktivierung. Die tonische zentralnervöse Aktivierung umfasst den allgemeinen Grad der Wachheit, der circadianen Schwankungen unterliegt, wohingegen die phasische zentralnervöse Aktivierung die Fähigkeit bezeichnet, das tonische Aktivierungsniveau auf Anforderung zu aktivieren. Das neuronale Substrat zur zentralnervösen Aktivierung befindet sich im Hirnstamm; dessen Aktivierungsniveau spiegelt sich im Frequenzbild der elektrischen Hirnaktivität sowie in der Herzfrequenz und der Pupillenweite wieder (Weeß 2009). Das reduzierte zentralnervöse Aktivierungsniveau senkt wiederum die der bewussten Kontrolle unterliegenden Vigilanz sowie die selektive und geteilte Aufmerksamkeit. Vigilanz wird als die Fähigkeit definiert, die Aufmerksamkeit über einen längeren Zeitraum auf höherem Niveau zu halten. Diese ist dann von Bedeutung, wenn beispielsweise bei Steuerungs- und Überwachungsaufgaben in Kraftwerksanlagen oder bei längeren Autobahnfahrten auf selten oder zufällig auftretende in Form von Störungen auftretende Reize eine adäquate Reaktion gefordert wird.

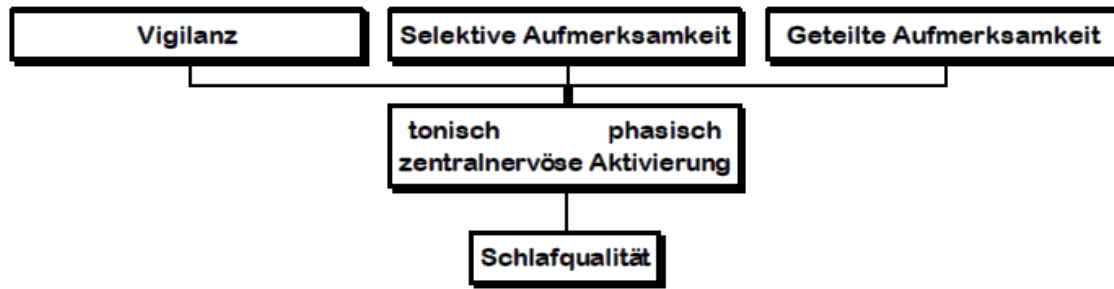


Abbildung 18: Neurophysiologisches Modell zum Zusammenhang zwischen Schlafqualität und Leistungsvermögen bzw. Aufmerksamkeit (Weeß, 2009, S. 2)

Selektive Aufmerksamkeit beschreibt die Fähigkeit, die Aufmerksamkeit unter Zeitdruck über längere Zeiträume für eine definierte Aufgabe aufrecht zu erhalten und Störreize auszublenden. Diese wird beispielsweise von Bankbeamten hinsichtlich des Geldzählens bei Kassenschluss gefordert. Geteilte Aufmerksamkeit wird als Geschwindigkeit der Informationsverarbeitung bzw. der Fähigkeit zur schnellen, automatisierten, geteilten und parallelen Handlungsbereitschaft definiert. Sie ist beispielsweise beim Autofahren in unübersichtlichen, verkehrsreichen Situationen notwendig und ermöglicht die Koordination von Autosteuerung und Wahrnehmung von Verkehr und Verkehrsschildern (Posner und Rafal 1987, Weeß 2009).

Die Intensität der empfundenen Tagesschläfrigkeit wird neben der Schlafdauer und Schlafqualität als intrinsische Faktoren auch von extrinsischen Faktoren wie Umgebungstemperatur, Lärm, Tageszeit, Lichtverhältnissen, körperliche Aktivität sowie der Einnahme von sedierenden und aktivierenden Substanzen beeinflusst (Landwehr et al. 1998, Weeß et al. 1998). Literaturbefunde weisen darauf hin, dass das Tragen von vorgewärmten Bettsocken die Schläfrigkeit erhöht und das Einschlafen beschleunigt (Raymann et al. 2007). Tageslicht reduziert die Schläfrigkeit durch den Abbau des Nachthormons Melatonin; körperliche Aktivität senkt die Schläfrigkeit ebenfalls durch eine Erhöhung der Durchblutung. Mit dem Alter kommt es tendenziell zu einer Abnahme des Aufenthalts am Tageslicht sowie der körperlichen Aktivität, was unter anderem die zunehmende Tagesschläfrigkeit bei älteren Menschen erklären könnte. 20 bis 30 % aller älteren Menschen geben an, unter exzessiver Tagesschläfrigkeit zu leiden (Young 2003). Diese erhöht aufgrund der verminderten Aufmerksamkeit das Risiko für Stürze und scheint des Weiteren die altersbedingte Abnahme der Merkfähigkeit sowie die Entwicklung von Demenz zu begünstigen (Dealberto et al. 1996).

Neben der genannten reduzierten Tageslichtexposition und abnehmenden körperlichen Aktivität stellt die altersbedingte Verschlechterung der Schlafqualität eine wahrscheinliche Ursache für eine altersbedingt erhöhte Schläfrigkeit dar (Vitiello 2006). Die mit dem Alter zunehmenden nächtlichen Wachphasen führen zu einer Fragmentierung des Schlafs, was eine erhöhte Tagesschläfrigkeit sowie eine erhöhte Wahrscheinlichkeit, während des Tages einzuschlafen, zur Folge hat (Caskardon et al.

1982). Hierin liegt wiederum das vermehrte Auftreten von tageszeitlichen Nickerchen im Alter begründet (Ohayon et al. 2002).

#### **4.5 Tageszeitliche Nickerchen**

Das Halten tageszeitlicher Nickerchen ist ein weit verbreitetes Phänomen in südlichen sowie ostasiatischen Ländern (Motohashi und Takano 1993, Dinges et al. 1989). Das sogenannte „Power napping“ am Arbeitsplatz verbessert nachweislich die Leistungskurve der Mitarbeiter und kompensiert biologisch auftretende Leistungstiefs (Hayashi et al. 2005). In Deutschland werden tageszeitliche Nickerchen - insbesondere am Arbeitsplatz - eher als Schwäche gesehen, obwohl der Bedarf groß ist. 40 % aller Erwachsenen geben an, aufgrund von Tagesmüdigkeit erhebliche Probleme zu haben, ihre Arbeit mit einer den eigenen Ansprüchen genügenden Qualität bewerkstelligen zu können (Walzl 2007). Literaturbefunde weisen darauf hin, dass tageszeitliche Nickerchen die Produktivität am Arbeitsplatz durch eine Anhebung des Konzentrations- und Aufmerksamkeitsvermögens steigern (Hayashi et al. 2005, Hayashi et al. 1999).

Neben positiven Effekten hinsichtlich der Produktivität am Arbeitsplatz finden sich auch Hinweise auf eine Verbesserung des Gesundheitszustands sowie der damit verbundenen Lebensqualität. Regelmäßige kurze tageszeitliche Nickerchen wirken sich positiv auf die kardiovaskuläre Gesundheit aus und senken das Risiko, an Alzheimer zu erkranken (Campos et al. 2000, Asada et al. 2000). Zudem verbessern sie Leistungsfähigkeit und Stimmung, insbesondere bei älteren Menschen (Tamaki et al. 1999). Des Weiteren deuten Studienergebnisse darauf hin, dass sich tageszeitliche Nickerchen zur Bekämpfung exzessiver Schläfrigkeit eignen, welche ein häufiges Symptom von Schlafstörungen wie zum Beispiel Narkolepsie sind (Takahashi 2003). Aus den bisherigen Forschungsergebnissen ergeben sich vier Zielgruppen, die vom regelmäßigen Halten tageszeitlicher Nickerchen profitieren könnten. Eine Zielgruppe stellen jüngeren Menschen dar. 33 % der befragten 20 bis 30 Jährigen U.S. Amerikaner geben an, dass ihre täglichen Aktivitäten durch tageszeitliche Schläfrigkeit beeinträchtigt sind, im Vergleich zu 15 % der über 30 Jährigen (U.S. national sleep foundation 2000 URL [4]). Grund für die hohe Tagesschläfrigkeit bei jüngeren Menschen ist häufig Schlafmangel an Arbeitstagen. 40% der Befragten würden ein Nickerchen am Arbeitsplatz halten, wenn der Arbeitgeber es erlauben würde und 62 % derjenigen, die ein Nickerchen halten dürfen, tun dies auch. Literaturbefunde weisen darauf hin, dass kurze tageszeitliche Nickerchen unter 30 Minuten die Leistungsfähigkeit jüngerer Probanden verbessern und die Schläfrigkeit senken (Hayashi 1999).

Die Intensität der positiven Effekte hängt jedoch von der Dauer des vorangegangenen Nachtschlafs sowie dessen Qualität ab. Des Weiteren wird sie durch den Zeitpunkt des tageszeitlichen Nickerchens beeinflusst. Nach dem Mittagessen stattfindende tageszeitliche Nickerchen erhöhen die Leistungsfähigkeit und senken die Schläfrigkeit am effektivsten, da hier das üblicherweise das tageszeitliche Maximum der Schläfrigkeit erreicht wird (Takahashi et al. 2000).

## I. Einleitung

Neben jüngeren stellen auch ältere Menschen eine Zielgruppe dar, welche von regelmäßigen tageszeitlichen Nickerchen profitieren könnten. Mit zunehmendem Alter treten vermehrt Schlafstörungen auf, was sich häufig in einer exzessiven Tagesschläfrigkeit äußert (Byles 2005, Monk et al. 1992). Dies erklärt möglicherweise den altersbedingt zunehmenden Tagschlaf (Münch et al. 2005). Literaturbefunde zeigen ähnlich wie bei jüngeren Menschen eine Abnahme der Schläfrigkeit sowie eine Zunahme der Leistungsfähigkeit nach Halten eines halbstündigen tageszeitlichen Nickerchens um die Mittagszeit.

Die Auswirkung tageszeitlicher Nickerchen auf den darauffolgenden Nachtschlaf ist umstritten. Tamaki und Kollegen konnten im Rahmen ihrer an älteren Menschen unter kontrollierten Bedingungen durchgeführten Studie keine Beeinflussung des darauffolgenden Nachtschlafs feststellen (Tamaki et al. 2000). *Monk* und Kollegen (2001) hingegen stellten im Rahmen ihrer Studie eine spätere Zubettgehzeit, eine längere Einschlafdauer, sowie eine niedrige Schlafeffizienz des darauffolgenden Nachtschlafs durch ein 90 Minuten andauerndes tageszeitliches Nickerchen zwischen 13 und 15 Uhr unter kontrollierten Laborbedingungen und eine subjektiv kürzere Schlafdauer unter natürlichen Bedingungen fest. Darüber hinaus deuten Literaturbefunde auf eine Abnahme des Tiefschlafanteils in der darauffolgenden Nacht an (Karacan et al. 1970, Feinberg et al. 1985). Dies konnte jedoch nur unter kontrollierten Bedingungen gezeigt werden. Hier scheint jedoch entscheidend zu sein, wann das tageszeitliche Nickerchen gehalten wurde. Am Morgen auftretende tageszeitliche Nickerchen scheinen sich nicht auf den Nachtschlaf auszuwirken, wohingegen tageszeitliche Nickerchen am Nachmittag den Tiefschlafanteil reduzieren. Dies konnte jedoch nur an erwachsenen männlichen Probanden gezeigt werden. Der Einfluss tageszeitlicher Nickerchen auf die Nachtschlafstruktur älterer weiblicher Probandinnen ist bislang wenig erforscht.

Neben jüngeren und älteren Menschen könnten auch Schichtarbeiter sowie Patienten mit Schlafstörungen von regelmäßigen tageszeitlichen Nickerchen profitieren. Erstere leiden aufgrund ihres unregelmäßigen Schlaf-Wach-Rhythmus häufig unter Schlafstörungen, gesundheitlichen Beeinträchtigungen sowie exzessiver Tagesschläfrigkeit (Rosa et al. 1997). Studien konnten auch bei dieser Zielgruppe den positiven Effekt eines nächtlichen bzw. tageszeitlichen Nickerchens auf Schläfrigkeit, Leistungsfähigkeit sowie auf das kardiovaskuläre System nachweisen (Takahashi 1999). Dies gilt ebenfalls für von Schlafstörungen betroffene Patienten (Takahashi 2003). Der positive Effekt tageszeitlicher Nickerchen auf Gesundheit und Wohlbefinden ist jedoch nicht ganz unumstritten. Forschungsergebnisse deuten auf ein erhöhtes Erkrankungs- und Mortalitätsrisiko bei älteren Menschen hin, die regelmäßig ein tageszeitliches Nickerchen halten (Hays et al. 1996). Möglicherweise ist der starke und plötzliche Anstieg des Blutdrucks und der Herzfrequenz nach einem Nickerchen dafür verantwortlich. Allerdings wurde der Zeitpunkt der kardiovaskulären Ereignisse im Bezug zum tageszeitlichen Nickerchen nicht untersucht. *Takahashi* und Kollegen (2003)

stellen die These auf, dass freiwillige aber geplante Nickerchen möglicherweise einen positiven Effekt auf Gesundheit und Leistungsfähigkeit haben, während spontane und unfreiwillige Nickerchen mit negativen Konsequenzen verbunden sein können.

Auch die Dauer tageszeitlicher Nickerchen könnte entscheidend sein. Daher wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit die Auswirkung von Anzahl und Dauer tageszeitlicher Nickerchen auf Schlafqualität und Lebensqualität älterer Frauen untersucht.

## 5. Lebensqualität und ihre Veränderungen im Alter

### 5.1 Bedeutungs-, Anwendungs- und Definitionswandel der Lebensqualität

Der Begriff der „Lebensqualität“ hat in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. Er findet sowohl in der Medienlandschaft als auch in der Forschung im Bereich der Soziologie, Psychologie, Geographie und Medizin vielfach Anwendung (Farquar 1995). Im Laufe des 20. Jahrhunderts hat der Begriff der Lebensqualität in Europa und Amerika einen Bedeutungswandel erfahren. Bis Mitte des 20. Jahrhunderts wurde die Lebensqualität hauptsächlich anhand soziologischer Statistiken wie zum Beispiel dem Besitz von Konsumgütern wie die Anzahl von Telefonen oder Autos pro Haushalt untersucht (Huxley 1986). So sollte der gesellschaftliche Lebensqualitätswandel der Nachkriegsjahre beleuchtet werden.

Ab Ende der 1960er Jahre rückte die individuelle Lebensqualität in den Fokus des Interesses. Die Untersuchung der Lebensqualität wurde auf Bereiche wie persönliche Freiheit, Freizeit oder auch Genuss ausgeweitet (Ebbs et al. 1989). Gleichzeitig fand eine Wandlung von der Verwendung objektiver zu subjektiver Indikatoren statt. Die Betonung der Verwendung subjektiver Indikatoren wie Jobzufriedenheit oder Gesundheitsempfinden wurde darin begründet, dass Menschen auf der Basis ihres subjektiven Empfindens handeln; zudem wird ermöglicht, das eigene Leben und die davon abhängige Lebensqualität selbst zu beurteilen (Abrams 1973).

Neben dem Bedeutungs- und Anwendungswandel der Lebensqualität erfolgte auch eine Veränderung ihrer Definition. Während *Steiner* die Lebensqualität als Bewertung eines politischen Systems und der Gesellschaft insgesamt im Hinblick auf die Lebensumstände jedes einzelnen Bürgers sah (Steiner 1969), definierte *Andrews* die Lebensqualität als Ausmaß der Freude und Zufriedenheit, welche die menschliche Existenz kennzeichnen (Andrews 1974). Auch hier macht sich der Wandel von der Fokussierung der Gesellschaft zum Individuum bemerkbar.

Die Weltgesundheitsorganisation WHO definiert die Lebensqualität seit 1993 als die „subjektive Wahrnehmung einer Person über ihre Stellung im Leben in Relation zur Kultur und den Mittelwertesystemen, in denen sie lebt und in Bezug auf ihre Ziele, Erwartungen, Standards und Anliegen“ (URL [9]). Seit Mitte der 1980er steht die Erforschung der Lebensqualität im Zusammenhang mit der körperlichen und psychischen Gesundheit - insbesondere bei älteren

Menschen - im Vordergrund, da chronische Erkrankungen insgesamt zugenommen haben und besonders ältere Menschen aufgrund der steigenden Lebenserwartung hiervon betroffen sind (IFES 2010). Im Rahmen dieser Arbeit wurde daher die individuelle und subjektive empfundene Lebenszufriedenheit hinsichtlich verschiedener Lebensbereiche jüngerer und älterer Frauen mittels des DIALOG- Fragebogens zur Lebensqualität (s. III 3.11.7) untersucht und vergleichend gegenübergestellt.

### **5.2 Indikatoren der Lebensqualität und ihre Messbarkeit**

Trotz der Uneinigkeit über die Definition der Lebensqualität gibt es in der Literatur Überschneidungspunkte hinsichtlich relevanter Indikatoren zur Einschätzung der Lebensqualität. Die Mehrheit der Aspekte kann unter fünf Hauptindikatoren zusammengefasst werden (Felce und Perry 1995). Im Folgenden werden die fünf Hauptindikatoren und deren Entsprechung im in dieser Arbeit verwendeten DIALOG- Fragebogen zur Lebensqualität beschrieben. Es ist anzumerken, dass sich die Hauptindikatoren in mehreren im DIALOG-Fragebogen untersuchten Aspekten zur Lebensqualität widerspiegeln; ebenso sind mehrere im DIALOG- Fragebogen untersuchte Aspekte einem Hauptindikator zuzuordnen.

Den ersten Hauptindikator zur Einschätzung der Lebensqualität stellt das *körperliche Wohlfühl* dar, zu welchem u.a. Aspekte wie Gesundheit, Fitness, persönliche Sicherheit sowie Mobilität zählen. Dieser erste Hauptindikator wird im DIALOG- Fragebogen zur Lebensqualität durch die Aspekte *Körperliche Gesundheit, Medikamente* und *Persönliche Sicherheit* repräsentiert (Bullenkamp 2009). Des Weiteren trägt das *materielle Wohlfühl* zur Lebensqualität bei. Hierunter fallen u.a. Einkommen, Besitztümer und Nahrung (Blunden, 1988, Aninger und Bolinsky 1977).

Die Untersuchung dieses zweiten Hauptindikators ist im DIALOG- Fragebogen durch die Aspekte *Wohnsituation* sowie *Berufliche Situation* vertreten. Auch das *soziale Wohlfühl* stellt einen wichtigen Indikator dar und umfasst beispielsweise zwischenmenschliche Beziehungen, Familie, Freunde aber auch Unternehmungen und Unterstützung (Atkinson und Ward 1987). Dieser dritte Hauptindikator findet sich im DIALOG-Fragebogen unter den Aspekten *Verhältnis zu Partner/Familie, Freundschaften, Freizeitaktivitäten* und *praktische Hilfe* wieder. Der Bereich *Entwicklung und Aktivitäten* umfasst Aspekte wie Arbeit, Freizeit und Hobbies aber auch Erziehung und Hausarbeit (Buchard et al. 1991). Dieser vierte Hauptindikator wird im DIALOG-Fragebogen ebenfalls durch die Aspekte *Freizeitaktivitäten* und *praktische Hilfe*, aber auch durch den Aspekt *Berufliche Situation* repräsentiert.

Den fünften die Lebensqualität beeinflussenden Bereich stellt das *emotionale Wohlfühl* wie Zufriedenheit, Erfüllung, Selbstschätzung und Glaube dar (Campell 1981). Dieser wird im verwendeten DIALOG- Fragebogen zur Lebensqualität durch den Aspekt *seelische Gesundheit* wiedergespiegelt.

## I. Einleitung

Auf Grundlage dieser fünf Hauptindikatoren entwickelten Felce und Perry (1995) das 3-Elemente Modell der Lebensqualität (Abbildung 19). Das erste Element umfasst die objektiven Lebensbedingungen (*=objective life condition*), das zweite das subjektive Wohlbefinden (*=subjective feeling of wellbeing*) und das dritte persönliche Mittelwerte und Bestrebungen (*=personal values and aspirations*) (Abbildung 19). Jedem Element sind die genannten fünf Hauptindikatoren der Lebensqualität zugeordnet. Alle drei Elemente stehen miteinander in dynamischer Wechselwirkung. Des Weiteren werden sie von genetischen, sozialen oder materiellen Faktoren sowie politischen und wirtschaftlichen Variablen und dem Alter beeinflusst. Aus dem Zusammenspiel der genannten Elemente und Faktoren ergibt sich laut des 3-Elemente Modells die subjektiv empfundene Lebensqualität des Individuums (siehe Abbildung 19).

Wie bereits im vorangegangenen Abschnitt erwähnt, wurde im Rahmen dieser Arbeit der Zusammenhang zwischen Lebensqualität und Alter untersucht. Aufgrund von Literaturbefunden, die darauf hinweisen, dass ein erholsamer Schlaf wesentlich zum Erhalt von Gesundheit und Lebensqualität beiträgt (Happe 2011) und dass altersbedingt häufig Schlafstörungen auftreten, wurde zudem der Zusammenhang zwischen Lebensqualität und Schlaf unter dem Aspekt des Alterns beleuchtet.

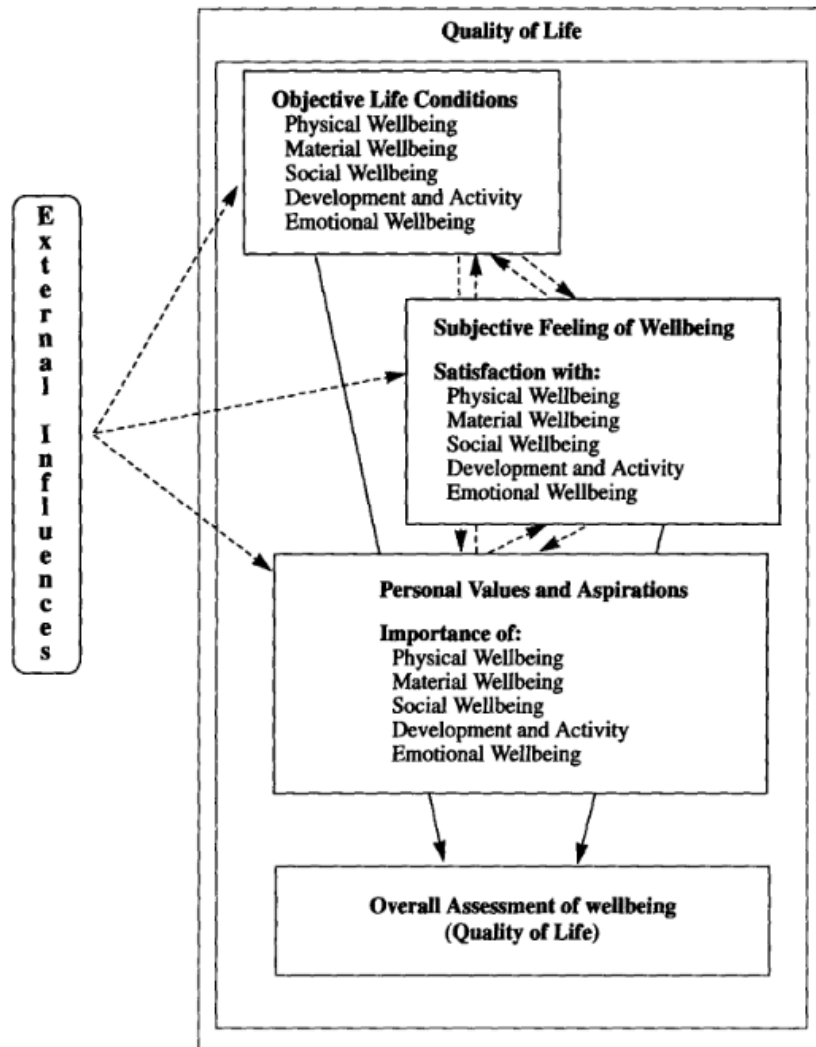


Abbildung 19: 3-Elemente Modell der Lebensqualität (Felce und Perry, 1995, S. 62)



## II. Fragestellungen

Altersbedingte Veränderungen des zentralen circadianen Schrittmachers wirken sich auf circadiane Rhythmen und dadurch möglicherweise auch auf die Wechselwirkung zwischen circadianen Rhythmen aus, indem sie beispielsweise eine Desynchronisation verursachen (Cajochen et al. 2006, Myers 1995). Literaturbefunde weisen auf eine altersbedingt auftretende Vorverschiebung der Phasenlage sowie Abnahme der Amplitude hinsichtlich circadianer Rhythmen hin (Czeisler et al. 1992, Monk et al. 2015, Weitzmann 1982). Zudem kann es aufgrund der Reduzierung des Grundumsatzes zu einer Abnahme des Mittelwerts hinsichtlich circadianer Rhythmen kommen, die mit dem Grundumsatz in Verbindung stehen (Van Someren et al. 2000, Poehlmann et al. 1993). Bisherige Studien haben u.a. den Verlauf verschiedener circadianer Variablen wie Haut- und Körperkerntemperatur sowie Herzfrequenz unter kontrollierten Versuchsbedingungen an jüngeren und/oder älteren Probanden untersucht (Dijk et al. 2000, Kräuchi 1994, Monk et al. 1995). Um eine Beeinflussung des circadianen Verlaufs durch exogene Zeitgeber zu verhindern, wurden Licht, Umgebungstemperatur und körperliche Aktivität konstant gehalten. Auch der Zusammenhang zwischen dem Verlauf einzelner circadianer Variablen wie beispielsweise Hauttemperatur und Körperkerntemperatur sowie Hauttemperatur und Schläfrigkeit gilt bei jüngeren und älteren Menschen inzwischen als belegt (Aschoff 1983, Kräuchi et al. 2004, Raymann et al. 2007). Die Literaturbefunde hinsichtlich einer altersbedingten Veränderung der Herzfrequenz sind hingegen widersprüchlich. Der Zusammenhang zwischen dem Verlauf der Herzfrequenz und anderen circadianen Variablen wie der Haut- und Körperkerntemperatur sowie der Schläfrigkeit, insbesondere im Hinblick auf altersbezogene Veränderungen, ist bislang wenig erforscht. Daher wurde folgende **1. Fragestellung** in den Fokus dieser Arbeit gestellt.

### 1) Kontrolliertes Abendprofil als Teilaspekt der circadianen Rhythmik:

Unterscheiden sich ältere und jüngere Frauen a) im Verlauf und b) in der Gegenüberstellung des Verlaufs der Haut- und Körperkerntemperatur, der Herzfrequenz und der Schläfrigkeit als Schlaf-Wach-Rhythmus bezogener Aspekt?

Die Beobachtung des Verlaufs circadianer Variablen unter kontrollierten Versuchsbedingungen über einen kurzen Zeitraum führt zu der Frage, wie sich altersbedingte Veränderungen circadianer Rhythmen unter natürlichen Bedingungen und über einen längeren Zeitraum auswirken. Einige Studien haben sich auf die Untersuchung einzelner circadianer Rhythmen wie den circadianen Rhythmus der Haut- und Körperkerntemperatur und den Schlaf-Wach-Rhythmus unter natürlichen Bedingungen über einen Zeitraum von mehreren Tagen konzentriert (Kripke et al. 1974, Lockley et al. 1999, Sarabia et al. 2008). Hierbei standen hauptsächlich jüngere Probanden im Fokus. Auch

## II. Fragestellungen

altersbedingte Veränderungen der circadianen Rhythmik der Haut- und Körperkerntemperatur (Campel 1989, Monk et al. 1995) sowie des Schlaf-Wach-Rhythmus (Monk et al. 1991) wurden unter natürlichen Bedingungen untersucht. Wenig erforscht ist hingegen die circadiane Rhythmik der Herzfrequenz unter natürlichen Bedingungen, da sie von exogenen Faktoren wie körperlicher Aktivität oder Nahrungsaufnahme beeinflusst wird. Über die Veränderung der circadianen Rhythmik der Herzfrequenz im Alter ist ebenfalls wenig bekannt. Zudem mangelt es an Studien über die Wechselwirkung zwischen der circadianen Rhythmik der Herzfrequenz und der Hauttemperatur unter natürlichen Bedingungen, sowohl bei älteren als auch bei jüngeren Probandinnen. Hieraus ergibt sich die **2. Fragestellung**:

### 2) 24-Stunden-Profil der circadianen Rhythmik unter natürlichen Bedingungen:

Unterscheiden sich ältere und jüngere Frauen a) in Verlauf und Reproduzierbarkeit sowie b) im Vergleich von Rhythmusvariablen der Hauttemperatur, der Herzfrequenz sowie dem Schlaf-Wach-Rhythmus?

Die Körperkerntemperatur wurde im Rahmen dieser Fragestellung aus praktischen und hygienischen Gründen nicht kontinuierlich untersucht, weshalb kein Profil über 24 Stunden erstellt werden konnte. Sie wurde jedoch von den Probandinnen während der Studienwoche morgens und abends oral erfasst.

Altersbedingte Veränderungen können nicht nur den Schlaf-Wach-Rhythmus selbst, sondern auch andere schlafbezogene Aspekte wie Schlafstruktur, Schlafqualität und Schläfrigkeit betreffen. Literaturbefunde zur Veränderung der Schlafstruktur mit dem Alter sind widersprüchlich. Einige Studien deuten auf eine altersbedingte Abnahme des Tiefschlafanteils sowie des REM-Schlafs hin (Gillin et al., 1981) während andere keine Veränderungen zeigen konnten (Haimov et al. 1997, Webb et al. 1982). Hinsichtlich einer altersbedingten Veränderung der Schlafqualität gibt es eindeutigere Literaturbefunde. Die meisten Studien weisen auf eine Abnahme der Schlafqualität im Alter aufgrund der Abnahme der Schlafeffizienz und der totalen Schlafdauer sowie der Zunahme nächtlicher Wachphasen hin (Gillin et al. 1981, Ohayon et al. 2004). Das erklärt u.a. die oftmals zu beobachtende erhöhte Tagesschläfrigkeit bei älteren Menschen (Monk et al. 1992, Münch et al. 2005). Alle genannten Studien wurden unter kontrollierten Bedingungen durchgeführt. Altersbedingte Veränderungen hinsichtlich Schlafstruktur, Schlafqualität und Schläfrigkeit unter natürlichen Bedingungen in gewohnter Umgebung sind bislang wenig erforscht. Hieraus ergibt sich der erste Teil der **3. Fragestellung**:

3a) Welche Veränderungen treten bei älteren Frauen hinsichtlich Schlafstruktur, Schlafqualität und Schläfrigkeit unter natürlichen Bedingungen im Vergleich zu jüngeren Frauen auf?

## II. Fragestellungen

Die im Alter zu beobachtende zunehmende Tagesschläfrigkeit erklärt möglicherweise das vermehrte Auftreten von tageszeitlichen Nickerchen im Alter (Evans und Rogers 1994, Münch et al. 2005). Literaturbefunde zur Wirkung von altersbedingt vermehrt auftretenden tageszeitlichen Nickerchen auf den Nachtschlaf sind widersprüchlich. Zum einen deutet sich eine Abnahme der Schlafqualität sowie eine Veränderung der Schlafstruktur an (Monk et al. 2001). Andere Studien konnten hingegen keine Veränderungen hinsichtlich Schlafstruktur und Schlafqualität feststellen (Tamaki et al. 2000). Zudem fand ein Großteil der bisherigen Studien unter kontrollierten Versuchsbedingungen statt. Das führt zum zweiten Teil **der 3. Fragestellung**:

3b) Welche Auswirkung haben altersbedingt vermehrt auftretende tageszeitliche Nickerchen auf Struktur und Qualität des Nachtschlafs sowie die Schläfrigkeit älterer Frauen unter natürlichen Bedingungen?

Schläfrigkeit kann als Indikator für die Erholbarkeit bzw. Nicht-Erholbarkeit des Schlafs gesehen werden. Erholbarkeit des Schlafs und Schläfrigkeit sind wiederum abhängig von Schlafqualität und Schlafstruktur. Literaturbefunde weisen darauf hin, dass ein erholsamer Schlaf ein wesentlicher Aspekt zum Erhalt von Gesundheit und Lebensqualität ist (Happe 2011). Nur wenige Studien haben bisher den Zusammenhang zwischen Schlafqualität und Lebensqualität (Saraf et al. 2014), insbesondere unter dem Gesichtspunkt altersbedingter Veränderungen, untersucht (Byles et al. 2005). Auch die Beeinflussung von Schlafstruktur und Lebensqualität blieb bislang relativ unerforscht. Das führt zum ersten Teil **der 4. Fragestellung** in dieser Arbeit:

4A) Gibt es bei älteren und jüngeren Frauen einen Zusammenhang zwischen der Lebensqualität und schlafbezogenen Aspekten wie Schlafstruktur, Schlafqualität und Schläfrigkeit?

Da Schläfrigkeit durch nicht erholsamen Schlaf möglicherweise zu vermehrtem Tagschlaf im Alter führt, stellt sich die Frage, wie sich tageszeitliche Nickerchen als möglicher Kompensationsmechanismus für eine erhöhte Schläfrigkeit auf die Lebensqualität auswirken. Literaturbefunde weisen darauf hin, dass tageszeitliche Nickerchen Stimmung und Leistungsfähigkeit positiv beeinflussen (Tamaki et al. 1999, Walz 2007). Über den direkten Einfluss tageszeitlicher Nickerchen auf die Lebensqualität im Alter ist bislang wenig bekannt. Das führt zu Fragestellung 4B:

4B) Wie wirken sich altersbedingt vermehrt auftretende tageszeitliche Nickerchen auf die Lebensqualität im Alter aus?

## III. Probanden und Methoden

### 1. Probandenkollektiv

Frauen neigen im Vergleich zu Männern aufgrund verschiedener Vorgänge wie zum Beispiel hormoneller und physiologischer Veränderungen insbesondere im Alter zu einer schlechteren Schlafqualität sowie zu einem höheren Risiko, an Schlafstörungen zu erkranken (Nowakowski 2013, Happe 2011). Da sich altersbedingte Veränderungen hinsichtlich des Schlafs bei Frauen stärker auswirken, konzentrierte sich diese Arbeit auf die Untersuchung des weiblichen Geschlechts. Die Rekrutierung der älteren Probandinnen erfolgte über die Auslegung von Flyern in Apotheken, Seniorenvereinen, Volkshochschulen und Gemeinden. Des Weiteren wurde die Studie im Rahmen einer Ringvorlesung, die sich gezielt an ältere Menschen richtet, vorgestellt und zur Teilnahme aufgerufen. Zudem wurde ein Probandenaufruf in Form einer Zeitungsanzeige im Kieler Express abgedruckt. Jüngere Probandinnen wurden hauptsächlich über die Universität im Rahmen von Vorlesungen und Übungen sowie aus dem eigenen Bekanntenkreis rekrutiert. Die Auswahl der Probandinnen erfolgte mittels eines telefonischen oder persönlichen Interviews, bei welchem Ein- und Ausschlusskriterien abgefragt wurden (s. Kapitel III 2).

Die Studie erstreckte sich insgesamt über einen Untersuchungszeitraum von 15 Monaten, welcher im Dezember 2012 begann und bis Februar 2014 andauerte. Der Untersuchungszeitraum betrug für die Probandinnen jeweils eine Woche. Vor Studienbeginn wurde den Probandinnen eine schriftliche Probandeninformation vorgelegt, welche Ziele und Durchführung der Studie beschrieb und Datenschutz zusagte. Wenn alle Fragen der Probandinnen geklärt waren, unterschrieben sie eine Einverständniserklärung. Die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführte Studie ist Teil des Projekts mit dem Titel „Vergleichende Untersuchung der inneren Uhr bei jüngeren und älteren Menschen“, welches von der Ethikkommission ein positives Votum erhielt. Nach Beendigung der Datenaufnahme und Analyse derselben erhielten die Probandinnen ihre persönlichen Studienergebnisse. Diese beinhalteten eine Analyse der Körperzusammensetzung sowie die Darstellung und Auswertung des Aktivitätsprofils sowie des Schlaf-Wach-Rhythmus. Zudem erhielten die Probandinnen die Schlafprofile, welche mittels einer Elektroenzephalographiemessung über zwei Nächte erstellt wurden. Des Weiteren wurde der Verlauf der Herzfrequenz über 48 Stunden im Zusammenhang mit den Zubettgeh- und Aufstehzeiten sowie der Nahrungsaufnahme dargestellt. Zudem wurden die Fragebogenergebnisse zum Chronotyp, zur Schlafqualität und zur Tagesschläfrigkeit aufgeführt.

## 2. Für das Probandenkollektiv geltende Ein- und Ausschlusskriterien

Um das Probandenkollektiv homogen zu halten und mögliche verfälschende Einflussfaktoren auszuschließen, galten bestimmte Einschlusskriterien, die von den Probanden erfüllt werden mussten und eine Teilnahme zuließen.

So sollten die Probandinnen Nichtraucherinnen sein, da der Konsum von Nikotin zum einen die Hauttemperatur durch eine Verengung der Gefäße in den Extremitäten senkt. Zum anderen kommt es zu einer Erhöhung der Herzfrequenz (Benowitz 1986). Des Weiteren durfte der BMI der jüngeren Probandinnen nicht über 26 kg/m<sup>2</sup> und der der älteren Probandinnen nicht über 30 kg/m<sup>2</sup> liegen, da dies den altersabhängigen Normwerten des BMI entspricht (Tabelle 1). Höhere BMI Werte deuten auf Übergewicht hin und das kann das Auftreten von Schlafstörungen wie zum Beispiel Schlafapnoe und Herz-Kreislaufkrankungen begünstigen (Goebel et al. 2006, Shamsuzzaman et al. 2014). Zudem sollten die Probandinnen nicht in Schicht- oder Nachtarbeit tätig sein, da diese oftmals eine Desynchronisierung der circadianen Rhythmik mit der Umwelt zur Folge hat (Monk 2013, Petrov 2014). Auch das Reisen über Zeitzonen hinweg in den letzten drei Monaten galt als Ausschlusskriterium, da ein sogenannter Jetlag auftritt. Auch hier kommt es zu einer Desynchronisierung der circadianen Rhythmen mit der Umwelt, welche aber nur vorübergehend besteht. Folgen eines Jetlags sind häufig Schlafstörungen und erhöhte Schläfrigkeit (Rose et al. 1999). Ein weiteres Kriterium war, dass die Probandinnen unter keiner diagnostizierter Schlafstörung wie zum Beispiel Schlafapnoe oder Restless-Leg Syndrom leiden sollten, da diese Erkrankungen den Schlaf-Wach-Rhythmus sowie die Schläfrigkeit beeinflussen können (Shamsuzzaman et al. 2014, Hanewinkel et al. 2015).

Zudem sollten sie körperlich und psychisch gesund sein. Körperliche Erkrankungen, die zum Ausschluss einer Studienteilnahme führten, sind im „Allgemeinen Fragebogen zur Erfassung von Demographie und Lebensstil“ (Anhang A 12) aufgeführt, welchen die Probandinnen vor Studienteilnahme ausfüllen sollten. Die genannten Erkrankungen sowie deren Behandlung können nachhaltig den Schlaf beeinflussen (Lecube et al. 2015, Globe et al. 2015). Probandinnen mit chronischen Schmerzerkrankungen wie Migräne und Fibromyalgie wurden aufgrund der zunehmenden Prävalenz dieser beiden Erkrankungen in der deutschen Bevölkerung nur dann ausgeschlossen, wenn die genannten Erkrankungen nach eigenen Angaben den Schlaf beeinträchtigten (Evers 2001, Sommer 2013). Auch Augenerkrankungen waren von Bedeutung und wurden ebenfalls mittels des „Allgemeinen Fragebogen zur Erfassung von Demographie und Lebensstil“ erfasst (Anhang A 12). Bindehautentzündung sowie erblindete Augen galten als Ausschlusskriterium, da sie die im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführte Pupillographische Schläfrigkeitsmessung (s. Kapitel III 3.10) verfälschen bzw. eine korrekte Durchführung verhindern könnten. Psychische Erkrankungen wie Depressionen, Angststörungen oder Schizophrenie führten

zum Ausschluss der Probandinnen, da es hier ebenfalls zu einer Störung der Schlaf- Wach- Rhythmik kommen kann (Fava et al. 2004).

Darüber hinaus führte die Einnahme bestimmter Medikamente zum Ausschluss von der Studienteilnahme. Neben der Einnahme von Stimulantien wie Ritalin oder Amphetamin galt auch die Einnahme von Beruhigungsmitteln wie Benzodiazepine und Hypnotika als Ausschlusskriterium, da sie die Müdigkeit bzw. Schläfrigkeit beeinflussen können (Keel 2015). Des Weiteren durfte keine regelmäßige Einnahme starker Schmerzmittel wie Morphine oder Analgetika bestehen, da Körperkerntemperatur, Pupillenweite und Herzfrequenz beeinflusst werden (Forth et al. 2004). Auch die Einnahme von Antidepressiva und Neuroleptika zur Behandlung psychischer Erkrankungen führte zum Ausschluss von der Studienteilnahme, da sie Schläfrigkeit und Müdigkeit erhöhen und die Körperkerntemperatur senken können (Forth et al. 2004). Zudem durfte keine regelmäßige Einnahme von Insulin zur Behandlung von Diabetes vorliegen, da sich die Beeinflussung des Glucosespiegels im Blut auf den Schlaf auswirken kann (Buysse 2008).

Darüber hinaus wurden die Probandinnen dazu angehalten, während der Studienwoche regelmäßige Bettgeh- und Aufstehzeiten einzuhalten sowie täglich nicht über drei Tassen Kaffee oder teehaltige Getränke zu konsumieren, da Coffein und Teein nachweislich die Müdigkeit beeinflussen (Wilhelm et al. 2004). Zudem sollten nicht mehr als zwei Gläser Alkohol pro Tag konsumiert werden, da der Konsum von Alkohol die Müdigkeit erhöht (Priemer et al. 2010).

*Tabelle 1: Altersabhängige Normwerte des BMI in kg/m<sup>2</sup> (Jahre 2006, S. 320)*

<b>Altersgruppe in Jahren</b>	<b>BMI in kg/m<sup>2</sup></b>
25-34	20-25
35-44	21-26
45-54	22-27
55-64	23-28
>64	24-29

## 2. Studiendesign

Eine Übersicht über die untersuchten Probandengruppen innerhalb des Probandenkollektivs ist in Abbildung 20 dargestellt. Es setzte sich aus 20 jüngeren Probandinnen mit einem mittleren Alter von  $25,1 \pm 3,1$  Jahren (YW) und 42 älteren Probandinnen mit einem mittleren Alter von  $69,6 \pm 5,5$  Jahren zusammen (OW). Die älteren Probandinnen wurden wiederum in zwei Gruppen unterteilt (Abbildung 20). Die Unterteilung erfolgte auf Grundlage der Dokumentation tageszeitlicher Nickerchen im

Schlafstagebuch während Studienwoche. Von den 42 älteren Probandinnen hielten 9 Probandinnen kein und 33 mindestens einmal während der Studienwoche ein tageszeitliches Nickerchen. Erstere sind der Gruppe „*älterer Probandinnen ohne tageszeitliches Nickerchen (ONN)*“ zuzuordnen, während letztere zur Gruppe „*älterer Probandinnen mit tageszeitlichem Nickerchen (OWN)*“ gehören. Ältere Probandinnen, die mindestens ein tageszeitliches Nickerchen hielten (OWN), wurden nochmals anhand der **Dauer** und Anzahl ihrer während der Studienwoche gehaltenen tageszeitlichen Nickerchen unterteilt. 17 von ihnen wiesen eine mittlere Nickerchendauer von unter oder gleich 35 Minuten Dauer auf und wurden der Gruppe „*älterer Probandinnen mit einer mittleren Nickerchendauer von  $\leq 35$  Minuten (OWN $\leq 35$ )*“ zugeordnet, während 16 eine mittlere Nickerchendauer von über 35 Minuten zeigten und der Gruppe der „*älterer Probandinnen mit einer mittleren Nickerchendauer von  $> 35$  Minuten (OWN $> 35$ )*“ zugeordnet wurden. Der Trennwert wurde bei 35 Minuten festgelegt, da dies dem Median der im Rahmen dieser Arbeit auftretenden mittleren Nickerchendauer entspricht.

Der Unterteilung der OWN anhand der **Anzahl** der Nickerchen liegt ein Trennwert von 4 Nickerchen während der Studienwoche zugrunde, da das Halten von mindestens 4 tageszeitlichen Nickerchen während der Studienwoche als „regelmäßig“ erachtet werden kann. 17 ältere Probandinnen hielten weniger als 4 tageszeitliche Nickerchen während der Studienwoche und wurden der Gruppe „OWN $< 4$ “ zugeordnet, während 16 mindestens 4 tageszeitliche Nickerchen hielten und der Gruppe „OWN $\geq 4$ “ zugeteilt wurden. 19 der 33 Nickerchen haltenden älteren Probandinnen (OWN) wurden dazu aufgefordert, vor der ersten nächtlichen **Gehirnstrommessung (EEG)** ein tageszeitliches Nickerchen zu halten und vor der zweiten nächtlichen Gehirnstrommessung gezielt darauf zu verzichten (Abbildung 20). Sie werden der Gruppe „OWNQ“ zugeordnet, während die übrigen 14 Probandinnen zur Gruppe „ONNQ“ gehören.

Die Auswahl der 19 älteren Probandinnen der Gruppe „OWNQ“ erfolgte vor Beginn der Studie anhand der persönlichen Angabe der Probandinnen zum regelmäßigen Halten tageszeitlicher Nickerchen während des Telefoninterviews sowie anhand der Bereitschaft der Probandinnen, an einem definierten Tag der Studie auf das Halten des tageszeitlichen Nickerchens zu verzichten.

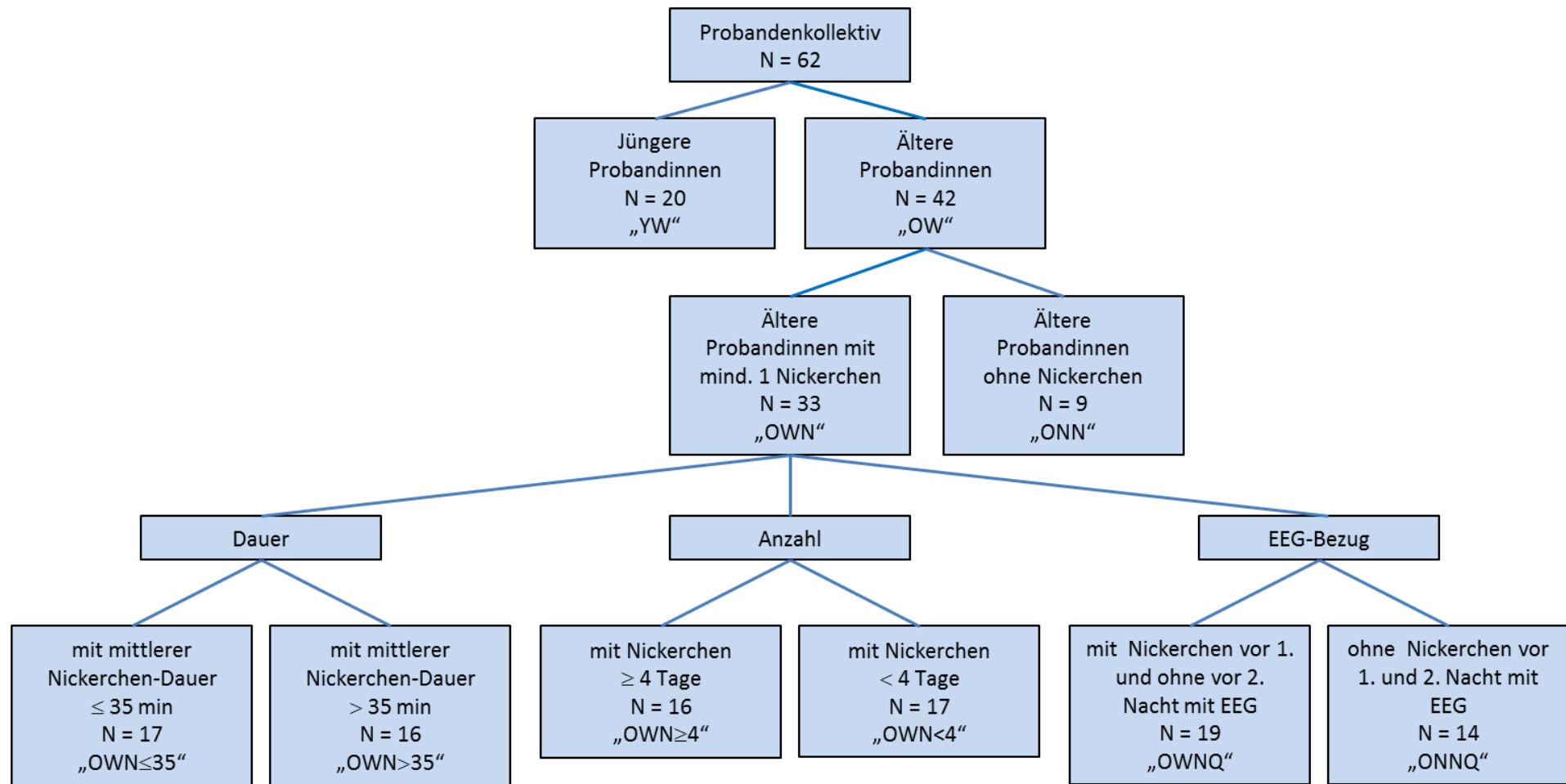


Abbildung 20: Untersuchte Untergruppen des Probandenkollektivs



Der Untersuchungszeitraum erstreckte sich für ältere und jüngere Probandinnen jeweils über eine Woche. Eine detaillierte Darstellung des Studiendesigns ist in Abbildung 21 zu finden.

Alle Probandinnen wurden am Morgen des ersten Tages einer Bioimpedanzanalyse zur Bestimmung der Körperzusammensetzung (s. Kapitel III 3.2) sowie einer pupillographischen Messung (s. Kapitel III 3.10) zur Bestimmung der aktuellen Schläfrigkeit unterzogen. Die Probandinnen wurden dazu angehalten, nüchtern und ohne Getränkeaufnahme (Ausnahme Medikamenteneinnahme) zu erscheinen und vor den Messungen keinen Kaffee zu konsumieren. Ersteres diente zur Erreichung eines einheitlichen Hydrierungszustand des Körpers, letzteres sollte eine Beeinflussung der Schläfrigkeit verhindern (Deurenberg 2004, Wilhelm et al. 2003). Nach Abschluss der Messungen erfolgte die Einweisung in die Geräte sowie die Erklärung der Fragebögen. Zudem erhielten die Probandinnen einen Übersichtsplan über die während der Studienwoche zu erledigenden Aufgaben (Anhang A 1 und A2).

Zum einen sollten die Probandinnen zur Erfassung des Aktivitätsmusters über eine Woche die *Actiwatch* tragen, ein Armbanduhr ähnlicher Aktigraph mit einem Bewegungssensor, aus dessen Daten mit Hilfe der Software *Phillips Actiware* der Schlaf- Wach- Rhythmus generiert wurde (s. Kapitel III 3.6). Die Erfassung der circadianen Rhythmik der Hauttemperatur während der Studienwoche erfolgte über das Tragen von Temperaturchips, welche mittels medizinischem Klebeband an Handgelenk, Fuß, Wade und Oberschenkel befestigt wurden (s. Kapitel III 3.7). Die orale Körperkerntemperatur sollte morgens direkt nach dem Aufwachen und abends direkt vor dem Zubettgehen mit einem digitalen Thermometer erfasst und dokumentiert werden (s. Kapitel III 3.8). Des Weiteren sollte über eine Woche täglich das *Schlafstagebuch der Deutschen Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin* ausgefüllt werden, um subjektive Schlafvariablen wie Zubettgeh- und Aufstehzeiten sowie Einschlafdauer und nächtliche Wachphasen zu erfassen (s. Kapitel III 3.4). Die Dokumentation sportlicher Aktivität, Nahrungsaufnahme und Medikamenteneinnahme als mögliche Einflussnehmende Faktoren auf circadiane Rhythmen sowie das Ab- und Anlegen der Geräte erfolgte mittels eines Tagesprotokolls (s. Kapitel III 3.5). Während der Studienwoche wurde über 48 Stunden ein Gerät zur Herzfrequenzmessung getragen (*Variograf*), um die circadiane Rhythmik der Herzfrequenz dokumentieren zu können (s. Kapitel III 3.9). In zwei aufeinanderfolgenden Nächten erfolgte eine nächtliche Gehirnstrommessung bei den Probandinnen zuhause mittels des mobilen Elektroenzephalographie-Geräts *QUISI* (s. Kapitel III 3.3). So konnten objektive Schlafvariablen sowie die Schlafqualität unter natürlichen Bedingungen ermittelt werden. Der letzte Abend der Studienwoche wurde von 17 bis 23 Uhr unter kontrollierten Bedingungen in einem Probandenraum im Institut verbracht. Hierbei wurde das Licht auf ein Minimum reduziert (>30 Lux), die Raumtemperatur konstant gehalten und die meiste Zeit halbliegend im Liegestuhl verbracht. So sollte eine Beeinflussung der physiologischen circadianen Variablen durch die

exogenen Zeitgeber Licht und Temperatur sowie körperliche Aktivität und durch Veränderung der Körperposition verhindert werden. Alle 10 Minuten erfolgte die automatische Messung der Herzfrequenz über den *Variografen* sowie die Messung der Hauttemperatur an Hand, Fuß, Wade und Oberschenkel. Des Weiteren wurde stündlich die orale Körperkerntemperatur durch die Untersucherin gemessen sowie die momentane subjektive Müdigkeit und Schläfrigkeit mittels der *Stanford Sleepiness Scale* und der *Karolinska Sleepiness Scale* erfasst (s. Kapitel III 3.8 und 3.9). Um 17 Uhr und um 21 Uhr wurde eine Messung der Schläfrigkeit mittels des *pupillographischen Schläfrigkeitstests* durchgeführt (s. Kapitel III 3.10). Alle Probandinnen füllten während des Abendprofils Fragebögen zur Erfassung der Lebensqualität (*QOL*), der Schlafqualität (*PSQI*), der Tagesschläfrigkeit (*ESS*) und der körperlichen Aktivität (*Freiburger Fragebogen*) aus (s. Kapitel III 3.11). Des Weiteren wurde die Morgen/Abendpräferenz (*D-MEQ*) erfasst. Zudem wurde der *allgemeine Fragebogen zur Erfassung von Demographie und Schlafgewohnheiten* ausgefüllt, welcher Verhaltensweisen wie den Konsum von Genussmitteln, körperliche und psychische Erkrankungen, Schlafgewohnheiten und den aktuellen Gesundheitszustand abfragt.

Für ältere Probandinnen mit tageszeitlichen Nickerchen (OWN) erfolgte eine leichte Abwandlung des Studiendesigns (Abbildung 21). Es wurden zwei Veränderungen vorgenommen. Zum einen wurden die Probandinnen der Gruppe OWN dazu angehalten, vor der ersten nächtlichen Gehirnstrommessung wie gewohnt ihr tageszeitliches Nickerchen zu halten und es vor der zweiten Nacht mit nächtlicher Gehirnstrommessung wegzulassen. So sollte die Auswirkung tageszeitlicher Nickerchen auf den Nachtschlaf überprüft werden. Zum anderen wurden die Probandinnen dieser Gruppe keines Abendprofils unterzogen. Alternativ sollten sie am letzten Studientag gegen 17 Uhr im Institut erscheinen, um die Geräte abzugeben und um Fragebögen auszufüllen (Anhang A2).

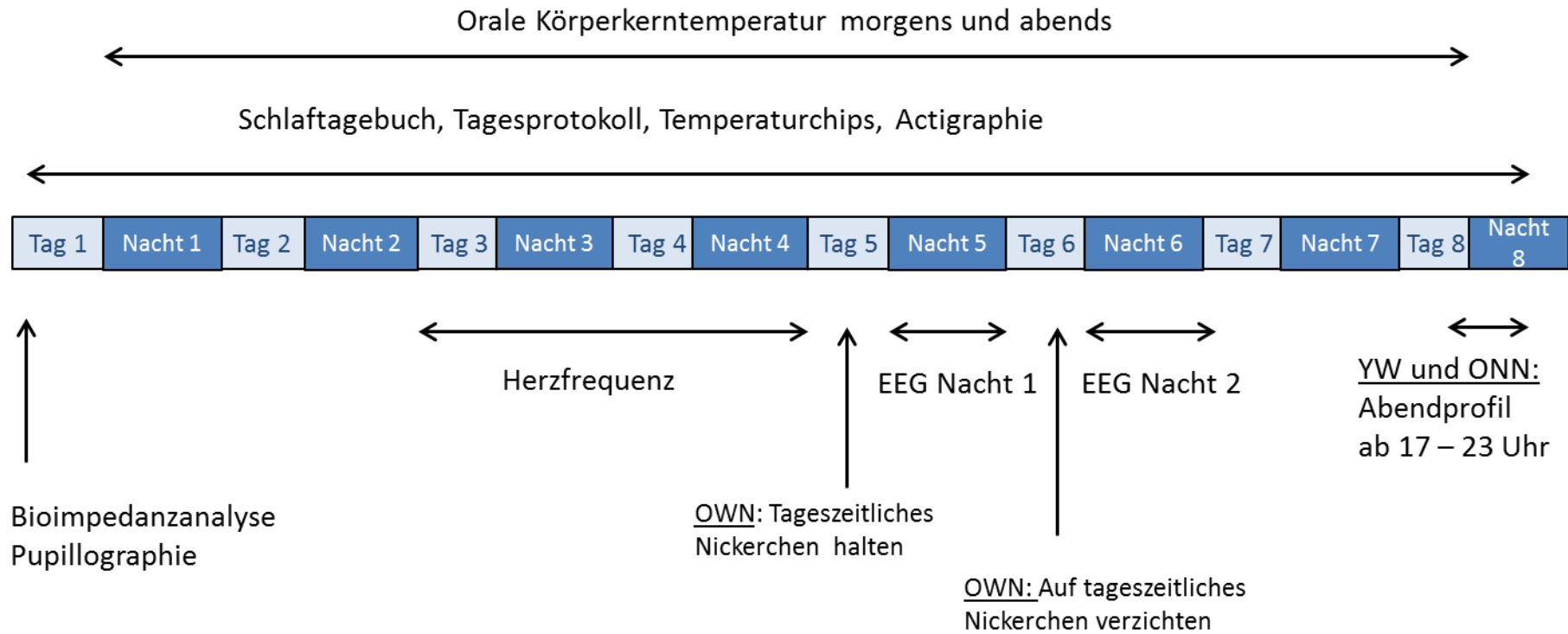


Abbildung 21: Studiendesign

### 3. Methoden

#### 3.1 Erfassung anthropometrischer Daten

Zur Erfassung deskriptiver Eigenschaften des Probandenkollektivs erfolgte zunächst die Bestimmung anthropometrischer Daten (Anhang A3). Hierzu wurde die **Körperhöhe** mittels eines *Anthropometers* sowie das **Körpergewicht** mittels einer elektronischen *Personenwaage* (Modelnr.: TGF 302H) der Firma Rossmann erfasst. Um eine korrekte Messung der Körperhöhe zu garantieren, sollten die Probandinnen vor der Messung ihre Schuhe ausziehen und während der Messung die Füße parallel und geschlossen halten. Vor der Messung des Körpergewichts sollte ebenfalls ein Ablegen der Schuhe sowie anderer beschwerender Gegenstände wie Schlüsselbund oder Jacke erfolgen. Die Angabe des Körpergewichts erfolgte auf eine Nachkommastelle genau. Aus Körperhöhe und Körpergewicht wurde mittels der offiziell anerkannten Formel:  $BMI = \text{Körpergewicht} / (\text{Körperhöhe})^2$  der BMI der Probandinnen berechnet. Altersabhängige Normwerte wurden bereits aufgeführt (vgl. Tabelle 1).

Des Weiteren wurde unter zu Hilfenahme eines Maßbands der **Hüftumfang** sowie der **Taillenumfang** gemessen und anschließend das **Hüft-Taillen-Verhältnis** berechnet. Hierzu wird der Taillenumfang durch den Hüftumfang geteilt. Das Taillen-Hüft-Verhältnis trifft eine Aussage über die intraabdominale Fettverteilung und das hiervon abhängige Risiko, an Herz-Kreislauf-Erkrankungen wie z.B. einem Herzinfarkt zu erkranken. Mit zunehmender abdominaler Fettkonzentration steigt das Risiko an (URL [9]). Ab einem Wert über 0,9 cm bei Männern und 0,85 cm bei Frauen spricht man von abdominaler Fettleibigkeit und einem erhöhten Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen (Tabelle 2).

Mit steigendem Alter kommt es zum einen zu einer Abnahme der **Körperhöhe** aufgrund des Flüssigkeitsverlusts innerhalb der Bandscheiben (Platzer 1991, Schünke et al. 2005). Zudem nimmt altersbedingt der Winkel des Oberschenkelkopfes zum Oberschenkel ab, was die Körperhöhe ebenfalls reduziert (Platzer 1991). Auch das **Körpergewicht** nimmt aufgrund der altersbedingten Abnahme des Grundumsatzes sowie der Zunahme der Fettmasse tendenziell zu (Weinert und Waterhouse 1999, Czeisler et al. 1992). Zum anderen erhöht sich das **Hüft-Taillen-Verhältnis** aufgrund der Zunahme der subkutanen, abdominalen Fettmasse. Studien haben gezeigt, dass über eine 15- Jahresperiode der Taillenumfang bei Männern im Mittel um 2,7 cm und bei Frauen um 4,3 cm ansteigt (Lahti-Koski et al. 2007).

Tabelle 2: Normwerte für den Taillenumfang und den Taillen-Hüft-Index, getrennt nach Geschlecht (URL [9])

Indikator	Trennwert	Risiko für metabolische Komplikationen
Taillenumfang	>94 cm (M); > 80 cm (F)	erhöht
Taillenumfang	>102 cm (M); > 88 cm (F)	wesentlich erhöht
Hüft-Taillen-Verhältnis	≥0,90 cm (M); > 0,85 cm (F)	wesentlich erhöht

M= Männer, F= Frauen

### 3.2 Bestimmung der Körperzusammensetzung mittel Bioimpedanzanalyse

In einem zweiten Schritt wurde mittels einer Bioimpedanzanalyse die Körperzusammensetzung der Probandinnen bestimmt. Bei der genannten Methode handelt es sich um eine international anerkannte, zuverlässige und einfach durchzuführende Methode, bei der mittels elektrischer Widerstandsmessung der Anteil einzelner Körperkompartimente bestimmt wird. Vereinfacht gesehen setzt sich der Körper aus zwei Kompartimenten zusammen, der **Fettmasse** und der **Magermasse**. Dies wird als 2-Kompartiment-Modell bezeichnet (Abbildung 22 A). Die **Magermasse** kann wiederum in die **extrazelluläre Masse (ECM)** und die **Körperzellmasse (BCM)** unterteilt werden, wobei die extrazelluläre Masse das **extrazelluläre Körperwasser (ECW)** und die Körperzellmasse das **intrazelluläre Körperwasser (ICW)** enthält. Dies wird als 3-Kompartiment-Modell bezeichnet (Abbildung 22 A)(Raschka und Ruf 2012).

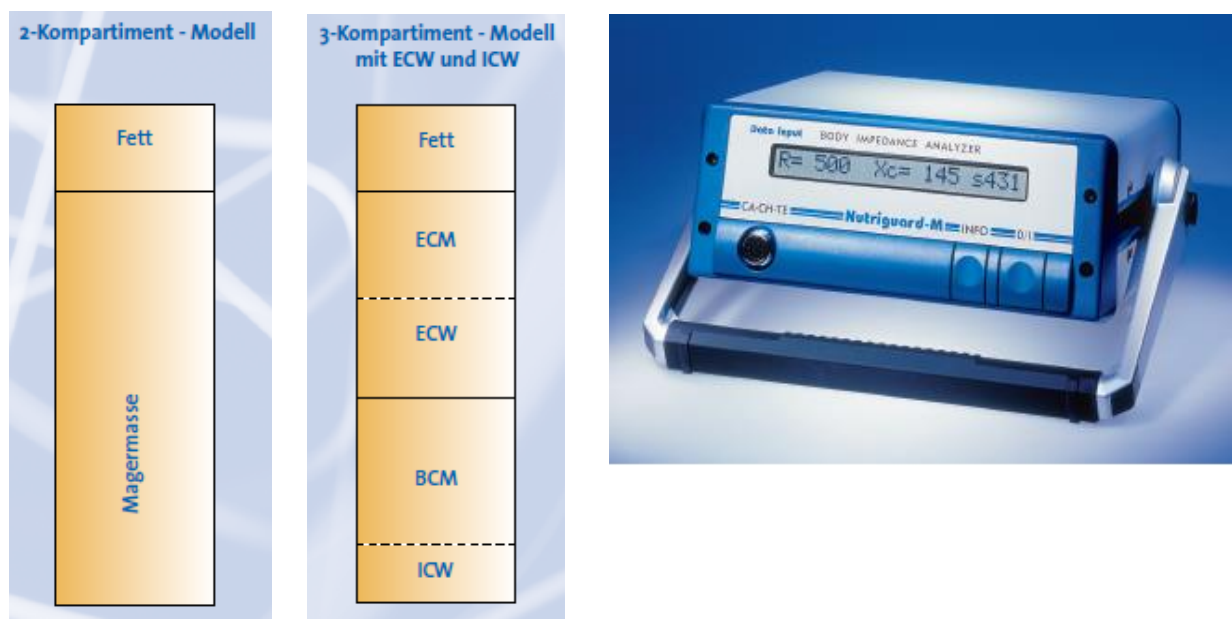


Abbildung 22: A) 2- und 3-Kompartiment-Modell des Körpers (Data-Input 2009, S. 2) und B) Multifrequenz-Impedanz-Analysator Nutriguard M (Data Input 2009, S. 4)

Die Prätestbedingungen, welche die Voraussetzung für eine zuverlässige und genaue Messung der Körperzusammensetzung darstellen, werden im Folgenden beschrieben. Die Probandinnen wurden dazu aufgefordert, sich vor der Messung keiner erhöhten körperlichen Aktivität aussetzen, um Flüssigkeitsverlust durch Schwitzen zu vermeiden. Des Weiteren sollten sie keine Flüssigkeit (Ausnahme Medikamenteneinnahme) und ihre Blase entleeren. Diese Maßnahmen dienen dazu, einen einheitlichen Hydratisierungszustand des Körpers zu erreichen.

Die Messung selbst erfolgte in liegender Position in Rückenlage. Arme und Beine sollten ausgestreckt sein, wobei die Innenseite der Arme sowie die Füße nach oben zeigten. Es wurden jeweils zwei Hautelektroden an standardisierten Stellen auf den rechten Handrücken und den rechten Fußrücken geklebt und über Elektrodenkabel mit dem *Multifrequenz-Impedanz-Analysator Nutriguard-M* verbunden (Abbildung 22B). Dieser erzeugt ein homogenes elektrisches Wechselstromfeld mit konstanter Stromstärke in der Versuchsperson und misst den Gesamtwiderstand, die sogenannte Impedanz. Diese setzt sich aus den beiden Komponenten Resistanz (R) und Reaktanz ( $X_c$ ) zusammen. Die Resistanz kann als ohmscher Widerstand des Körperkompartimentes gegen den Wechselstrom gesehen werden; **Magermasse** ist aufgrund des hohen Wasseranteils ein guter Leiter für Strom, während hingegen die **Fettmasse** dem Strom einen hohen Widerstand entgegen setzt (Edlinger 2002). Bei der Reaktanz handelt es sich um jenen Widerstand, den die Zellmembranen, die aufgrund ihrer Protein-Lipid-Schichten und ihres Membranpotentials als Minikondensatoren gesehen werden können, dem Strom entgegen bringen. Folglich kann die Reaktanz als Maß für das intrazelluläre Wasser und damit für die **Körperzellmasse** gesehen werden (Handbuch Data Input 2009). Aufgrund der unterschiedlichen Ausbreitung verschiedener Wechselstrom-Frequenzen im Gewebe wird mit unterschiedlich hohen Wechselstrom-Frequenzen gemessen. Das erhöht die Genauigkeit der Messergebnisse. Zunächst wird mit einer Wechselstrom-Frequenz von 5 kHz der Anteil des **extrazellulären Wassers** bestimmt, da Strom mit dieser Frequenz keine Zellmembranen überwinden kann. Anschließend erfolgt ein zweiter Messdurchgang mit 50 kHz Frequenz, um das intrazelluläre **Körperwasser** und die **Körperzellmasse** genauer zu bestimmen. Ein Strom dieser Frequenz kann Zellmembranen zum Teil überwinden und breitet sich zu zwei Dritteln im extrazellulären und zu einem Drittel im intrazellulären Raum aus (Data Input 2009). Zuletzt wird eine Frequenz von 100 kHz verwendet, welche Membranwiderstände größtenteils überwinden kann und sich im gesamten Gewebe ausbreitet. Sie dient der Bestimmung des **Körperwassers**.

Die für die Frequenzen 5 kHz, 50 kHz und 100 kHz ermittelten Reaktanz- und Resistanz-Mittelwerte werden in eine Maske der Nutri-Plus-Software Version 5.1 sowie in einen Datenbogen eingetragen (s. Anhang A 3). Zudem werden das Geburtsdatum, das Körpergewicht sowie die Körperhöhe der Probandinnen eingegeben. Aus diesen Angaben berechnet die Software den Anteil der verschiedenen Körperkompartimente in Kilogramm und Prozent sowie den **Body Mass Index** und

den **Grundumsatz**. Tabelle 3 gibt einen Überblick über die in der vorliegenden Arbeit mittels Bioimpedanzanalyse untersuchten Variablen sowie deren Definition:

Tabelle 3: Mittels Bioimpedanzanalyse untersuchte Variablen sowie deren Definition (Data Input 2009)

Variablen der Bioimpedanzanalyse	Abkürzung	Definition
Body-Mass-Index	BMI	Körpergewicht / (Körpergröße) <sup>2</sup>
Körperfett (kg und %)	-	Fetthaltige Masse
Körperwasser (l)	-	Körperwasser gesamt
Magermasse (kg)	MM	Fettfreie Masse (BCM+ECM)
Extrazelluläre Masse (kg)	ECM	Knochen und Bindegewebe
Körperzellmasse (kg)	BCM	Muskel- und Organzellmasse
ECM/ BCM- Index	-	Verhältnis ECM zu BCM (Ernährungs-und Trainingszustand der Zellen)
%-Zellanteil	-	Anteil der BCM in der MM
Grundumsatz	-	Energieverbrauch in Ruhe
Phasenwinkel	-	Qualität der MM
Extrazelluläres Wasser	ECW	Wasser in der ECM
Intrazelluläres Wasser	ICW	Wasser in der BCM

Im Alter kommt es zu physiologischen Veränderungen des Körpers und in Folge dessen zu einer Veränderung der Körperzusammensetzung. Zum einen ist eine Abnahme des Body-Mass-Indexes sowie des Grundumsatzes zu beobachten (URL[5]). Sie sind auf eine Abnahme der **Körperhöhe**, eine Zunahme des **Körpergewichts** sowie eine Abnahme der Muskelmasse zurückzuführen (vgl. Kapitel I 3.1). Die genannten physiologischen Veränderungen äußern sich in einer Abnahme des Körperwasseranteils aufgrund der sich reduzierenden Muskelmasse, was zu einem niedrigeren Anteil an Körperzellmasse und folglich einem niedrigeren Anteil an Magermasse führt (Tabelle 4). Des Weiteren kommt es zu einer Zunahme des ECM/ BCM Index und einer Abnahme des %-Zellanteils. Grund hierfür ist ebenfalls die altersbedingte Abnahme der Muskelmasse (Czeisler et al. 1992).

Daher gelten für ältere Menschen höhere Normwerte. Die für Frauen geltenden Normwerte für die berechneten Körperkompartimente getrennt nach Alter sind in Tabelle 4 dargestellt.

*Tabelle 4: Normwerte der Körperkompartimente von normalgewichtigen Frauen, getrennt nach Körperkompartiment und Alter; angegeben sind Mittelwert und Standardabweichung(Data Input 2009, S. 35)*

<b>Körperkompartiment</b>	<b>Frauen (18-29 Jahre)</b> <b>MW±SD</b>	<b>Frauen (60-69 Jahre)</b> <b>MW±SD</b>
Körperfett (%)	29,4 ± 4,7	28,9 ± 6,2
Körperwasser (%)	33,2 ± 2,8	32,6 ± 3,5
Magermasse (%)	45,4 ± 3,8	44,6 ± 4,8
Körperzellmasse (%)	23,4 ± 2,5	22,1 ± 3,3
Extrazelluläre Masse (%)	22,0 ± 2,3	22,6 ± 3,1
ECM/BCM Index	0,95 ± 0,1	1,06 ± 0,2
% Zellanteil	51,5 ± 3,3	49,3 ± 4,6

### 3.3 Erfassung objektiver Schlafvariablen mittels Gehirnstrommessung

Zur polysomnographischen Untersuchung des Schlafs wurde bei den Probandinnen über zwei Nächte der mobilen EEG-Geräts *QUISI*<sup>®</sup> eingesetzt. Hierbei handelt es sich um ein kleines, rechteckiges Gerät, das der Aufzeichnung eines nächtlichen Elektroenzephalogramms zur Analyse der Schlafstruktur und Schlafqualität dient (Abbildung 23). Der Vorteil dieses Geräts liegt in seiner leichten Bedienbarkeit, so dass es von den Probanden selbst in gewohnter häuslicher Umgebung eingesetzt werden kann. Dadurch kann eine der Realität entsprechende Schlafsituation erreicht und untersucht werden (Bodenschatz und Lünser, 1998).

Das *QUISI*<sup>®</sup> - Gerät besitzt zwei Anschlussstellen, einen Kippschalter und sechs Tasten auf der Oberfläche (Abbildung 23). Die untere Anschlussstelle dient zum einen der Aufladung des Akkus, zum anderen der Verbindung des Geräts über ein sogenanntes Lichtwellenleiter- Kabel mit dem Computer, um die aufgezeichneten Daten nach abgeschlossener Messung übertragen und mittels der *QUISI*<sup>®</sup> - Software bearbeiten zu können. Der Kippschalter dient dem An- und Ausschalten des Geräts. Über die Tasten auf der Oberfläche kann die Einstellung von Uhrzeit und Datum sowie das Einrichten einer Alarmfunktion vorgenommen werden. Mit dem Start/Stopp-Knopf kann die Messung gestartet bzw. gestoppt werden. Das Drücken des Info- Knopfs ermöglicht das Abrufen von Informationen zur Uhrzeit, dem Speicherinhalt sowie dem Ladezustand des Akkus. Das Display zeigt an, ob aktuell eine Aufzeichnung stattfindet. Das kontinuierliche Blinken des Wortes „*Off-Line*“ steht für eine momentan stattfindende Messung.



Vor einer Messung wird an die Anschlussstelle an der Oberseite des Geräts ein Kabel mit einer aktiven Elektrode angebracht, an deren Ende sich drei Kontaktstellen für Einmalelektroden befinden (Abbildung 23B).

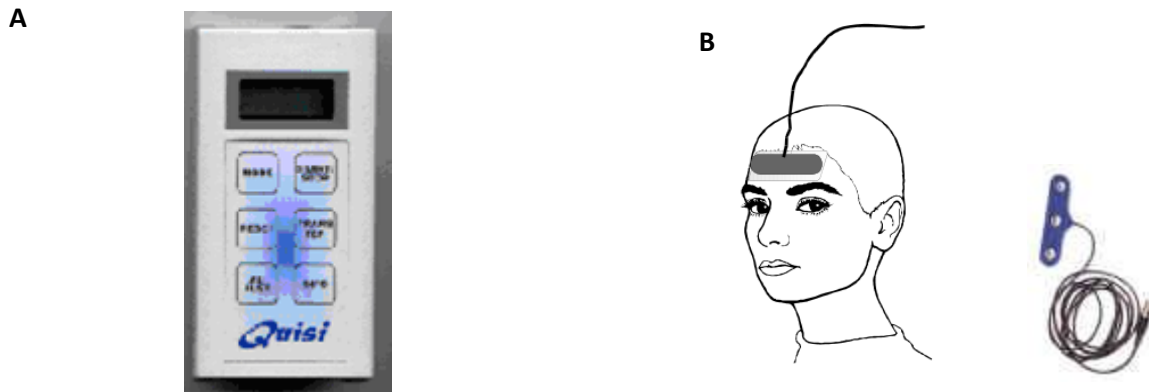


Abbildung 23: A) Mobiles EEG-Gerät QUISI® und B) aktive Elektrode(URL [6])

An die drei Kontaktstellen werden über ein Druckknopf- Prinzip drei Einmalelektroden angebracht, die eine Klebeseite mit mittigen Gelpolstern besitzen. Diese sollen während der nächtlichen Messung in der Mitte der Stirn platziert werden, um so das durch die Gehirnströme entstandene elektrische Signal an das QUISI® Gerät weiter zu leiten (siehe Abbildung 23). Auf diese Weise kann über eine einkanalige Ableitung das Muster der nächtlichen Gehirnströme erfasst und daraus ein Schlafprofil erstellt werden.

In Tabelle 5 sind die mittels des QUISI® Geräts messbaren Schlafvariablen sowie deren Definition aufgeführt. Abbildung 24 zeigt beispielhaft das Schlafprofil einer Probandin. Neben den in Tabelle 5 aufgeführten Schlafvariablen werden auch die prozentualen Anteile der Schlafstadien und der nächtlichen Wachphasen, der nächtlichen Bewegung sowie der nicht zu identifizierenden Bereiche hinsichtlich der Zeit im Bett (Time in bed), der Gesamtschlafdauer (Sleep period time) sowie der effektiven Schlafdauer (Total sleep time) berechnet. Zudem erfolgt die Berechnung der Verteilung der Schlafstadien sowie der jeweiligen prozentualen Anteile der nächtlichen Wachphasen, der nächtlichen Bewegung sowie der nicht identifizierbaren Bereiche auf drei Nachtdrittel. Auch die Anzahl der Wechsel zwischen den einzelnen Schlafstadien wird berechnet. Das QUISI® -Gerät wird aufgrund seiner hohen Genauigkeit vielfach in der Forschung angewendet, um Schlafvariablen objektiv zu untersuchen. Auch die Anwendung in der Praxis ist aufgrund seiner leichten Bedienbarkeit empfehlenswert (Hecht 2013, Schenk 1999). Es ermöglicht die Untersuchung des Schlafs der Patienten/ Probanden unter natürlichen Bedingungen in gewohnter Umgebung zuhause.

### III. Probanden und Methoden

Tabelle 5: Mittels des mobilen EEG-Geräts QUISI untersuchte Schlafvariablen und ihre Definition

Schlafvariablen	Definition
Wach (%)	Prozentualer nächtlicher Wachanteil
REM (%)	Prozentualer Anteil am Schlafstadium REM
Stadium 1 (%)	Prozentualer Anteil am Schlafstadium 1 (=Leichtschlaf)
Stadium 2 (%)	Prozentualer Anteil am Schlafstadium 2 (=Leichtschlaf)
Stadium 3 (%)	Prozentualer Anteil am Schlafstadium 3 (=Tiefschlaf)
Stadium 4 (%)	Prozentualer Anteil am Schlafstadium 4 (=Tiefschlaf)
Einschlafdauer (min)	Dauer bis zum Einschlafzeitpunkt in Minuten (Einschlafzeitpunkt = 1. Erreichen von Stadium 2)
Gesamtschlafdauer (min)	Zeitraum zwischen dem Zeitpunkt des Einschlafens und des Aufwachens
Effektive Schlafdauer (min)	Zeit, die effektiv geschlafen wurde (Gesamtschlafdauer- Wach))
Erster Tiefschlaf nach (min)	Zeitraum bis zum Erreichen des 1. Tiefschlafs (=erstes Erreichen des Stadium 3)
Erster REM nach (min)	Zeitraum bis zum Erreichen des 1. REM-Schlafs
Bewegung (%)	Prozentualer Anteil der nächtlichen Bewegung
Schlafeffizienz (%)	Effektive Schlafdauer/ Gesamtschlafdauer x 100
NREM/ REM-Zyklen (n)	Anzahl der Schlafzyklen

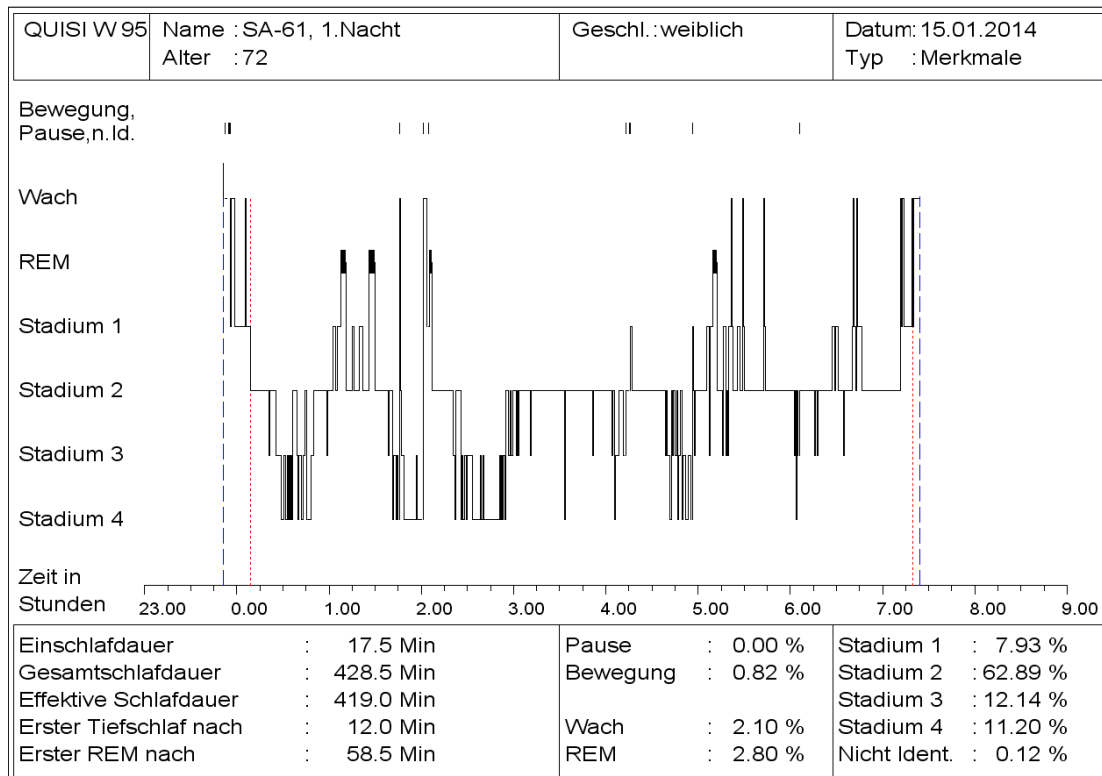


Abbildung 24: Exemplarisches Schlafprofil einer Probandin

### 3.4 Ermittlung subjektiver Schlafvariablen mittels Schlaftagebuch

Zur Erfassung der subjektiven Schlafvariablen wurde über sieben Tage das *Schlaftagebuch der deutschen Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin (DGSM)* eingesetzt (Abbildung 25). Es unterteilt sich in ein **Abendprotokoll**, welches vor dem Lichtlöschen und in ein **Morgenprotokoll**, welches direkt nach dem Aufstehen ausgefüllt werden soll. Die Probandinnen begannen mit dem Ausfüllen des Abendprotokolls am Abend des ersten Studientages und fuhren mit dem Ausfüllen des Morgenprotokolls am Morgen des zweiten Studientages fort. Das **Abendprotokoll** bezieht sich auf den aktuellen Tag und beinhaltet Fragen zur aktuellen Gefühlslage mit einer Bewertungsskala von eins bis sechs (1=angespannt; 6=entspannt), zur durchschnittlichen Leistungsfähigkeit mit einer Bewertungsskala von eins bis sechs (eins= gut; 6= schlecht) und zum Erschöpfungszustand mit einer Bewertungsskala von null bis drei (0=nein; 3= sehr). Des Weiteren soll bei Frage vier angegeben werden, ob, wann und wie lange tagsüber geschlafen wurde. Frage fünf zielt auf Alkoholkonsum in den letzten vier Stunden ab und fragt nach Art und Menge des konsumierten Alkohols. Das **Abendprotokoll** schließt mit der Frage nach dem Zeitpunkt des Zubettgehens und des Lichtlöschens ab.

Die erste Frage des **Morgenprotokolls** und insgesamt achte Frage zielt auf die Erholbarkeit des Schlafes ab und bietet eine Bewertungsskala von eins bis fünf an (1=sehr; 5= gar nicht). Die neunte

### III. Probanden und Methoden

Frage erfordert eine Aussage über den aktuellen Gefühlszustand mit einer Bewertungsskala von eins bis sechs (1=bedrückt; 6= unbeschwert). Frage zehn zielt auf die Einschlafdauer nach dem Lichtlöschen ab, wohingegen bei Frage 11 die Anzahl und Dauer nächtlicher Wachphasen angegeben werden soll. Der endgültige Zeitpunkt des Aufwachens sowie die Gesamtschlafdauer sollen bei Frage 12 und 13 angegeben werden. Frage 14 fragt nach dem Zeitpunkt, zu welchem das Licht angeschaltet wurde, wohingegen Frage 15 den endgültigen Zeitpunkt des Aufstehens abfragt. Das Morgenprotokoll schließt mit der Frage nach der Einnahme von Medikamenten zum Schlafen ab.

**Abend-** und **Morgenprotokoll** sind vertikal in sieben Spalten unterteilt, wobei jede Spalte für einen Wochentag steht. Das *Schlafstagebuch der deutschen Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin* ist eine vielfach verwendete Methode, um den Schlaf- Wach- Rhythmus zu untersuchen und subjektiv eingeschätzte Schlafvariablen zur Schlafqualität zu erhalten (Dalinenko et al. 2003, Knoblauch 2005, Lockley et al. 1999). Es ermöglicht aufgrund seiner einfachen Handhabung die Untersuchung des Schlaf- Wach- Rhythmus und der subjektiven Schlafqualität der Probanden über einen längeren Zeitraum unter natürlichen Bedingungen in gewohnter Umgebung zuhause.

Schlafstagebuch (DGSM)		vom: / 2013	bis zum / 2013	Probandin-Nr.: SA-			
<b>Abendprotokoll</b> (vor dem Lichtlöschen)		<b>BEISPIEL</b>	<b>WOCHENTAG</b>				
		<i>Montag</i>					
1.	<b>Wie fühlen Sie sich jetzt?</b> 1 = angespannt      4 = eher entspannt 2 = ziemlich angespannt      5 = ziemlich entspannt 3 = eher angespannt      6 = entspannt	4					
2.	<b>Wie war heute Ihre durchschnittliche Leistungsfähigkeit?</b> 1 = gut      4 = eher schlecht 2 = ziemlich gut      5 = ziemlich schlecht 3 = eher gut      6 = schlecht	3					
3.	<b>Haben Sie sich heute erschöpft gefühlt?</b> 0 = nein      1 = ein wenig      2 = ziemlich      3 = sehr	1					
4.	<b>Haben Sie heute tagsüber geschlafen?</b> Wie lange?      Wann?	20 Min. 14:30-14:50					
5.	<b>Haben Sie in den letzten 4 Std Alkohol zu sich genommen?</b> Falls ja, Was und Wieviel?	Wein 0,2 l					
6.	<b>Wann sind Sie zu Bett gegangen?</b> <sup>M</sup> Uhrzeit	22:30					
7.	<b>Wann haben Sie das Licht ausgeschaltet?</b> <sup>M</sup> Uhrzeit	22:40					
<b>Morgenprotokoll</b> (nach dem Aufstehen)		<b>BEISPIEL</b>	<b>WOCHENTAG</b>				
		<i>Dienstag</i>					
8.	<b>Wie erholsam war Ihr Schlaf?</b> 1 = sehr      3 = mittelmäßig 2 = ziemlich      4 = kaum      5 = gar nicht	3					
9.	<b>Wie fühlen Sie sich jetzt?</b> 1 = bedrückt      4 = eher unbeschwert 2 = ziemlich bedrückt      5 = ziemlich unbeschwert 3 = eher bedrückt      6 = unbeschwert	4					
10.	<b>Wie lange hat es nach dem Lichtlöschen gedauert, bis Sie einschliefen?</b> Minuten	40 Min.					
11.	<b>Waren Sie nachts wach?</b> Wie oft?      Wie lange insgesamt? (Minuten)	1x, 30 Min					
12.	<b>Wann sind Sie endgültig aufgewacht?</b> Uhrzeit	06:30					
13.	<b>Wie lange haben Sie insgesamt geschlafen?</b> Stunden, Min.	6 Std, 50Min					
14.	<b>Wann haben Sie das Licht angeschaltet?</b> <sup>M</sup> Uhrzeit	07:00					
15.	<b>Wann sind Sie endgültig aufgestanden?</b> <sup>M</sup> Uhrzeit	07:15					
16.	<b>Haben Sie seit gestern Abend Medikamente zum Schlafen eingenommen?</b> Präparat, Dosis, Uhrzeit	Ximovan, 1 Tabl., 21:00					

Abbildung 25: Schlafstagebuch der Deutschen Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin

### **3.5 Erfassung des Tagesablaufs mittels Tagesprotokoll**

Zur Dokumentation der sportlichen Aktivität, des Aufenthalts im Freien, der Nahrungsaufnahme sowie der Einnahme von Medikamenten wurden die Probandinnen dazu angehalten, über die Studienwoche täglich ein *Tagesprotokoll* zu führen (s. Anhang A 4). Zunächst sollten dort die An- und Ablegezeiten der Actiwatch, der Temperaturchips sowie des Variografen festgehalten werden, um Daten gegebenenfalls vor ihrer Verarbeitung aus dem Datensatz löschen zu können. Als zweites wurden die Uhrzeiten der Nahrungsaufnahme hinsichtlich Frühstück, Mittagessen und Abendessen dokumentiert, da diese durch eine Anhebung der Stoffwechselrate einen Einfluss auf den Verlauf der Haut- und Körpertemperatur sowie dem der Herzfrequenz haben kann (Berggren 1950).

Des Weiteren sollte der Aufenthalt im Freien festgehalten werden, da Tageslicht die circadiane Rhythmik des Schlafes über die Regulierung des Nachthormons Melatonin beeinflussen kann (Zeitzer et al. 2000). Zudem wurde nach tageszeitlichen Nickerchen gefragt; Beginn und Ende sollten festgehalten werden. Auch die sportliche Aktivität war von Bedeutung, da sie sich auf den Verlauf der Haut- und Körpertemperatur, der Herzfrequenz sowie den Schlaf auswirken kann (Shawn et al. 2005, Waterhouse et al. 1999). Die vorletzte Frage des Tagesprotokolls bezog sich auf die Uhrzeit der Einnahme von Medikamenten wie Schmerzmittel, Blutdrucksenker oder Blutverdünner, da diese u.a. den Blutdruck und damit auch Herzfrequenz und Hauttemperatur beeinflussen können (Forth et al. 2004).

Zuletzt sollte dokumentiert werden, wann die Probandin zum ersten Mal schläfrig wurde. Es gibt Hinweise darauf, dass der Verlauf der Schläfrigkeit und der Hauttemperatur miteinander korrelieren (Kräuchi et al. 2004, Raymann et al. 2007). Unter dem Zusatzpunkt „besondere Vorkommnisse“ sollte vermerkt werden, wenn beispielsweise der nächtliche Schlaf der Probandin durch Geräusche oder sonstige Ereignisse gestört worden war. Vergleichbar mit dem Schlaftagebuch ist das Tagesprotokoll ebenfalls in acht Spalten unterteilt, so dass in jede Spalte ein Wochentag eingetragen werden kann. Das *Tagesprotokoll* wurde speziell für diese Studie konzipiert und ermöglicht die Erfassung von exogenen Faktoren, die einen Einfluss auf die endogene circadiane Rhythmik haben können.

### **3.6 Messung der körperlichen Aktivität mittels Aktigraphie**

Zur Überprüfung des Aktivitätsmusters wurde von den Probandinnen über eine Woche einen Aktigraphen (*Actiwatch 2, Phillips Respironics, USA*) getragen. Hierbei handelt es sich um ein mit einer Armbanduhr vergleichbares Gerät, welches einen dreidimensionalen Beschleunigungssensor und einen Lichtsensor enthält (Abbildung 26). Ersterer erfasst die Körperaktivität des Probanden, letzterer die Lichtintensität, welcher der Proband ausgesetzt ist. Des Weiteren befindet sich am linken Rand des Geräts eine Markierungstaste, welche zur Markierung definierter Zeitpunkte wie zum Beispiel dem Bettgeh- oder Aufwachzeitpunkt dient.



Abbildung 26: Actiwatch 2 (URL [7])

Mittels der *Actiwatch* können verschiedene Merkmale hinsichtlich des Ruhe-Aktivitäts-Rhythmus erfasst und anschließend mit der Software *Actiware* analysiert werden. Die im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Variablen sowie deren Definition sind in Tabelle 6 dagesellt.

Tabelle 6: Mittels Actiwatch erfasste Variablen des Ruhe-Aktivitäts-Rhythmus und ihre Definition

<b>Variablen des Ruhe-Aktivitäts-Rhythmus</b>	<b>Definition</b>
Zubettgehzeit (hh:mm)	Zeitpunkt des Zubettgehens
Aufstehzeit (hh:mm)	Zeitpunkt des Aufstehens
Zeit im Bett (min)	Zeitraum zwischen Zeitpunkt des Zubettgehens und Zeitpunkt des Aufstehens
Einschlafdauer (min)	Dauer bis zum Erreichen des Einschlafzeitpunkts
Effektive Schlafdauer (min)	Zeit, die effektiv geschlafen wurde (Zeit im Bett-(Einschlafdauer+Wach))
Wachzeit nach dem Einschlafen (min)	Nächtliche Wachzeit nach dem Einschlafen
Anzahl nächtlicher Wachphasen	Anzahl nächtlicher Wachphasen
<i>Ruheintervall</i> Gesamtaktivitätswert	Gesamtaktivitätswert während der als <i>Ruheintervall</i> definierten Intervalle
<i>Ruheintervall</i> mittlerer Aktivitätswert	Mittlerer Aktivitätswert während der als <i>Ruheintervall</i> definierten Intervalle
<i>Aktivitätsintervall</i> Gesamtaktivitätswert	Gesamtaktivitätswert während der als <i>Aktivitätsintervall</i> definierten Intervalle
<i>Aktivitätsintervall</i> mittlerer Aktivitätswert	Mittlerer Aktivitätswert während der als <i>Aktivitätsintervall</i> definierten Intervalle

Vor Beginn der Messung müssen Grundeinstellungen hinsichtlich der Software *Actiware* getätigt werden, mit welcher später die Auswertung des Ruhe-Aktivitätsrhythmus und die Erstellung eines Aktivitätsprofils erfolgt (Abbildung 27). Die dieser Arbeit zugrunde liegenden Grundeinstellungen sind in Tabelle 7 aufgeführt. Zum einen muss die Eochenlänge festgelegt werden, von welcher auch die Aufzeichnungsdauer abhängt. Sie kann zwischen 15 Sekunden und 5 Minuten variieren. Die Epochenlänge gibt den Zeitraum an, für welchen die *Actiwatch* Aktivitätswerte gesammelt und gemittelt werden. Werden 15 Sekunden als Epochenlänge ausgewählt, beträgt die mögliche Aufzeichnungsdauer 7 Tage. Bei einer Einstellung von 30 Sekunden kann 15 Tage gemessen werden und bei 60 Sekunden 30 Tage. Des Weiteren ist eine Einstellung von 2 Minuten und 5 Minuten möglich. Diese beiden Einstellungen werden in der Schlafmedizin jedoch kaum verwendet. Eine Epochenlänge von 60 Sekunden ist die am meisten verwendete Einstellung (Ancoli Israel et al. 2003), da so eine einfachere Gegenüberstellung des Ergebnisses mit dem Ergebnis anderer Geräte wie zum Beispiel dem QUISI<sup>®</sup>-Gerät möglich ist, welche ebenfalls eine Epochenlänge von 60 Sekunden besitzen. Folglich liegt diese Einstellung dieser Arbeit zugrunde (Tabelle 7).

Neben der Epochenlänge muss vor Beginn der Messung auch die Grenze der Bewegungsintensität für die Definition von Schlaf- und Wachintervallen manuell festgelegt werden. Die Einstellung „hoch“ bedeutet, dass mindestens 80 als Einheit definierte Bewegungen pro Aufzeichnungsintervall stattfinden müssen, um die Epoche als „wach“ zu werten. Treten pro Aufzeichnungsepoche weniger als 80 Bewegungseinheiten auf, wird die Epoche als „Schlaf“ gewertet. Wird die Einstellung „mittel“ gewählt, reichen 40 Bewegungseinheiten für die Epochendefinition „wach“ aus und der Einstellung „niedrig“ liegen 20 Bewegungseinheiten zugrunde. Des Weiteren ist die Einstellung „automatisch“ möglich; hierbei orientiert sich der Grenzwert automatisch an dem vorgegebenen Datensatz. Dieser Arbeit liegt der niedrige Grenzwert zugrunde, was bedeutet, dass schon eine relativ geringe Bewegungsintensität zur Epochendefinition „Wach“ führt (Abb. 24). Diese Auswahl basiert auf Literaturbefunden, welche darauf hinweisen, dass so die höchste Genauigkeit und Spezifität d.h. die richtige Zuordnung von Schlaf- und Wachintervallen erreicht werden kann. Dies wurde mittels einer Polysomnographie überprüft (Lichstein 2006, Kushida 2001).

Ab wann ein Intervall als „Schlaf“ oder „Wach“ interpretiert wird, hängt auch von der manuellen Einstellung der Analysemerkmale ab. Hier kann die Anzahl der inaktiven Minuten angegeben werden, welche den Schlafbeginn und das Schlafende einleiten. Nach eingehender Literaturrecherche wurden dieser Arbeit fünf inaktive Minuten zur Definition des Schlafbeginns und des Schlafendes zugrunde gelegt (Chae 2009, Dietz 2012) (Abb. 24).



Tabelle 7: Gewählte Grundeinstellungen für die Actiwatch

Definition der Grundeinstellungen	Gewählte Grundeinstellungen
Epochenlänge= Zeitraum, in dem von der Actiwatch Aktivitätswerte gesammelt, bevor sie gespeichert werden	1 Minute
Grenzwert der Bewegungsintensität für die Definition von Schlaf- und Wachintervallen	Niedrig=20 Bewegungseinheiten
Inaktive Minuten bis Schlafbeginn	5 Minuten
Inaktive Minuten bis Schlafende	5 Minuten

Zur Aktivierung sowie zur Auslesung der Daten wird die Actiwatch an eine mit einem PC verbundene Dockingstation angeschlossen. Während der Aktivierung werden Beginn und Ende der geplanten Aufzeichnung eingestellt sowie das Aufzeichnungsintervall festgelegt. Das Auslesen der aufgezeichneten Daten erfolgt mittels der Software *Phillips Actiware 6.0.1*. Zunächst wird das Aktivitätsmuster in einem Diagramm dargestellt, einem sogenannten Aktogramm (Abbildung 27).

Die einzelnen Tage sind dabei horizontal übereinander angeordnet, eine Zeitleiste zur Orientierung ist oberhalb und unterhalb des Diagramms zu sehen. Die kleinen schwarzen vertikalen Balken stellen die Aktivitätsintensität pro Aufzeichnungsintervall- in unserem Fall pro Minute- dar, die sich darüber befindende gelbe Linie die pro Aufzeichnungsintervall (pro Minute) gemessene Lichtintensität. Die unterhalb der vertikalen schwarzen Balken horizontal entlanglaufende rote Linie zeigt an, ob ein Aufzeichnungsintervall als Schlaf- oder Wachintervall bewertet wird. An jenen Stellen, an welchen sie von weißen Bereichen unterbrochen wird, liegen Schlafintervalle vor; rote Bereiche stellen Wachintervalle dar (Abbildung 27). Die türkis markierten Abschnitte stellen *Ruheintervalle* dar (Abbildung 27). Die dunkelblau markierten Bereiche stellen *ausgeschlossene Intervalle* dar. Diese bezeichnen beispielsweise Zeiträume, in denen die Actiwatch abgelegt wurde. Des Weiteren gibt es Zeiträume, die oberhalb mit einer dünnen blauen Linie versehen sind. Hierbei handelt es sich um *benutzerdefinierte Intervalle*, um beispielsweise Zeiträume mit erhöhter sportlicher Aktivität zu kennzeichnen (Abbildung 27).

Neben dem beschriebenen Aktogramm erstellt die Software noch einen so genannten *Klinikbericht* (s. Anhang A 5). Dieser enthält zum einen eine Übersichtsstatistik über die Zubettgehzeit, Aufstehzeit, Zeit im Bett in Stunden, Gesamtschlafzeit, Einschlafdauer, Schlaffeffizienz in Prozent, Nächtliche Wachzeiten in Minuten (WASO= waketime after sleep onset) und die Anzahl der Wachphasen. Hierbei werden Minimum, Maximum und Durchschnitt über den gesamten

### III. Probanden und Methoden

Messzeitraum berechnet. In einer zweiten Tabelle befinden sich die Mittelwerte für die genannten Variablen unterteilt in einzelne Tage.

Des Weiteren erstellt die Software eine Statistiktabelle (Anhang A 6). Diese ist nach Intervallen wie zum Beispiel *Ruhe*, *Aktiv* oder *Schlaf* unterteilt. Für die jeweiligen Intervalle werden u.a. Variablen wie Start- und Endzeit, die durchschnittliche Aktivität, die Aktivität insgesamt, die Wachzeit in Minuten und Prozent, die Schlafzeit in Minuten und Prozent sowie die durchschnittliche Beleuchtung berechnet. Die *Actiwatch* sollte von den Probandinnen zum Duschen oder Schwimmen abgelegt werden, da vom Hersteller keine Wasserdichte garantiert werden kann. Die *Actiwatch* stellt neben anderen *Aktigraphen* eine zuverlässige Methode zur Erfassung des Aktivitätsmusters dar, auf dessen Grundlage Rückschlüsse auf den Schlaf- Wach-Rhythmus von Patienten und Probanden geschlossen werden kann (Ancoli-Israel 2003, Cole et al. 1992). Die geringe Größe sowie die leichte Bedienbarkeit ermöglichen die Untersuchung des Schlaf-Wach-Rhythmus sowie der Schlafqualität von Probanden über einen längeren Zeitraum unter natürlichen Bedingungen in gewohnter Umgebung zuhause.

### III. Probanden und Methoden



Abbildung 27: Exemplarisches Aktivitätsprofil einer Probandin

### 3.7. Messung der Hauttemperatur mittels Temperaturchips

Zur Bestimmung der circadianen Rhythmik der Hauttemperatur trugen die Probandinnen über eine Woche Temperaturchips des Modells DS1921H (Firma: Maxim Integrated, USA) an der Haut. Diese sogenannten *Thermochron iButtons* haben einen Durchmesser von 16 mm, sind 6 mm dick und wiegen 5 g (Abbildung 28). Sie bestehen aus einem Stahlgehäuse, in dessen Innerem sich ein Silikonchip befindet. Dieser Chip kann bis zu 2048 Temperaturmessmittelwerte speichern, die maximale Aufzeichnungszeit beträgt ein Jahr. Der Abstand der Messungen kann je nach Einstellung von einer Minute bis 255 Minuten variieren. *iButtons* können Temperaturmittelwerte im Bereich von 15 bis 46 °C aufzeichnen und messen bis auf +/- 1°C genau (Hasselberg 2011). Sie wurden mittels medizinischen Klebeband (Leukosilk, BSN Medical GmbH, Deutschland) an vier Körperstellen befestigt und sollten nur zum Duschen oder Schwimmen abgelegt werden (Abbildung 29). Um eine bessere Haftung zu garantieren, wurden die Probandinnen angehalten, die mit *iButtons* beklebten Hautstellen während der Studienwoche nicht einzucremen.

Einer der vier *iButtons* wurde an der Innenseite des Handgelenks befestigt, so dass er auf der *Vena radialis* auflag. Die Platzierung über dem Blutgefäß wurde bewusst ausgewählt, um die Wärmeabgabe am Handgelenk zuverlässig erfassen (Abbildung 29 A). Die Probandinnen wurden dazu angehalten, während der gesamten Versuchswoche ein Schweißband über dem iButton am Handgelenk zu tragen, um eine Verfälschung der Hauttemperatur durch äußere Temperatureinflüsse zu minimieren. Ein weiterer iButton wurde an der Innenseite des Fußgelenks unterhalb des Knöchels auf dem Fersenbein befestigt (Abbildung 29 B). Die an Hand und Fuß befestigten Temperaturchips dienten der Erfassung der distalen Hauttemperatur. Auch die proximale Hauttemperatur wurde erfasst. Hierzu wurde ein iButton auf der Oberseite des Oberschenkels befestigt, so dass er mittig auf dem Oberschenkelmuskel, dem *rectus femoris*, auflag (Abbildung 29 C). Der vierte iButton wurde mittig auf dem Wadenmuskel platziert (Abbildung 29D). Die Auswahl der vier genannten Körperstellen zur Platzierung der iButtons beruht auf der Grundlage einer Veröffentlichung von Kurt Kräuchi und Kollegen (1994).



Abbildung 28: Thermochron iButtons (URL [8])

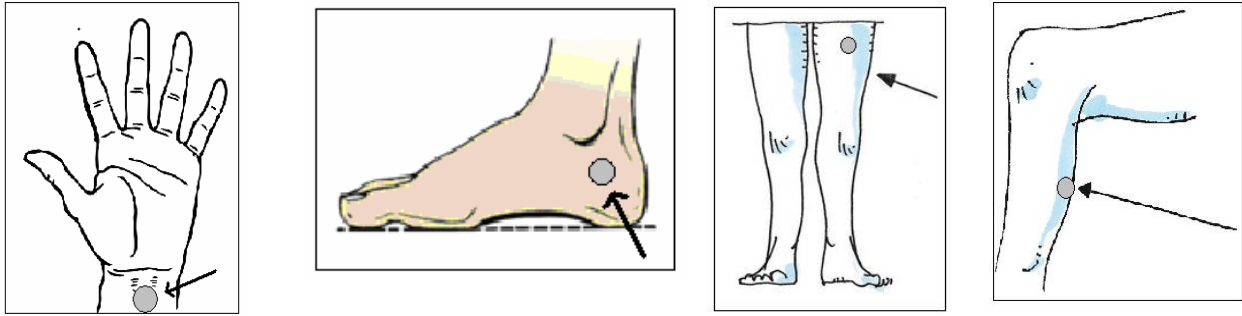


Abbildung 29: Platzierung der iButtons an A) Hand, B) Fuß, C) Oberschenkel und D) Wade (Quelle: Autorin)

Um das Ankleben der iButtons nach dem Ablegen an die jeweils passende Körperstelle zu garantieren, wurden die iButtons vor ihrem Anlegen mit Hilfe eines wasserfesten Stifts so markiert, dass der aufgemalte Buchstabe dem Körperteil entsprach. Vor Beginn der Messung wurde mittels der Software *OneWire* ein Messintervall von zehn Minuten eingestellt, so dass in einem Abstand von zehn Minuten Hauttemperatur-Mittelwerte gemessen und gespeichert wurden. Nach Beendigung der Messung wurden die aufgezeichneten Daten mit Hilfe der genannten Software ausgelesen und in einer Textdatei abgespeichert. Diese Textdatei wurde anschließend in ein Format umgeändert, das ein Einlesen der Textdatei in das Programm *Chronos Fit* erlaubte. Hier erfolgte die Berechnung definierter Rhythmusvariablen, welche wiederum in einen Datenbogen eingetragen wurden (Anhang A 7). Die im Rahmen dieser Arbeit aufgrund der Vielfalt getroffene Auswahl an untersuchten Rhythmusvariablen sowie deren Bedeutung ist in Tabelle 8 aufgeführt:

Tabelle 8: Untersuchte Rhythmusvariablen hinsichtlich der an Hand, Fuß, Oberschenkel und Wade gemessenen Hauttemperatur

Rhythmusvariablen	Bedeutung
% Rhythmus	Anteil der Variation, die durch die Cosinorfunktion erklärt werden kann
Mesor (°C)	Mittelwert der Cosinorfunktion
Amplitude (°C)	Hälfte der Schwingungsbreite der Cosinorfunktion
Periode 24 Std.	Dauer eines vollen Zykluses der Cosinorfunktion
Akrophase (min)	Zeitliche Lage des Maximums der Cosinorfunktion bezogen auf den Referenzzeitpunkt „Mitternacht“
Nachtpeak 1 (min)	Zeitliche Lage des ersten nächtlichen Maximums
Nachtpeak 2 (min)	Zeitliche Lage des zweiten nächtlichen Maximums

Die ersten drei aufgeführten Rhythmusvariablen stellen zentrale Kennzeichen der circadianen Rhythmik dar. Nachtpeak 1 und 2 wurden im Gegensatz zu % Rhythmus, Mesor und Amplitude nicht mit dem Programm *Chronos Fit* berechnet. Sie wurden mit Hilfe von Führungslinien im Programm *Microsoft Powerpoint* manuell erfasst. Das höchste Maximum während der Nacht wurde dabei als Nachtpeak 1, das zweithöchste als Nachtpeak 2 bezeichnet.

Der während des Abendprofils in 10 Minutenintervallen aufgezeichnete Verlauf der distalen und proximalen Hauttemperatur wurde zu stündlichen Mittelwerten zusammengefasst und mittels *Microsoft Excel* graphisch verarbeitet. iButtons finden vielfach Anwendung zur Untersuchung der circadianen Rhythmik der Hauttemperatur (Kräuchi et al. 2007). Sie bieten den Vorteil, dass sie klein, unauffällig, von den Probanden leicht zu handhaben sind und sich daher für den Einsatz unter natürlichen Bedingungen eignen. Zudem haben sie eine lange Aufzeichnungsdauer und liefern relativ genaue sowie reliable Ergebnisse (Hasselberg et al. 2013).

#### **3.8 Messung der oralen Körperkerntemperatur mittels Thermometer**

Die Messung der oralen Körperkerntemperatur erfolgte mittels des digitalen Thermometers „*Thermoval rapid*“ der Firma *Hartmann* (Deutschland)(Abbildung 30). Die Probandinnen wurden dazu angehalten, sieben Tage lang täglich abends direkt vor dem Schlafengehen und morgens direkt nach dem Aufwachen ihre Körperkerntemperatur im Mund zu bestimmen. Um eine Verfälschung der Mundtemperatur zu vermeiden, sollten die Probandinnen ab 15 Minuten vor der Messung den Mund geschlossen halten sowie keine feste oder flüssige Nahrung zu sich nehmen. Des Weiteren sollte Zähneputzen ab 15 Minuten vor der Messung vermieden werden. Die Messung selbst sollte mit einem 20-30 Sekunden andauernden Anwärmen der Thermometerspitze unter der rechten Zungenseite beginnen, um ein Anpassen des Thermometermessfühlers an die Körpertemperatur zu ermöglichen und damit Messungenauigkeiten zu vermeiden. Anschließend sollte die Messung durch Drücken des Startknopfes eingeleitet werden und so lange durchgeführt werden, bis das Piepsen des Thermometers das Ende der Messung bekannt gab. Die Messung der oralen Körperkerntemperatur sollte immer unter der rechten Zungenseite erfolgen, da möglicherweise Unterschiede hinsichtlich der Durchblutung und damit der Wärmeabgabe zwischen der rechten und linken Zungenseite bestehen.

Es wurden zwei Messungen direkt hintereinander durchgeführt und der Mittelwert gebildet. Die Probandinnen erhielten zu Beginn eine Tabelle unterteilt in Messtage und Tageszeiten, in welche sie ihre über die Studienwoche oral gemessenen Körperkerntemperaturwerte sowie den Messzeitpunkt eintragen sollten (Anhang A 8). Im Abendprofil erfolgte eine stündliche Messung der Körperkerntemperatur, welche in einen von der Abteilung Humanbiologie angefertigten Datenbogen

eingetragen werden sollte (Anhang A 9) und deren Verlauf anschließend mittels Microsoft Excel graphisch verarbeitet wurde. Die Messung der oralen Körperkerntemperatur stellt eine zuverlässige Alternative zur rektalen Messung der Körperkerntemperatur dar, welche die genauesten Messwerte liefert (Bligh und Johnsen 1973). Der Vorteil gegenüber der rektalen Messung liegt in dem hygienischeren Messverfahren sowie der unkomplizierteren Durchführbarkeit der Messung durch die Probandinnen.



Abbildung 30: Verwendetes Thermometer

#### **3.9 Messung der Herzfrequenz mittels eines EKG-Messgeräts**

Die Herzfrequenz wurde mittels des *Variograf*- Rekorders der Firma *Becker Meditec* (Karlsruhe) gemessen. Die Auswahl eines geeigneten Geräts gestaltete sich insofern schwierig und zeitaufwendig, als dass der Zugriff auf die Rohdaten der EKG-Messung zur Herausfilterung der Herzfrequenzdaten nur bei sehr wenigen der getesteten Geräte möglich war. Des Weiteren stellte die genaue, störungsfreie und zuverlässige Messung der Herzfrequenz unter natürlichen Bedingungen, insbesondere während des Schlafes, eine Herausforderung dar. Diesem Anspruch wurde ein Großteil der getesteten Geräte aufgrund beispielsweise schlecht sitzender oder störender Brustgurte nicht gerecht. Nach Prüfen dieser Kriterien wurde im Rahmen dieser Arbeit das *Variograf*-Gerät verwendet, da dies zum einen die Generierung eines Kanals mit Herzfrequenzdaten ermöglichte. Zum anderen war es leicht zu bedienen, klein (Abbildung 32) und stellte aufgrund der Brustgurtfreien Messung nur einen geringen Störfaktor während des Schlafs dar. Die Messung erfolgte zum einen über 48 Stunden während der Studienwoche, zum anderen wurde die Herzfrequenz während des Abendprofils von 17 bis 23 Uhr aufgezeichnet. Das Gerät ermöglicht u.a. die Aufzeichnung eines einkanaligen Elektrokardiogramms über drei im Brustbereich angebrachte Elektroden (Abbildung 31). Es arbeitet dabei mit einer Abtastfrequenz von 512 Hz.



Abbildung 32: Variograf im Größenvergleich

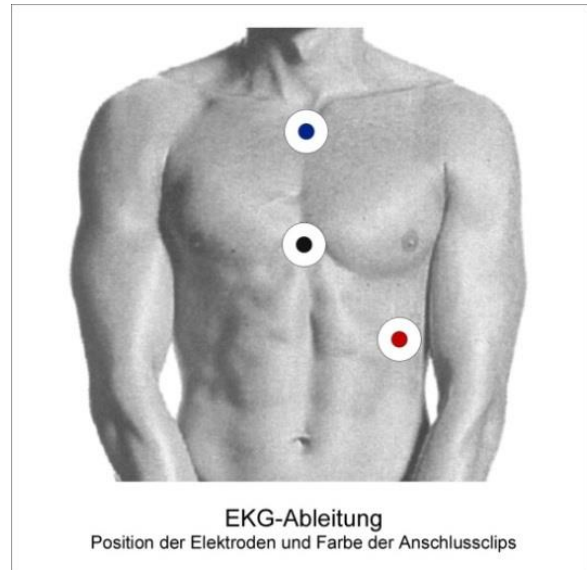


Abbildung 31: Positionierung der Elektroden

Vor Messbeginn wurde der volle Ladezustand des Akkus durch das dauerhafte Leuchten der grünen Lampe angezeigt. Der Akku kann mittels eines Kabels und einen Adapters über die Steckdose oder nur mittels eines Kabels über den Computer aufgeladen werden. Der Beginn der Messung wurde vom Untersucher mittels eines automatischen Terminstarts festgelegt, so dass die Probandinnen das Gerät nur anlegen und nicht selber starten mussten. Hierzu wurde der Variograf- Rekorder vor der Messung über ein sogenanntes *Interface* mit dem PC verbunden und mittels der Variograf- Software aktiviert. Direkt vor Messbeginn wurden zunächst drei Elektroden gemäß der oben stehenden Abbildung 31 im Brustbereich angebracht und mit den farblich korrekten Anschlussclips versehen, welche über ein Kabel mit dem Variograf- Rekorder verbunden waren. Der Variograf- Rekorder sollte tagsüber in einer am Gürtel befestigten Tasche getragen werden und sich nachts in einer Bauchtasche befinden, welche um die Hüfte gelegt wurde. Wahlweise konnte das Gerät auch tagsüber unter der Kleidung in der Bauchtasche um die Hüfte getragen werden. Das Gerät sollte durchgehend getragen werden und nur zum Duschen oder schwimmen abgelegt werden.

Nach Abschluss der Messung wurden die gespeicherten EKG- Daten über ein USB- Kabel auf den Computer übertragen und mit Hilfe einer in die *Variograf- Software (Variograf 4.68)* integrierten Umwandlungsfunktion in Herzschläge pro Minute umgewandelt. Die Einstellungen wurden vom Untersucher dahingehend verändert, als dass ein Herzschlag pro Minute ausgegeben wurde. Dieser berechnete sich aus 240 Einzelwerten. In einem zweiten Schritt wurden die Daten von zehn aufeinanderfolgenden Minuten zu einem Mittelwert zusammengefasst, so dass Zehn-Minuten-Intervalle entstanden. Die Umwandlung der Daten in das für die weiterverarbeitende Software passende Format erfolgte auf Grundlage eigener Überlegungen. Das Datenfile wurde das Programm *Chronos- Fit* eingelesen, um die circadiane Rhythmik der Herzfrequenz zu analysieren. Die mittels Chronos-Fit berechneten Rhythmusvariablen wurden in einen Datenbogen eingetragen (Anhang A



10). Die im Abendprofil gemessenen Herzfrequenzdaten wurden ebenfalls zu Zehn- Minuten- Intervallen zusammengefasst und mittels *Microsoft Excel* graphisch verarbeitet. Hinsichtlich der circadianen Rhythmik der Herzfrequenz fand im Rahmen dieser Arbeit eine Fokussierung auf die in Tabelle 9 aufgeführten Rhythmusvariablen statt. Sie wurden für eine Periode von 24 Stunden berechnet.

Tabelle 9: Untersuchte Rhythmusvariablen hinsichtlich der über 2x 24 Stunden gemessenen Herzfrequenz

Rhythmusvariablen	Bedeutung
% Rhythmus	Anteil der Variation, die durch die Cosinorfunktion erklärt werden kann
Mesor (S/min)	Mittelwert der Cosinorfunktion
Amplitude (S/min)	Hälfte der Schwingungsbreite der Cosinorfunktion
Akrophase (min)	Zeitliche Lage des Maximums der Cosinorfunktion bezogen auf den Referenzzeitpunkt „Mitternacht“
Uhrzeit des Minimums (min)	Zeitliche Lage des Minimums
Uhrzeit des Maximums (min)	Zeitliche Lage des Maximums

S/min= Schläge pro Minute

### 3.10 Messung der objektiven Schläfrigkeit mittels pupillographischem Schläfrigkeitstest

Zur Messung der Schläfrigkeit wurde der pupillographische Schläfrigkeitstest (Modell PSTeco, Firma AMTech Pupilknowlogy, Dossenheim) eingesetzt. Hierbei handelt es sich um ein optisches Gerät zur Bestimmung des Grads der zentralnervösen Aktivierung einer Person.

Dies geschieht auf Grundlage von Oszillationsbewegungen der Pupille, welche sowohl von Lichtreizen als auch vom vegetativen Nervensystem abhängen. Eine sympathische Innervation des *Musculus dilatator pupillae*, welcher eine Weitstellung der Pupille bewirkt, führt zu einem erhöhten Aktivierungsniveau. Die Pupillenweite bleibt relativ konstant. Der Parasympathikus hingegen bewirkt das Gegenteil. Er verlangsamt die sympathische Nervenversorgung, bewirkt eine Verengung der Pupille durch Aktivierung des *Musculus sphincter pupillae* und führt zu einer Abnahme des zentralnervösen Aktivierungsniveaus (Keller 2004). Die Pupillenweite schwankt. Zudem wird der Parasympathikus im Gegensatz zum Sympathikus durch Lichtreflexe aktiviert, was ebenfalls zu einer Abnahme der Pupillenweite führt. Die Pupillenweite wird folglich durch den Tonus der beiden

genannten Muskeln bestimmt. Sie nimmt zu, wenn der *Musculus dilator pupillae* stimuliert oder der *Musculus sphincter pupillae* inhibiert wird. Eine Abnahme erfolgt folglich bei einer Stimulation des *Musculus sphincter pupillae* oder eine Inhibition des *Musculus dilator pupillae*.

Der pupillographische Schläfrigkeitstest erfasst mit Hilfe einer Infrarotkamera die Veränderungen des Pupillendurchmessers über einen Zeitraum von 11 Minuten unter konstanten Lichtbedingungen, bevorzugt Dunkelheit, um eine Beeinflussung durch Licht zu minimieren. Auf Grundlage der Schwankungsintensität der Pupillengröße trifft er eine Aussage über die aktuelle Schläfrigkeit einer Person. Hohe Schwankungen deuten auf eine hohe Schläfrigkeit hin; man spricht hier von sogenannten Schläfrigkeitwellen (Loewenstein et al. 1963). Eine relativ konstante Pupille spricht für eine geringe Schläfrigkeit (Wilhelm, 2008, Loewenfeldt et al. 1999). Das verwendete Infrarotsystem macht sich die Eigenschaft zu Nutze, dass die Iris das einfallende Infrarotlicht fast vollständig reflektiert und dadurch dunkler erscheint als die Pupille (Weil 2007). Des Weiteren ist es von Bedeutung, dass der Proband vor Beginn der Messung eine 10-minütige Ruhephase einhält, um eine Beeinflussung des zentralnervösen Aktivierungsniveaus beispielsweise durch körperliche Aktivität zu vermeiden (Wilhelm et al. 2008). Der Proband adaptiert zunächst fünf Minuten in einen abgedunkelten Raum an die Dunkelheit.



Abbildung 33: Pupillographischer Schläfrigkeitstest PSTeco (Handbuch AMTech Pupilknowlogy GmbH 2012)

Der Ablauf der Messung wird im Folgenden beschrieben. Der zu untersuchende Proband wird in den abgedunkelten Messraum gebracht und aufgefordert, in einem Abstand von ca. 80 cm gegenüber der Infrarotkamera Platz zu nehmen (Abbildung 33). Der Kopf des Probanden wird durch eine Kopfstütze fixiert, um Messungenauigkeiten aufgrund Kopfbewegungen während der Messung zu vermeiden. Die Höhe der Kopfstütze sollte so eingestellt sein, dass sich das zu messende Auge des Probanden - im Rahmen der vorliegenden Arbeit erfolgte die Messung am rechten Auge - 2-3 cm unterhalb der Mitte der Infrarotkamera befindet. Dort befindet sich eine LED Leuchte, welcher der Proband während der Messung fokussieren soll. Diese Position hat den Vorteil, dass sich das Augenlid während der Messung weiter öffnet und folglich nicht die Pupille verdeckt. Um eine Einflussnahme des vom Computer ausgestrahlten Lichts zu vermeiden, trägt der Proband während der Messung

eine lichtdichte, aber für Infrarotlicht transparente Brille. Nach Abschluss der korrekten Positionierung des Probanden vor der Infrarotkamera wird die Software *Win PST* geöffnet. Das mittels der Infrarotkamera erfasste Bild des Auges wird eingelesen und darin die Pupille detektiert. Es wird die Position der Pupille erkannt sowie deren Durchmesser berechnet. Die Scharfstellung des Bildes erfolgt über die Veränderung des Abstands zwischen Proband und Kamera. Der Proband wird direkt vor Beginn der Messung instruiert, während der Messung in Richtung der roten LED Diode zu sehen, nicht zu sprechen, sich möglichst wenig zu bewegen und entspannt nach vorne zu blicken. Somit sollen Schläfrigkeit beeinflussende Faktoren möglichst ausgeschaltet werden. Es darf keine Instruktion hinsichtlich Wachbleiben bzw. Einschlafen erfolgen, da dies ebenfalls die Schläfrigkeit beeinflussen könnte. Zur Vermeidung des Beschlagens der Infrarotbrille während der Messung kann direkt vor der Messung ein Antibeschlagmittel auf die Innenseite der Brillengläser aufgetragen werden.

Die Messung selbst dauert 11 Minuten, wobei acht Messsegmente à 82 Sekunden durchlaufen werden. Für jedes Messsegment sowie für die gesamte Messung werden die in Tabelle 10 aufgeführten Variablen berechnet.

*Tabelle 10: Variablen des pupillographischen Schläfrigkeitstests sowie deren Bedeutung*

<b>Variablen des pupillographischen Schläfrigkeitstests</b>	<b>Bedeutung</b>
Pupillendurchmesser (mm)	Veränderung des Pupillendurchmessers während der Messung
absoluter Pupillenunruheindex PUI (mm/min)	Maß für die Schwankungsbreite des absoluten Pupillendurchmessers und folglich Maß für die Schläfrigkeit
relativer Pupillenunruheindex rPUI (1/min)	Maß für die Schwankungsbreite des Pupillendurchmessers unter Einbeziehung des anfänglichen Pupillendurchmessers und folglich Maß für die Schläfrigkeit
Anzahl der Lidschläge (Anz.)	Anzahl der Lidschläge pro Minute
absoluter Monotonie-Resistenz- Status MRS (%)	Höhe der Monotonieresistenz basierend auf dem PUI und folglich Maß für die Resistenz gegenüber monotonen Messbedingungen
relativer Monotonie-Resistenz- Status rMRS (%)	Höhe der Monotonieresistenz basierend auf rPUI und folglich Maß für die Resistenz gegenüber monotonen Messbedingungen

Zum einen wird der Pupillendurchmesser erfasst. Neben dem Mittelwert für jedes Messsegment sowie für die gesamte Messung ist auch der Wert für jede Sekunde abrufbar. Des Weiteren wird der sogenannte Pupillenunruheindex (PUI) berechnet. Er umfasst die Summe der absoluten Änderungen des Pupillendurchmessers dividiert durch die Zeit und stellt somit ein Maß für die Schwankungsbreite des Pupillendurchmessers über die Zeit dar (Wilhelm et al. 2008). Folglich hat er die Messeinheit *mm pro min*. Niedrige Schwankungen und damit ein geringer PUI-Wert deuten auf ein hohes zentrales Aktivierungsniveau und damit auf eine geringe Schläfrigkeit hin; hohe Schwankungen und damit ein hoher PUI-Wert zeigen ein geringes zentrales Aktivierungsniveau und damit eine hohe Schläfrigkeit an. Der niedrigste PUI-Wert beträgt 0 mm/min und deutet auf eine absolut konstante Pupille hin. Folglich liegt keine Schläfrigkeit vor und das zentralnervöse Aktivierungsniveau ist extrem hoch. Nimmt der PUI Mittelwerte zwischen 0 bis 6,6 mm/min an, werden die betroffenen Messbereiche grün markiert und gelten als unauffällig (Abbildung 34). Die Schläfrigkeit ist nicht bis gering vorhanden. PUI- Mittelwerte zwischen 6,7 und 9,7 mm/min erhalten eine Gelbfärbung, was auf einen grenzwertigen oder kontrollbedürftigen Befund hindeutet. Hier spricht man von einer mittelstark ausgeprägten Schläfrigkeit. Ab einem PUI von 9,8 mm/min gilt der Befund als pathologisch und wird rot eingefärbt; es liegt eine hohe Schläfrigkeit vor. Der PUI kann wie der Pupillendurchmesser für jede Sekunde abgerufen werden. Des Weiteren wird ein Mittelwert für jedes Messsegment sowie für die gesamte Messung berechnet. Die berechneten Mittelwerte werden in der untersten Zeile des Auswertungsbogens graphisch dargestellt.

Neben dem absoluten PUI wird auch der relative Pupillenunruheindex bestimmt. Der sogenannte rPUI bezieht den Anfangsdurchmesser der Pupille mit ein, so dass sich eine Messeinheit von *1/min* ergibt. Dies führt dazu, dass die gleiche Amplitude von Schläfrigkeitwellen einer großen Pupille als weniger schläfrig eingestuft wird als die einer kleinen Pupille. Da sich der Maximaldurchmesser der Pupille mit zunehmendem Alter verkleinert, ist der relative Pupillenunruheindex gerade für diese Zielgruppe aussagekräftig (Handbuch AMTech Pupilknowlogy GmbH 2012). Eine weitere Variablen, der mittels PST berechnet wird, sind die Lidschläge pro Minute. Mit zunehmender Schläfrigkeit steigen Anzahl und Dauer der Lidschläge an. Daher wird neben der Anzahl der Lidschläge auch deren Dauer berechnet und in sechs Längenklassen kategorisiert. Je dunkler das Kuchendiagramm, desto länger sind die Lidschläge (Abbildung 34).



Abbildung 34: Auswertung einer exemplarischen Messung (Benutzerhandbuch PSTeco)

Auch der sogenannte Monotonie-Resistenz-Status, kurz MRS, wird für jedes Messsegment sowie für die gesamte Messung berechnet. Er gibt die Höhe der Monotonieresistenz an und kann Mittelwerte zwischen 0 bis 100 % annehmen. Bei hoher Schläfrigkeit bzw. im Falle eines Einschlafens ist der Wert niedrig (=0), bei geringer Schläfrigkeit ist der Wert hoch und damit die Monotonieresistenz hoch. Der MRS bezieht Einschlafen mit ein, indem der MRS Wert neu angepasst wird, wenn ein Häkchen in eines der sich oberhalb der Zeile des PUI über jedem Messsegment befindlichen Kästchens für „eingeschlafen“ gesetzt wurde. Wie aus der untersten Zeile des Messprotokolls ersichtlich hat der MRS veränderliche Grenzwerte, welche von Messsegment zu Messsegment sinken. Grund hierfür ist, dass sich die Grenzwerte des MRS aus den publizierten Grenzwerten des PUI ableiten und eine Schläfrigkeitszunahme aufgrund der Dunkelheit und des monotonen Betrachtens der LED- Leuchte während der Messung angenommen und mit einbezogen wird. Des Weiteren wird der relative Monotonie-Resistenz-Status (rMRS) berechnet, welcher auf dem relativen PUI basiert. Vergleichbar mit dem PUI/rPUI erfolgt auch beim MRS/rMRS eine Bewertung auf Grundlage einer farblichen Einteilung der Mittelwerte. Nimmt der MRS Mittelwerte zwischen 0 bis 68,8 % an, befindet sich der horizontale Bewertungsbalken im roten Bereich, was auf einen pathologischen Befund in Form einer sehr hohen Schläfrigkeit hindeutet (Abbildung 34). Liegt der MRS Wert zwischen 68,9 bis 81,7 %, liegt ein grenzwertiger Befund vor, welcher gelb markiert wird und auf eine mittlere Schläfrigkeit

hindeutet. Liegt der MRS Wert zwischen 81,7 und 100 %, spricht man von einem unauffälligen Befund und einer geringen Schläfrigkeit.

Des Weiteren werden Datenlücken aufgrund von Lidschlägen, Verdeckung der Pupille durch das Augenlid oder Schließen der Augen für jedes Messsegment sowie für die komplette Messung berechnet. Fehlen insgesamt mehr als 25 % der Daten, wird der Hintergrund des Diagramms zur Angabe der Datenlücken rot gekennzeichnet. Das Messergebnis sollte dann mit Vorsicht betrachtet werden, da die Messung auf einer zu geringen Menge an Daten beruht, was die Aussagekraft einschränkt (Handbuch AMTech Pupilknowlogy GmbH 2012). Kommt es während der Messung aufgrund der Monotonie der Messsituation zum Einschlafen des Probanden, wird empfohlen, ihn durch leise Geräusche zum Aufwecken zu bewegen. Funktioniert dies nicht, soll ein Ansprechen erfolgen (Wilhelm et al. 2008). Dies sollte jedoch vermerkt werden, da das Ansprechen des Probanden eine Manipulation des zentralnervösen Aktivierungsniveaus darstellt, welche sich auf die Messergebnisse auswirken kann. Die in Tabelle 10 aufgeführten Variablen wurden in einen Datenbogen eingetragen (Anhang A 11).

Die Fokussierung auf PUI und rPUI im Rahmen dieser Arbeit ist zum einen darauf zurückzuführen, dass sie laut Hersteller den aussagekräftigsten Variablen zur Beurteilung der Schläfrigkeit darstellen. Hinsichtlich des rPUI ist zudem von Bedeutung, dass er aufgrund der Einbeziehung des anfänglichen Pupillendurchmessers insbesondere für die Gruppe der älteren Probandinnen aussagekräftig ist, da der Pupillendurchmesser altersbedingt abnimmt (Wilhelm et al. 2004). Die Auswahl der Anzahl der Lidschläge ist darauf zurückzuführen, dass auch diese einen Hinweis auf die Schläfrigkeit liefern. Der MRS hingegen trifft eine Aussage über den Einfluss der Messbedingungen auf die Schläfrigkeit und ist folglich ebenfalls relevant.

Erste Studienergebnisse deuten an, dass es sich bei dem pupillographischen Schläfrigkeitstest um eine zuverlässige und genaue Methode zur Erfassung des zentralnervösen Aktivierungsniveaus und der momentanen Schläfrigkeit handelt (Wilhelm 2001). Er soll in Zukunft verstärkt im Straßen- und Fernverkehr eingesetzt werden, um einer erhöhten Unfallgefahr durch Übermüdung am Steuer vorzubeugen (Wilhelm 2011).

#### **3.11 Fragebogenerhebungen**

Zur Erfassung denographischer Kennzeichen wie Lebensstil, subjektive Tagesschläfrigkeit, Morgen/Abendpräferenz oder auch Schlafqualität der Probandinnen wurden verschiedene Fragebögen eingesetzt. Diese sollten von den Probandinnen während der Studienwoche bzw. wenn sie sich auf die Studienwoche bezogen, am Ende der Studienwoche ausgefüllt werden.

### **3.11.1 Allgemeiner Fragebogen zur Erfassung von Demographie und Lebensstil**

Der allgemeine Fragebogen wurde von der AG Humanbiologie erstellt, ergänzt durch die Fragen 13 und 17 für die vorliegende Studie und sollte dazu dienen, sich einen Überblick über Demographie und Lebensstil sowie akute oder chronische Erkrankungen der Teilnehmerinnen zu verschaffen (Anhang A 12). Zunächst wird nach dem Familienstand, der Wohnsituation sowie der Berufstätigkeit gefragt, da diese Faktoren das Sozialleben und damit zum Beispiel den Schlaf oder die Lebensqualität erheblich beeinflussen (Felce und Perry 1995). Des Weiteren soll die Dauer des mittleren Aufenthalts im Freien unterteilt nach Arbeitstagen und freien Tagen angegeben werden, da Tageslicht die Phasenlage der circadianen Rhythmen durch Abbau des Nachthormons Melatonin beeinflusst (Cajochen 2010). Auch eine Selbsteinschätzung der Morgen/ Abendpräferenz zu definierten Lebensabschnitten soll vorgenommen werden. Die Morgen/ Abendpräferenz gibt Hinweis auf die Phasenlage der circadianen Rhythmen.

Es folgt die Bewertung des eigenen Gesundheitszustands sowie die Frage nach dem Konsumverhalten hinsichtlich koffein- und teehaltiger Getränke sowie Alkohol. Letztere beeinflussen die Schläfrigkeit (Wilhelm 2004). Nachfolgend wird die Einnahme von Medikamenten und Schlafmitteln abgefragt, da dies Einfluss auf den Schlaf- Wach- Rhythmus sowie andere circadiane Rhythmen nehmen kann. Die nächste Frage erfordert Angaben zu vom Arzt diagnostizierten Erkrankungen. Diese werden unter Frage 17 einzeln aufgeführt und erfordern ein Ankreuzen von „ja“ bei Vorlage der Erkrankung (s. Anhang 12). Dem Auftreten von Sehveränderungen und Augenerkrankungen wird eine eigene Frage zugeteilt, da diese einen Einfluss auf das Messergebnis des pupillographischen Schläfrigkeitstest haben können. Hier können beispielsweise grauer und grüner Star sowie Makuladegenerationen eine Rolle spielen. Auch das Tragen von Sehhilfen sowie die Verwendung von Augentropfen sowie deren Indikation sollen dokumentiert werden.

Des Weiteren wird abgefragt, ob vor dem Zubettgehen kalte Hände und/oder Füße vorherrschen. Studien haben ergeben, dass kalte Extremitäten das Einschlafen verzögern (Kräuchi 2008). Auch sollen die Probandinnen angeben, ob sie in einem abgedunkelten Zimmer und bei geöffnetem Fenster schlafen. Ersteres kann einen Einfluss auf das Nachthormon Melatonin, letzteres auf die Körpertemperatur haben. Zuletzt wird abgefragt, ob üblicherweise tageszeitliche Nickerchen gehalten werden und falls ja, wie lange diese andauern. Des Weiteren soll angegeben werden, in welchem hormonellen Status (Menopause, Postmenopause) sich die Probandinnen befinden bzw. ob Kontrazeptiva eingenommen werden. Jüngere Probandinnen werden zudem dazu angehalten, ihre aktuelle Zykluslage anzugeben. Diese hat einen Einfluss auf die Körperkerntemperatur (Döring 1948).

### **3.11.2 Epworth Sleepiness Scale (ESS) zur Erfassung der subjektiven Tagesschläfrigkeit**

Der Epworth Sleepiness Scale (ESS) wurde zur Erfassung der subjektiven Tagesschläfrigkeit eingesetzt (Anhang A 13). Hierbei handelt es sich um einen validierten Fragebogen (Johns 1991), der in der Praxis hauptsächlich zur Anamnese oder zur Überprüfung des Therapieerfolgs bei Schlafstörungen eingesetzt wird. Er fragt die Wahrscheinlichkeit ab, in verschiedenen Situationen einzunicken oder einzuschlafen. Die Bewertungsskala erstreckt sich von „0= würde niemals einnicken“ bis „4=hohe Wahrscheinlichkeit einzunicken“. Bei den verschiedenen Situationen handelt es sich zum Beispiel um „im Sitzen lesen“, „Beim Fernsehen“, „passiv bei einem Vortrag oder Theaterstück“, „als Beifahrer im Auto“, „Beim Hinlegen am Nachmittag“, „Sitzen und sich mit jemandem unterhalten“, „nach dem Mittagessen ruhig dasitzen“ oder „verkehrsbedingtes Anhalten als Fahrer“. Es können 0 bis 24 Punkte erreicht werden. Liegt der Gesamtpunktwert zwischen 0 bis 10 Punkten, spricht man von *keiner Tagesschläfrigkeit*. Ab einer Gesamtpunktzahl von 11 Punkten liegt eine *Tagesschläfrigkeit* vor.

### **4.11.3 Freiburger Fragebogen zur Erfassung der körperlichen Aktivität**

Mittels der Kurzform des Freiburger Fragebogens (Frey et al. 1999) wurde der Grad der körperlichen Aktivität erfasst (Anhang A 14). Letztere wird als metabolische Äquivalente angegeben (METs), wobei ein metabolisches Äquivalent nach internationaler Übereinkunft dem Verbrauch von 3,5 ml Sauerstoff pro Kg Körpergewicht und Minute und einem kcal Energieverbrauch pro kg Körpergewicht und Stunde entspricht (Frey et al. 1999). Den im Fragebogen erfragten Aktivitäten wird anhand des Ainsworth Compendiums der entsprechende MET- Wert zugeordnet (Ainsworth et al. 1993). Je höher die Intensität einer Aktivität, desto höher der MET Wert. Um den Gesamtaktivitätswert zu erhalten, muss der der jeweiligen Aktivität zugeordnete MET Wert mit der Anzahl an Stunden Aktivität pro Woche multipliziert werden; die Addition der einzelnen MET Mittelwerte ergibt dann den Gesamtaktivitätswert in METs.

### **3.11.4 Morningness-Eveningness-Questionnaire (D-MEQ) zur Bestimmung des Chronotyps**

Der Morningness- Eveningness- Questionnaire (MEQ) von Horne und Ostberg (1975) wurde zur Ermittlung des Chronotyps eingesetzt (Anhang A 15). Es wurde die deutsche validierte Version nach Griefhan verwendet (Griefhan 2001). Im Rahmen dieses Fragebogens werden bevorzugte Bettgeh- und Aufstehzeiten, die Abhängigkeit vom Wecker und der Wachzustand sowie der Appetit in der ersten halben Stunde nach dem Aufwachen abgefragt. Des Weiteren sind Angaben zur Uhrzeit körperlicher und kognitiver Leistungsmaxima erforderlich. Zuletzt soll eine Selbsteinschätzung des Chronotyps erfolgen. Den einzelnen Antwortmöglichkeiten ist eine entsprechende Punktzahl zugeordnet; der Gesamtpunktwert ergibt sich aus den zusammengezählten Punkten aller Fragen. Mit Hilfe eines Punkte- Schlüssels wird dann in Abhängigkeit von der Gesamtpunktzahl der passende



Chronotyp ermittelt. Es können zwischen 16-86 Punkte erreicht werden. Liegt der Proband zwischen 16,0 – 30,9 Punkte, handelt es sich um einen „definitiven Abendtypen“. Eine Gesamtpunktzahl zwischen 31,0-41,9 Punkte führt zur Klassifizierung als „moderater Abendtyp“, wohingegen man bei einer Gesamtpunktzahl von 42,0 -58,9 Punkten von einem „Neutraltypen“ spricht. Ein „moderater Morgentyp“ tritt dann auf, wenn eine Gesamtpunktzahl von 59,0 -69,9 Punkten erreicht wird; von einem „definitiven Morgentyp“ spricht man ab einer Gesamtpunktzahl von 70, 0-86,9 Punkten.

#### ***3.11.6 Pittsburgh-Sleep-Quality Index (PSQI) zur Erfassung der subjektiven Schlafqualität***

Der Pittsburgh-Sleep-Quality Index (PSQI) wird für die Bewertung der Schlafqualität verwendet (Buysse et al. 1989). Er erfasst retrospektiv anhand verschiedener Variablen wie zum Beispiel Einschlaf latenz, Schlafdauer und Tagesmüdigkeit die Schlafqualität des Probanden über einen Zeitraum der letzten vier Wochen und ist ein international anerkannter Fragebogen (s. Anhang A 16). Er umfasst insgesamt 18 Fragen, welche den folgenden sieben Komponenten zugeordnet werden können: Subjektive Schlafqualität, Schlaf latenz, Schlafdauer, Schlaffeizienz, Schlafstörungen, Schlafmittelkonsum und Tagesmüdigkeit. Die einzelnen Komponenten können einen Punktwert zwischen null bis drei annehmen, so dass der Gesamtpunktwert zwischen null bis 21 Punkten variieren kann. 0-5 Punkte bedeuten eine „gute Schlafqualität“ und 6-21 Punkte eine „schlechte Schlafqualität“. Zur Vereinfachung der Auswertung wurde im Rahmen dieser Arbeit eine Exceldatei genutzt. Aus den eingetragenen Komponenten-Punktwerte wird der Gesamtpunktwert automatisch berechnet. Dem Fragebogen wurde im Rahmen dieser Arbeit eine weitere Frage hinzugefügt. Sie fragt nach der genuine Schlafdauer; dabei handelt es sich um die Anzahl an Stunden, die eine Person an Schlaf benötigt.

#### ***3.11.7 Quality of life Fragebogen (QOL) zur Erfassung der Lebensqualität***

Zur Erfassung der Lebensqualität wurde der DIALOG – Fragebogen zur Lebensqualität eingesetzt (Bullenkamp 2010). Er fragt die Zufriedenheit des Probanden hinsichtlich verschiedener Lebensbereiche ab (Anhang A 17). Diese kann auf einer Skala von eins bis sieben bewertet werden, wobei eins „sehr unzufrieden“, drei „eher unzufrieden“ und sieben „sehr zufrieden“ bedeutet. Auch die Bewertung mit null stellt eine Option dar, was bedeutet, dass „keine Angabe“ gemacht werden konnte. Die *seelische* und *körperliche Gesundheit* stellen dabei jeweils einen Lebensbereich dar ebenso wie die *Berufliche Situation* und die *Wohnsituation*. Ein weiterer Lebensbereich umfasst *Freizeitaktivitäten*, ein anderer das *Verhältnis zu Partner/Familie*. Des Weiteren soll die Zufriedenheit im Bereich *Freundschaften*, *persönliche Sicherheit* und *Medikamente* eingeschätzt werden. Zuletzt soll die Lebenszufriedenheit im Bereich *praktische Hilfe* und *Beratung durch Ärzte oder Betreuer* angegeben werden.

Es können pro Kategorie 1-7 Punkte erreicht werden, wobei 1 „sehr unzufrieden“ und 7 „sehr zufrieden“ bedeutet. Darüber hinaus kann der Gesamtpunktwert berechnet werden, indem die pro Kategorie erreichten Punkte zusammengezählt und durch die Anzahl der Kategorien geteilt werden. Das stellt die Grundlage für den in der vorliegenden Arbeit untersuchten Aspekt der „generellen Lebenszufriedenheit“ dar. Folglich gilt auch hier die Bewertung 1 „sehr unzufrieden“ bis 7 „sehr zufrieden“. Des Weiteren kann angegeben werden, ob in den unterschiedlichen Lebensbereichen Hilfsangebote benötigt werden. Dies fließt jedoch nicht in die Auswertung des Fragebogens mit ein.

#### **3.11.8 Stanford Sleepiness Scale (SSS) zur Erfassung der momentanen Schläfrigkeit**

Der Stanford Sleepiness Scale (SSS) wurde 1973 entwickelt und erfasst den Grad der momentanen Schläfrigkeit bzw. Wachheit (Hoddes et al. 1973). Zur Einschätzung der momentanen Schläfrigkeit bzw. Wachheit stehen dem Probanden sieben Antwortmöglichkeiten zur Verfügung (s. Anhang A 18). Diese lauten:

- 1= Aktiv und munter; aufmerksam; hellwach
- 2= Leistungsfähig auf hohem, aber nicht höchstem Niveau; sich zu konzentrieren
- 3= Entspannt; wach; nicht vollkommen aufmerksam; aufnahmefähig
- 4= Ein wenig matt; nicht auf der Höhe; nachlassen
- 5= Mattigkeit; das Interesse, wach zu bleiben, beginnt verloren zu gehen; verlangsamt
- 6= Schläfrigkeit; ziehe es vor mich hinzulegen; gegen den Schlaf ankämpfend; dösig
- 7= Fast schon träumend; kurz vor Schlafbeginn; Ringen ums Wachbleiben verloren

Er wurde im Rahmen der Studie zum einen direkt nach dem pupillographischen Schläfrigkeitstest eingesetzt, um den Einfluss der Versuchsbedingungen auf die Schläfrigkeit zu überprüfen (Anhang A 18). Zum anderen fand er stündlich im Abendprofil von 17 bis 23 Uhr Anwendung, um den Verlauf der Schläfrigkeit nachvollziehen zu können.

#### **3.11.9 Karolinska Sleepiness Scale (KSS) zur Erfassung der momentanen Müdigkeit**

Der Karolinska Sleepiness Scale (KSS) erfasst den Grad der momentanen Müdigkeit bzw. Wachheit (Akerstedt und Gilbert 1989). Die momentane Müdigkeit bzw. Wachheit kann über fünf verschiedene Stufen eingeschätzt werden (Anhang A 19):

- 1= Sehr wach
- 2= Wach
- 3= Weder wach noch müde
- 4= Müde, aber keine Probleme, wach zu bleiben
- 5= Sehr müde. Große Probleme, wach zu bleiben

Zum einen wurde er direkt nach dem pupillographischen Schläfrigkeitstest zum Erfassen des Einflusses der Versuchsbedingungen auf die Müdigkeit eingesetzt; zum anderen fand er in dieser Arbeit stündlich Anwendung im Abendprofil, um den Verlauf der Müdigkeit von 17 bis 23 Uhr zu erfassen.

#### 4. Statistische Methoden

Die statistische Auswertung der in dieser Arbeit erhobenen Daten erfolgte mit dem Statistikprogramm SPSS für Windows, Version 15 und Version 21. Zur Beschreibung der deskriptiven Merkmale wurden Mittelwert und Standardabweichung sowie Minimum und Maximum berechnet. Des Weiteren wurden Häufigkeiten berechnet. Die Überprüfung auf Normalverteilung der Daten wurde mittels des *Kolmogorov-Smirnov-Tests* durchgeführt (Bühl und Zöfel 2002).

Bei vorhandener Normalverteilung wurde zur Prüfung auf mögliche signifikante Unterschiede innerhalb einer Stichprobengruppe der *t-Test für gepaarte Stichproben* und bei einer Abweichung von der Normalverteilung der *Wilcoxon Test für verbundene Stichproben* durchgeführt. Dies traf zum einen auf die Untersuchung der Reproduzierbarkeit der Herzfrequenz über zwei Studientage innerhalb der Gruppe der älteren und jüngeren Probandinnen zu. Zum anderen fanden die beiden genannten Testverfahren Anwendung, um die Auswirkung tageszeitlicher Nickerchen auf Schlafqualität, Schlafstruktur und Schläfrigkeit mittels Gruppenvergleich zwischen der ersten Nacht mit und der zweiten Nacht ohne vorangegangenes tageszeitliches Nickerchen hinsichtlich verschiedener schlafvariablen zu überprüfen. Gruppenvergleiche von zum Beispiel jüngeren und älteren Probandinnen erfolgten bei vorhandener Normalverteilung mit dem *T-Test für unabhängige Stichproben* und bei fehlender Normalverteilung mit dem *Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Stichproben* (Bühl und Zöfel 2002). Dieses statistische Verfahren fand dann Anwendung, wenn ältere mit jüngeren Probandinnen verglichen wurden. Hierzu zählen der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführte Vergleich circadianer Variablen unter kontrollierten und natürlichen Bedingungen sowie der Vergleich von Schlafvariablen unter natürlichen Bedingungen. Auch der Vergleich älterer Probandinnen mit und ohne tageszeitlichem Nickerchen bzw. mit einer mittleren Dauer von unter und über 35 Minuten hinsichtlich Schlafstruktur, Schlafqualität und Schläfrigkeit wurde mittels *t-Test für unabhängige Stichproben* bzw. *Mann-Whitney-U-Test* durchgeführt.

Zur Überprüfung auf einen möglichen Zusammenhang zwischen zwei Variablen wurde die Korrelationsanalyse nach Pearson bei einer vorliegenden Normalverteilung metrischer Daten und die Korrelationsanalyse nach Spearman bei nicht normal verteilten metrischen Daten, bei ordinalen Daten bzw. bei einer Stichprobengröße unter 10 Probanden ( $n < 10$ ) herangezogen (Bühl und Zöfel 2002). Der Korrelationskoeffizient  $r$  kann Mittelwerte zwischen +1 und -1 annehmen. Werte  $> 0$  deuten einen positiven Zusammenhang, Werte  $< 0$  einen negativen Zusammenhang an. Liegt  $r$  bei 0,

### III. Probanden und Methoden

liegt kein Zusammenhang vor. Die Interpretation der Stärke des Zusammenhangs basierte auf dem in Tabelle 11 aufgeführten Schema (Bühl und Zöfel 2002). Dieses statistische Verfahren wurde zur Untersuchung von Zusammenhängen zwischen Lebensqualität, Schlaf, tageszeitlichen Nickerchen und circadianen Variablen durchgeführt.

Tabelle 11: Interpretation der Stärke des Zusammenhangs bei Korrelationsanalysen (Bühl und Zöfel 2002, S 318)

<b>Korrelationskoeffizient</b>	<b>Interpretation</b>
Bis 0,2	Sehr geringe Korrelation
Bis 0,5	Geringe Korrelation
Bis 0,7	Mittlere Korrelation
Bis 0,9	Hohe Korrelation
Über 0,9	Sehr hohe Korrelation

Zur Untersuchung der Reproduzierbarkeit circadianer Variablen der Hauttemperaturunter unter natürlichen Bedingungen wurde bei vorliegender Normalverteilung der Daten eine ANOVA Analyse mit Meßwertwiederholung mit *post hoc*-Korrektur nach *Bonferroni* für multiples Testen verwendet. War keine Normalverteilung gegeben, wurde der Friedmann-Test durchgeführt, der bei mehr als 5 Stichproben als testsicher gilt. Das in dieser Arbeit verwendete statistische Signifikanzniveau liegt bei  $p=0,050$  bei zweiseitiger Fragestellung.

## IV. Ergebnisse

### 1. Deskriptive Merkmale der Probandinnen

#### 1.1 Altersverteilung im Probandenkollektiv

Das Probandenkollektiv setzt sich insgesamt aus 20 jüngeren Probandinnen und 42 älteren Probandinnen zusammen. Die Unterteilung des Probandenkollektivs in Untergruppen wurde bereits im Methodenteil erläutert (vgl. III 3) und graphisch dargestellt (Abbildung 20). Die Altersverteilung der untersuchten Untergruppen des Probandenkollektivs ist in Tabelle 12 aufgeführt und wird im Folgenden erläutert. Das mittlere Alter der 20 jüngeren Probandinnen beträgt  $25,1 \pm 3,1$  Jahre, wohingegen die älteren Probandinnen im Mittel  $69,6 \pm 5,5$  Jahre alt sind (Tabelle 12). Die Altersspanne reicht hinsichtlich der jüngeren Probandinnen von 21 bis 31 Jahre und hinsichtlich der älteren Probandinnen von 59 bis 87 Jahre (Anhang A 20). Ältere Probandinnen, die kein tageszeitliches Nickerchen während der Studienwoche hielten (ONN), weisen ein mittleres von  $68,4 \pm 7$  Jahren auf, während ältere Probandinnen mit tageszeitlichen Nickerchen während der Studienwoche (OWN) im Mittel  $69,9 \pm 5,2$  Jahre alt sind. Diejenigen Probandinnen der OWN-Gruppe, welche eine mittlere Nickerchendauer von unter oder gleich 35 Minuten aufwiesen ( $OWN \leq 35$ ), waren im Mittel  $71,2 \pm 6,1$  Jahre alt, während ältere Probandinnen mit einer mittleren Nickerchendauer von über 35 Minuten ( $OWN > 35$ ) im Mittel  $68,4 \pm 3,7$  Jahre alt waren. Ältere Probandinnen, die weniger als 4 tageszeitliche Nickerchen während der Studienwoche gehalten hatten ( $OWN < 4$ ), waren im Mittel  $69,6 \pm 6,3$  Jahre alt, während ältere Probandinnen mit mindestens 4 tageszeitlichen Nickerchen während der Studienwoche ( $OWN \geq 4$ ) ein mittleres Alter von  $69,5 \pm 4,2$  aufwiesen. Diejenigen älteren Probandinnen, die dazu angehalten waren, vor der ersten Nacht mit Gehirnstrommessung ein tageszeitliches Nickerchen zu halten und darauf vor der zweiten Nacht mit Gehirnstrommessung bewusst zu verzichten, waren im Mittel  $69,3 \pm 4,1$  Jahre alt.

Tabelle 12: Altersverteilung im Probandenkollektiv

Probandengruppe	Abkürzung	Alter (MW ± SD)
Ältere Probandinnen	OW	69,6 ± 5,5
Jüngere Probandinnen	YW	25,1 ± 3,1
Ältere Probandinnen ohne tageszeitliches Nickerchen	ONN	68,44 ± 7,0
Ältere Probandinnen mit tageszeitlichem Nickerchen	OWN	69,9 ± 5,2
Ältere Prob. mit mittlerer Nickerchendauer ≤35 min	OWN ≤35	71,2 ± 6,1
Ältere Prob. Mit mittlerer Nickerchendauer >35 min	OWN > 35	68,4 ± 3,7
Ältere Prob. mit Nickerchen an weniger als 4 Tagen/ Studienwoche	OWN<4	69,6 ± 6,3
Ältere Prob. mit Nickerchen an mindestens 4 Tagen/ Studienwoche	OWN≥4	69,5 ± 4,2
Ältere Prob. mit Nickerchen vor 1. Nächtlicher Gehirnstrommessung	OWNQ	69,3 ± 4,1

## 1.2 Anthropometrische Merkmale

Zur Charakterisierung des Probandenkollektivs wurden neben anderen deskriptiven Merkmalen die anthropometrischen Maße erhoben. Anthropometrische Merkmale dienen der Beschreibung der Körpermaße. Die Ergebnisse sind Anhang A 20 sowie in Abbildung 35 dargestellt. Das erste am Probandenkollektiv erhobene anthropometrische Merkmal stellt die *Körperhöhe* dar. Ältere Probandinnen sind mit 1,64 im Mittel sechs cm kleiner als jüngere Probandinnen (Abbildung 35A). Die Standardabweichung der *Körperhöhe* beträgt für ältere Probandinnen 5,7 cm und für jüngere Probandinnen 6,1 cm (A 20).

Neben der *Körperhöhe* wurde auch das *Körpergewicht* der Probandinnen erfasst. Ältere Probandinnen sind im Mittel mit 67,6 kg 1 kg schwerer als jüngere Probandinnen (Abbildung 35B). Die Standardabweichung des *Körpergewichts* beträgt bei älteren Probandinnen 6,4 kg und bei jüngeren Probandinnen 10,4 kg (A 20).

#### IV. Ergebnisse

Zudem wurde der *Body Mass Index* berechnet. Ältere Probandinnen haben im Mittel mit 25,2 kg/m<sup>2</sup> einen um 2,3 kg/m<sup>2</sup> höheren *BMI* als jüngere Probandinnen (Abbildung 35C). Ältere Probandinnen weisen eine Standardabweichung von 2,5 kg/m<sup>2</sup> und jüngere Probandinnen von 3,0 kg/m<sup>2</sup> auf.

Ein weiteres anhand des Probandenkollektivs erhobenes anthropometrisches Merkmal stellt der *Taille-Hüft-Index* dar. Im Mittel haben ältere Probandinnen einen *Taille- Hüft- Index* von 0,83 und liegen damit um 0,1 Punkte über dem der jüngeren Probandinnen (Abbildung 35D). Die Standardabweichung des *Taille-Hüft-Indexes* beträgt bei älteren Probandinnen 0,08 und bei jüngeren Probandinnen 0,04.

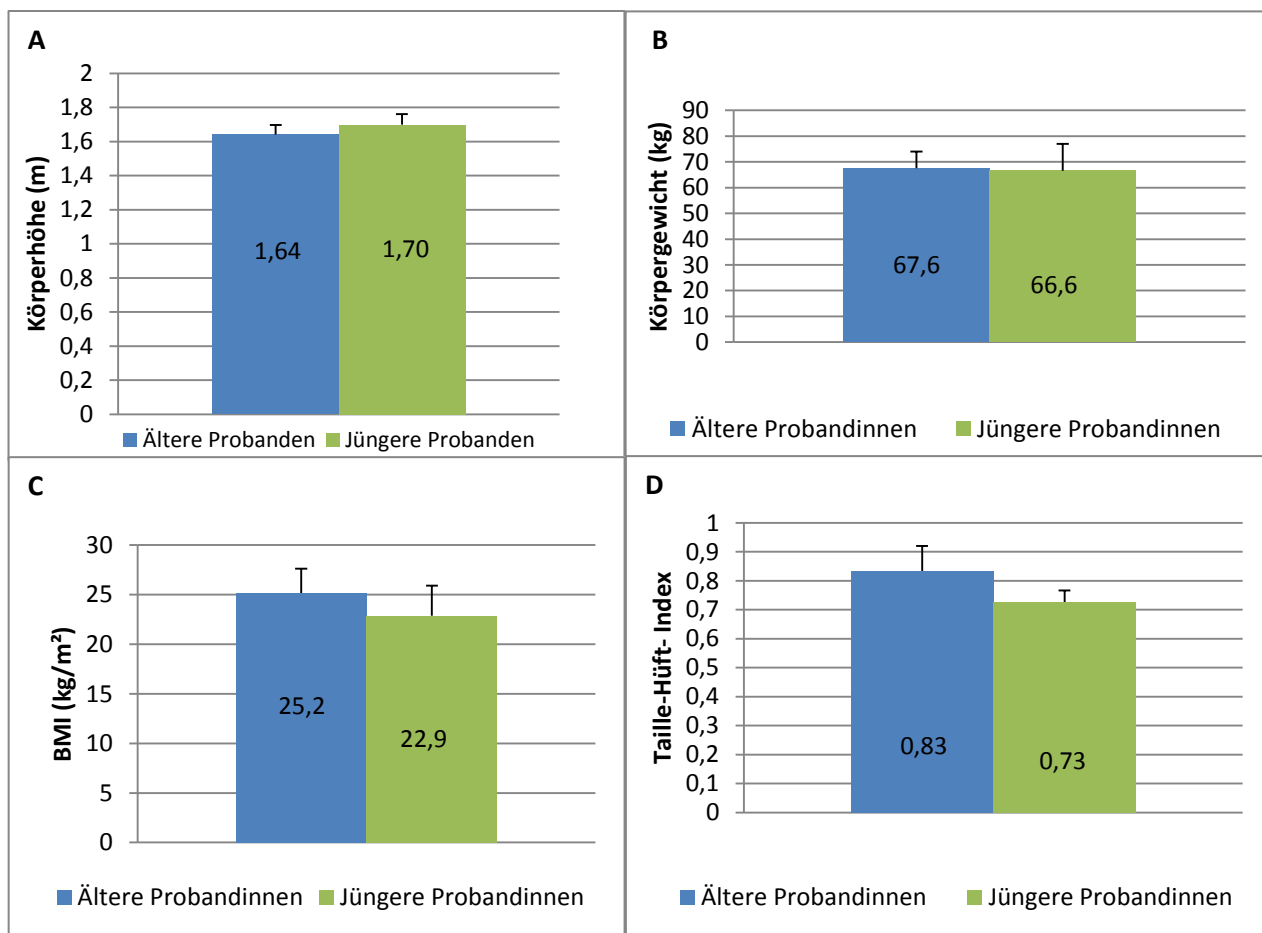


Abbildung 35: Anthropometrische Merkmale des Probandenkollektivs, unterteilt nach jüngeren (N=20) und älteren (N=42) Probandinnen: A) Körperhöhe, B) Gewicht, C) Body Mass Index und D) Taille-Hüft- Index; angegeben sind Mittelwert und Standardabweichung

### 1.3 Körperlicher Aktivitätsgrad

Neben anthropometrischen Maßen wurde als deskriptives Merkmal der *körperliche Aktivitätsgrad* der Probandinnen mittels Freiburger Fragebogen erhoben. Er wird in metabolischen Einheiten (METs) angegeben. Die Ergebnisse sind in A 21 im Anhang sowie in Abbildung 36 dargestellt. Ältere

#### IV. Ergebnisse

Probandinnen weisen einen mittleren Aktivitätsgrad von 51,7 METs auf und liegen damit knapp über dem *Aktivitätsgrad* der jüngeren Probandinnen, welcher im Mittel 50,6 METs beträgt (Abbildung 36A). Die Standardabweichung des *Aktivitätsgrads* liegt bei älteren Probandinnen bei 25,0 METs; jüngere Probandinnen haben eine Standardabweichung von 32,2 METs (A21).

Ältere Probandinnen mit tageszeitlichem Nickerchen (OWN) weisen im Mittel einen körperlichen Aktivitätsgrad von 52,6 METs mit einer Standardabweichung von 25,0 METs auf und liegen damit 1,8 METs über älteren Probandinnen ohne tageszeitliches Nickerchen (ONN). Ältere Probandinnen, die während der Studienwoche vier Mal ein Nickerchen hielten ( $OWN \geq 4$ ) haben mit 54,2 METs einen um 3,2 METs höheren Wert als jene, die unter vier Mal ein Nickerchen hielten ( $OWN < 4$ ) (Tab. 10c, Anhang). Die Standardabweichung beträgt bei  $OWN \geq 4$  26,5 METs und bei  $OWN < 4$  22,4 Punkte. Die Unterteilung der älteren Nickerchen haltenden Probandinnen anhand der Nickerchendauer ergibt einen *körperlichen Aktivitätsgrad* von  $54,1 \pm 27,4$  METs bei jenen, deren mittlere Nickerchendauer unter 35 Minuten liegt im Vergleich zu  $50,9 \pm 23,0$  METs bei jenen, deren mittlere Nickerchendauer bei über 35 Minuten liegt (Abbildung 36B)

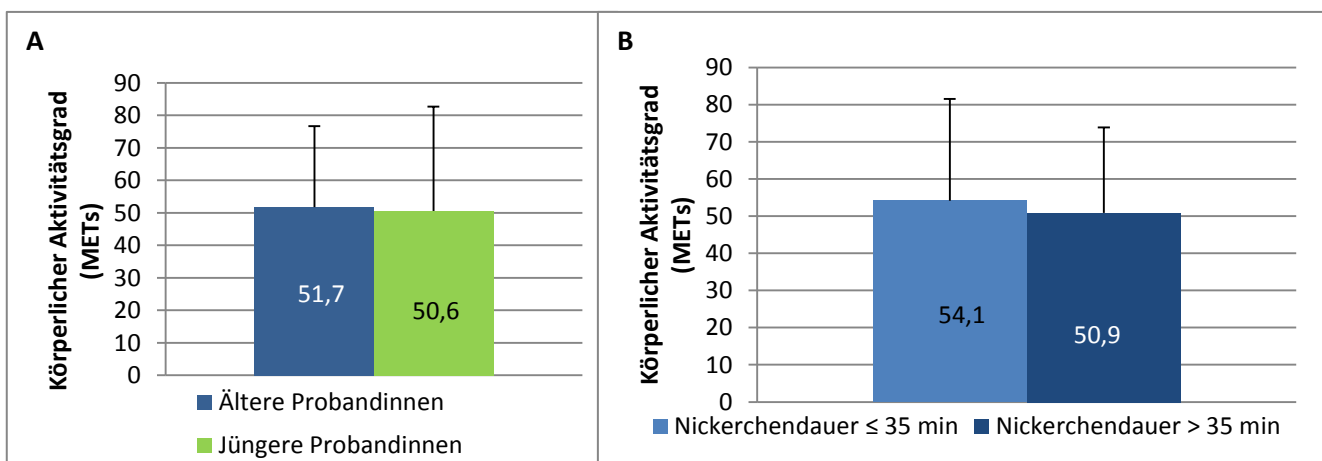


Abbildung 36: Körperlicher Aktivitätsgrad: A) Jüngere (N=20) und ältere (N=42) Probandinnen, B) ältere Probandinnen mit einer mittleren Nickerchendauer von unter und über 35 Minuten; angegeben sind Mittelwert und Standardabweichung

#### 1.4 Verteilung der Chronotypen

Der *Chronotyp* wurde mittels des Morningness-Eveningness-Questionnaire (D-MEQ) erfasst. Die Ergebnisse sind in A 22 im Anhang sowie in Abbildung 37 dargestellt. Die mittlere Punktezahl beträgt bei älteren Probandinnen 60,5 und liegt damit um 7,6 Punkte höher als bei jüngeren Probandinnen (Abbildung 37A). Die Standardabweichung beträgt bei älteren Probandinnen 6,7 Punkte, während jüngere Probandinnen eine Standardabweichung von 9,9 Punkten aufweisen (A 22). Es zeigt sich, dass 25 % der jüngeren Probandinnen dem *Frühtypen* und 15 % dem *Spättypen* zugeordnet werden können (Abbildung 37B). 60 % gehören dem *Mischtypen* an.



#### IV. Ergebnisse

Hinsichtlich älterer Probandinnen kann keine Zuordnung zum Chronotypen erfolgen, da die Punktegrenzwerte, auf deren Grundlage die Zuordnung der Chronotypen erfolgt, nur für jüngere Probandinnen gelten, nicht jedoch für ältere Menschen. Ältere Probandinnen mit tageszeitlichem Nickerchen (OWN) haben mit 60,3 einen um einen Punkt niedrigeren D-MEQ Punktwert als ältere Probandinnen ohne tageszeitliches Nickerchen (ONN) (A 22). Die Standardabweichung beträgt 7,0 Punkte (OWN) im Vergleich zu 5,7 Punkten (ONN). Die Gegenüberstellung älterer Probandinnen mit vier tageszeitlichen Nickerchen (OWN<sub>4</sub>) und jenen unter vier tageszeitlichen Nickerchen (OWN<4) ergibt, dass OWN<sub>4</sub> mit 62,3 Punkten einen um 2,9 Punkte höheren mittleren Punktwert aufweisen als ONN<4 (A 22). Die Standardabweichungen betragen 7,1 Punkte (OWN<sub>≥4</sub>) und 6,3 Punkte (OWN<4). Ältere Probandinnen mit einer mittleren Nickerchendauer unter 35 Minuten weisen mit 59,6 Punkten einen um 1,4 Punkte niedrigeren mittleren D-MEQ Punktwert auf als ältere Probandinnen mit einer mittleren Nickerchendauer von über 35 Minuten (A 22). Die Standardabweichung liegt bei 6,8 Punkten (OWN<sub>≤35</sub>) bzw. 7,3 Punkten (OWN>35).

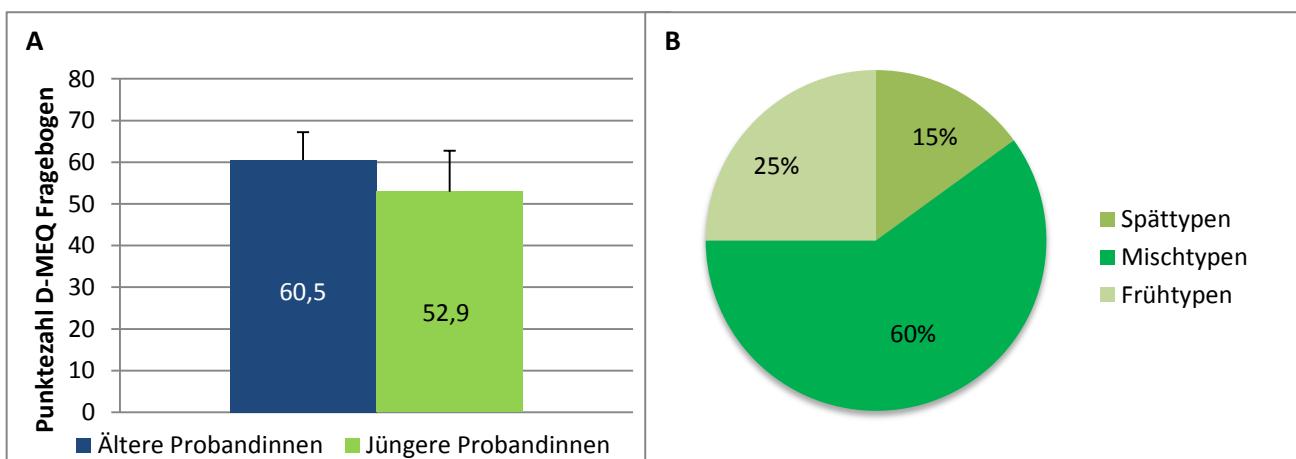


Abbildung 37: A) PunktezahI des D-MEQ Fragebogens älterer (N=42) und jüngerer (N=20) Probandinnen; angegeben sind Mittelwert und Standardabweichung; B) Verteilung Chronotypen jüngerer Probandinnen; angegeben sind %

#### 1.5 Schlafqualität und Tagesschläfrigkeit

Die *subjektive Schlafqualität* wurde mittels des Pittsburgh-Sleep- Quality Index (PSQI) bestimmt. Die Ergebnisse sind in A 23 im Anhang sowie in Abbildung 38 dargestellt. 38 % der älteren Probandinnen weisen eine gute Schlafqualität auf, während 62 % schlechte Schläferinnen sind (Abbildung 38A). Mit einem Anteil von 65% haben fast doppelt so viele jüngere wie ältere Probandinnen eine gute Schlafqualität und folglich mit einem Anteil von 35 % annähernd halb so viele jüngere wie ältere Probandinnen eine schlechte Schlafqualität (Abbildung 38B). 36,4 % der älteren Probandinnen mit tageszeitlichem Nickerchen (OWN) weisen eine gute Schlafqualität auf und 63,6 % eine schlechte. Im Vergleich dazu haben 44,4 % älterer Probandinnen ohne tageszeitliches Nickerchen eine gute

#### IV. Ergebnisse

Schlafqualität und nur 55,6 % eine schlechte (Anhang A 23). Der Vergleich älterer Probandinnen mit 4 tageszeitlichen Nickerchen während der Studienwoche (OWN4) mit jenen unter 4 tageszeitlichen Nickerchen(ONN4) ergibt, dass 31,3 % der OWN4 gute Schläferinnen und 42,3 % schlechte Schläferinnen sind, wohingegen 42,3 % der ONN4 eine gute und 57,7 % eine schlechte Schlafqualität aufweisen (Tab. 12 c, Anhang). Werden ältere Probandinnen mit einer mittleren Nickerchendauer von unter (OWN $\leq$ 35) und über 35 Minuten (OWN $>$  35)gegenübergestellt, zeigt sich bei 35,3 % der OWN $\leq$ 35 eine gute und bei 64,7 % eine schlechte Schlafqualität, während 37,5 der OWN  $>$  35 eine gute und 62,5 % eine schlechte Schlafqualität aufweisen (Anhang A 23).

Die Erfassung der *subjektiven Tagesschläfrigkeit* erfolgte über den Epworth- Sleepiness- Scale (ESS). Die Ergebnisse sind in Abbildung 38 sowie in A 24 Anhang dargestellt. Es zeigt sich, dass 71 % der älteren Probandinnen nicht unter Tagesschläfrigkeit leiden und 29 % von Tagesschläfrigkeit betroffen sind (Abbildung 38C). Hinsichtlich der jüngeren Probandinnen zeigen sich ähnliche Ergebnisse. Während 75 % keine subjektive Tagesschläfrigkeit aufweisen, leiden 25 % unter Tagesschläfrigkeit (Abbildung 38D). Der Vergleich älterer Probandinnen mit (OWN) und ohne tageszeitliches Nickerchen (ONN) ergibt, dass 24,2 % der OWN unter Tagesschläfrigkeit leiden und sogar 44,4 % der ONN. Hinsichtlich älterer Probandinnen mit 4 tageszeitlichen Nickerchen weisen 31,3 % Tagesschläfrigkeit auf, während es bei älteren Probandinnen mit weniger als 4 tageszeitlichen Nickerchen während der Studienwoche 26,9 % sind. Der Vergleich älterer Probandinnen mit einer mittleren Nickerchendauer von unter 35 Minuten (OWN $\leq$ 35) mit jenen über 35 Minuten (OWN $>$ 35) ergibt, dass 29,4 % der OWN $\leq$ 35 unter Tagesschläfrigkeit leiden, während hinsichtlich OWN $>$ 35 nur 18,8 % sind (Anhang A 24).

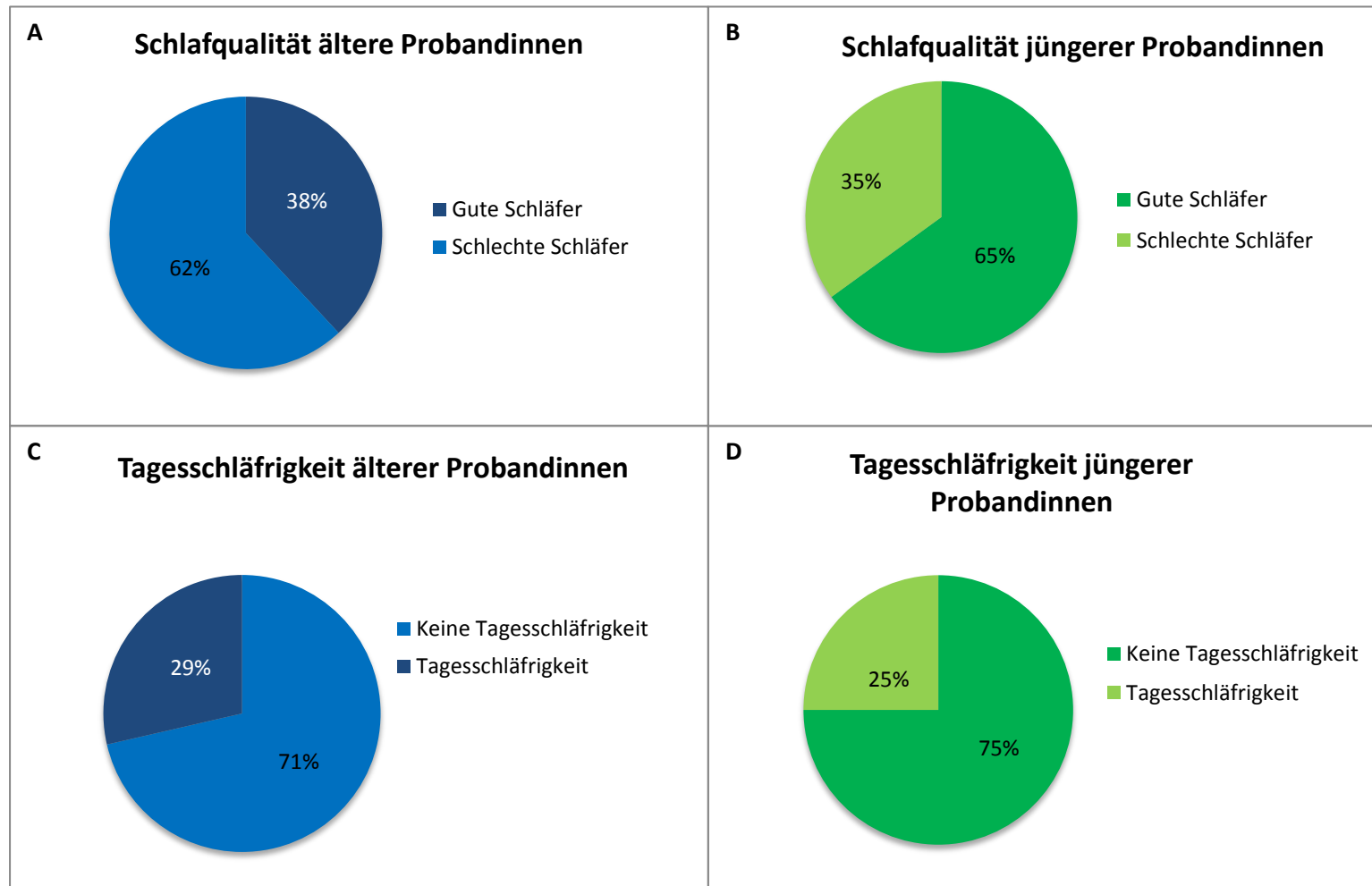


Abbildung 38: Schlafqualität und Tagesschläfrigkeit: Schlafqualität A) älterer Probandinnen (N= 42) und B) jüngerer Probandinnen (N=20); Tagesschläfrigkeit C) älterer Probandinnen und D) jüngerer Probandinnen

### 1.6 Tageszeitliche Nickerchen

Tageszeitliche Nickerchen wurden mittels des Schlaftagebuchs erfasst. Die Ergebnisse sind in Abbildung 39 dargestellt. Es zeigt sich, dass ältere Probandinnen mit tageszeitlichen Nickerchen im Mittel 3,8 Nickerchen während der Studienwoche gehalten haben (Abbildung 39A). Die Standardabweichung beträgt 2,2, die Spannweite umfasst 1 bis 8 tageszeitliche Nickerchen (Anhang A 25). Ein Nickerchen dauerte im Mittel 38,8 Minuten. Die Standardabweichung beträgt hier 24 Minuten und die Spannweite umfasst 8,8 bis 132,5 Minuten.

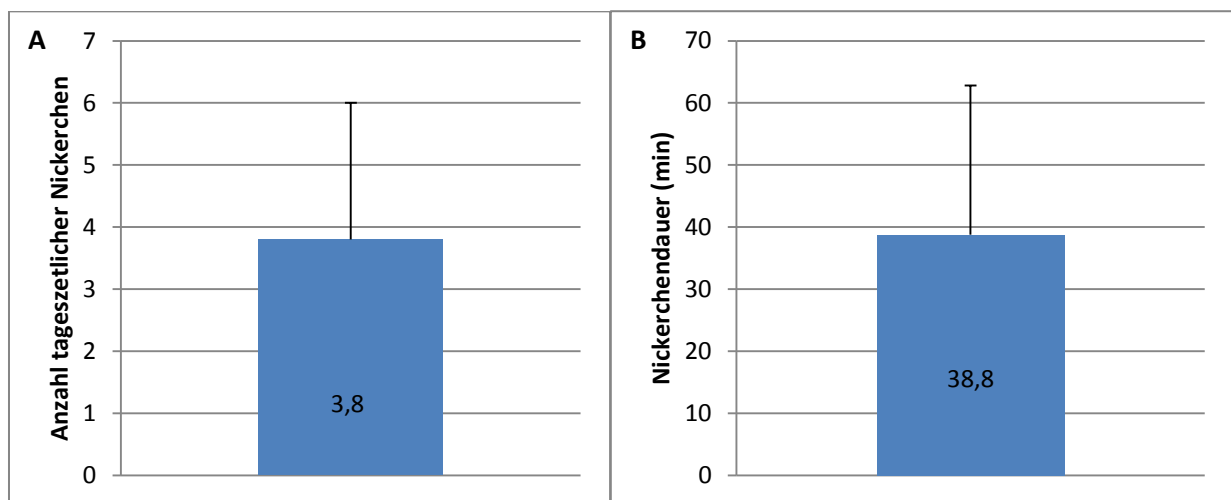


Abbildung 39: A) Anzahl und B) Dauer tageszeitlicher Nickerchen während der Studienwoche älterer Probandinnen mit tageszeitlichem Nickerchen (N=33); angegeben sind Mittelwert und Standardabweichung

### 1.7 Lebensqualität

Die *Lebensqualität* wurde mittels des Quality of Life Fragebogens (QOL) erfasst. Die Ergebnisse sind A 26 im Anhang sowie in Abbildung 40 dargestellt. Rot und orange eingefärbte Bereiche repräsentieren eine eher unzufriedene, gelb eine teils/teils zufriedene und blaue Bereiche eine eher zufriedene Bewertung der Lebensqualität. Sowohl bei älteren als auch bei jüngeren Probandinnen finden sich keine Individuen, die *sehr unzufrieden* mit ihrer Lebensqualität sind (Abbildung 40A und B). 5 % der jüngeren Probandinnen sind allerdings *unzufrieden* mit ihrer Lebensqualität, während sich unter den älteren Probandinnen keine *unzufriedenen* Individuen befinden. Jedoch sprechen 9% der älteren Probandinnen von einem *eher unzufriedenen* Empfinden hinsichtlich ihrer Lebensqualität, während sich unter den jüngeren keine *eher unzufriedenen* Individuen befinden.

*Teils/teils zufrieden* mit ihrer Lebensqualität sind 17 % der älteren und 20 % der jüngeren Probandinnen. 36 % der älteren und 45 % der jüngeren Probandinnen geben an, *eher zufrieden* mit ihrer Lebensqualität zu sein, während 33 % der älteren und 25 % der jüngeren Probandinnen sogar *zufrieden* mit ihrer Lebensqualität sind. Nur 5 % der älteren und jüngeren Probandinnen sind *sehr*

#### IV. Ergebnisse

*zufrieden* mit ihrer Lebensqualität (Abbildung 40A und B). Werden die Bewertungen *unzufrieden* und *eher unzufrieden* zur Kategorie „unzufrieden“ (rote Bereiche) sowie die Bewertungen *eher zufrieden*, *zufrieden* und *sehr zufrieden* zur Kategorie „zufrieden“ (blaue Bereiche) zusammengefasst und gegenübergestellt, zeigt sich, dass insgesamt 9 % der älteren und 5 % der jüngeren Probandinnen eher unzufrieden bzw. unzufrieden mit ihrer Lebensqualität sind, während hingegen 74 % der älteren und 75 % der jüngeren Probandinnen zufrieden sind. Jedoch finden sich bei älteren Probandinnen keine Individuen, die unzufrieden sind und gleichzeitig mehr Individuen, die zufrieden (33%) mit ihrer Lebensqualität sind als bei älteren Probandinnen (25%).

Der Vergleich älterer Probandinnen mit (OWN) und ohne tageszeitlichem Nickerchen (ONN) ergibt, dass 12,1 % der OWN unzufrieden und 69,8 % zufrieden mit ihrer Lebensqualität sind, während hinsichtlich ONN 0 % unzufrieden und 88,9 % zufrieden sind. 18,8 % der älteren Probandinnen mit 4 tageszeitlichen Nickerchen während der Studienwoche (OWN4) sind unzufrieden und 56,4 % zufrieden mit ihrer Lebensqualität. Hinsichtlich älterer Probandinnen mit weniger als 4 Nickerchen (ONN4) weisen 3,8 % eine unzufriedene Lebensqualität auf, während 84,6 % zufrieden sind (Anhang A 26). Der Vergleich älterer Probandinnen mit einer mittleren Nickerchendauer von unter (OWN $\leq$ 35) und über (OWN $>$ 35) 35 Minuten zeigt, dass 11,8 % der OWN $\leq$ 35 unzufrieden und 76,5 % zufrieden mit ihrer Lebensqualität sind, während hinsichtlich OWN $>$ 35 12,5 % unzufrieden und 62,6 % zufrieden mit ihrer Lebensqualität sind (Anhang A 26).

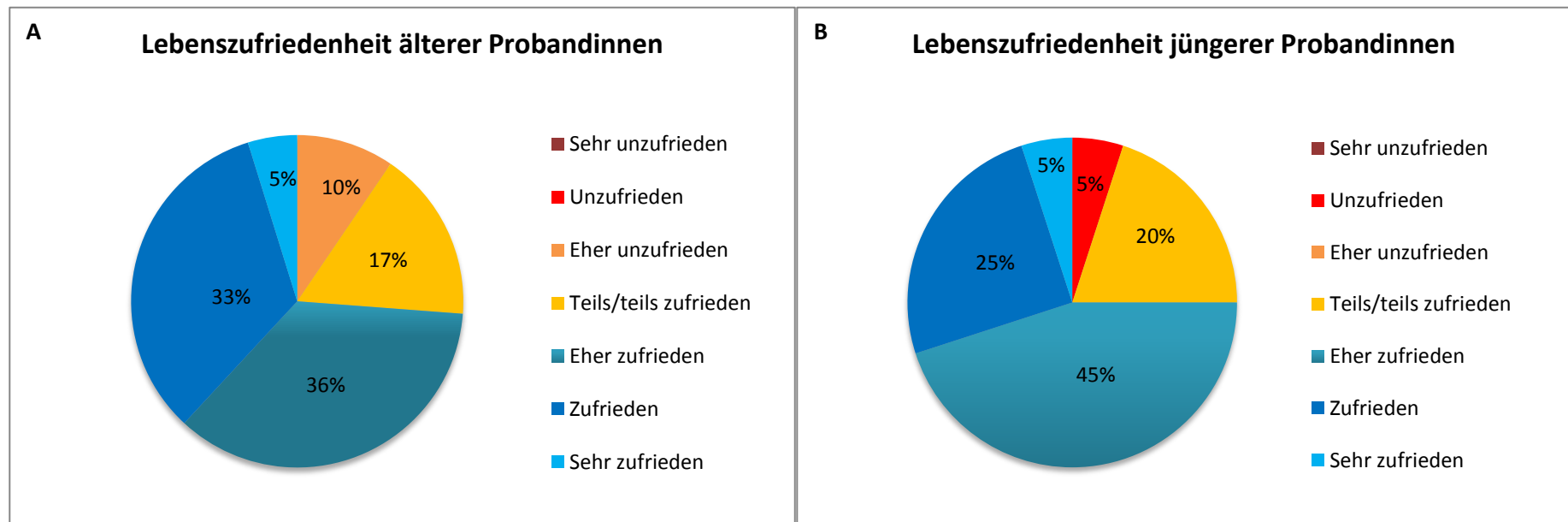


Abbildung 40: A) Lebenszufriedenheit älterer (N=42) und B) jüngerer (N= 20) Probandinnen

## **2. Vergleich älterer und jüngerer Probandinnen hinsichtlich circadianer Merkmale**

### **2.1 Abendlicher Verlauf circadianer Merkmale unter kontrollierten Bedingungen bei jüngeren und älteren Probandinnen**

#### ***2.1.1 Verlauf der Haut- und Körperkerntemperatur jüngerer und älterer Probandinnen im Abendprofil***

Die Hauttemperatur an Hand, Fuß, Oberschenkel und Wade wurde im Abendprofil von 17 bis 23 Uhr mittels Temperaturchips im Abstand von 10 Minuten aufgezeichnet. Zur Vereinfachung werden die stündlichen Mittelwerte graphisch dargestellt. Des Weiteren werden hier Spannweiten statt Standardabweichungen angegeben, da die Schwankungsbreite der Hauttemperatur hinsichtlich des Vergleichs älterer und jüngerer Probandinnen von Interesse ist. Die Ergebnisse befinden sich in A 27 bis A 38 im Anhang sowie in Abbildung 41.

Hinsichtlich der an der **Hand** gemessenen distalen Hauttemperatur zeigt sich bei jüngeren und älteren Probandinnen ein ähnlicher Verlauf (Abbildung 41A). Zwischen 17 bis 19 Uhr kommt es zunächst zu einem Abfall, welcher im tiefsten Wert um 19 Uhr mündet und anschließend zu einem Anstieg der Hauttemperatur, welcher bei älteren Probandinnen bis 21 Uhr und bei jüngeren Probandinnen bis 22 Uhr andauert. Der höchste Wert wird folglich von älteren Probandinnen eine Stunde früher erreicht als von jüngeren Probandinnen. Anschließend kommt es zu einem erneuten Abfall bis 23 Uhr. Bei älteren Probandinnen lässt sich eine Spannweite der Temperaturwerte von 32,0 °C um 19 Uhr bis 33,1 °C um 21 Uhr beobachten (Anhang A 27); sie beträgt folglich 1,1 °C. Jüngere Probandinnen zeigen mit einem Temperaturminimum von 32,3 °C um 19 Uhr und einem Temperaturmaximum von 33,3 °C um 22 Uhr eine Spannweite von 1,0 °C. Ältere Probandinnen weisen um 17 Uhr, 19 Uhr und 22 Uhr niedrigere Hand-Hauttemperatur-Mittelwerte als ältere Probandinnen auf, diese Unterschiede können jedoch nicht als statistisch signifikant abgesichert werden.

IV. Ergebnisse

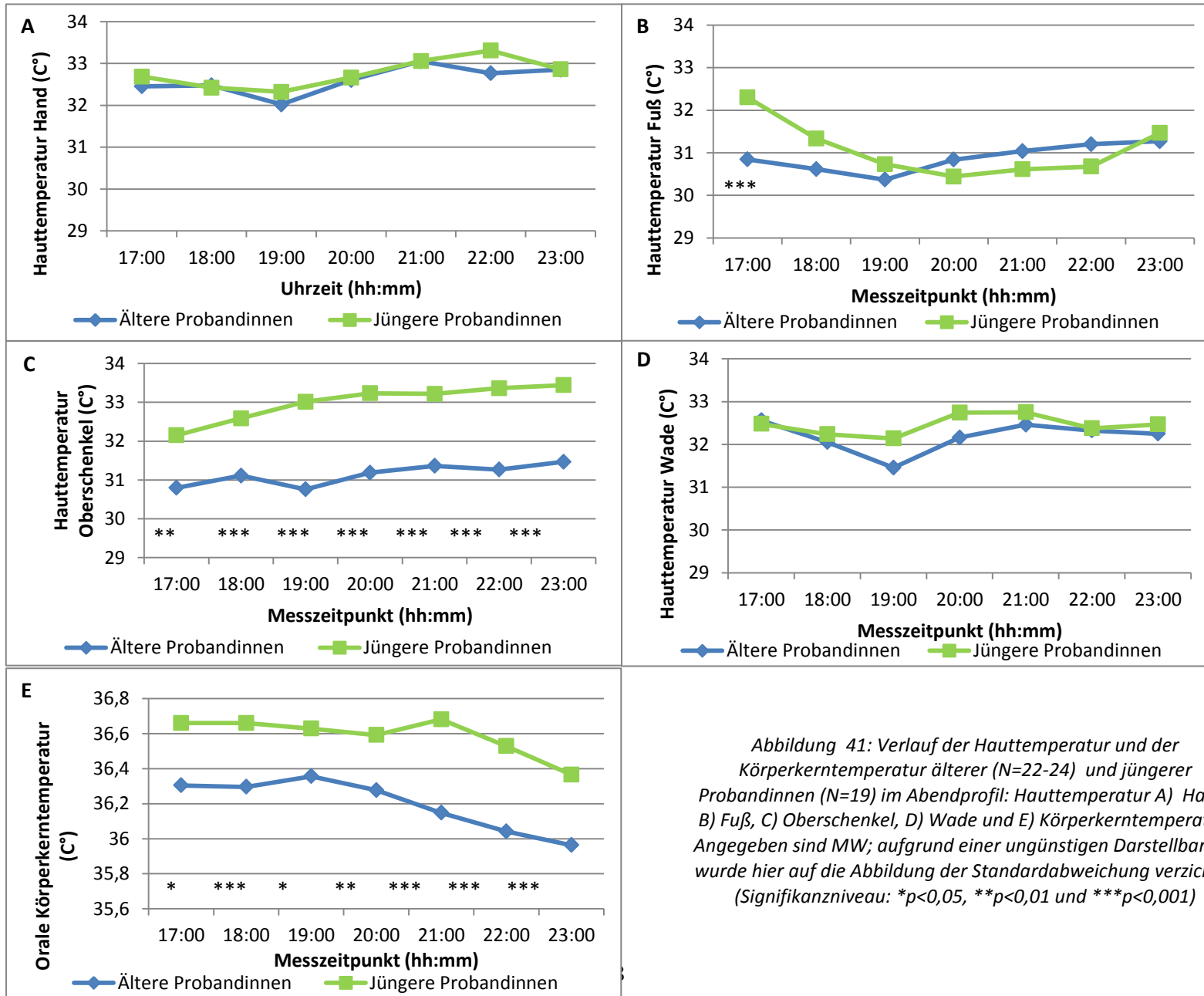


Abbildung 41: Verlauf der Hauttemperatur und der Körperkerntemperatur älterer (N=22-24) und jüngerer Probandinnen (N=19) im Abendprofil: Hauttemperatur A) Hand, B) Fuß, C) Oberschenkel, D) Wade und E) Körperkerntemperatur. Angegeben sind MW; aufgrund einer ungünstigen Darstellbarkeit wurde hier auf die Abbildung der Standardabweichung verzichtet (Signifikanzniveau: \* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$  und \*\*\* $p < 0,001$ )



#### IV. Ergebnisse

Hinsichtlich der am **Fuß** gemessenen distalen Hauttemperatur zeigt sich bei älteren und jüngeren Probandinnen ein unterschiedlicher Verlauf (Abbildung 41B). Bei beiden Gruppen ist zunächst ein Abfall zu beobachten, welcher bei jüngeren Probandinnen länger andauert als bei älteren Probandinnen. Ältere Probandinnen erreichen ihren tiefsten Wert um 19 Uhr, jüngere Probandinnen um 20 Uhr. Der dem Abfall folgende Anstieg beginnt bei älteren Probandinnen somit eine Stunde früher als bei jüngeren Probandinnen. Jüngere Probandinnen haben ihren höchsten Wert um 17 Uhr, ältere Probandinnen um 23 Uhr. Die Spannweite der Temperatur-Mittelwerte beträgt bei älteren Probandinnen 0,9 °C und bei jüngeren Probandinnen 1,9 °C. Ältere Probandinnen weisen von 17 bis 19 Uhr niedrigere und von 20 bis 22 Uhr höhere Hauttemperatur-Mittelwerte auf (Anhang A 30). Der Unterschied zwischen älteren und jüngeren Probandinnen kann um 17 Uhr als statistisch signifikant abgesichert werden (Abbildung 41B).

Hinsichtlich der am **Oberschenkel** gemessenen proximalen Hauttemperatur zeigt sich bei jüngeren Probandinnen ab 17 Uhr und bei älteren Probandinnen ab 18 Uhr ein kontinuierlicher Anstieg, welcher bei beiden Gruppen annähernd gleich verläuft und den höchsten Wert um 23 Uhr erreicht (Abbildung 41C). Zwischen 18 und 20 Uhr ist bei älteren Probandinnen ein Abfall, bei jüngeren hingegen weiterhin ein Anstieg festzustellen. Folglich erreichen ältere Probandinnen den tiefsten Wert zwei Stunden später als jüngere Probandinnen. Die Spannweite der Temperatur-Mittelwerte beträgt bei älteren Probandinnen 0,7 °C und bei jüngeren Probandinnen 1,2 °C. Ältere Probandinnen weisen kontinuierlich niedrigere Hauttemperatur-Mittelwerte auf als jüngere Probandinnen (Anhang A 33). Die Unterschiede zwischen älteren und jüngeren Probandinnen sind zu jedem Messzeitpunkt statistisch signifikant (Abbildung 41).

Der Verlauf der an der **Wade** gemessenen proximalen Hauttemperatur ist bei älteren und jüngeren Probandinnen ebenfalls vergleichbar (Abbildung 41D). Von 17 bis 19 Uhr kommt es zu einem Abfall, der um 19 Uhr im tiefsten Wert mündet und anschließend zu einem Anstieg, welcher bei älteren bis 21 Uhr andauert und damit eine Stunde länger als bei jüngeren Probandinnen. Demnach erreichen ältere Probandinnen den höchsten Hauttemperaturwert eine Stunde später als jüngere Probandinnen. Anschließend tritt ein erneuter Abfall auf, welcher bei älteren bis zum Ende des Abendprofils fort dauert, während er bei jüngeren Probandinnen in der letzten Stunde des Abendprofils in einem erneuten, wenn auch geringen Anstieg mündet. Die Spannweite der Temperatur-Mittelwerte beträgt bei älteren Probandinnen 0,8 °C und bei jüngeren 0,2 °C. Ältere Probandinnen weisen von 18 bis 21 Uhr sowie um 23 Uhr geringere Hauttemperatur-Mittelwerte als jüngere Probandinnen auf (Anhang A 36). Die Unterschiede können jedoch nicht als statistisch signifikant abgesichert werden (Abbildung 41D).

Die **Körperkerntemperatur** wurde im Abendprofil von 17 bis 23 Uhr oral mittels eines Thermometers im stündlichen Abstand bestimmt. Die Ergebnisse sind in A 39-41 im Anhang sowie in Abbildung 41E

dargestellt. Hinsichtlich der jüngeren Probandinnen ist von 17 bis 20 Uhr ein Abfall der Körperkerntemperatur zu verzeichnen, wohingegen sich bei älteren Probandinnen zunächst ein Anstieg zeigt, welcher um 20 Uhr den höchsten Wert erreicht (Abbildung 41E). Zwischen 20 und 21 Uhr ist dann auch bei den jüngeren Probandinnen ein Anstieg der Körperkerntemperatur zu verzeichnen, welcher um 21 Uhr im höchsten Wert mündet. Ab 19 Uhr zeigt sich bei älteren Probandinnen ein kontinuierlicher Abfall der Körperkerntemperatur, welcher mit einer Verzögerung von zwei Stunden auch bei älteren Probandinnen eintritt. Beide Gruppen erreichen um 23 Uhr den höchsten Wert ihrer Körperkerntemperatur. Die Spannweite der Temperatur-Mittelwerte beträgt bei älteren Probandinnen 0,4°C und bei jüngeren 0,3 °C. Ältere Probandinnen weisen durchgehend niedrigere Körperkerntemperatur-Mittelwerte als jüngere Probandinnen auf (Anhang A 37). Die Unterschiede können zu jedem Messzeitpunkt als statistisch signifikant abgesichert werden (Abbildung 41E).

#### ***2.1.2 Verlauf der Müdigkeit und Schläfrigkeit älterer und jüngerer Probandinnen im Abendprofil***

Die *subjektiv eingeschätzte Müdigkeit* wurde im Abendprofil von 17 bis 23 Uhr stündlich mittels der Karolinska-Sleepiness-Scale, die Schläfrigkeit mittels der Stanford-Sleepiness-Scale bestimmt. Die Ergebnisse sind in A 42-47 im Anhang sowie in Abbildung 42 dargestellt. Hinsichtlich der Müdigkeit zeigt sich ein kontinuierlicher Anstieg sowohl bei älteren als auch bei jüngeren Probandinnen (Abbildung 42A). Folglich tritt die geringste Müdigkeit um 17 Uhr und die höchste Müdigkeit um 23 Uhr auf (Anhang A 42). Ältere Probandinnen weisen um 17 Uhr sowie von 19 bis 23 Uhr eine geringere Müdigkeit auf als jüngere Probandinnen. Die Unterschiede können jedoch nicht als statistisch signifikant abgesichert werden (Abbildung 42 A). Hinsichtlich der *subjektiv eingeschätzten Schläfrigkeit* ist ebenfalls ein kontinuierlicher Anstieg bei älteren und jüngeren Probandinnen zu beobachten (Abbildung 42B). Der niedrigste Schläfrigkeitswert wird gegen 17 Uhr, der höchste um 23 Uhr erreicht. Ältere Probandinnen liegen hinsichtlich ihrer Schläfrigkeit zu allen Zeitpunkten unter der der jüngeren Probandinnen (Anhang A 45). Die Unterschiede können zum Zeitpunkt 22 und 23 Uhr als statistisch signifikant abgesichert werden (Abbildung 42B).

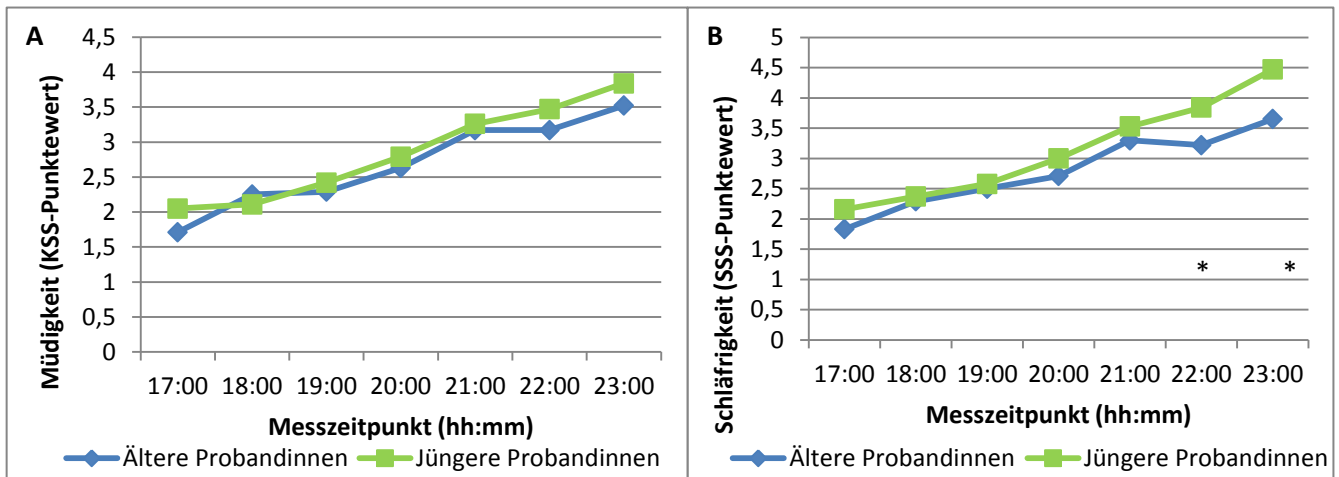


Abbildung 42: Verlauf der A) Müdigkeit und B) Schläfrigkeit älterer (N=22-24) und jüngerer Probandinnen (N=19) im Abendprofil von 17 bis 23 Uhr. Angegeben sind Mittelwerte; aufgrund einer ungünstigen Darstellbarkeit wurde hier auf die Abbildung der Standardabweichung verzichtet (Signifikanzniveau: \* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$  und \*\*\* $p < 0,001$ )

Die objektive Schläfrigkeit wurde im Abendprofil um 17 und um 21 Uhr mittels des pupillographischen Schläfrigkeitstests erfasst. Die Messung erfolgte am rechten Auge. Die Ergebnisse sind in A 48-53 im Anhang sowie in Abbildung 43 dargestellt. Zum einen wird im Rahmen der Schläfrigkeitsmessung der **Pupillendurchmesser** gemessen. Ältere Probandinnen weisen zum ersten Messzeitpunkt einen Mittelwert von 5,1 mm und eine Standardabweichung von 1,0 mm auf, während jüngere Probandinnen einen mittleren Pupillendurchmesser von 6,8 mm mit einer Standardabweichung von 1,0 mm zeigen (Anhang A 48 und A 49). Zum zweiten Messzeitpunkt bewegen sich ältere Probandinnen hinsichtlich ihres Pupillendurchmessers in einem Bereich von  $5,3 \pm 9,3$  mm; bei jüngeren beträgt der mittlere Pupillendurchmesser  $9,0 \pm 0,9$  mm (Anhang A 48). Wird der Mittelwert des Pupillendurchmessers zwischen beiden Messzeitpunkten verglichen, zeigt sich zum einen bei beiden Gruppen eine Zunahme vom ersten zum zweiten Messzeitpunkt. Zum anderen weisen ältere Probandinnen zu beiden Messzeitpunkten einen geringeren Pupillendurchmesser auf als jüngere Probandinnen (Abbildung 43 A). Die Unterschiede können als statistisch signifikant abgesichert werden (Abbildung 43A).

Des Weiteren wird im Rahmen der pupillographischen Schläfrigkeitsmessung der **Pupillenunruheindex (PUI)** erfasst. Ältere Probandinnen weisen hinsichtlich des PUI zum ersten Messzeitpunkt einen Mittelwert von  $4,6 \pm 2,2$  mm/min auf, während jüngere Probandinnen bei  $5,1 \pm 2,4$  mm/min liegen (Tab. 24a, Anhang). Hinsichtlich des zweiten Messzeitpunktes zeigen ältere Probandinnen einen Mittelwert von  $4,2 \pm 1,9$  mm/min, während bei jüngeren Probandinnen der Mittelwert  $4,7 \pm 2,3$  mm/min beträgt (Anhang A 48 und A 49). Der Vergleich des mittleren PUI zwischen beiden Messzeitpunkten zeigt zum einen eine Abnahme vom ersten zum zweiten

#### IV. Ergebnisse

Messzeitpunkt bei beiden Gruppen. Zum anderen wird ersichtlich, dass ältere Probandinnen zu beiden Messzeitpunkten unter den PUI-Mittelwerten der jüngeren Probandinnen liegen (Abbildung 43B). Neben dem PUI wurde auch der **relative Pupillenunruheindex (rPUI)** erfasst, welcher den Anfangsdurchmesser der Pupille mit einbezieht. Zum ersten Messzeitpunkt beträgt der Mittelwert bei älteren Probandinnen  $0,9 \pm 0,4$  1/min, während sich jüngere Probandinnen im Rahmen von  $0,7 \pm 0,4$  1/min bewegen. Hinsichtlich des zweiten Messzeitpunkts zeigt sich bei älteren Probandinnen ein Mittelwert von  $0,8 \pm 0,3$  1/min, bei jüngeren von  $0,7 \pm 0,4$  1/min (Tab. 24a, Anhang). Der Vergleich des Mittelwerts beider Messzeitpunkte ergibt zum einen eine Abnahme des rPUI vom ersten zum zweiten Messzeitpunkt. Zum anderen zeigt sich, dass ältere Probandinnen zu beiden Messzeitpunkten einen höheren rPUI aufweisen als jüngere Probandinnen. Die Unterschiede sind jedoch statistisch nicht signifikant (Abbildung 43C).

Neben den bisher beschriebenen Variablen wurde der **absolute** sowie **relative Monotonie-Resistenz-Status (rMRS)** erfasst. Ältere Probandinnen weisen zum ersten Messzeitpunkt hinsichtlich des absoluten MRS einen Mittelwert von  $89,7 \pm 8$  % und hinsichtlich des rMRS einen Mittelwert von  $85,7 \pm 10$  % auf, während sich jüngere Probandinnen in einem Rahmen von  $87,4 \pm 9$  % hinsichtlich des MRS und  $88,5 \pm 10$  % hinsichtlich des rMRS bewegen (Anhang A 48 und A 49). Zum zweiten Messzeitpunkt beträgt der Mittelwert bei älteren Probandinnen hinsichtlich des MRS  $91,2 \pm 7$  % und des rMRS  $88,0 \pm 8$  %, während jüngere Probandinnen in einem Bereich von  $89,1 \pm 9$  % bezüglich des MRS und  $90,4 \pm 10$  % bezüglich des rMRS liegen. Der Vergleich des Mittelwerts des MRS und rMRS zwischen erstem und zweitem Messzeitpunkt zeigt zum einen eine Zunahme bei beiden Gruppen. Zum anderen wird ersichtlich, dass ältere Probandinnen zu beiden Messzeitpunkten einen höheren MRS-Wert sowie niedrigeren rMRS-Wert als jüngere Probandinnen aufweisen. Die Unterschiede sind jedoch nicht statistisch signifikant (Abbildung 43D).

IV. Ergebnisse

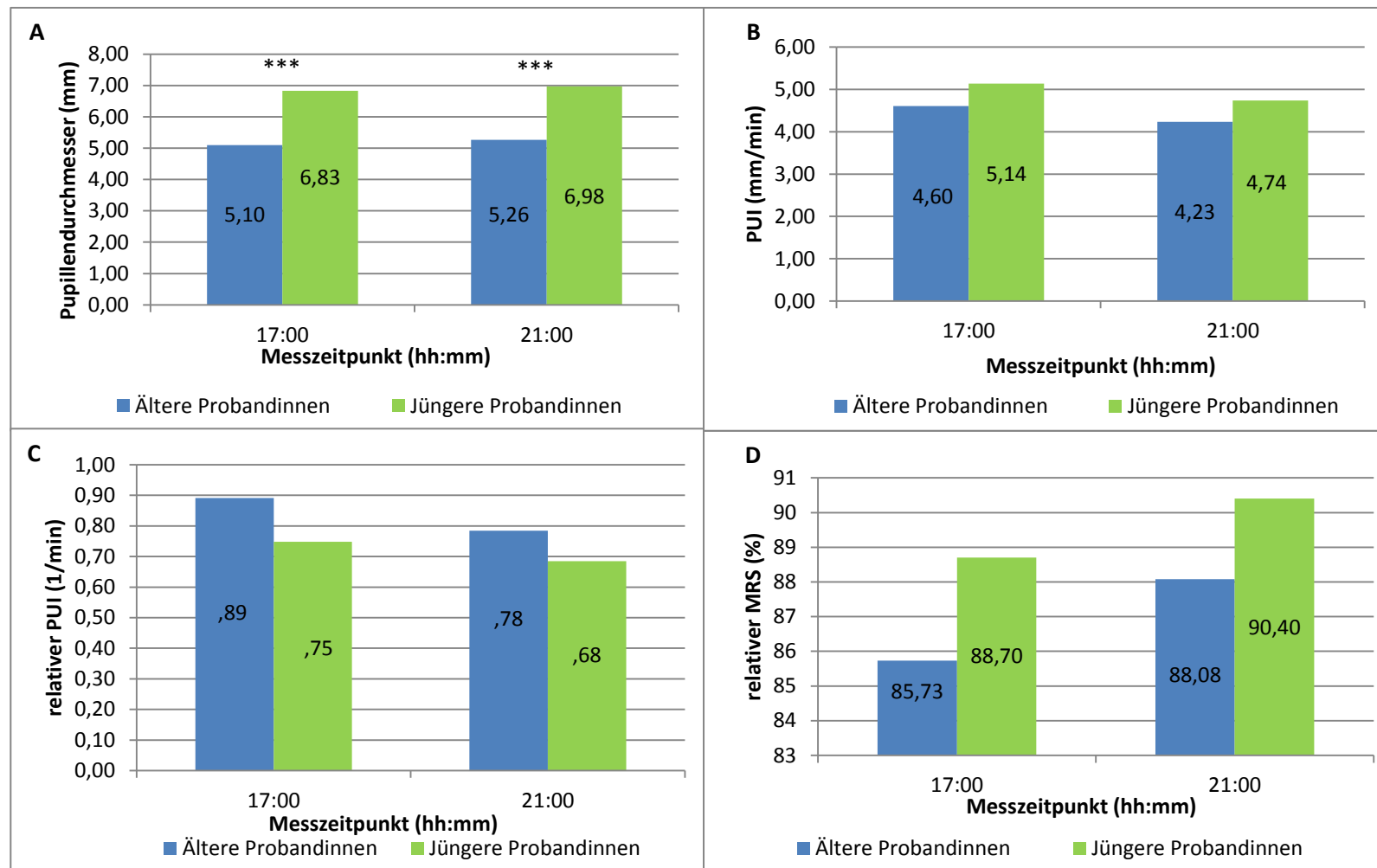


Abbildung 43: Vergleich verschiedener Variablen des pupillographischen Schläfrigkeitstests zwischen jüngeren (N=20) und älteren (N=25/26) Probandinnen: A) Pupillendurchmesser, B) Pupillenunruheindex, C) relativer und D) relativer Monotonie-Resistenz-Status. Angegeben sind Mittelwertwerte; aufgrund einer ungünstigen Darstellbarkeit wurde hier auf die Abbildung der SD verzichtet (Signifikanzniveau: \* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$  und \*\*\* $p < 0,001$ )

### 2.1.3 Verlauf der Herzfrequenz jüngerer und älterer Probandinnen im Abendprofil

Die Herzfrequenz wurde im Abendprofil von 17 bis 23 Uhr mittels Variografen im Abstand von 10 Minuten aufgezeichnet. Zur Vereinfachung wurden stündliche Mittelwerte gebildet. Die Ergebnisse sind in A 54-56 im Anhang sowie in Abbildung 44 dargestellt. Sowohl bei jüngeren als auch bei älteren Probandinnen zeigt sich zunächst ein Abfall bis 18 Uhr (Abbildung 44). Anschließend kommt es zu einem Anstieg der Herzfrequenz, welcher bei jüngeren Probandinnen eine Stunde länger andauert und stärker ausfällt als bei älteren Probandinnen. Ab 19 Uhr fällt die Herzfrequenz bei älteren Probandinnen kontinuierlich bis zum Ende des Abendprofils um 23 Uhr ab, während sich dies bei jüngeren Probandinnen ab 20 Uhr ereignet. Ältere Probandinnen liegen hinsichtlich ihrer Herzfrequenz kontinuierlich unter den Mittelwerten jüngerer Probandinnen (Anhang A 54). Die Unterschiede können zu den Messzeitpunkten 17:10- 18 Uhr und 19:10 - 20 Uhr als statistisch signifikant abgesichert werden (Abbildung 44).

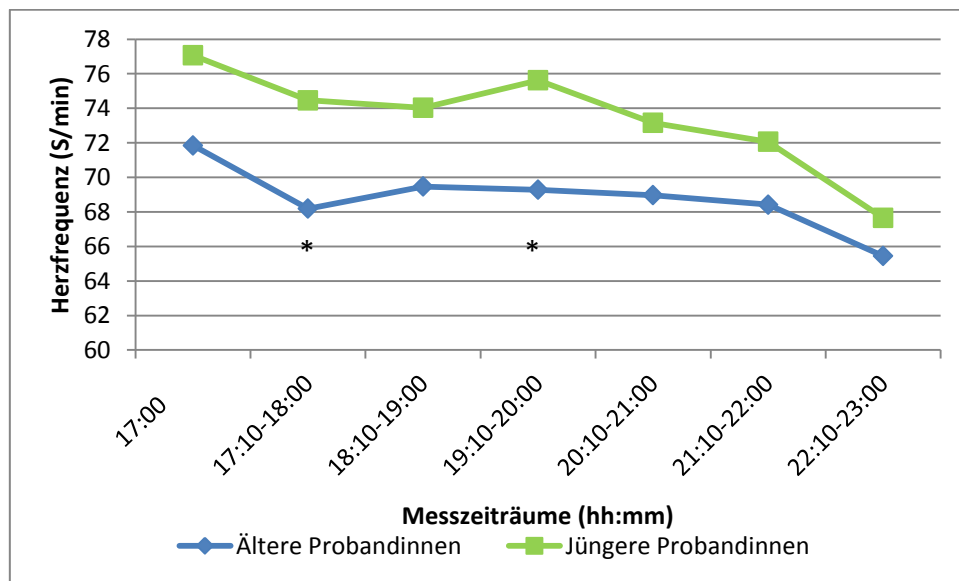


Abbildung 44: Verlauf der Herzfrequenz jüngerer (N=13-15) und älterer (N= 14-17) Probandinnen im Abendprofil von 17 bis 23 Uhr. Angegeben sind Mittelwerte; aufgrund einer ungünstigen Darstellbarkeit wurde hier auf die Abbildung der Standardabweichung verzichtet (Signifikanzniveau: \* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$  und \*\*\* $p < 0,001$ )

## 2.2 Gegenüberstellung circadianer Rhythmen älterer und jüngerer Probandinnen unter natürlichen Bedingungen

### 2.2.1 Vergleich des Haut- und Körperkerntemperatur-Rhythmus älterer und jüngerer Probandinnen unter natürlichen Bedingungen

Zur Gegenüberstellung der circadianen Rhythmik der Hauttemperatur an Hand, Fuß, Oberschenkel und Wade älterer und jüngerer Probandinnen wurden verschiedene Rhythmusvariablen über sieben

#### IV. Ergebnisse

Studientage (bei vorhandenen Datenlücken mindestens über 5 Studientage) erfasst und deren Mittelwerte getrennt nach Rhythmusvariablen zwischen jüngeren und älteren Probandinnen verglichen. Es wurden sechs Rhythmusvariablen ausgewählt, welche hinsichtlich der circadianen Rhythmik Hauttemperatur aussagekräftig sind und zudem in der Literatur häufig verwendet werden, um circadiane Rhythmen zu beschreiben. Die Ergebnisse zu Mittelwert und Standardabweichung sowie zur Normalverteilung sind in A 57-68 im Anhang dargestellt; die Testbefunde zum Vergleich älterer und jüngerer Probandinnen befinden sich in Tabelle 13 bis Tabelle 17 im Text.

Zunächst werden die Ergebnisse beschrieben, welche sich auf den Vergleich der circadianen Rhythmik der an der **Hand** gemessenen Hauttemperatur beziehen. Die Rhythmusvariable % Rhythmus weist darauf hin, dass bei älteren Frauen mit 68,2% ein höherer Anteil der erfassten Daten durch die Cosinorfunktion erklärt werden kann als bei jüngeren Probandinnen, bei welchen es nur 62,6 % sind. Hinsichtlich der Rhythmusvariablen Mesor und Amplitude zeigen sich bei älteren Frauen niedrigere Mittelwerte im Vergleich zu jüngeren Frauen. Des Weiteren weisen ältere Probandinnen eine frühere Akrophase sowie ein zeitlich späteres Auftreten von Nachtpeak 1 und 2 auf (Anhang A 57). Die Unterschiede können jedoch nicht als statistisch signifikant abgesichert werden (Tabelle 13).

*Tabelle 13: Vergleich von Rhythmusvariablen der an der Hand gemessenen Hauttemperatur zwischen jüngeren und älteren Probandinnen*

Rhythmusvariablen Hauttemperatur <i>Hand</i>	N Ältere/ Jüngere	MW 7 Studientage Ältere/ Jüngere		MW Ältere/ Jüngere	t-test für unabhängige Stichproben		Mann-Withney- U Test	
				Uhrzeit	t	p	Z	p
% Rhythmus	41/19	68,17/	62,61	-	1,836	0,071	-	-
Mesor (°C)	41/19	32,97/	33,13	-	-	-	-0,183	0,855
Amplitude (°C)	41/19	1,44/	1,54	-	-0,590	0,557	-	-
Akrophase (min)	41/19	1576,20/	1615,12	01:46/ 02:33	-1,913	0,061	-	-
Nachtpeak 1 (min)	41/19	1675,79/	1654,49	03:33/ 03:21	1,328	0,189	-	-
Nachtpeak 2 (min)	41/19	1675,79/	1654,49	03:33/ 03:21	1,328	0,189	-	-

Als nächstes werden die hinsichtlich der circadianen Rhythmik der am **Fuß** gemessenen Hauttemperatur erzielten Ergebnisse beschrieben. Die Ergebnisse zu Mittelwert, Standardabweichung sowie Normalverteilung sind in A 60-62 im Anhang dargestellt; die Testbefunde

#### IV. Ergebnisse

zum Vergleich jüngere und älterer Probandinnen befinden sich in Tabelle 14 im Text. Es zeigt sich, dass ältere Probandinnen eine höhere Amplitude sowie ein zeitlich früheres Auftreten von Nachtpeak 1 und 2 aufweisen. Die Unterschiede sind jedoch statistisch nicht signifikant. Hinsichtlich des Mesors weisen ältere Probandinnen niedrigere Mittelwerte als jüngere Probandinnen auf; des Weiteren erreichen sie die Akrophase früher (Anhang A 60). Zudem deutet der höhere Mittelwert des % Rhythmus bei älteren Probandinnen darauf hin, dass ein höherer Anteil der erfassten Daten (84,5 %) durch die Cosinorfunktion beschrieben werden kann. Die Unterschiede hinsichtlich % Rhythmus, Mesor und Akrophase können als statistisch signifikant abgesichert werden (Tabelle 14).

Tabelle 14: Vergleich von Rhythmusvariablen der am Fuß gemessenen Hauttemperatur zwischen jüngeren und älteren Probandinnen

Rhythmusvariablen Hauttemperatur Fuß	N Ältere/ Jüngere	MW 7 Studientage Ältere/ Jüngere	MW	t-test für unabhängige Stichproben	
			Ältere/ Jüngere Uhrzeit	t	p
% Rhythmus	41/19	<b>84,54/ 80,44</b>	-	2,269	<b>0,027</b>
Mesor (°C)	41/19	<b>31,52/ 32,04</b>	-	-2,274	<b>0,027</b>
Amplitude (°C)	41/19	2,24/ 2,15	-	0,381	0,705
Akrophase (min)	41/19	<b>1609,53/ 1672,02</b>	<b>02:30/ 03:31</b>	-3,202	<b>0,002</b>
Nachtpeak 1 (min)	41/19	1672,37/ 1677,48	03:31/03:34	-0,257	0,798
Nachtpeak 2 (min)	41/19	1656,17/ 1685,66	03:22/03:39	-1,595	0,115

Die hinsichtlich der circadianen Rhythmik der am **Oberschenkel** gemessenen Hauttemperatur erzielten Ergebnisse sind A 63-65 im Anhang (MW, SD und Normalverteilung) sowie in Tabelle 15 im Text (Testbefunde zum Vergleich zwischen jüngeren und älteren Probandinnen) dargestellt. Es zeigt sich, dass ältere Probandinnen die Akrophase sowie Nachtpeak 2 früher, Nachtpeak 1 jedoch später erreichen als jüngere Probandinnen. Die Unterschiede sind jedoch statistisch nicht signifikant. Hinsichtlich des Mesors weisen ältere Probandinnen niedrigere und hinsichtlich der Amplitude höhere Mittelwerte im Vergleich zu jüngeren Probandinnen auf. Zudem deutet der höhere Mittelwert des % Rhythmus bei älteren Probandinnen an, dass ein höherer prozentualer Anteil der erfassten Daten durch die Cosinorfunktion erklärt werden kann im Vergleich zu jüngeren Probandinnen. Die Unterschiede hinsichtlich % Rhythmus, Mesor und Amplitude können als statistisch signifikant abgesichert werden (Tabelle 15).



#### IV. Ergebnisse

Tabelle 15: Vergleich von Rhythmusvariablen der am Oberschenkel gemessenen Hauttemperatur zwischen jüngeren und älteren Probandinnen

Rhythmusvariablen Hauttemperatur Oberschenkel	N Ältere/ Jüngere	MW 7 Studientage Ältere/ Jüngere	MW	t-test für unabhängige Stichproben	
			Ältere/Jüngere	Uhrzeit	t
% Rhythmus	41/18	<b>84,07/ 78,01</b>	-	4,001	<b>&gt;0,001</b>
Mesor (°C)	41/18	<b>31,56/ 32,44</b>	-	-4,807	<b>&gt;0,001</b>
Amplitude (°C)	41/18	<b>2,97/ 2,25</b>	-	3,911	<b>&gt;0,001</b>
Akrophase (min)	41/18	1606,84/ 1614,76	02:28/ 02:33	-0,438	0,663
Nachtpeak 1 (min)	41/18	1680,28/ 1642,14	03:36/ 03:13	1,950	0,056
Nachtpeak 2 (min)	41/18	1654,79/ 1702,39	03:21/ 04:13	-2,449	0,170

Die Ergebnisse zur circadianen Rhythmik der an der **Wade** gemessenen Hauttemperatur sind in A 66-68 im Anhang (MW, SD und Normalverteilung) sowie in Tabelle 16 im Text (Testbefunde zum Vergleich älterer und jüngerer Probandinnen) dargestellt. Es zeigt sich, dass ältere Probandinnen eine niedrigere Amplitude, eine spätere Akrophase, einen späteren Nachtpeak 1 sowie einen früheren Nachtpeak 2 im Vergleich zu jüngeren Probandinnen aufweisen. Des Weiteren weisen sie einen höheren % Rhythmuswert auf, der darauf hindeutet, dass ein höherer prozentualer Anteil der Daten durch die Cosinorfunktion erklärt werden kann. Die Unterschiede können jedoch nicht als statistisch signifikant abgesichert werden (Tabelle 16). Hinsichtlich des Mesor weisen ältere Probandinnen einen niedrigeren Wert auf. Der Unterschied ist statistisch signifikant.

Tabelle 16: Vergleich von Rhythmusvariablen der an der Wade gemessenen Hauttemperatur zwischen jüngeren und älteren Probandinnen

Rhythmusvariablen Hauttemperatur Wade	N Ältere/ Jüngere	MW 7 Studientage Ältere/Jüngere	MW	t-test für unabhängige Stichproben		Mann- Withney-U Test	
			Ältere/Jüngere	Uhrzeit	t	p	Z
% Rhythmus	40/19	77,36/ 75,16	-	0,977	0,333	-	-
Mesor (°C)	40/19	<b>31,74/ 32,16</b>	-	-2,228	<b>0,030</b>	-	-
Amplitude (°C)	40/19	2,01/ 2,11	-	-0,545	0,588	-	-
Akrophase (min)	40/19	1644,74/	03:15/ 02:57	-	-	-	0,491
Nachtpeak 1 (min)	40/19	1677,16/	03:34/ 03:20	1,137	0,260	-	-
Nachtpeak 2 (min)	38/19	1654,55/	03:21/ 03:35	-1,407	0,165	-	-

#### IV. Ergebnisse

Auch die über die Studienwoche oral erfasste abendliche und morgendliche **Körperkerntemperatur** wurde jeweils zwischen jüngeren und älteren Probandinnen verglichen. Die Ergebnisse zu Mittelwert, Standardabweichung und Normalverteilung sind in A 69-71 im Anhang dargestellt; die Testbefunde zum Vergleich zwischen jüngeren und älteren Probandinnen befinden sich in Tabelle 17 im Text. Es zeigt sich, dass ältere Probandinnen abends und morgens eine niedrigere orale Körperkerntemperatur aufweisen als jüngere Probandinnen. Die Unterschiede können als statistisch signifikant abgesichert werden (Tabelle 17).

Tabelle 17: Vergleich der morgens und abends gemessenen oralen Körperkerntemperatur zwischen jüngeren und älteren Probandinnen

Rhythmusvariablen orale Körperkerntemperatur	N  Ältere/ Jüngere	MW 7 Studientage  Ältere/Jüngere	t-test für unabhängige Stichproben	
			t	p
Abends (°C)	34/ 20	<b>36,14/ 36,30</b>	-2,502	<b>0,016</b>
Morgens (°C)	37/ 20	<b>36,22/ 36,50</b>	-5,649	<b>&gt;0,001</b>

#### 2.2.2 Vergleich des Schlaf-Wach-Rhythmus älterer und jüngerer Probandinnen unter natürlichen Bedingungen

Zum Vergleich des Schlaf-Wach-Rhythmus zwischen jüngeren und älteren Probandinnen wurden verschiedene Variablen des von den Probandinnen über die Studienwoche geführten Schlaftagebuchs untersucht und deren Mittelwerte über sieben Studientage getrennt nach Variablen zwischen jüngeren und älteren Probandinnen verglichen. Die Ergebnisse zu Mittelwert, Standardabweichung und Normalverteilung sind in A 72-73 im Anhang dargestellt; die Testbefunde zum Vergleich zwischen jüngeren und älteren Probandinnen befinden sich in Tabelle 18 im Text. Die geringere Probandenanzahl hinsichtlich der Variablen „Zeitpunkt des Licht Anschaltens“ lässt sich dadurch erklären, dass einige Probandinnen aufgrund des bereits vorhandenen Tageslichts beim Aufwachen am Morgen kein Licht anschalten mussten. Dies betraf vor allem die zur Sommerzeit untersuchten Probandinnen, die keine nächtliche Verdunkelung durch Jalousien vornahmen.

Es zeigt sich, dass ältere Probandinnen eine *frühere Zubettgehzeit*, einen *früheren abendlichen Zeitpunkt des Lichtlöschens*, einen *früheren morgendlichen Zeitpunkt des Licht Anschaltens* sowie eine *frühere Aufstehzeit* am Morgen im Vergleich zu jüngeren Probandinnen aufweisen. Die Unterschiede sind jedoch statistisch nicht signifikant. Des Weiteren zeigen ältere Probandinnen einen *früheren Aufwachzeitpunkt* als jüngere Probandinnen auf. Der Unterschied kann als statistisch signifikant abgesichert werden (Tabelle 18).

Tabelle 18: Vergleich von Variablen des Schlaf-Wach-Rhythmus zwischen jüngeren und älteren Probandinnen

Schlafstagebuch-Variablen des Schlaf-Wach-Rhythmus	N Ältere/ Jüngere	MW 7 Studientage Ältere/ Jüngere	MW	t-test für unabhängige Stichproben	
			Ältere/Jüngere	Uhrzeit	t
Zubettgehzeit am Abend(min)	42/ 20	1378,59/ 1395,26	22:35/ 22:45	-1,551	0,126
Zeitpunkt des Lichtlöschens am Abend (min)	42/ 20	1401,60/ 1417,07	23:13/ 23:22	-1,491	0,141
Zeitpunkt des Aufwachens am Morgen (min)	42/ 20	<b>416,93/ 451,91</b>	<b>06:58/ 07:19</b>	-2,886	<b>0,005</b>
Zeitpunkt des Licht Anschaltens am Morgen (min)	37/ 12	432,31/ 458,41	07:07/ 07:23	-1,988	0,053
Aufstehzeit am Morgen (min)	42/ 20	454,01/ 476,89	07:21/ 07:34	-1,702	0,094

### 2.2.3 Vergleich des Herzfrequenz-Rhythmus älterer und jüngerer Probandinnen unter natürlichen Bedingungen

Zum Vergleich der Herzfrequenz zwischen jüngeren und älteren Probandinnen wurden verschiedene Rhythmusvariablen über zwei Studientage erfasst und deren Mittelwerte getrennt nach Rhythmusvariablen zwischen jüngeren und älteren Probandinnen verglichen. Es wurden sechs Rhythmusvariablen ausgewählt, welche hinsichtlich der circadianen Rhythmik Herzfrequenz aussagekräftig sind und zudem in der Literatur häufig verwendet werden, um circadiane Rhythmen zu beschreiben. Die Ergebnisse zu Mittelwert, Standardabweichung sowie Normalverteilung sind in A 75-76 im Anhang dargestellt; die Testbefunde zum Vergleich jüngerer und älterer Probandinnen befinden sich in Tabelle 19 im Text. Die geringeren Probandenzahlen hinsichtlich der beiden Rhythmusvariablen Amplitude und Akrophase lassen sich dadurch erklären, dass diese beiden Variablen zum Teil durch die Software Chronos Fit nicht berechnet wurden.

Es zeigt sich, dass ältere Probandinnen einen höheren Mesor, eine spätere Akrophase, ein früheres Minimum sowie ein späteres Maximum aufweisen im Vergleich zu jüngeren Probandinnen. Zudem ist bei älteren Probandinnen der Mittelwert des % Rhythmus höher als bei jüngeren Probandinnen. Die

#### IV. Ergebnisse

Unterschiede sind statistisch nicht signifikant. Des Weiteren weisen ältere Probandinnen eine geringere Amplitude als jüngere Probandinnen auf. Dieser Unterschied kann als statistisch signifikant abgesichert werden (Tabelle 19).

Tabelle 19: Vergleich von Rhythmusvariablen der Herzfrequenz zwischen jüngeren und älteren Probandinnen

Rhythmusvariablen Herzfrequenz	N Ältere/ Jüngere	MW 2 Studientage Ältere/Jüngere	MW	T-Test für unabhängige Stichproben	
			Ältere/Jüngere	Uhrzeit	t
% Rhythmus	28/ 16	57,29/ 54,10	-	0,795	0,431
Mesor (S/min)	28/ 16	78,47/ 77,33	-	0,366	0,716
Amplitude (S/min)	25/ 15	<b>11,88/ 14,55</b>	-	-2,070	<b>0,045</b>
Akrophase (S/min)	25/ 15	972,64/ 904,90	-	1,124	0,269
Uhrzeit Minimum (min)	28/ 16	1650,36/ 1678,56	03:18/ 03:35	-0,550	0,585
Uhrzeit Maximum (min)	28/ 16	1146,63/ 1069,66	19:04/ 17:30	0,720	0,476

S/min= Schläge pro Minute

### 2.3 Reproduzierbarkeit circadianer Rhythmen älterer und jüngerer Probandinnen unter natürlichen Bedingungen

#### 2.3.1 Reproduzierbarkeit des Haut- und Körperkerntemperatur-Rhythmus älterer und jüngerer Probandinnen unter natürlichen Bedingungen

Zur Überprüfung der Reproduzierbarkeit der circadianen Rhythmik der Hauttemperatur an Hand, Fuß, Oberschenkel und Wade über sieben Studientage wurden verschiedene Rhythmusvariablen erfasst und jeweils über sieben Studientage verglichen. Es wurden fünf Rhythmusvariablen ausgewählt, welche hinsichtlich der Reproduzierbarkeit der Hauttemperatur am aussagekräftigsten sind und zudem in der Literatur häufig verwendet werden, um circadiane Rhythmen zu beschreiben. Die Ergebnisse zu Mittelwert und Standardabweichung sowie zur Normalverteilung sind in A 78-120 im Anhang dargestellt; die Testbefunde zur Reproduzierbarkeit befinden sich in Tabelle 20-24 im Text. Schwankende Probandenzahlen sind darin begründet, dass sich ein oder mehrere Temperaturchips während der Studienwoche gelöst hatten oder verloren wurden, so dass zum Teil

#### IV. Ergebnisse

verfälschte oder keine Mittelwerte gemessen werden konnten. Zudem fand in wenigen Fällen keine Berechnung der Amplitude und Akrophase durch die Software statt.

Zunächst werden die hinsichtlich der an der **Hand** gemessenen Hauttemperatur erfassten Rhythmusvariablen beschrieben. Die Ergebnisse zu Mittelwert, Standardabweichung und Normalverteilung sind in A 78-87 im Anhang dargestellt; die Testbefunde zur Reproduzierbarkeit befinden sich in Tabelle 20 im Text. Hinsichtlich der sechs untersuchten Rhythmusvariablen % Rhythmus, *Mesor*, *Amplitude*, *Akrophase* sowie der *zeitlichen Lage von Nachtpeak 1 und 2* zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den sieben Studientagen. Folglich kann für beide Altersgruppen die Reproduzierbarkeit der fünf untersuchten Rhythmusvariablen hinsichtlich der circadianen Rhythmik der an der Hand gemessenen Hauttemperatur über die Studienwoche angenommen werden. Des Weiteren liegen keine altersbedingten Einflüsse vor, wie der Test auf Zwischensubjekteffekte zeigt (Tabelle 20).

Tabelle 20: Untersuchung auf Reproduzierbarkeit von Rhythmusvariablen der an der Hand gemessenen Hauttemperatur

#### A

Rhythmusvariablen Hauttemperatur <i>Hand</i> ANOVA mit Messwertwiederholung	N Ältere/ Jüngere	Mauchly-Test auf		Test der Innersubjekteffekte		Test der Zwischensubjekteffekte		
		W	p	F	p	F	p	p <sub>c</sub> <sup>1</sup>
% Rhythmus	-/19	0,762	0,769	0,315	0,929	3,372	0,071	-
Mesor (°C)	-/19	0,086	0,008	0,711	0,642	-	-	-
Amplitude (°C)	38/ -	0,440	0,098	0,357	0,906	-	-	-
Akrophase (min)	-/18	0,258	0,469	1,822	0,102	-	-	-
Nachtpeak 1 (min)	41/19	0,717	0,552	0,206	0,975	1,763	0,189	-
Nachtpeak 2 (min)	27/14	0,648	0,719	0,386	0,888	3,173	0,083	-

<sup>1</sup>post hoc Korrektur nach Bonferroni für multiples Testen

#### B

Rhythmusvariablen Hauttemperatur <i>Hand</i> Friedman-Test	N Ältere/ Jüngere	Chi <sup>2</sup>	p
Mesor (°C)	41/-	2,589	0,858
Amplitude (°C)	-/18	3,200	0,783
Akrophase (°C)	38/-	2,997	0,809

#### IV. Ergebnisse

Im Folgenden werden die hinsichtlich der am **Fuß** gemessenen Hauttemperatur erfassten Rhythmusvariablen beschrieben. Die Ergebnisse zu Mittelwert und Standardabweichung sowie zur Normalverteilung sind in A 88-97 im Anhang dargestellt; Tabelle 21 im Text zeigt die Testbefunde zur Reproduzierbarkeit. Hinsichtlich der sechs untersuchten Rhythmusvariablen % Rhythmus, *Mesor*, *Amplitude*, *Akrophase* sowie der zeitlichen *Länge von Nachtpeak 1 und 2* kann für beide Altersgruppen über sieben Studientage die Reproduzierbarkeit angenommen werden, da der Test auf Innersubjekteffekte keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Studientagen zeigt. Des Weiteren liegen keine signifikanten altersbedingten Einflüsse vor, wie der Test der Zwischensubjekteffekte verdeutlicht (es wurde eine post hoc Korrektur nach Bonferroni für multiples Testen verwendet).

Tabelle 21: Untersuchung auf Reproduzierbarkeit von Rhythmusvariablen der am Fuß gemessenen Hauttemperatur

Rhythmusvariablen Hauttemperatur Fuß ANOVA mit Messwertwiederholung	N Ältere/ Jüngere	Mauchly-Test auf Sphärizität		Test der Innersubjekteffekt		Test der Zwischensubjekteffekt		
		W	p	F	p	F	p	p <sub>c</sub> <sup>1</sup>
% Rhythmus	40/19	0,53	0,025	0,774	0,569	5,14	0,027	n.s.
Mesor (°C)	40/19	0,18	0,000	0,910	0,454	5,50	0,022	n.s.
Amplitude (°C)	40/18	0,65	0,290	1,723	0,115	0,06	0,806	-
Akrophase (min)	40/18	0,53	0,031	1,326	0,254	11,9	0,001	n.s.
Nachtpeak 1 (min)	40/19	0,77	0,830	1,223	0,294	0,07	0,784	-
Nachtpeak 2 (min)	30/14	0,50	0,124	0,820	0,555	1,40	0,243	-

<sup>1</sup>post hoc Korrektur nach Bonferroni für multiples Testen

Es folgt die Beschreibung der Rhythmusvariablen der am **Oberschenkel** gemessenen Hauttemperatur. Die Ergebnisse zu Mittelwert, Standardabweichung sowie zur Normalverteilung sind in A 98-107 im Anhang dargestellt; die Testbefunde zur Reproduzierbarkeit befinden sich in Tabelle 22 im Text. Hinsichtlich der fünf untersuchten Rhythmusvariablen % Rhythmus, *Mesor*, *Amplitude*, *Akrophase* sowie der zeitlichen *Lage von Nachtpeak 1 und 2* zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den sieben Studientagen. Folglich kann für die fünf untersuchten Rhythmusvariablen der circadianen Rhythmik der am Oberschenkel gemessenen Hauttemperatur die Reproduzierbarkeit über die Studienwoche angenommen werden; dies gilt für beide Altersgruppen. Der Test auf Zwischensubjekteffekte mit post hoc Korrektur nach Bonferroni für multiples Testen zeigt zudem, dass keine altersbedingten Einflüsse vorliegen.

#### IV. Ergebnisse

Tabelle 22: Untersuchung auf Reproduzierbarkeit von Rhythmusvariablen der am Oberschenkel gemessenen Hauttemperatur

Rhythmusvariablen Hauttemperatur Oberschenkel ANOVA mit Messwertwiederholung	N Ältere/ Jüngere	Mauchly-Test auf Sphärizität		Test der Innersubjekt- effekte		Test der Zwischensubjekt- effekte		
		W	p	F	p	F	p	p <sub>c'</sub>
% Rhythmus	41/18	0,528	0,020	0,712	0,619	16,00	<0,00	n.s.
Mesor (°C)	41/18	0,617	0,151	0,998	0,426	23,10	<0,00	n.s.
Amplitude (°C)	41/18	0,619	0,156	0,417	0,868	15,29	<0,00	n.s.
Akrophase (min)	41/18	0,562	0,049	1,857	0,102	0,192	0,663	-
Nachtpeak 1 (min)	41/18	0,743	0,699	0,821	0,554	3,804	0,056	-
Nachtpeak 2 (min)	32/15	0,542	0,159	1,629	0,139	4,313	0,044	n.s.

<sup>†</sup>post hoc Korrektur nach Bonferroni für multiples Testen

Als nächstes werden die Rhythmusvariablen der an der **Wade** gemessenen Hauttemperatur beschrieben. Die Ergebnisse zu Mittelwert, Standardabweichung sowie Normalverteilung sind in A 108-117 im Anhang dargestellt; die Testbefunde zur Reproduzierbarkeit befinden sich in Tabelle 23 im Text. Hinsichtlich der fünf untersuchten Rhythmusvariablen % Rhythmus, Mesor, Amplitude, Akrophase sowie der zeitlichen Lage von Nachtpeak 1 und 2 kann über sieben Studientage die Reproduzierbarkeit der an der Wade gemessenen Hauttemperatur für beide Altersgruppen angenommen werden, da der Test auf Innersubjekteffekte bzw. der Friedmantest keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Studientagen zeigt. Die Ergebnisse des Tests der Zwischensubjekteffekte mit nach Bonferroni verwendeter *post hoc* Korrektur machen zudem deutlich, dass keine altersbedingte Einflüsse vorliegen.

Tabelle 23: Untersuchung auf Reproduzierbarkeit von Rhythmusvariablen der an der Wade gemessenen Hauttemperatur

Rhythmusvariablen Hauttemperatur Wade ANOVA mit Messwertwiederholung	N Ältere/ Jüngere	Mauchly-Test auf		Test der Innersubjekteffekte		Test der Zwischensubjekteffekte		
		W	p	F	p	F	p	p <sub>c'</sub>
% Rhythmus	40/19	0,573	0,062	0,386	0,888	0,954	0,333	-
Mesor (°C)	40/19	0,558	0,044	1,447	0,209	4,966	0,030	n.s.
Amplitude (°C)	36/19	0,659	0,388	0,828	0,549	0,003	0,954	-
Akrophase (min)	-/19	0,037	0,000	0,945	0,466	-	-	-
Nachtpeak 1 (min)	40/19	0,728	0,627	1,402	0,213	1,293	0,260	-
Nachtpeak 2 (min)	29/14	0,403	0,019	1,255	0,287	3,109	0,085	-

## B

Rhythmusvariablen	N Ältere/ Jüngere	Chi <sup>2</sup>	p
Hauttemperatur Friedman-Test			
Akrophase (min)	40/-	3,778	0,707

<sup>1</sup>post hoc Korrektur nach Bonferroni für multiples Testen

Auch die über sieben Studientage morgendlich und abendlich erfasste orale **Körperkerntemperatur** wurde auf Reproduzierbarkeit untersucht. Die Ergebnisse zu Mittelwert, Standardabweichung sowie Normalverteilung sind in A 118-121 im Anhang dargestellt; die Testergebnisse zur Reproduzierbarkeit befinden sich in Tabelle 24 im Text. Schwankende Probandenzahlen liegen darin begründet, dass z.T. Mittelwerte aufgrund eines Messfehlers seitens der Probandinnen aus der Statistik entfernt werden mussten. Es zeigt sich, dass hinsichtlich der morgens und abends gemessenen oralen Körperkerntemperatur für beide Altersgruppen die Reproduzierbarkeit über sieben Studientage angenommen werden kann, da der Test der Innersubjekteffekte keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Studientagen ergibt. Des Weiteren gibt es Hinweise darauf, dass hinsichtlich der abends gemessenen oralen Körperkerntemperatur keine altersbedingten Effekte vorliegen, während diese für die am Morgen gemessene Körperkerntemperatur nicht ausgeschlossen werden können.

Tabelle 24: Untersuchung auf Reproduzierbarkeit der morgens und abends gemessenen oralen Körpertemperatur

Orale Körpertemperatur	N Ältere/ Jüngere	Mauchly-Test auf		Test der Innersubjekteffekte		Test der Zwischensubjekteffekte		
		W	p	F	p	F	p	p <sub>c</sub> <sup>1</sup>
abends	29/19	0,699	0,738	0,481	0,823	5,628	0,022	n.s.
morgens	32/19	0,561	0,134	1,739	0,112	40,415	<0,001	n.s.

<sup>1</sup>post hoc Korrektur nach Bonferroni für multiples Testen

### 2.3.2 Reproduzierbarkeit des Schlaf- Wach- Rhythmus älterer und jüngerer Probandinnen unter natürlichen Bedingungen

Zur Überprüfung der Reproduzierbarkeit des Schlaf-Wach-Rhythmus über die Studienwoche wurden verschiedene Variablen des von den Probandinnen über die Studienwoche geführten Schlaftagebuchs untersucht und deren Mittelwerte über 7 Studientage miteinander verglichen. Schwankende Probandenzahlen liegen in fehlenden Angaben von Probandinnen begründet. Allen berechneten Variablen liegt eine Normalverteilung der Daten zugrunde. Die Ergebnisse zu Mittelwert



#### IV. Ergebnisse

und Standardabweichung sowie zur Normalverteilung sind in A122-131 im Anhang dargestellt; die Testbefunde zur Reproduzierbarkeit befinden sich in Tabelle 25 im Text. Hinsichtlich der untersuchten DGSM- Variablen *Zubettgezeit*, *Zeitpunkt des Lichtlöschens*, *Zeitpunkt des Aufwachens*, *Zeitpunkt des Licht Anschaltens* sowie der *Aufstehzeit am Morgen* zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Studientagen. Folglich kann angenommen werden, dass die fünf untersuchten Variablen des Schlaf-Wach-Rhythmus für beide Altersgruppen über sieben Studientage reproduzierbar ist. Des Weiteren liegen keine alternsbedingten Effekte vor, wie der Test auf Zwischensubjekteffekte mit der verwendeten *post hoc* Korrektur nach Bonferroni zeigt.

Tabelle 25: Untersuchung der Reproduzierbarkeit von Schlaftagebuch-Variablen des Schlaf-Wach-Rhythmus

Schlaf-Wach-Rhythmus Schlaftagebuch ANOVA mit Messwertwiederholung	N Ältere/ Jüngere	Mauchly-Test auf Sphärizität		Test der Innersubjekteffekte			Test der Zwischensubjekteffekte		
		W	p	F	p	p <sup>c1</sup>	F	p	p <sup>c1</sup>
Zubettgezeit am Abend(min)	41/20	0,611	0,110	2,361	0,030	n.s.	2,306	0,134	-
Zeitpunkt des Lichtlöschens am Abend (min)	40/20	0,569	0,050	1,609	0,156	-	1,794	0,186	-
Zeitpunkt des Aufwachens am Morgen (min)	42/20	0,671	0,287	0,639	0,699	-	8,330	0,005	n.s.
Zeitpunkt des Licht Anschaltens am Morgen (min)	34/11	0,599	0,405	0,842	0,539	-	4,025	0,051	-
Aufstehzeit am Morgen (min)	41/20	0,733	0,612	1,029	0,406	-	2,699	0,106	-

<sup>1</sup>post hoc Korrektur nach Bonferroni für multiples Testen

#### **2.3.3 Reproduzierbarkeit des Herzfrequenz-Rhythmus älterer und jüngerer Probandinnen unter natürlichen Bedingungen**

Zur Überprüfung der Reproduzierbarkeit der circadianen Rhythmik der **Herzfrequenz** über zwei Studientage wurden verschiedene Rhythmusvariablen erfasst und jeweils über 2 Studientage innerhalb der Gruppe der älteren und jüngeren Probandinnen verglichen. Im Rahmen dieser Arbeit wurde sich auf die Untersuchung von fünf Rhythmusvariablen beschränkt, welche auch in anderen Studien häufig Anwendung finden und hinsichtlich der Reproduzierbarkeit der Herzfrequenz aussagekräftig sind. Die Ergebnisse zu Mittelwert und Standardabweichung sowie Normalverteilung sind in A 132-141 im Anhang dargestellt; die Testbefunde zur Reproduzierbarkeit befinden sich in

Tabelle 26 im Text. Abweichende Probandenzahlen hinsichtlich der Rhythmusvariablen Amplitude und Akrophase lassen sich darauf zurückführen, dass zum Teil keine Berechnung dieser Variablen durch die Software stattfand. Hinsichtlich der sechs untersuchten Rhythmusvariablen % Rhythmus, *Mesor*, *Amplitude*, *Akrophase* sowie *Uhrzeit des Minimum und Maximum* zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Studientagen, wie der T-Test für gepaarte Stichproben bzw. der Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben zeigt. Dies gilt für beide Altersgruppen. Folglich kann für die fünf untersuchten Rhythmusvariablen die Reproduzierbarkeit der Herzfrequenz über zwei Studientage für beide Altersgruppen angenommen werden.

Tabelle 26: Untersuchung auf Reproduzierbarkeit der Rhythmusvariablen der Herzfrequenz

Rhythmusvariablen Herzfrequenz	N Ältere/ Jüngere	T-Test für gepaarte Stichproben		Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben	
		T	p	Z	P
		Ältere/Jüngere	Ältere/Jüngere	Ältere/Jünge	Ältere/Jüngere
% Rhythmus	28/ 16	-1,618/ 0,710	0,117/ 0,488	-	-
Mesor (S/min)	28/ 16	0,533/ -0,488	0,598/ 0,632	-	-
Amplitude (S/min)	25/ 15	0,595/ 0,013	0,557/ 0,990	-	-
Akrophase (S/min)	25/ 15	- / 0,604	- / 0,555	-1,224/ -	0,221/ -
Uhrzeit Minimum (min)	28/ 16	-2,676/ 0,355	0,013/ 0,728	-	-
Uhrzeit Maximum (min)	28/ 16	-0,035/ 0,352	0,973/ 0,730	-	-

S/min= Schläge pro Minute

## 2.4 Wechselwirkung circadianer Variablen unter kontrollierten und natürlichen Bedingungen bei älteren und jüngeren Probandinnen

### 2.4.1 Gegenüberstellung der Herzfrequenz und der Haut- und Körperkerntemperatur unter kontrollierten und natürlichen Bedingungen

**Gegenüberstellung des Verlaufs der Herzfrequenz und der Haut- und Körperkerntemperatur unter kontrollierten Bedingungen im Abendprofil**

Die Wechselwirkung zwischen dem Verlauf der **Herzfrequenz** und der Hauttemperatur **an Hand, Fuß, Wade** und **Oberschenkel** im Abendprofil unter kontrollierten Bedingungen wurde anhand einer graphischen Gegenüberstellung untersucht. Die Ergebnisse zu Mittelwert und Standardabweichung befinden sich in A 142-145 (Hauttemperatur) und A 146-150 (Herzfrequenz) im Anhang; der circadiane Verlauf ist in Abbildung 45 im Text dargestellt. Im Folgenden werden zunächst ältere und jüngere Probandinnen getrennt betrachtet, bevor sie dann zu einem späteren Zeitpunkt vergleichend gegenübergestellt werden. Bei älteren Probandinnen (Abbildung 45A) zeigt sich insgesamt ein gegensinniger Verlauf zwischen **Hauttemperatur** und **Herzfrequenz**. Während die **Hauttemperatur an Hand, Fuß, Oberschenkel** und **Wade** nach einem anfänglichen Abfall bis ca. 19 Uhr im Verlauf des Abendprofils zu nehmen, fällt die Herzfrequenz ab 19 Uhr ab. Dies wird durch die Lage des niedrigsten und höchsten Werts unterstrichen. Während die **Herzfrequenz** ihren höchsten Wert bereits zu Beginn der Messung (17 Uhr) und ihren niedrigsten Wert zum Ende der Messung (23 Uhr) erreicht, verhält es sich bei der **Hauttemperatur** so, dass die niedrigsten Mittelwerte im ersten Messdrittel zwischen 18-19 Uhr liegen, während die höchsten Mittelwerte im letzten Messdrittel zwischen 21 bis 23 Uhr erreicht werden (Abbildung 45A). Bei jüngeren Probandinnen ist bis 19 Uhr ein gleichsinniger und ab 20 Uhr ein gegensinniger Verlauf zwischen **Herzfrequenz** und **Hauttemperatur** zu sehen. **Herzfrequenz** und **Hauttemperatur** nehmen mit Ausnahme der Oberschenkeltemperatur zunächst ab und steigen dann mit Ausnahme der Fußtemperatur zwischen 19 und 20 Uhr an (Abbildung 45B). Anschließend kommt es zu einem weiteren Anstieg der **Hauttemperatur**, während die **Herzfrequenz** abfällt. Die Lage des niedrigsten und des höchsten Werts unterstreicht wiederum diese Beobachtung. Während die **Herzfrequenz** ihren höchsten Wert zu Beginn (17 Uhr) und ihren niedrigsten Wert zum Ende der Messung (23 Uhr) erreicht, liegen die niedrigsten Mittelwerte der **Hauttemperatur an Hand, Oberschenkel** und **Wade** im ersten Messdrittel zwischen 17-19 Uhr und die Maxima im letzten Messdrittel zwischen 21 bis 23 Uhr. Eine Ausnahme von dem beschriebenen Verlauf bildet die **Hauttemperatur am Fuß** bei jüngeren Probandinnen (Abbildung 45B). Sie fällt im Gegensatz zur **Hauttemperatur an Hand, Oberschenkel** und **Wade** bis 21 Uhr stark ab, um dann in den letzten zwei Stunden wieder stark anzusteigen. Folglich beginnt der gegenteilige Verlauf zwischen **Herzfrequenz** und **Hauttemperatur am Fuß** schon gegen 19 Uhr (Abbildung 45B).

IV. Ergebnisse

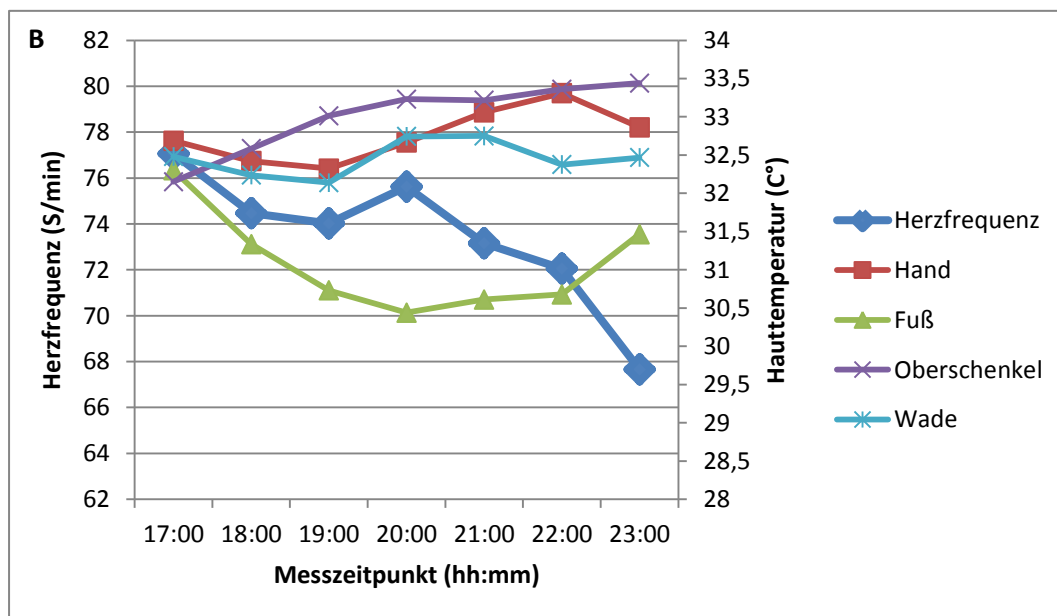
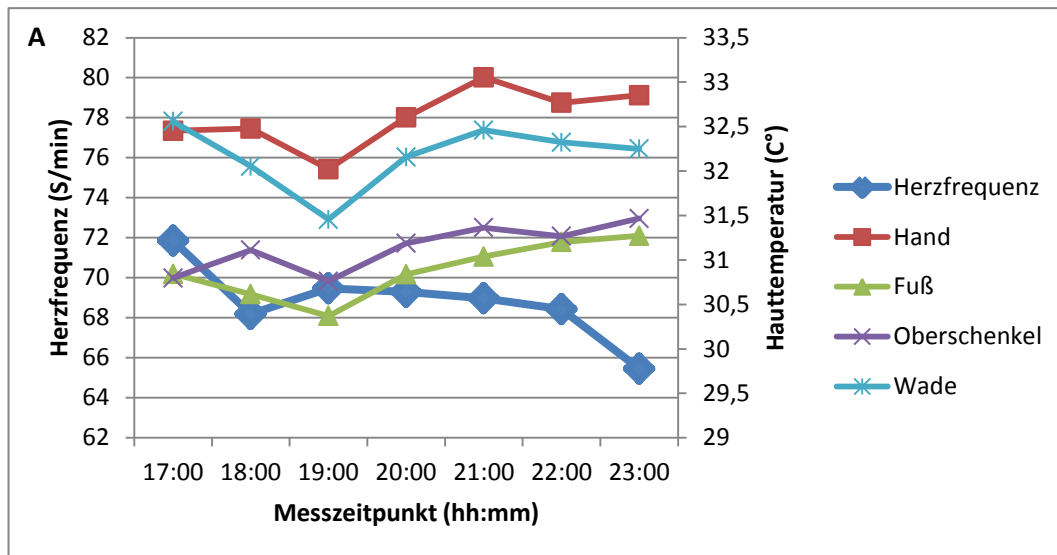


Abbildung 45: Gegenüberstellung des Verlaufs der Herzfrequenz und der Hauttemperatur im Abendprofil für A) Ältere Probandinnen (HF: N=14-17; HT: 22-24) und B) Jüngere Probandinnen (HF: N=13-15; HT: N=19). Angegeben sind Mittelwerte; aufgrund einer ungünstigen Darstellbarkeit wurde hier auf die Abbildung der Standardabweichung verzichtet (Signifikanzniveau: \* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$  und \*\*\* $p < 0,001$ )

Auch die Wechselwirkung zwischen dem abendlichen circadianen Verlauf der **Herzfrequenz** und der **oralen Körpertemperatur** wurde anhand einer graphischen Gegenüberstellung untersucht. Der abendliche circadiane Verlauf ist in Abbildung 46 im Text dargestellt. Sowohl bei älteren als auch bei jüngeren Probandinnen zeigt sich insgesamt im Laufe des Abendprofils ein abfallender Verlauf von **Herzfrequenz und Körpertemperatur**. Diese Beobachtung wird dadurch unterstützt, dass der niedrigste Wert beider Variablen zum Ende der Messung auftritt, sowohl bei jüngeren als auch bei älteren Probandinnen. Die Lage des höchsten Werts unterscheidet sich hingegen. Während der höchste Wert der **Körpertemperatur** bei älteren Probandinnen zwei Stunden nach dem

#### IV. Ergebnisse

höchstem Wert der **Herzfrequenz** auftritt (Abbildung 46A), wird er bei jüngeren Probandinnen vier Stunden nach dem höchsten Herzfrequenzwert erreicht (Abbildung 46B). Der gemeinsame Abfall von **Herzfrequenz** und **Körperkerntemperatur** beginnt bei älteren Probandinnen gegen 19 Uhr und bei jüngeren Probandinnen zwei Stunden später, gegen 21 Uhr.

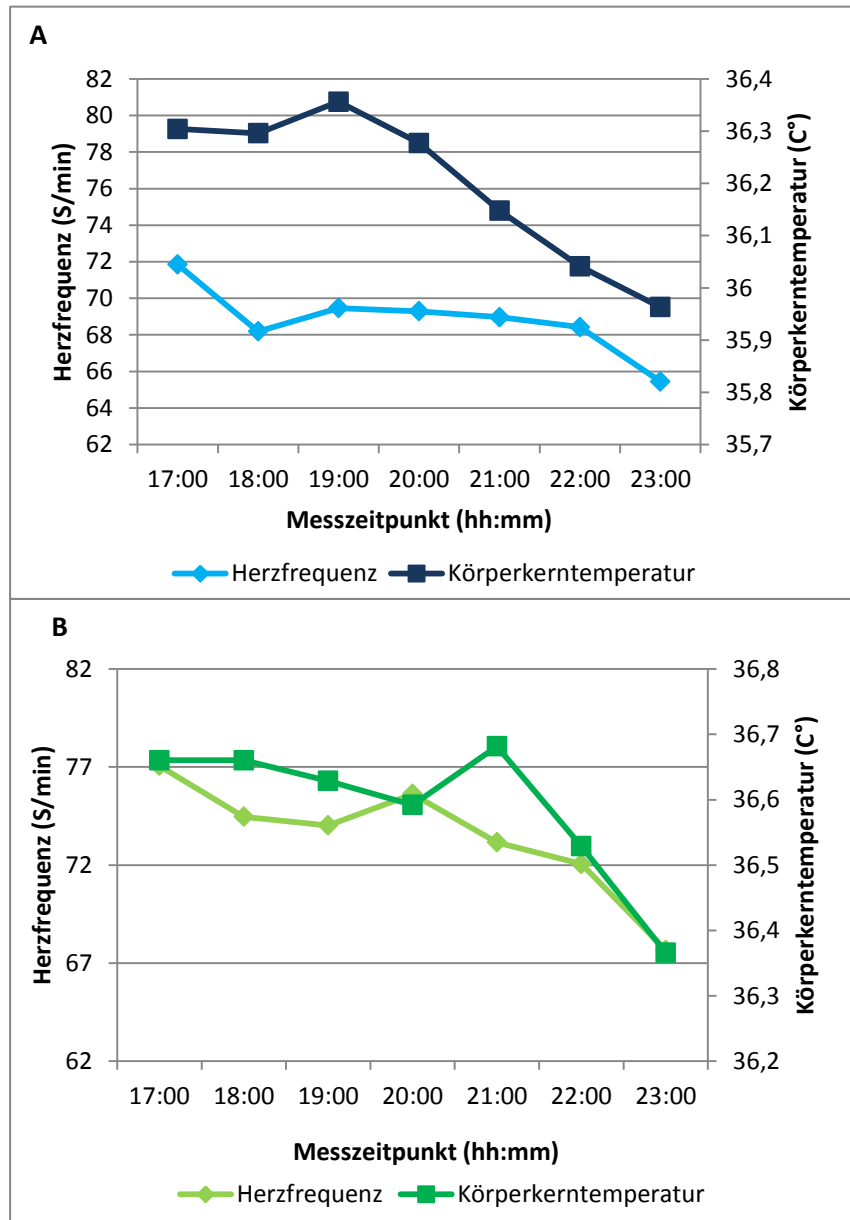


Abbildung 46: Gegenüberstellung des Verlaufs der Herzfrequenz und der Körperkerntemperatur im Abendprofil für A)ältere Probandinnen (HF: N=15/16; KT: N= 24) und B)jüngere Probandinnen(HF: N=14/15; KT: N=19). Angegeben sind MittelMittelwerte; aufgrund einer ungünstigen Darstellbarkeit wurde hier auf die Abbildung der SD verzichtet (Signifikanzniveau: \*p<0,05, \*\*p<0,01 und \*\*\*p<0,001)

### Vergleich ausgewählter Rhythmusvariablen des Herzfrequenz-Rhythmus und des Hauttemperatur-Rhythmus unter natürlichen Bedingungen während der Studienwoche

Um zu untersuchen, ob zwischen der circadianen Rhythmik der **Hauttemperatur** und der **Herzfrequenz** eine Wechselwirkung/ Verbindung unter natürlichen Bedingungen besteht, wurden die gleichen Rhythmusvariablen der Herzfrequenz und der Hauttemperatur miteinander verglichen. Dies geschah jeweils innerhalb der Gruppe der älteren und jüngeren Probandinnen. Da die Hauttemperatur über 7 Studientage und die Herzfrequenz über 2 Studientage erfasst wurde, wurden die Studientage nicht einzeln verglichen, sondern es wurde bei der Hauttemperatur der Mittelwert über 7 Tage und bei der Herzfrequenz über 2 Tage für jede Rhythmusvariable berechnet. Die Auswahl der drei Rhythmusvariablen *Akrophase*, *Uhrzeit des Minimum* und des *Maximum* erfolgte aufgrund der Tatsache, dass es sich um zwei circadiane Rhythmen mit unterschiedlichen Messeinheiten handelt und folglich nur zeitliche Aspekte verglichen werden können.

Zunächst erfolgt die Beschreibung der Ergebnisse hinsichtlich der Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der circadianen Rhythmik der an der **Hand** gemessenen **Hauttemperatur** und der **Herzfrequenz**. Die Ergebnisse zu Mittelwert, Standardabweichung und Normalverteilung sind in A 142- 145 (Hauttemperatur) und A 146-150 (Herzfrequenz) im Anhang dargestellt; die Testbefunde zum Vergleich der Rhythmusvariablen befinden sich in Tabelle 27 im Text. Es zeigt sich, dass sich die drei untersuchten Rhythmusvariablen mit Ausnahme der *Uhrzeit des Minimums* bei jüngeren Probandinnen signifikant hinsichtlich der circadianen Rhythmik der an der **Hand** gemessenen **Hauttemperatur** und der **Herzfrequenz** innerhalb beider Altersgruppen unterscheiden.

Tabelle 27: Vergleich von ausgewählten Rhythmusvariablen zwischen der an der Hand gemessenen Hauttemperatur und der Herzfrequenz

Rhythmusvariablen Hauttemperatur Hand und Herzfrequenz	N Ältere/ Jüngere	T-Test für gepaarte Stichproben		Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben	
		T	p	Z	P
		Ältere/Jüngere	Ältere/Jüngere	Ältere/Jüngere	Ältere/Jüngere
Akrophase (min)	25/ 16	-	-	-4,238/ -3,258	<0,001/ 0,001
Uhrzeit Minimum (min)	25/ 16	5,972/ 1,132	<0,001/ 0,275	-	-
Uhrzeit Maximum (min)	25/ 16	-4,582/ -2,239	<0,001/ 0,041	-	-

Es folgt die Beschreibung der Ergebnisse hinsichtlich der Untersuchung der Wechselwirkung zwischen der circadianen Rhythmik der am **Fuss** gemessenen **Hauttemperatur** und der **Herzfrequenz**. Die Testbefunde zum Vergleich von Rhythmusvariablen befinden sich in Tabelle 28 im Text. Bei jüngeren

#### IV. Ergebnisse

Probandinnen unterscheidet sich die *Akrophase* der Hauttemperatur und Herzfrequenz signifikant, während hinsichtlich der *Uhrzeit des Minimums* und des *Maximums* keine signifikanten Unterschiede zu beobachten sind. Innerhalb der Gruppe der älteren Probandinnen zeigen sich hingegen hinsichtlich der drei untersuchten Rhythmusvariablen signifikante Unterschiede zwischen der **Hauttemperatur** und der **Herzfrequenz**.

Tabelle 28: Vergleich von ausgewählten Rhythmusvariablen zwischen der am Fuss gemessenen Hauttemperatur und der Herzfrequenz

Rhythmusvariablen Hauttemperatur Fuss und Herzfrequenz	N Ältere/ Jüngere	T-Test für gepaarte Stichproben		Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben	
		T	p	Z	P
		Ältere/Jüngere	Ältere/Jüngere	Ältere/Jüngere	Ältere/Jüngere
Akrophase (min)	25/ 16	-	-	-4,211/ -2,999	<0,001/ 0,003
Uhrzeit Minimum (min)	25/ 16	3,381/ 1,010	0,002/ 0,329	-	-
Uhrzeit Maximum (min)	25/ 16	-4,342/ -1,923	<0,001/ 0,074	-	-

Als nächstes erfolgt die Beschreibung der Ergebnisse hinsichtlich der Untersuchung der Wechselwirkung zwischen der circadianen Rhythmik der am **Oberschenkel** gemessenen **Hauttemperatur** und der **Herzfrequenz**. Die Testbefunde zum Vergleich von Rhythmusvariablen befinden sich in Tabelle 29 im Text. Innerhalb der Gruppe der jüngeren Probandinnen zeigt sich nur hinsichtlich der *Akrophase* ein signifikanter Unterschied, während sich **Hauttemperatur** und **Herzfrequenz** hinsichtlich der *Uhrzeit des Minimum* und *Maximum* nichtsignifikant unterscheiden. Bei älteren Probandinnen hingegen unterscheiden sich **Hauttemperatur** und **Herzfrequenz** hinsichtlich der drei untersuchten Rhythmusvariablen signifikant.

Tabelle 29: Vergleich von ausgewählten Rhythmusvariablen der am Oberschenkel gemessenen Hauttemperatur und der Herzfrequenz

Rhythmusvariablen Hauttemperatur Oberschenkel und Herzfrequenz	N Ältere/ Jüngere	T-Test für gepaarte Stichproben		Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben	
		T	p	Z	P
		Ältere/Jüngere	Ältere/Jüngere	Ältere/Jüngere	Ältere/Jüngere
Akrophase (min)	25/ 16	-	-	-4,184/ -3,124	<0,001/ 0,002
Uhrzeit Minimum (min)	26/ 15	4,288/ 2,691	<0,001/ 0,18	-	-
Uhrzeit Maximum (min)	26/ 15	-4,407/ -2,471	<0,001/ 0,27	-	-

#### IV. Ergebnisse

Es folgt die Beschreibung der Ergebnisse hinsichtlich der Untersuchung der Wechselwirkung zwischen der circadianen Rhythmik der an der **Wade** gemessenen **Hauttemperatur** und der **Herzfrequenz**. Die Testbefunde zum Vergleich von Rhythmusvariablen sind in Tabelle 30 im Text dargestellt. Bei jüngeren Probandinnen liegt hinsichtlich der **Akrophase** und der **Uhrzeit des Maximums** ein signifikanter Unterschied vor, während sich **Hauttemperatur** und **Herzfrequenz** hinsichtlich der **Uhrzeit des Minimums** nicht signifikant unterscheiden. Innerhalb der Gruppe der älteren Probandinnen zeigen sich hingegen hinsichtlich der drei untersuchten Rhythmusvariablen signifikante Unterschiede zwischen **Hauttemperatur** und **Herzfrequenz**.

Tabelle 30: Vergleich von ausgewählten Rhythmusvariablen zwischen der an der Wade gemessenen Hauttemperatur und der Herzfrequenz

Rhythmusvariablen Hauttemperatur Wade und Herzfrequenz	N Ältere/ Jüngere	T-Test für gepaarte Stichproben		Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben	
		T	p	Z	P
		Ältere/Jüngere	Ältere/Jüngere	Ältere/Jüngere	Ältere/Jüngere
Akrophase (min)	25/ 16	-	-	-4,000/ -3,206	<0,001/ 0,001
Uhrzeit Minimum (min)	25/ 16	2,832/ 1,452	0,009/ 0,167	-	-
Uhrzeit Maximum (min)	25/ 16	-4,345/ -2,486	<0,001/ 0,025	-	-

Zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der circadianen Rhythmik der **oralen Körperkerntemperatur** und der **Herzfrequenz** wurde der Mittelwert der über sieben Studientage erfassten **oralen Körperkerntemperatur** mit dem Mittelwert der über zwei Studientage erfassten Herzfrequenz innerhalb der Gruppe der älteren und jüngeren Probandinnen mittels Korrelationsanalyse korreliert. Die Ergebnisse zu Mittelwert, Standardabweichung und Normalverteilung sind hinsichtlich der oralen Körperkerntemperatur in A 149 im Anhang dargestellt; die Testbefunde zur Untersuchung des Zusammenhangs befinden sich in Tabelle 31 im Text. Es zeigt sich, dass ein sehr geringer bis geringer negativer Zusammenhang zwischen der morgens und abends gemessenen **oralen Körperkerntemperatur** und der **Herzfrequenz** besteht, welcher bei jüngeren Probandinnen stärker ausgeprägt ist als bei älteren Probandinnen. Eine Ausnahme bildet die morgens gemessene orale Körperkerntemperatur innerhalb der Gruppe der älteren Probandinnen. Sie weist einen sehr geringen positiven Zusammenhang mit der Herzfrequenz auf. Die beobachteten Zusammenhänge können jedoch nicht als statistisch signifikant abgesichert werden.



Tabelle 31: Zusammenhang zwischen der oralen Körperkerntemperatur und der Herzfrequenz

Korrelationsanalyse nach Pearson	N Ältere/ Jüngere KT Ältere/ Jüngere HF	MW Herzfrequenz (S/min)	
		r	p
MW orale Körperkerntemperatur morgens (°C)	27/ 16 28/ 16	0,155/ -0,446	0,441/ 0,083
MW orale Körperkerntemperatur abends (°C)	34/ 20 25/ 16	-0,249/ -0,323	0,229/ 0,222
MW orale Körperkerntemperatur morgens + abends (°C)	25/ 16 28/ 16	-0,101/ -0,412	0,630/ 0,113

#### **2.4.2 Wechselwirkung der Herzfrequenz mit der subjektiven Müdigkeit und Schläfrigkeit unter kontrollierten und natürlichen Bedingungen**

##### **Gegenüberstellung des Verlaufs der Herzfrequenz und der subjektiven Schläfrigkeit unter kontrollierten Bedingungen im Abendprofil**

Des Weiteren wurde die Wechselwirkung des abendlichen Verlaufs der **Herzfrequenz** und der mittels des KSS-Fragebogens ermittelten **subjektiven Müdigkeit** sowie der mittels des SSS-Fragebogens ermittelten **subjektiven Schläfrigkeit** untersucht. Die Ergebnisse zu Mittelwert und Standardabweichung befinden sich hinsichtlich der subjektiven Schläfrigkeit und Müdigkeit in A 152-153 im Anhang; der abendliche circadiane Verlauf ist in Abbildung 47 im Text dargestellt. Sowohl bei älteren als auch bei jüngeren Probandinnen zeigt sich ein gegenteiliger Verlauf im Abendprofil. Diese Beobachtung wird durch die Lage des niedrigsten und höchsten Werts unterstützt. Die **Herzfrequenz** erreicht bei jüngeren und älteren Probandinnen um 17 Uhr ihren höchsten Wert, während **Müdigkeit** und **Schläfrigkeit** zu diesem Zeitpunkt ihren niedrigsten Wert erreichen. Anschließend nimmt die **Herzfrequenz** nach einem leichten Anstieg, welcher bei älteren Probandinnen bis 19 Uhr und bei jüngeren Probandinnen bis 20 Uhr andauert, bis 23 Uhr kontinuierlich ab und mündet zu diesem Zeitpunkt im niedrigsten Wert, während **Müdigkeit** und **Schläfrigkeit** kontinuierlich zunehmen und um 23 Uhr ihren höchsten Wert erreichen. Folglich beginnt bei älteren Probandinnen die gegenteilige Entwicklung von **Herzfrequenz** und **Müdigkeit/ Schläfrigkeit** gegen 19 Uhr und damit eine Stunde früher als bei jüngeren Probandinnen (Abbildung 47A und B).

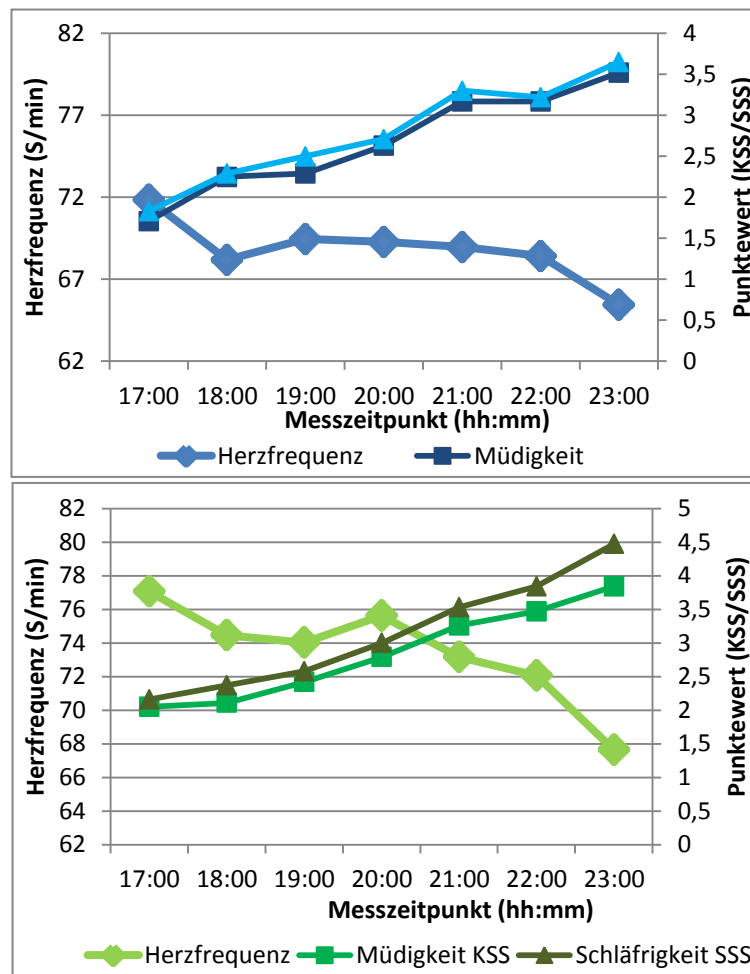


Abbildung 47: Gegenüberstellung des Verlaufs der Herzfrequenz und der Müdigkeit und Schläfrigkeit im Abendprofil für A) ältere (N=23/24) und B) jüngere (N=19) Probandinnen. Angegeben sind Mittelwerte; aufgrund einer ungünstigen Darstellbarkeit wurde hier auf die Abbildung der Standardabweichung verzichtet (Signifikanzniveau: \* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$  und \*\*\* $p < 0,001$ )

### Zusammenhang zwischen Schläfrigkeit und Herzfrequenz unter natürlichen Bedingungen während der Studienwoche

Zur Untersuchung der Zusammenhangs zwischen der **objektiven Schläfrigkeit** und **der Herzfrequenz** wurde der mittels pupillographischen Schläfrigkeitstest am Morgen des ersten Studientages sowie am Abend des letzten Studientages gemessene *mittlere PUI* und *rPUI* mit dem über zwei Studientage erfassten Mittelwert der **Herzfrequenz** innerhalb der Gruppe der älteren und jüngeren Probandinnen korreliert. Die deskriptiven Ergebnisse Standardabweichung befinden sich in A 152-153 im Anhang. Die Testbefunde zur Untersuchung des Zusammenhangs sind in Tabelle 32 im Text dargestellt. Bei älteren Probandinnen zeigt sich hinsichtlich aller untersuchten Variablen ein geringer negativer Zusammenhang zwischen der **morgendlichen** und **abendlichen objektiv erfassten Müdigkeit bzw. Schläfrigkeit** und der **Herzfrequenz**. Bei jüngeren Probandinnen hingegen wird hinsichtlich der **morgendlichen objektiven Schläfrigkeit** ein sehr geringer negativer Zusammenhang mit der

#### IV. Ergebnisse

**Herzfrequenz** ersichtlich, während dieser hinsichtlich der am Abend gemessenen sowie hinsichtlich des Mittelwerts aus der am Morgen und Abend gemessenen **objektiven Schläfrigkeit** leicht positiv ausfällt. Die Zusammenhänge können nicht als statistisch signifikant abgesichert werden.

Tabelle 32: Zusammenhang zwischen der objektiven Schläfrigkeit und der Herzfrequenz

Korrelationsanalyse nach Pearson  Variablen des pupillographischen Schläfrigkeitstests	N  Ältere/ Jüngere HF Ältere/ Jüngere PST	Herzfrequenz (S/min)	
		r	P
		Ältere/Jüngere	Ältere/Jüngere
PUI morgens 10 Uhr (mm/min)	28/ 16 28/ 16	-0,137/ -0,008	0,487/ 0,977
rPUI morgens 10 Uhr (1/min)	28/ 16 28/ 16	-0,149/ -0,018	0,449/ 0,947
PUI abends MW 17 und 21 Uhr /mm/min)	28/ 16 14/ 16	-0,134/ 0,185	0,649/ 0,493
rPUI abends MW 17 und 21 Uhr (1/min)	28/ 16 14/ 16	-0,074/ 0,114	0,802/ 0,675
PUI MW morgens und abends (mm/min)	28/ 16 14/ 16	-0,197/ 0,134	0,499/ 0,621
rPUI MW morgens und abends (1/min)	28/ 16 14/ 16	-0,131/ 0,784	0,656/ 0,784

Die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der circadianen Rhythmik der **subjektiven Müdigkeit bzw. Schläfrigkeit** und der **Herzfrequenz** erfolgte mittels Korrelationsanalyse zwischen der mit Hilfe des KSS und SSS am Morgen des ersten Studientages und am Abend des letzten Studientages erfassten Müdigkeit bzw. Schläfrigkeit und der über zwei Studientage gemessenen Herzfrequenz. Die Ergebnisse zu Mittelwert, Standardabweichung und Normalverteilung sind in A 152-153 im Anhang dargestellt. Die Testbefunde zur Untersuchung des Zusammenhangs befinden sich in Tabelle 33 im Text. Bei älteren Probandinnen zeigt sich hinsichtlich aller untersuchten Variablen ein geringer positiver Zusammenhang zwischen der subjektiv erfassten morgendlichen und abendlichen **Müdigkeit bzw. Schläfrigkeit** und der **Herzfrequenz**. Bei jüngeren Probandinnen werden mit Ausnahme der am Morgen mittels SSS erfassten **Schläfrigkeit** ebenfalls geringe positive Zusammenhänge zwischen der **subjektiv** erfassten **Schläfrigkeit** und der **Herzfrequenz** sichtbar. Der positive Zusammenhang hinsichtlich der am Abend erfassten **Müdigkeit (KSS)** mit der **Herzfrequenz** kann innerhalb der Gruppe der älteren Probandinnen als statistisch signifikant abgesichert werden. Dies gilt ebenfalls für die aus der morgendlichen und abendlichen Messung gemittelte **subjektive Müdigkeit**.

Tabelle 33: Zusammenhang zwischen der subjektiven Müdigkeit und Schläfrigkeit und der Herzfrequenz

Korrelationsanalyse nach Pearson/ Spearman Subjektive Müdigkeit (KSS) und Schläfrigkeit (SSS)	N Ältere/ Jüngere HF Ältere/ Jüngere Schläfrigkeit KSS/SSS	Herzfrequenz (S/min)	
		r Ältere/Jüngere	P Ältere/Jüngere
KSS morgens 10 Uhr (pkt)	28/ 16	0,256/ 0,111	0,189/ 0,681
SSS morgens 10 Uhr (pkt)	28/ 16	0,047/ -0,073	0,812/ 0,787
KSS abends MW 17 und 21 Uhr (pkt)	28/ 15	<b>0,588/</b> 0,402	<b>0,044/</b> 0,138
SSS abends MW 17 und 21 Uhr (pkt)	28/ 16	0,367/ 0,241	0,240/ 0,388
KSS MW morgens und abends (pkt)	28/ 16	<b>0,670/</b> 0,400	<b>0,017/</b> 0,140
SSS MW morgens und abends (pkt)	28/ 16	0,379/ 0,118	0,224/ 0,676

### 3. Altersbedingte Veränderungen des Schlafs

#### 3.1 Vergleich jüngerer und älterer Probandinnen hinsichtlich der Schlafstruktur

Die **Schlafstruktur** wurde mittels des mobilen EEG-Geräts QUISI® über zwei aufeinanderfolgende Nächte erfasst. Zur Untersuchung altersbedingter Veränderungen der Schlafstruktur wurden verschiedene Variablen, welche die Schlafstruktur betreffen, zwischen jüngeren und älteren Probandinnen verglichen. Die Ergebnisse sind in A 154-156 im Anhang sowie in Abbildung 48 dargestellt. Hinsichtlich der *Dauer bis zum ersten REM-Schlaf* zeigen ältere Probandinnen mit 59,3 min eine höhere Standardabweichung und mit 81 Minuten einen höheren Mittelwert als jüngere Probandinnen, deren Standardabweichung 30 Minuten und deren Mittelwert 60 Minuten beträgt (Anhang A 154). Die *Dauer bis zum ersten Tiefschlaf* ist bei älteren Probandinnen ebenfalls höher als bei jüngeren Probandinnen. Die Standardabweichung liegt hier bei 12 Minuten und der Mittelwert bei 15 Minuten für ältere Probandinnen, während jüngere eine Standardabweichung von 11 min und einen Mittelwert von 13 Minuten aufweisen (Anhang A 154). Die Unterschiede sind jedoch statistisch nicht signifikant (Abbildung 48A).

Des Weiteren haben ältere Probandinnen einen niedrigeren *REM-Schlaf Anteil* als jüngere Probandinnen. Während die Standardabweichung 9 % und der Mittelwert bei 14 % liegt, weisen jüngere Probandinnen eine Standardabweichung von 9 % und einen Mittelwert von 29% auf (Anhang A 154). Der Unterschied kann als statistisch signifikant abgesichert werden (Abbildung 48B).

Auch der *Leicht- und Tiefschlafanteil* unterscheidet sich zwischen jüngeren und älteren Probandinnen insofern, als dass ältere Probandinnen einen höheren *Leichtschlafanteil* und einen niedrigeren

#### IV. Ergebnisse

*Tiefschlafanteil* aufweisen im Vergleich zu jüngeren Probandinnen (Abbildung 48C+D). Die Standardabweichung des *Leichtschlafanteils* beträgt bei älteren Probandinnen 12 % und der Mittelwert 52%, während jüngere Probandinnen eine Standardabweichung 8 % und einen Mittelwert von 44 % aufweisen (Anhang A 154). Hinsichtlich des *Tiefschlafanteils* zeigt sich bei älteren Probandinnen eine Standardabweichung von 6 % und ein Mittelwert von 18 %; bei jüngeren Probandinnen beträgt die Standardabweichung 7% und der Mittelwert 22 %. Die Unterschiede hinsichtlich des *Leicht-* und *Tiefschlafanteils* zwischen älteren und jüngeren Probandinnen können als statistisch signifikant abgesichert werden (Abbildung 48C+D).

IV. Ergebnisse

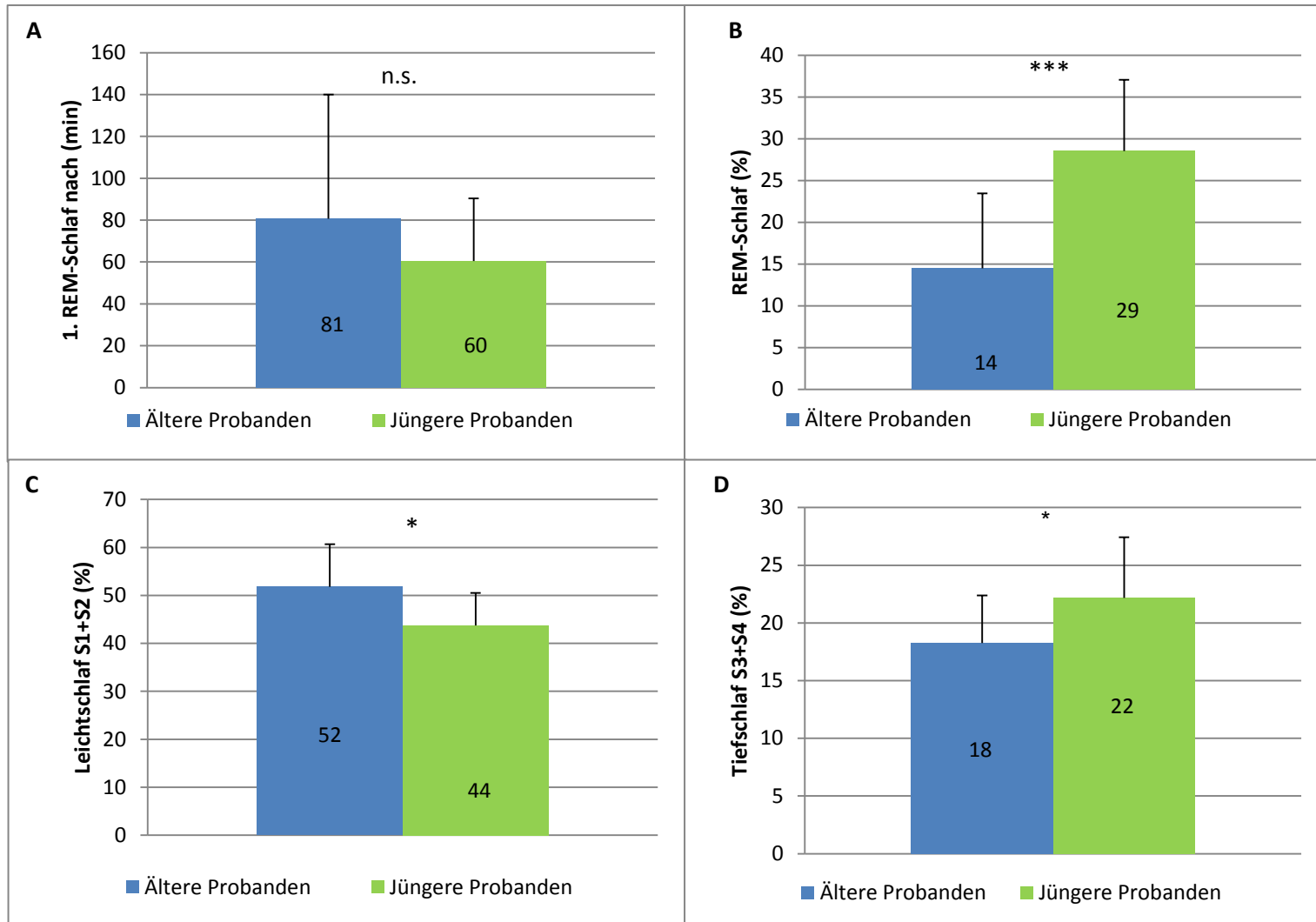


Abbildung 48: Variablen der Schlafstruktur älterer (N=39) und jüngerer (N=20) Probandinnen: A) Erster REM-Schlaf nach, B) Anteil REM-Schlaf, C) Anteil Leichtschlaf (Stadium 1 und 2) und D) Anteil Tiefschlaf (Stadium 3 und 4); angegeben sind Mittelwert und Standardabweichung; Signifikanzniveau: \* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$  und \*\*\* $p < 0,001$

### 3.2 Vergleich jüngerer und älterer Probandinnen hinsichtlich subjektiver und objektiver Schlafqualität

Die **subjektive Schlafqualität** wurde mittels des Schlaftagebuchs der DGSM über eine Woche erfasst. Zur Untersuchung altersbedingter Veränderungen der subjektiven Schlafqualität wurden verschiedene Variablen des Schlaftagebuchs, welche die Schlafqualität betreffen, zwischen jüngeren und älteren Probandinnen verglichen. Die Ergebnisse sind in A 157-159 im Anhang sowie in Abbildung 49 dargestellt. Hinsichtlich der subjektiv eingeschätzten **Einschlafdauer** zeigen sich wie schon bei der objektiven Einschlafdauer Unterschiede zwischen jüngeren und älteren Probandinnen (Abbildung 49A). Ältere Probandinnen weisen mit einer Standardabweichung von 22 Minuten und einem Mittelwert von 29 Minuten einen höheren Mittelwert als jüngere Probandinnen auf, welche sich in einem Standardabweichungsbereich von 9 Minuten bewegen und eine mittlere *Einschlafdauer* von 16 Minuten haben (Anhang A 157). Der Unterschied ist statistisch signifikant (Tab. 46C).

Des Weiteren wurde die subjektiv eingeschätzte **effektive Schlafdauer** erfasst. Ältere Probandinnen liegen wie schon hinsichtlich der objektiv erfassten effektiven Schlafdauer unter den Mittelwerten jüngerer Probandinnen (Abbildung 49B). Die Standardabweichung beträgt bei älteren Probandinnen 53 Minuten und der Mittelwert 407 Minuten, während jüngere Probandinnen eine Standardabweichung von 46 Minuten und einen Mittelwert von 450 Minuten aufweisen (Anhang A157). Die Unterschiede zwischen jüngeren und älteren Probandinnen können hinsichtlich der subjektiv erfassten **Schlafdauer** als statistisch signifikant abgesichert werden (Abbildung 49B).

Zudem wurde die subjektiv eingeschätzte *Anzahl nächtlicher Aufwacher* sowie die *nächtliche Wachdauer* berechnet (Abbildung 49C). Ältere Probandinnen liegen hinsichtlich beider Variablen über den Mittelwerten jüngerer Probandinnen. Die Standardabweichung beträgt hinsichtlich der Anzahl nächtlicher Aufwacher bei älteren Probandinnen 0,9 und der Mittelwert 1,4, während sich hingegen jüngere Probandinnen in einem Standardabweichungsbereich von 0,8 bewegen und eine mittlere Aufwacheranzahl von 1 aufweisen (Anhang A 157). Der Unterschied ist statistisch nicht signifikant (Abbildung 49C). Hinsichtlich der *nächtlichen Wachdauer* zeigen ältere Probandinnen eine Standardabweichung von 18 Minuten und einen Mittelwert von 27 Minuten, während jüngere Probandinnen eine Standardabweichung von 8 Minuten und eine mittlere *nächtliche Wachdauer* von 7 Minuten aufweisen. Der Unterschied zwischen älteren und jüngeren Probandinnen kann als statistisch signifikant abgesichert werden (Abbildung 49C).

Neben den genannten Variablen wurde auch hier die *Schlafeffizienz* untersucht, welche sich aus den subjektiven Angaben der effektiven Schlafdauer und der Liegezeit berechnet. Ältere Probandinnen liegen mit einer Standardabweichung von 7 % und einer mittleren *Schlafeffizienz* von 88 % unter den Mittelwerten jüngerer Probandinnen, welche sich in einem Standardabweichungsbereich von 3 %

#### IV. Ergebnisse

bewegen und einen Mittelwert von 95 % aufweisen (A 157 Anhang). Der Unterschied ist statistisch signifikant (Abbildung 49D).

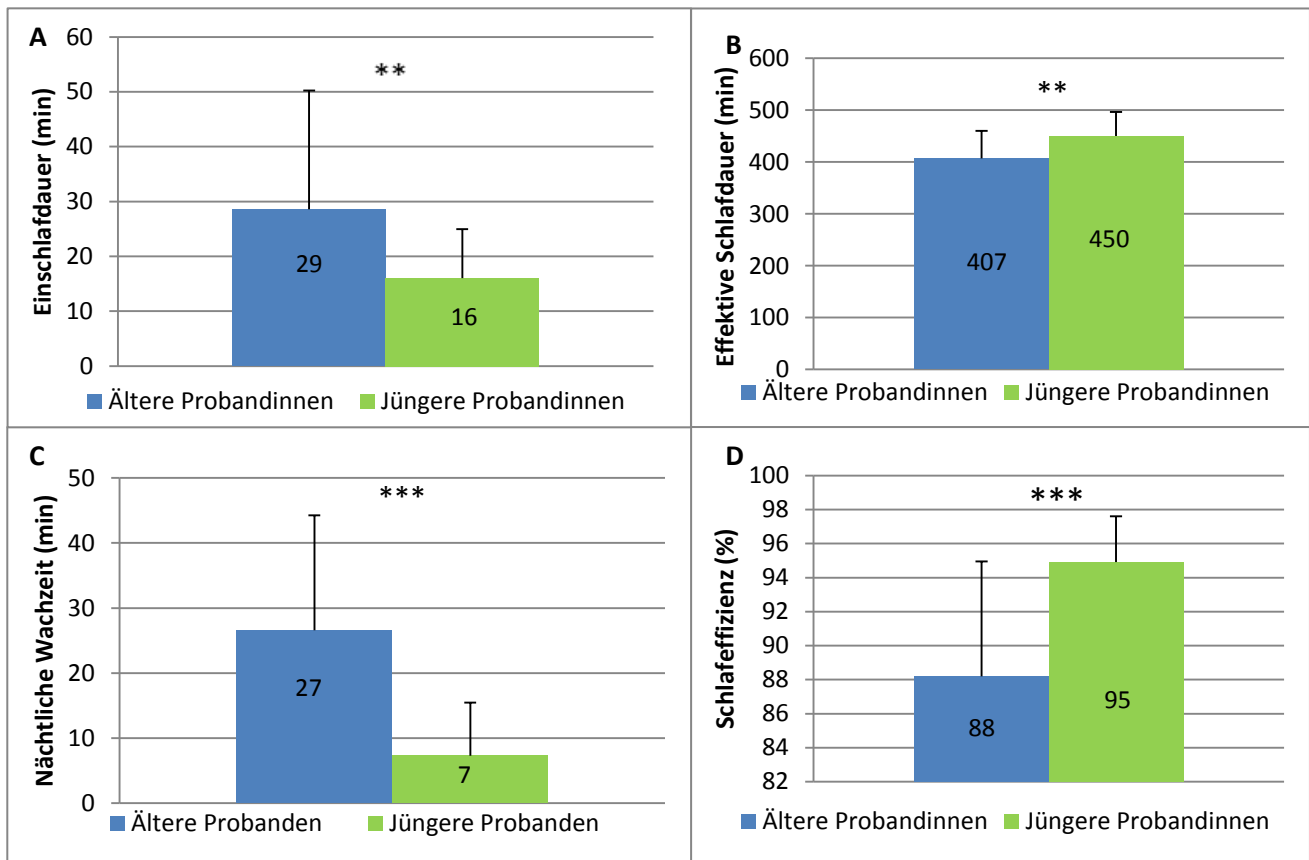


Abbildung 49: Variablen der subjektiven Schlafqualität älterer (N=40-42) und jüngerer (N=20) Probandinnen: A) Einschlafdauer, B) effektive Schlafdauer, C) nächtliche Wachzeit und D) Schlafeffizienz; angegeben sind MW und SD; Signifikanzniveau: \* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$  und \*\*\* $p < 0,001$

Neben der subjektiven Schlafqualität wurde auch die **objektive Schlafqualität** mittels des EEG-Geräts QUISI® über zwei aufeinanderfolgende Nächte erfasst. Zur Untersuchung altersbedingter Veränderungen der objektiven Schlafqualität wurden verschiedene Variablen, welche die Schlafqualität betreffen, zwischen jüngeren und älteren Probandinnen verglichen. Die Ergebnisse sind in A 160-162 sowie in Abbildung 50 dargestellt. Hinsichtlich der *Einschlafdauer* zeigen sich Unterschiede zwischen älteren und jüngeren Probandinnen (Abbildung 50A). Ältere Probandinnen weisen mit einer Standardabweichung von 20 Minuten und mit einem Mittelwert von 29 Minuten eine höhere Einschlafdauer auf als jüngere Probandinnen, bei welchen die Standardabweichung 10 Minuten und der Mittelwert 21 Minuten beträgt (Tab. 46a, Anhang). Die Unterschiede sind jedoch statistisch nicht signifikant (Abbildung 50 A).

Des Weiteren wurde die *gesamte* sowie die *effektive Schlafdauer* untersucht (Abbildung 50 B). Ältere Probandinnen liegen hinsichtlich beider Variablen unter den Mittelwerten jüngerer Probandinnen. Sie weisen hinsichtlich der *Gesamtschlafdauer* eine Standardabweichung von 46 Minuten und einen



#### IV. Ergebnisse

Mittelwert von 420 Minuten auf, während sich jüngere Probandinnen in einem Standardabweichungsbereich von 44 Minuten bewegen und im Mittel 439 Minuten schlafen (Anhang A 160). Hinsichtlich der *effektiven Schlafdauer* zeigen ältere Probandinnen eine Standardabweichung von 52 Minuten und einen Mittelwert von 367 Minuten, während jüngere Probandinnen eine Standardabweichung von 45 Minuten und einen Mittelwert von 421 Minuten aufweisen. Die Unterschiede zwischen älteren und jüngeren Probandinnen können hinsichtlich der *effektiven Schlafdauer* als statistisch signifikant abgesichert werden (Abbildung 50B).

Neben der Einschlafdauer und der Schlafdauer wurde der *nächtliche Bewegungs- und Wachanteil* berechnet (Abbildung 50C). Ältere Probandinnen liegen hinsichtlich beider Variablen über den Mittelwerten jüngerer Probandinnen. Die Standardabweichung beträgt hinsichtlich des *nächtlichen Bewegungsanteils* für ältere Probandinnen 2 % und der Mittelwert 2 %, während jüngere Probandinnen eine Standardabweichung von 0,7% und einen Mittelwert von 1 % aufweisen (Tab. 46a, Anhang). Hinsichtlich des *nächtlichen Wachanteils* zeigt sich bei älteren Probandinnen eine Standardabweichung von 8 % und ein Mittelwert von 11%, während jüngere Probandinnen sich in einem Standardabweichungsbereich von 1,8 % bewegen und einen mittleren Wachanteil von 4 % aufweisen (A 160). Die Unterschiede zwischen älteren und jüngeren Probandinnen können sowohl für den *nächtlichen Bewegungsanteil* als auch für den *nächtlichen Wachanteil* als statistisch signifikant abgesichert werden (Abbildung 50C).

Des Weiteren wurde die *Schlafeffizienz* untersucht (Abbildung 50D). Ältere Probandinnen weisen eine Standardabweichung von 9 % und einen Mittelwert von 81% auf und liegen damit unter den Mittelwerten der jüngeren Probandinnen, welche sich in einem Standardabweichungsbereich von 3 % bewegen; der Mittelwert beträgt 91 % (Anhang A 160). Der Unterschied ist statistisch signifikant (Abbildung 50D).

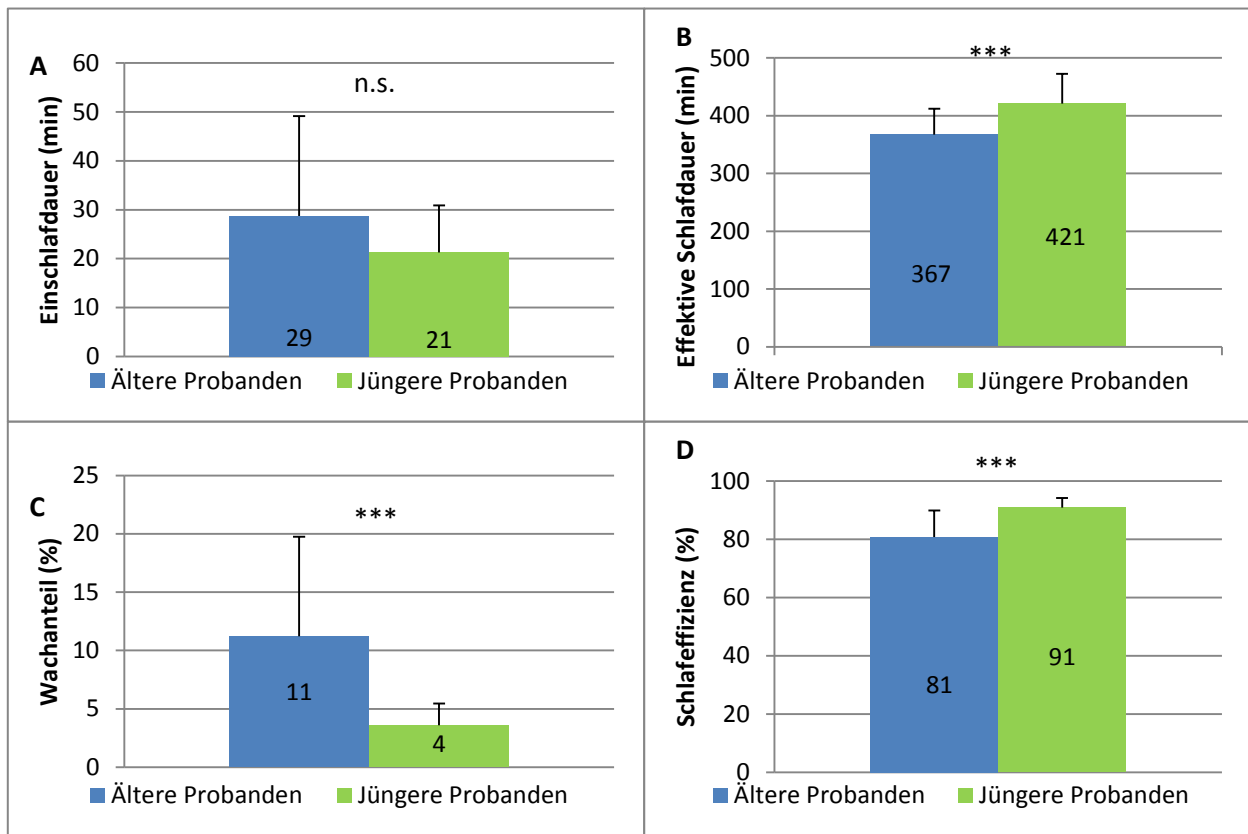


Abbildung 50: Variablen der objektiven Schlafqualität älterer (N=39) und jüngerer (N=20) Probandinnen: A) Einschlafdauer, B) effektive Schlafdauer, C) Wachanteil und D) Schlaffeffizienz; angegeben sind Mittelwert und Standardabweichung; Signifikanzniveau: \* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$  und \*\*\* $p < 0,001$

### 3.3 Vergleich jüngerer und älterer Probandinnen hinsichtlich subjektiver und objektiver Schläfrigkeit

Die **subjektive** Einschätzung der **Schläfrigkeit** erfolgte mit Hilfe des Tagesprotokolls während der Studienwoche. Die Probandinnen sollten täglich angeben, zu welchem Zeitpunkt sie **abends** zum ersten Mal schläfrig wurden. Zur Untersuchung altersbedingter Veränderungen der subjektiven Schläfrigkeit wurde die genannte Variable des Tagesprotokolls zwischen jüngeren und älteren Probandinnen verglichen. Die Ergebnisse sind in A 163-166 im Anhang sowie in Abbildung 51A dargestellt. Es zeigt sich, dass ältere Probandinnen abends zwischen 18:23 und 23:30 Uhr mit einer Standardabweichung von 01:01 Std. und jüngere Probandinnen zwischen 17:30 und 01:14 Uhr mit einer Standardabweichung von 01:25 Std. das erste Mal schläfrig werden. Im Mittel werden ältere Probandinnen abends acht Minuten früher schläfrig als jüngere Probandinnen (Anhang A 163). Der Unterschied ist statistisch nicht signifikant (Abbildung 51A).

Des Weiteren wurde die **subjektive Schläfrigkeit** auch **morgens** um 10 Uhr mittels des SSS-Fragebogens erfasst und zwischen jüngeren und älteren Probandinnen verglichen. Die Ergebnisse

#### IV. Ergebnisse

sind in A 167-168 des Anhangs sowie in Abbildung 51B dargestellt. Die Schläfrigkeitseinschätzung reicht sowohl bei älteren als bei jüngeren Probandinnen von „aktiv und munter“ (=1) bis „Schläfrigkeit“ (=6). Im Mittel sind ältere Probandinnen mit  $3,27 \pm 1,3$  Punkten weniger schläfrig als jüngere Probandinnen mit  $3,55 \pm 1,3$  Punkten (Anhang A 167). Erstere werden aufgrund ihrer mittleren Punktezahl der Kategorie „entspannt, wach“ zugeordnet, während letztere sich hinsichtlich ihrer Schläfrigkeit im Mittel in der Kategorie „ein wenig matt“ bewegen. Der Unterschied zwischen älteren und jüngeren Probandinnen ist statistisch nicht signifikant (Abbildung 51B).

Neben der subjektiven Einschätzung erfolgte auch eine **objektive** Erfassung der **Schläfrigkeit** mittels des pupillographischen Schläfrigkeitstests (PST). Es wurden verschiedene Schläfrigkeitsvariablen erfasst. Zur Untersuchung altersbedingter Veränderungen der objektiven Schläfrigkeit wurden die Schläfrigkeitsvariablen zwischen jüngeren und älteren Probandinnen verglichen. Die Ergebnisse sind in A 169-171 im Anhang sowie in Abbildung 51 dargestellt. Zum einen wurde der *Pupillendurchmesser* erfasst. Ältere Probandinnen weisen eine Standardabweichung von 0,9 mm und einen Mittelwert von 5,1 mm auf, während sich jüngere Probandinnen in einem Standardabweichungsbereich von 1,0 mm bewegen und der mittlere *Pupillendurchmesser* 6,8 mm beträgt (Anhang A 169). Folglich haben ältere Probandinnen einen kleineren *Pupillendurchmesser* als jüngere Probandinnen. Der Unterschied zwischen jüngeren und älteren Probandinnen kann als statistisch signifikant abgesichert werden (Anhang A 171).

Eine weitere Schläfrigkeitsvariablen stellt die *Anzahl der Lidschläge* dar. Ältere Probandinnen weisen eine Standardabweichung von 18,5 und einen Mittelwert von 19,6 Lidschlägen auf, während sich jüngere Probandinnen in einem Standardabweichungsbereich von 8,8 Lidschlägen bewegen (Tab. 49a, Anhang). Die mittlere *Lidschlaganzahl* beträgt 9,1 Lidschläge und liegt damit unter der der jüngeren Probandinnen (Abbildung 51C). Der Unterschied kann als statistisch signifikant abgesichert werden (Abbildung 51C). Des Weiteren wurden der *absolute* sowie der *relative Pupillenunruheindex* bestimmt (PUI/rPUI). Ältere Probandinnen weisen hinsichtlich des *PUI* eine Standardabweichung von 2,2 mm und einen Mittelwert von 5 mm auf, während sich jüngere Probandinnen in einem Standardabweichungsbereich von 2,2 mm bewegen. Der mittlere *PUI* beträgt 5,3 mm und liegt damit über dem mittleren *PUI* der jüngeren Probandinnen. Der Unterschied ist statistisch nicht signifikant (Anhang A 171). Hinsichtlich des *rPUI* zeigt sich bei älteren Probandinnen eine Standardabweichung von 0,5 1/min und ein Mittelwert von 1. Jüngere Probandinnen weisen einen Standardabweichungsbereich von 0,4 1/min auf. Der Mittelwert beträgt 0,8 1/min und liegt damit unter dem Mittelwert älterer Probandinnen. Der Unterschied ist statistisch nicht signifikant (Anhang A 171).

Neben dem Pupillendurchmesser, den Lidschlägen sowie dem Pupillenunruheindex wurde der *absolute* und *relative Monotonie-Resistenz-Status* erfasst (MRS/rMRS). Hinsichtlich des *MRS*

#### IV. Ergebnisse

bewegen sich ältere Probandinnen in einem Standardabweichungsbereich von 9 %, der mittlere *MRS* beträgt 87,9 %. Jüngere Probandinnen weisen eine Standardabweichung von 10 % und einen Mittelwert von 86,1 % auf (Anhang A 169). Der Unterschied zwischen jüngeren und älteren Probandinnen ist statistisch nicht signifikant (Anhang A 171). Hinsichtlich des *rMRS* zeigt sich bei älteren Probandinnen eine Standardabweichung von 12 % und ein Mittelwert von 83,4 %. Jüngere Probandinnen weisen eine Standardabweichung von 11 % auf und liegen mit einem Mittelwert von 87,1% unter dem Wert der älteren Probandinnen. Der Unterschied kann nicht als statistisch signifikant abgesichert werden (Anhang A 171).

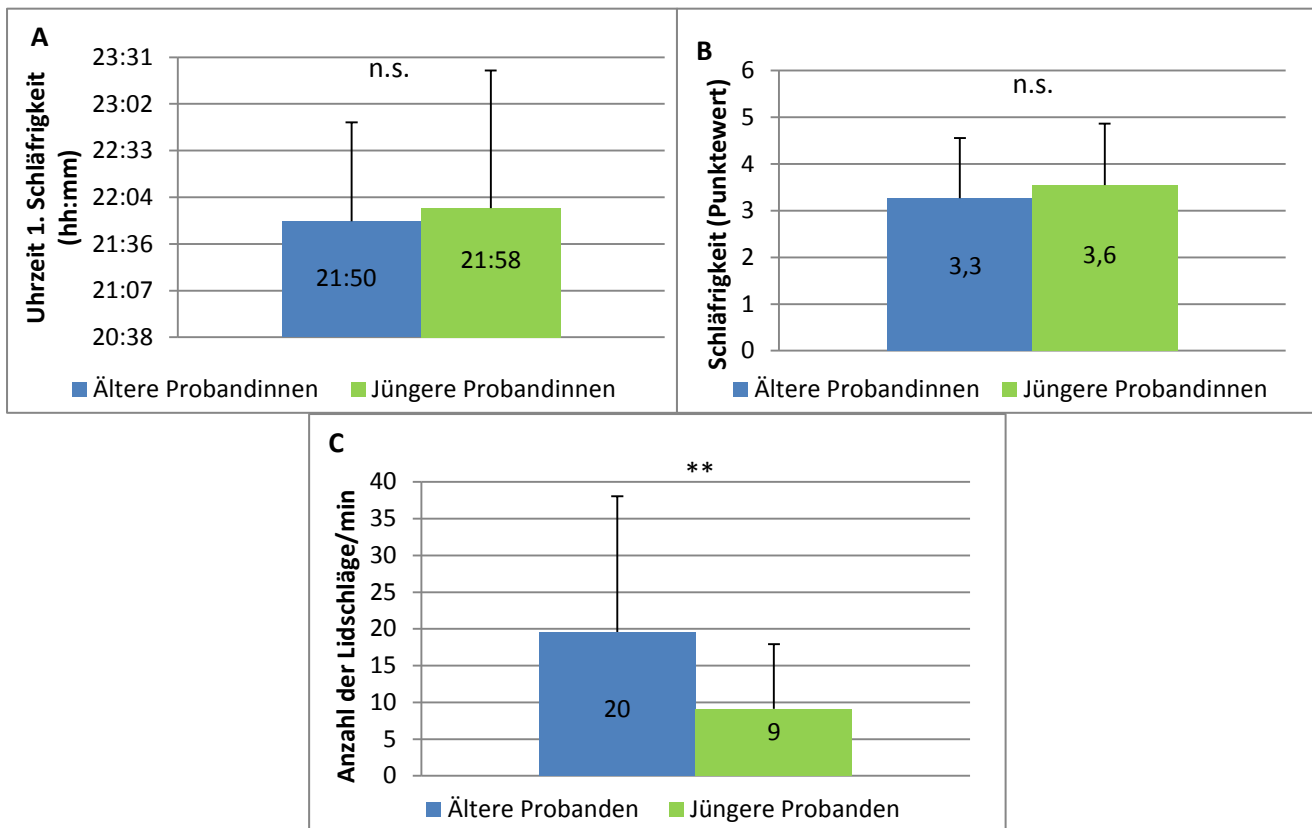


Abbildung 51: Variablen der subjektiven und objektiven Schläfrigkeit älterer (N=39-42) und jüngerer (N=20) Probandinnen am Morgen um 10 Uhr des 1. Studentages: A) Subjektiv eingeschätzte Uhrzeit der 1. Schläfrigkeit abends laut Tagesprotokoll, B) subjektiv eingeschätzte Schläfrigkeit morgens um 10 Uhr C) Anzahl der Lidschläge laut PST; angegeben sind Mittelwert und Standardabweichung; Signifikanzniveau: \* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$  und \*\*\* $p < 0,001$

## **4. Auswirkung tageszeitlicher Nickerchen auf den Nachtschlaf älterer Probandinnen**

### **4.1 Auswirkungen tageszeitlicher Nickerchen auf die Schlafstruktur älterer Probandinnen**

Zur Untersuchung der Auswirkung tageszeitlicher Nickerchen auf die Schlafstruktur wurden zum einen Variablen der Schlafstruktur der ersten nächtlichen Gehirnstrommessung mit vorangegangenem tageszeitlichen Nickerchen mit jenen der zweiten nächtlichen Gehirnstrommessung ohne vorangegangenes tageszeitliches Nickerchen innerhalb der Gruppe der älteren Probandinnen, die vor der ersten nächtlichen Gehirnstrommessung ein tageszeitliches Nickerchen hielten (OWNQ), verglichen. Bei den untersuchten Schlafvariablen handelt es sich um den prozentualen Anteil der verschiedenen Schlafstadien sowie die Zusammenfassung von Schlafstadium eins und zwei zum Leichtschlaf und Schlafstadium drei und vier zum Tiefschlaf. Des Weiteren wurde die Dauer bis zum ersten REM-Schlaf sowie bis zum ersten Tiefschlaf untersucht. Die Ergebnisse zu Mittelwert, Standardabweichung und Normalverteilung sind in A 172-175 im Anhang dargestellt; die Testbefunde zum Vergleich der Variablen der Schlafstruktur zwischen der ersten Nacht mit und der zweiten Nacht ohne vorangegangenes tageszeitliches Nickerchen befinden sich in

Tabelle 34 im Text. Abweichende Probandenzahlen hinsichtlich der Dauer bis zum Erreichen des ersten REM-Schlafs sind darauf zurückzuführen, dass zum Teil kein REM-Schlaf vorlag. Hinsichtlich des prozentualen Anteils des *REM-Schlafs* und des *Schlafstadiums vier* sowie des *Tiefschlafanteils* und der *Dauer bis zum ersten REM- und Tiefschlaf* weist die erste Nacht mit vorangegangenem tageszeitlichen Nickerchen niedrigere Mittelwerte auf als die zweite Nacht ohne vorangegangenes tageszeitliches Nickerchen. Hinsichtlich des prozentualen Anteils von *Schlafstadium eins, zwei und drei* sowie des *Leichtschlafanteils* finden sich höhere Mittelwerte in der ersten Nacht mit vorangegangenem tageszeitlichen Nickerchen. Die Unterschiede können nicht als statistisch signifikant abgesichert werden. Es zeigt sich jedoch ein statistischer Trend hinsichtlich der *Dauer bis zum ersten REM-Schlaf* dahingehend, dass der erste REM-Schlaf von den älteren Probandinnen in der Nacht mit vorangegangenem tageszeitlichen Nickerchen früher erreicht wird als in der zweiten Nacht ohne vorangegangenes tageszeitliches Nickerchen (Tabelle 34).

#### IV. Ergebnisse

Tabelle 34: Vergleich von Variablen der Schlafstruktur (EEG) zwischen der Nacht mit und ohne vorangegangenes tageszeitliches Nickerchen älterer Probandinnen

Schlafstruktur EEG- Variablen	N	Mittelwert Nacht mit Nickerchen/ Nacht ohne Nickerchen	T-Test für verbundene Stichproben Vergleich erste und zweite Nacht	
			T	p
REM (%)	18	13,42/ 14,57	-1,114	0,281
S1 (%)	18	11,90/ 11,06	0,682	0,505
S2 (%)	18	43,23/ 38,66	1,208	0,244
S3 (%)	18	12,59/ 12,58	0,006	0,996
S4 (%)	18	5,00/ 6,29	-1,297	0,212
MW S1+S2 (%) Leichtschlaf	18	55,13/ 49,72	1,515	0,148
MW S3+S4 (%) Tiefschlaf	18	17,59/ 18,87	-0,553	0,588
Dauer bis 1. Tiefschlaf (min)	18	18,03/ 20,36	-0,377	0,711
Dauer bis 1. REM- Schlaf (min)	16	<b>66,41/ 94,50</b>	-2,009	<b>0,063</b>

Des Weiteren wurde zur Untersuchung der Auswirkung tageszeitlicher Nickerchen auf die Schlafstruktur die Gruppe älterer Probandinnen mit regelmäßigem tageszeitlichen Nickerchen (mindestens an vier Tagen der Studienwoche) mit der Gruppe älterer Probandinnen ohne tageszeitliches Nickerchen hinsichtlich des Mittelwerts der die Schlafstruktur betreffenden Variablen über zwei Nächte verglichen. Die Ergebnisse zu Mittelwert, Standardabweichung und Normalverteilung befinden sich in A 176-177 im Anhang; die Testbefunde zum Einfluss regelmäßiger tageszeitlicher Nickerchen auf die Schlafstruktur sind in Tabelle 35 im Text zu finden. Hinsichtlich des Anteils an *REM-Schlaf*, *Schlafstadiums zwei* und *drei* sowie des Anteils an *Leicht- und Tiefschlaf* und der *Dauer bis zum Erreichen des ersten Tief--Schlafs* zeigt sich, dass ältere Probandinnen mit regelmäßigem tageszeitlichen Nickerchen höhere Mittelwerte aufweisen als ältere Probandinnen ohne tageszeitliche Nickerchen. Hinsichtlich des prozentualen Anteils von *Schlafstadium eins* und *vier* sowie der *Dauer bis zum Erreichen des ersten REM-Schlafs* weisen ältere Probandinnen mit

#### IV. Ergebnisse

regelmäßigem tageszeitlichen Nickerchen niedrigere Mittelwerte auf als ältere Probandinnen ohne tageszeitliches Nickerchen. Die Unterschiede können nicht als statistisch signifikant abgesichert werden. Jedoch ist ein statistischer Trend hinsichtlich der *Dauer bis zum ersten Tiefschlaf* dahingehend zu erkennen, dass ältere Probandinnen mit regelmäßigen tageszeitlichen Nickerchen den ersten Tiefschlaf später erreichen als ältere Probandinnen ohne tageszeitliches Nickerchen (Tabelle 35).

*Tabelle 35: Vergleich von Variablen der Schlafstruktur (EEG) zwischen älteren Probandinnen mit tageszeitlichen Nickerchen an mindestens 4 Tagen (OWN4) und älteren Probandinnen ohne tageszeitliches Nickerchen (ONN) während der Studienwoche*

Schlafstruktur EEG- Variablen	N	Mittelwert		Mann-Withney U Test	
		Nacht 1 und 2		Vergleich OWN4 und ONN	
		OWN4/	ONN	Z	p
REM (%)	15/ 9	12,42/	12,08	-0,447	0,655
S1 (%)	15/ 9	10,36/	13,37	-1,640	0,101
S2 (%)	15/ 9	44,46/	37,92	-0,984	0,325
S3 (%)	15/ 9	13,60/	10,34	-1,521	0,128
S4 (%)	15/ 9	6,00/	8,09	-0,984	0,325
MW S1+S2 (%) Leichtschlaf	15/ 9	54,82/	51,29	-0,924	0,355
MW S3+S4 (%) Tiefschlaf	15/ 9	19,59/	18,43	-0,328	0,743
Dauer bis 1. Tiefschlaf (min)	15/ 9	<b>20,92/</b>	<b>10,75</b>	-1,938	<b>0,053</b>
Dauer bis 1. REM- Schlaf (min)	15/ 9	78,06/	92,19	-0,234	0,815

Zudem wurde auch die Auswirkung der Dauer tageszeitlicher Nickerchen auf die Schlafstruktur untersucht. Hierzu wurden älteren Probandinnen mit einer mittleren Nickerchendauer von unter und über 35 Minuten hinsichtlich des Mittelwerts der die Schlafstruktur betreffenden Variablen über zwei Nächte verglichen. Die Ergebnisse zu Mittelwert, Standardabweichung und Normalverteilung befinden sich in A 178-180 im Anhang; die Testbefunde zum Vergleich von Variablen der Schlafstruktur zwischen älteren Probandinnen mit einer mittleren tageszeitlichen Nickerchendauer von  $\leq 35$  Minuten und  $> 35$  Minuten sind in Tabelle 36 im Text dargestellt.

#### IV. Ergebnisse

Hinsichtlich des prozentualen Anteils an *REM-Schlaf*, *Schlafstadium drei* sowie der *Dauer bis zum ersten REM-Schlaf* weisen ältere Probandinnen mit einer kürzeren mittleren Nickerchendauer von unter 35 Minuten höhere Mittelwerte auf als diejenigen mit einer längeren mittleren Nickerchendauer von über 35 Minuten. Hinsichtlich des prozentualen Anteils an *Schlafstadium eins*, *zwei*, *vier* sowie *Leicht- und Tiefschlaf* und der *Dauer bis zum ersten Tiefschlaf* hingegen zeigen ältere Probandinnen mit einer kürzeren mittleren Nickerchendauer von unter 35 Minuten niedrigere Mittelwerte als diejenigen älteren Probandinnen mit einer längeren mittleren Nickerchendauer von über 35 Minuten. Die Unterschiede können nicht als statistisch signifikant abgesichert werden. Jedoch ist ein statistischer Trend hinsichtlich des prozentualen Anteils an *Schlafstadium vier* sowie der *Dauer bis zum ersten Tiefschlaf* dahingehend ersichtlich, dass ältere Probandinnen mit einer kürzeren mittleren Nickerchendauer von unter 35 Minuten einen niedrigeren prozentualen Anteil an Schlafstadium vier aufweisen; zudem brauchen sie tendenziell kürzer, um den ersten Tiefschlaf zu erreichen (Tabelle 36).

Tabelle 36: Vergleich von Variablen der Schlafstruktur (EEG) zwischen älteren Probandinnen mit einer mittleren tageszeitlichen Nickerchen Dauer  $\leq 35$  Minuten und  $> 35$  Minuten

Schlafstruktur EEG- Variablen	N OWN $\leq$ 35/ OWN $>$ 35	Mittelwert Nacht 1 und 2		T-Test für unabhängige Stichproben Vergleich OWN $\leq$ 35 und OWN $>$ 35	
		OWN $\leq$ 35/	OWN $>$ 35	t	p
REM (%)	16/ 14	17,36/	12,76	1,305	0,203
S1 (%)	16/ 14	9,63/	10,98	-0,703	0,488
S2 (%)	16/ 14	40,31/	43,29	-0,574	0,570
S3 (%)	16/ 14	13,97/	12,22	1,159	0,256
S4 (%)	16/ 14	<b>4,01/</b>	<b>6,22</b>	-1,960	<b>0,060</b>
MW S1+S2 (%) Leichtschlaf	16/ 14	49,95/	54,27	-0,897	0,377
MW S3+S4 (%) Tiefschlaf	16/ 14	17,98/	18,44	-0,230	0,819
Dauer bis 1. Tiefschlaf (min)	16/ 14	<b>12,28/</b>	<b>20,34</b>	-1,728	<b>0,095</b>
Dauer bis 1. REM- Schlaf (min)	16/ 12	77,86/	75,73	0,116	0,909



#### 4.2 Auswirkung tageszeitlicher Nickerchen auf subjektive und objektive Schlafqualität älterer Probandinnen

Zur Untersuchung der Auswirkung tageszeitlicher Nickerchen auf die subjektive Schlafqualität wurden die mittels des Schlaftagebuchs der DGSM über sieben Studientage erfassten Variablen der Schlafqualität älterer Probandinnen mit regelmäßigem tageszeitlichen Nickerchen (an mindestens vier Tagen der Studienwoche) und älterer Probandinnen ohne tageszeitliche Nickerchen verglichen. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden die in der Literatur als Indikatoren der Schlafqualität bezeichneten Variablen Einschlafdauer, effektive Schlafdauer, Anzahl und Dauer nächtlicher Wachphasen sowie Schlafeffizienz analysiert. Die Ergebnisse zu Mittelwert, Standardabweichung und Normalverteilung befinden sich in A 181-182 im Anhang; die Testbefunde zur Untersuchung der Auswirkung regelmäßiger tageszeitlicher Nickerchen auf die subjektive Schlafqualität sind in Tabelle 37 im Text dargestellt. Hinsichtlich der subjektiv eingeschätzten *Einschlafdauer*, *der Anzahl nächtlicher Wachphasen* sowie der *nächtlichen Wachdauer* weisen ältere Probandinnen mit regelmäßigem tageszeitlichen Nickerchen höhere Mittelwerte auf als ältere Probandinnen ohne tageszeitliches Nickerchen. Hinsichtlich der subjektiv eingeschätzten *effektiven Schlafdauer* und der *Schlafeffizienz* zeigen ältere Probandinnen mit regelmäßigen tageszeitlichen Nickerchen niedrigere Mittelwerte als ältere Probandinnen ohne tageszeitliche Nickerchen. Die Unterschiede können hinsichtlich der *Einschlafdauer*, *der effektiven Schlafdauer*, *der Anzahl nächtlicher Wachphasen* sowie der *Schlafeffizienz* nicht als statistisch signifikant abgesichert werden. Die *nächtliche Wachdauer* hingegen unterscheidet sich insofern signifikant, als dass ältere Probandinnen mit regelmäßigem tageszeitlichen Nickerchen eine signifikant höhere nächtliche Wachdauer aufweisen als ältere Probandinnen ohne tageszeitliches Nickerchen (Tabelle 37).

Tabelle 37: Vergleich von Variablen der subjektiven Schlafqualität zwischen älteren Probandinnen mit tageszeitlichen Nickerchen an mindestens 4 Tagen (OWN4) und älteren Probandinnen ohne tageszeitliches Nickerchen (ONN)

Subjektive Schlafqualität Schlaftagebuch- Variablen	N OWN4/ ONN	Mittelwert Tag 1 bis7		Mann-Withney U Test Vergleich OWN4 und ONN	
		OWN4/	ONN	Z	p
Einschlafdauer (min)	16/ 9	32,04/	25,43	-0,963	0,336
Effektive Schlafdauer (min)	16/ 9	394,88/	419,19	-1,019	0,308
Anzahl nächtlicher Wachphasen (Anz.)	16/ 9	1,39/	0,87	-0,855	0,393
Nächtliche Wachdauer (min)	16/ 9	<b>31,2/</b>	<b>14,68</b>	-2,067	<b>0,039</b>
Schlafeffizienz (%)	16/ 9	85,86/	91,53	-1,585	0,113

#### IV. Ergebnisse

Des Weiteren wurde die Auswirkung der Dauer tageszeitlicher Nickerchen auf die subjektive Schlafqualität untersucht. Hierzu wurden ältere Probandinnen mit einer mittleren Nickerchendauer von unter und über 35 Minuten hinsichtlich der über sieben Studientage ermittelten Variablen der Schlafqualität verglichen. Die Ergebnisse zu Mittelwert, Standardabweichung und Normalverteilung befinden sich in A 183-184 Anhang. Die Testbefunde zur Untersuchung der Auswirkung der Dauer tageszeitlicher Nickerchen auf die subjektive Schlafqualität sind in Tabelle 38 im Text dargestellt. Abweichende Probandenzahlen hinsichtlich der Einschlafdauer lassen sich darauf zurückführen, dass eine Probandin an mehr als vier Tagen während der Studienwoche keine Angaben gemacht hat. Hinsichtlich der *Einschlafdauer*, der *effektiven Schlafdauer*, der *Anzahl nächtlicher Wachphasen* sowie der *nächtlichen Wachdauer* weisen ältere Probandinnen mit einer kürzeren mittleren Nickerchendauer von unter 35 Minuten niedrigere Mittelwerte als ältere Probandinnen mit einer höheren mittleren Nickerchendauer von über 35 Minuten auf. Hinsichtlich der *Schlafeffizienz* zeigen ältere Probandinnen mit einer kürzeren mittleren Nickerchendauer höhere Mittelwerte. Die Unterschiede können jedoch nicht als statistisch signifikant abgesichert werden.

*Tabelle 38: Vergleich von Variablen der Schlafqualität (Schlafstagebuch) zwischen älteren Probandinnen mit einer mittleren tageszeitlichen Nickerchen Dauer  $\leq 35$  Minuten und  $> 35$  Minuten*

Subjektive Schlafqualität DGSM- Variablen	N OWN $\leq$ 35/ OWN $>$ 35	Mittelwert DGSM Tag 1 bis7	T-Test für unabhängige Stichproben Vergleich OWN $\leq$ 35 und OWN $>$ 35	
		OWN $\leq$ 35/ OWN $>$ 35	t	p
Einschlafdauer (min)	16/ 16	22,71/ 35,21	-1,638	0,112
Effektive Schlafdauer (min)	17/ 16	400,85/ 405,84	-0,253	0,802
Anzahl nächtlicher Wachphasen (Anz.)	17/ 16	1,46/ 1,52	-0,159	0,875
Nächtliche Wachdauer (min)	17/ 16	28,17/ 31,54	-0,535	0,597
Schlafeffizienz (%)	17/ 16	89,17/ 85,43	1,572	0,126

Neben der Untersuchung der Auswirkung tageszeitlicher Nickerchen auf die subjektive Schlafqualität wurde auch der Einfluss auf die objektive mittels des EEG- Geräts QUISI® über zwei aufeinanderfolgende Nächte untersuchte Schlafqualität analysiert. Hierzu wurden die Variablen der ersten nächtlichen Gehirnstrommessung mit vorangegangenen tageszeitlichen Nickerchen mit jenen der zweiten nächtlichen Gehirnstrommessung ohne vorangegangenes tageszeitliches Nickerchen

#### IV. Ergebnisse

innerhalb der Gruppe der älteren Probandinnen, die vor der ersten nächtlichen Gehirnstrommessung ein tageszeitlichen Nickerchen hielten (OWNQ), verglichen. Wie schon bei der Untersuchung der subjektiven Schlafqualität wurde auch hier der Fokus auf die in der Literatur als Indikatoren der Schlafqualität bezeichneten Variablen gelegt. Die Ergebnisse zu Mittelwert, Standardabweichung und Normalverteilung befinden sich in A 186-188 Anhang; die Testbefunde zur Auswirkung der Dauer tageszeitlicher Nickerchen auf die objektive Schlafqualität befinden sich in Tabelle 39 im Text.

Hinsichtlich der *Einschlafdauer* weist die erste Nacht mit vorangegangenem tageszeitlichen Nickerchen höhere Mittelwerte auf als die zweite Nacht ohne vorangegangenes tageszeitliches Nickerchen. Hinsichtlich der *Gesamtschlafdauer*, *der effektiven Schlafdauer* sowie des *nächtlichen Wach- und Bewegungsanteils* zeigen ältere Probandinnen in der ersten Nacht mit vorangegangenem tageszeitlichen Nickerchen niedrigere Mittelwerte als in der zweiten Nacht ohne vorangegangenes tageszeitliches Nickerchen. Die Unterschiede können nicht als statistisch signifikant abgesichert werden. Es tritt jedoch ein statistischer Trend hinsichtlich der Einschlafdauer auf. Demnach ist die Tendenz zu erkennen, dass ältere Probandinnen in der ersten Nacht mit vorangegangenem tageszeitlichen Nickerchen länger zum Einschlafen benötigen als in der zweiten Nacht ohne vorangegangenes tageszeitliches Nickerchen (Tabelle 39).

*Tabelle 39: Vergleich von Variablen der Schlafqualität (EEG) zwischen der Nacht mit und ohne vorangegangenes tageszeitliches Nickerchen älterer Probandinnen*

Objektive Schlafqualität  EEG- Variablen	N	Mittelwert  Nacht mit Nickerchen/ Nacht ohne Nickerchen	T-Test für verbundene Stichproben  Vergleich erste und zweite Nacht	
			T	p
Einschlafdauer (min)	18	<b>34,00/ 19,42</b>	1,891	<b>0,076</b>
Gesamtschlafdauer (min)	18	425,11/ 437,50	-0,473	0,642
Effektive Schlafdauer (min)	18	376,64/ 379,42	-0,123	0,904
Nächtlicher Wachanteil (%)	18	10,28/ 11,71	-0,522	0,608
Nächtliche Bewegung (%)	18	2,10/ 2,11	-0,044	0,966
Schlafeffizienz (%)	18	80,76/ 81,71	-0,340	0,738

Des Weiteren wurde zur Untersuchung der Auswirkung tageszeitlicher Nickerchen auf die objektive Schlafqualität die Gruppe älterer Probandinnen mit regelmäßigem tageszeitlichen Nickerchen

#### IV. Ergebnisse

(mindestens an vier Tagen der Studienwoche) mit der Gruppe älterer Probandinnen ohne tageszeitliches Nickerchen hinsichtlich des Mittelwerts der die Schlafqualität betreffenden Variablen über zwei Nächte verglichen. Die Ergebnisse zu Mittelwert, Standardabweichung und Normalverteilung sind in A 189-190 im Anhang dargestellt. Die Testbefunde zur Untersuchung der Auswirkung regelmäßiger tageszeitlicher Nickerchen auf die objektive Schlafqualität befinden sich in Tabelle 40 im Text. Hinsichtlich der *Einschlafdauer*, der *Gesamtschlafdauer*, des *nächtlichen Wachanteils* sowie des *nächtlichen Anteils an Bewegung* weisen ältere Probandinnen mit regelmäßigem tageszeitlichen Nickerchen niedrigere Mittelwerte als ältere Probandinnen ohne tageszeitliches Nickerchen auf. Hinsichtlich der *effektiven Schlafdauer* sowie der *Schlafeffizienz* zeigen ältere Probandinnen mit regelmäßigem tageszeitlichen Nickerchen höhere Mittelwerte. Die Unterschiede können nicht als statistisch signifikant abgesichert werden.

*Tabelle 40: Vergleich von Variablen der objektiven Schlafqualität zwischen älteren Probandinnen mit tageszeitlichen Nickerchen an mindestens 4 Tagen (OWN4) und älteren Probandinnen ohne tageszeitliches Nickerchen (ONN) während der Studienwoche*

Objektive Schlafqualität EEG- Variablen	N OWN4 / ONN	Mittelwert Nacht 1 und 2		Mann-Whitney U Test Vergleich OWN4 und ONN	
		OWN4/	ONN	Z	p
Einschlafdauer (min)	15/ 9	24,87/	30,81	-0,030	0,976
Gesamtschlafdauer (min)	15/ 9	424,25/	425,25	-0,030	0,976
Effektive Schlafdauer (min)	15/ 9	379,52/	359,92	-0,507	0,612
Nächtlicher Wachanteil (%)	15/ 9	9,10/	14,66	-1,342	0,180
Nächtliche Bewegung (%)	15/ 9	1,69/	2,42	-0,942	0,355
Schlafeffizienz (%)	15/ 9	83,01/	76,92	-1,640	0,101

Des Weiteren wurde die Auswirkung der Dauer tageszeitlicher Nickerchen auf die objektive Schlafqualität untersucht. Hierzu wurden ältere Probandinnen mit einer mittleren Nickerchendauer von unter und über 35 Minuten hinsichtlich der über zwei Nächte ermittelten Variablen der Schlafqualität vergleichend gegenübergestellt. Die Ergebnisse zu Mittelwert, Standardabweichung und Normalverteilung sind in A 191-193 im Anhang dargestellt; die Testbefunde zur Untersuchung des Einflusses der Dauer tageszeitlicher Nickerchen auf die objektive Schlafqualität befinden sich in Tabelle 41 im Text.

#### IV. Ergebnisse

Hinsichtlich der *Einschlafdauer*, der *Gesamtschlafdauer* sowie der *effektiven Schlafdauer* zeigen ältere Probandinnen mit einer kürzeren mittleren Nickerchendauer von unter 35 Minuten niedrigere Mittelwerte als älterer Probandinnen mit einer längeren mittleren Nickerchendauer von über 35 Minuten. Hinsichtlich des *nächtlichen Wach- und Bewegungsanteils* sowie der *Schlafeffizienz* weisen ältere Probandinnen mit einer kürzeren mittleren Nickerchendauer unter 35 Minuten höhere Mittelwerte auf als ältere Probandinnen mit einer längeren mittleren Nickerchendauer über 35 Minuten. Die Unterschiede können nicht als statistisch signifikant abgesichert werden.

*Tabelle 41: Vergleich von Variablen der objektiven Schlafqualität (EEG) zwischen älteren Probandinnen mit einer mittleren tageszeitlichen Nickerchen Dauer  $\leq 35$  Minuten und  $> 35$  Minuten*

Schlafqualität EEG- Variablen	N OWN $\leq$ 35/ OWN $>$ 35	Mittelwert Quisnacht 1 und 2  OWN $\leq$ 35/ OWN $>$ 35	T-Test für unabhängige Stichproben Vergleich OWN $\leq$ 35 und OWN $>$ 35	
			t	p
Einschlafdauer (min)	16/ 14	25,73/ 30,77	-0,689	0,497
Gesamtschlafdauer (min)	16/ 14	411,36/ 427,00	-0,885	0,384
Effektive Schlafdauer (min)	16/ 14	362,50/ 377,88	-0,889	0,382
Nächtlicher Wachanteil (%)	16/ 14	10,71/ 9,60	0,416	0,681
Nächtliche Bewegung (%)	16/ 14	2,28/ 2,13	0,264	0,794
Schlafeffizienz (%)	16/ 14	82,49/ 81,19	0,453	0,654

#### **4.4 Auswirkungen tageszeitlicher Nickerchen auf die subjektiv und objektiv erfasste Schläfrigkeit älterer Probandinnen**

Zur Untersuchung der Auswirkung tageszeitlicher Nickerchen auf die subjektive Schläfrigkeit wurde der mittels des Schlaftagebuchs der DGSM über sieben Studientage erfasste Zeitpunkt des abendlichen Auftretens der ersten Schläfrigkeit sowie die am Morgen um 10 Uhr des ersten Studientages mittels des SSS erfasste Schläfrigkeit älterer Probandinnen mit regelmäßigem tageszeitlichen Nickerchen (an mindestens vier Tagen der Studienwoche) und älterer Probandinnen ohne tageszeitliche Nickerchen verglichen. Die Ergebnisse zu Mittelwert, Standardabweichung und Normalverteilung sind in A 194-195 im Anhang dargestellt; die Testbefunde zur Untersuchung der Auswirkung regelmäßiger tageszeitlicher Nickerchen auf die subjektive Schläfrigkeit befinden sich in Tabelle 42 im Text. Hinsichtlich des *ersten abendlichen Schläfrigkeitszeitpunktes* zeigt sich, dass ältere

#### IV. Ergebnisse

Probandinnen mit regelmäßigen tageszeitlichen Nickerchen später schläfrig werden als diejenigen ohne tageszeitliches Nickerchen. Des Weiteren sind ältere Probandinnen mit regelmäßigem tageszeitlichen Nickerchen morgens *schläfriger* als diejenigen, die keine tageszeitlichen Nickerchen halten. Die Unterschiede können nicht als statistisch signifikant abgesichert werden.

*Tabelle 42: Vergleich von Variablen der subjektiven Schläfrigkeit zwischen älteren Probandinnen mit tageszeitlichen Nickerchen an mindestens 4 Tagen (OWN4) und älteren Probandinnen ohne tageszeitliches Nickerchen (ONN) während der Studienwoche*

Subjektive Schläfrigkeit Tagesprotokoll und SSS	N OWN4/ ONN	Mittelwert		Mann-Withney U Test	
		Tagesprotokoll und SSS		Vergleich OWN4 und ONN	
		OWN4/	ONN	Z	p
Erster Schläfrigkeitszeitpunkt am Abend (min) (Uhrzeit)	15/ 9	1309,29/ 21:30/	1294,93 21:21	-0,793	0,428
Schläfrigkeit morgens um 10 Uhr am 1. Studientag (Pkt.)	15/ 9	3,67/	3,56	0,000	1,000

Des Weiteren wurde die Auswirkung der Dauer tageszeitlicher Nickerchen auf die subjektive Schläfrigkeit untersucht. Hierzu wurden ältere Probandinnen mit einer mittleren Nickerchendauer von unter 35 Minuten hinsichtlich des mittels des Schlaftagebuchs der DGSM über sieben Studientage erfassten Zeitpunkts des abendlichen Auftretens der ersten Schläfrigkeit sowie der am Morgen um 10 Uhr des ersten Studientages mittels des SSS erfasste Schläfrigkeit denjenigen älteren Probandinnen gegenübergestellt, die eine mittlere Nickerchendauer von über 35 Minuten aufwiesen. Die Ergebnisse zu Mittelwert, Standardabweichung und Normalverteilung befinden sich in A 196-198 im Anhang. Die Testbefunde zur Untersuchung der Auswirkung der Dauer tageszeitlicher Nickerchen auf die subjektive Schläfrigkeit sind in Tabelle 43 im Text aufgeführt. Abweichende Probandenzahlen lassen sich durch fehlende Angaben seitens der Probandinnen erklären. Hinsichtlich *des ersten abendlichen Schläfrigkeitszeitpunkts* zeigt sich, dass ältere Probandinnen mit einer mittleren Nickerchendauer von unter 35 Minuten früher schläfrig werden als ältere Probandinnen mit einer mittleren Nickerchendauer von über 35 Minuten. Der Unterschied ist statistisch nicht signifikant. Hinsichtlich der subjektiv empfundenen Schläfrigkeit morgens um 10 Uhr lässt sich feststellen, dass ältere Probandinnen mit einer kürzeren mittleren Nickerchendauer von unter 35 Minuten weniger *schläfrig* sind als diejenigen mit einer längeren mittleren Nickerchendauer von über 35 Minuten. Der Unterschied kann als statistisch signifikant abgesichert werden (Tabelle 43).

#### IV. Ergebnisse

Tabelle 43: Vergleich von Variablen der subjektiven Schläfrigkeit zwischen älteren Probandinnen mit einer mittleren tageszeitlichen Nickerchen Dauer  $\leq 35$  Minuten und  $> 35$  Minuten

Schlafqualität Tagesprotokoll und SSS	N OWN $\leq$ 35/ OWN $>$ 35	Mittelwert Tagesprotokoll und SSS  OWN $\leq$ 35/ OWN $>$ 35	T-Test für unabhängige Stichproben Vergleich OWN $\leq$ 35 und OWN $>$ 35	
			t	p
Erster Schläfrigkeitszeitpunkt am Abend (min)  (Uhrzeit)	17/ 14	1311,01/ 1317,21  21:31/ 21:35	-0,309	0,759
Schläfrigkeit morgens um 10 Uhr am 1. Studientag (Pkt)	16/ 14	2,71/ <b>3,73</b>	-2,282	<b>0,030</b>

Neben der Untersuchung der Auswirkung tageszeitlicher Nickerchen auf die subjektive Schläfrigkeit wurde auch der Einfluss auf die objektive Schläfrigkeit untersucht. Hierzu wurden verschiedene Schläfrigkeitsvariablen des am Morgen des ersten Studientages durchgeführten pupillographischen Schläfrigkeitstests zwischen der Gruppe älterer Probandinnen mit regelmäßigen tageszeitlichen Nickerchen und der Gruppe älterer Probandinnen ohne tageszeitliche Nickerchen vergleichend gegenübergestellt. Die Ergebnisse zu Mittelwert, Standardabweichung und Normalverteilung sind befinden sich in A 199- 200 im Anhang. Die Testbefunde zur Untersuchung der Auswirkung tageszeitlicher Nickerchen auf die objektive Schläfrigkeit sind in Tabelle 44 im Text dargestellt. Hinsichtlich des *Pupillendurchmessers*, der *Anzahl der Lidschläge* sowie des *absoluten und relativen Monotonie-Resistenz-Status MRS* und *rMRS* weisen ältere Probandinnen mit regelmäßigen tageszeitlichen Nickerchen höhere Mittelwerte auf als diejenigen Probandinnen, die keine tageszeitlichen Nickerchen halten. Hinsichtlich des *absoluten und relativen Pupillenunruheindex PUI* und *rPUI* zeigen ältere Probandinnen mit regelmäßigen tageszeitlichen Nickerchen niedrigere Mittelwerte. Die Unterschiede können nicht als statistisch signifikant abgesichert werden.

#### IV. Ergebnisse

*Tabelle 44: Vergleich von Variablen der objektiven Schläfrigkeit(PST) zwischen älteren Probandinnen mit tageszeitlichen Nickerchen an mindestens 4 Tagen (OWN4) und älteren Probandinnen ohne tageszeitliches Nickerchen (ONN) während der Studienwoche*

Objektive Schläfrigkeit Pupillographischer Schläfrigkeitstest	N OWN4/ ONN	Mittelwert		Mann-Withney U Test Vergleich OWN4 und ONN	
		OWN4/	ONN	Z	p
Pupillendurchmesser (mm)	16/ 9	5,23/	4,95	-0,510	0,610
Anzahl der Lidschläge (Anz.)	16/ 9	22,01/	15,77	-0,906	0,365
PUI (mm/min)	16/ 9	4,83/	6,73	-1,302	0,193
rPUI (1/min)	16/ 9	0,90/	1,29	-1,359	0,174
MRS (%)	16/ 9	88,31/	81,22	-1,304	0,192
rMRS (%)	16/ 9	84,81/	75,33	-1,134	0,257

Des Weiteren wurde die Auswirkung der Dauer tageszeitlicher Nickerchen auf die objektive Schläfrigkeit untersucht. Hierzu wurde die Gruppe der älteren Probandinnen mit einer mittleren Nickerchendauer von unter 35 Minuten hinsichtlich verschiedener am Morgen des ersten Studientages mittels Pupillographie erfasster Schläfrigkeitsvariablen denjenigen älteren Probandinnen vergleichend gegenübergestellt, die eine mittlere Nickerchendauer von über 35 Minuten aufwiesen. Die Ergebnisse zu Mittelwert, Standardabweichung und Normalverteilung sind in A 201-203 im Anhang dargestellt. Die Testbefunde zur Untersuchung der Auswirkung der Dauer tageszeitlicher Nickerchen auf die objektive Schläfrigkeit befinden sich in Tabelle 45 im Text. Hinsichtlich des *Pupillendurchmessers*, *der Anzahl der Lidschläge*, *des PUI* sowie *des rPUI* weisen ältere Probandinnen mit einer kürzeren mittleren Nickerchendauer von unter 35 Minuten geringere Mittelwerte als ältere Probandinnen mit einer mittleren Nickerchendauer von über 35 Minuten auf. Hinsichtlich des *MRS* und *rMRS* zeigen ältere Probandinnen mit einer mittleren Nickerchendauer von unter 35 Minuten höhere Mittelwerte im Vergleich zu denjenigen älteren Probandinnen, die eine mittlere Nickerchendauer von über 35 Minuten aufweisen. Die Unterschiede können nicht als statistisch signifikant abgesichert werden.



## IV. Ergebnisse

Tabelle 45: Vergleich von Variablen der objektiven Schläfrigkeit (PST) zwischen älteren Probandinnen mit einer mittleren tageszeitlichen Nickerchen Dauer  $\leq 35$  Minuten und  $> 35$  Minuten

Objektive Schläfrigkeit Pupillographischer Schläfrigkeitstest	N OWN $\leq$ 35/ OWN $>$ 35	Mittelwert OWN $\leq$ 35/ OWN $>$ 35	T-Test für unabhängige Stichproben Vergleich OWN $\leq$ 35 und OWN $>$ 35	
			t	p
Pupillendurchmesser (mm)	17/ 16	5,12/ 5,22	-0,306	0,762
Anzahl der Lidschläge (Anz.)	17/ 16	15,80/ 25,71	-1,444	0,159
PUI (mm/min)	17/ 16	4,26/ 4,82	-0,914	0,371
rPUI (1/min)	17/ 16	0,84/ 0,89	-0,378	0,708
MRS (%)	17/ 16	91,12/ 88,19	1,244	0,226
rMRS (%)	17/ 16	86,47/ 84,75	0,533	0,598

## 5. Altersbedingte Veränderung der Lebensqualität

### 5.1 Vergleich jüngerer und älterer Probandinnen hinsichtlich verschiedener Aspekte der Lebensqualität

Zur Untersuchung der altersbedingten Veränderung der Lebensqualität wurden jüngere und ältere Probandinnen hinsichtlich der mittels des *Quality of Life Fragebogens* generellen und für einzelne Aspekte des Lebens erfassten Lebenszufriedenheit vergleichend gegenübergestellt. Die Ergebnisse sind in A 204-206 im Anhang sowie in Abbildung 52 im Text dargestellt. Hinsichtlich der *generellen Lebenszufriedenheit* sowie der *Lebenszufriedenheit mit der psychischen und körperlichen Gesundheit* weisen ältere Probandinnen geringfügig höhere Mittelwerte auf als jüngere Probandinnen (Anhang A 204). Die Standardabweichungen unterscheiden sich nur geringfügig. Die Mittelwertsunterschiede sind statistisch nicht signifikant (Abbildung 52A+B). Hinsichtlich der *Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen* liegen ältere Probandinnen leicht unter Mittelwert und Standardabweichung jüngerer Probandinnen (Abbildung 52D). Auch dieser Unterschied ist statistisch nicht signifikant. Hinsichtlich der *Lebenszufriedenheit mit Freizeitaktivitäten* ist bei älteren Probandinnen im Vergleich zu jüngeren Probandinnen ein um 0,98 Punkte höherer Mittelwert zu beobachten, die Standardabweichung unterscheidet sich nur geringfügig. Der Unterschied kann als statistisch signifikant abgesichert werden (Abbildung 52C).

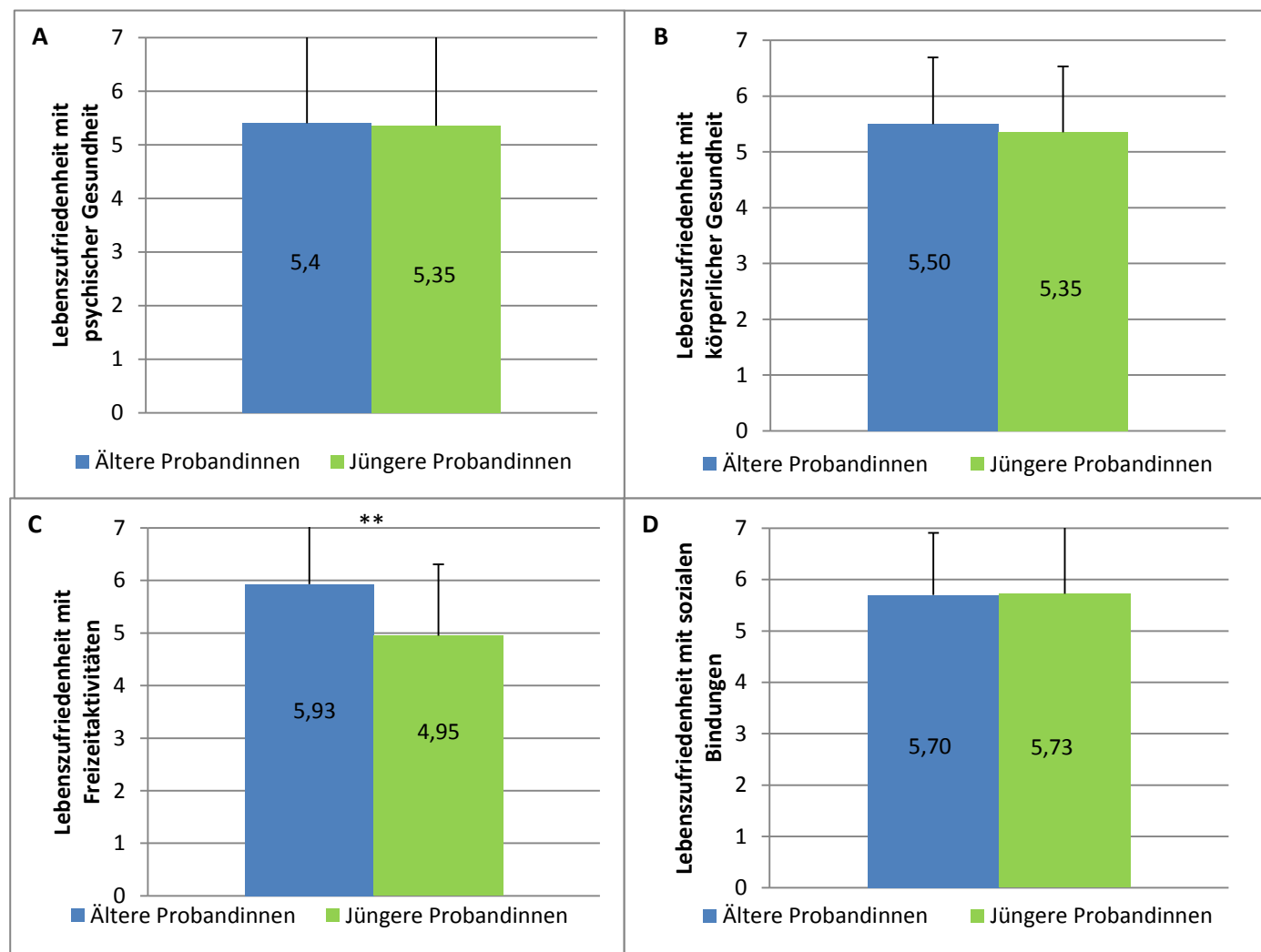


Abbildung 52: Lebenszufriedenheit jüngerer (N=20) und älterer (N=42) Probandinnen mit A) psychischer Gesundheit, B) Körperlicher Gesundheit, C) Freizeitaktivitäten und D) Sozialen Bindungen; angegeben sind Mittelwert und Standardabweichung ; Signifikanzniveau: \*p<0,05, \*\*p<0,01 und \*\*\*p<0,001

## 5.2 Zusammenhang zwischen Schlaf und Lebensqualität bei älteren und jüngeren Probandinnen

Zur Untersuchung eines möglichen Zusammenhangs zwischen Schlaf und Lebensqualität unter dem Gesichtspunkt altersbedingter Veränderungen wurden Korrelationsanalysen hinsichtlich Schlafstruktur, Schlafqualität und Schläfrigkeit mit verschiedenen Aspekten der Lebenszufriedenheit innerhalb der Gruppe älterer und jüngerer Probandinnen durchgeführt.

### 5.2.1 Zusammenhang zwischen Schlafstruktur und verschiedenen Aspekten der Lebensqualität bei älteren und jüngeren Probandinnen

Zunächst wurde der Zusammenhang zwischen verschiedenen Variablen der über zwei Nächtlche mittels mobiler Gehirnstrommessung untersuchten Schlafstruktur und verschiedenen Aspekten der Lebenszufriedenheit analysiert. Die Ergebnisse zu Mittelwert, Standardabweichung und Normalverteilung sind in A 207-209 im Anhang dargestellt; die Testbefunde zur Untersuchung des Zusammenhangs befinden sich in Tabelle 46-48 im Text. Hinsichtlich der *generellen Lebenszufriedenheit* sowie der *Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen* zeigen sich bei älteren und jüngeren Probandinnen sehr geringe bis geringe nicht signifikante positive und negative Zusammenhänge mit den untersuchten Variablen der Schlafstruktur (Tabelle 46). Eine Ausnahme bildet der geringe positive Zusammenhang zwischen *Leichtschlafanteil* und *Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen*, welcher bei älteren Probandinnen als statistisch signifikant abgesichert werden kann (Tabelle 46).

Tabelle 46: Zusammenhang zwischen der generellen Lebenszufriedenheit sowie der Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen und der Schlafstruktur älterer und jüngerer Probandinnen

Korrelationsanalys e nach Pearson	N Ältere/ Jüngere	Lebenszufriedenheit generell		Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen	
		r Ältere/Jüngere	p Ältere/Jüngere	r Ältere/Jüngere	p Ältere/Jüngere
REM %	39/ 20	-0,219/ 0,057	0,181/ 0,811	-0,223/ 0,027	0,173/ 0,910
Leichtschlaf % (MW S1+S2)	39/ 20	0,244/ 0,041	0,134/ 0,862	<b>0,337</b> / -0,015	<b>0,036</b> / 0,950
Tiefschlaf % (MW S3+S4)	39/ 20	-0,134/ 0,046	0,415/ 0,849	0,028/ 0,029	0,863/ 0,903

Hinsichtlich der *Lebenszufriedenheit mit der psychischen und körperlichen Gesundheit* weisen ältere und jüngere Probandinnen sehr geringe bis geringe positive und negative Zusammenhänge mit den

#### IV. Ergebnisse

untersuchten Variablen der Schlafstruktur auf (Tabelle 47). Eine Ausnahme bildet der positive Zusammenhang zwischen der *Lebenszufriedenheit mit der körperlichen Gesundheit* und dem *Tiefschlafanteil*, welcher sowohl bei älteren als auch bei jüngeren Probandinnen von mittlerer Stärke/Ausprägung ist. Die Zusammenhänge können jedoch nicht als statistisch signifikant abgesichert werden.

*Tabelle 47: Zusammenhang zwischen der Lebenszufriedenheit mit der seelischen und körperlichen Gesundheit und der Schlafstruktur älterer und jüngerer Probandinnen*

Korrelationsanalyse nach Spearman Variablen der Schlafstruktur	N Ältere/ Jüngere	Lebenszufriedenheit mit seelischer Gesundheit(QOL)		Lebenszufriedenheit mit körperlicher Gesundheit(QOL)	
		r Ältere/Jüngere	p Ältere/Jüngere	r Ältere/Jüngere	P Ältere/Jüngere
REM % (MW Nacht 1 +2)	39/ 20	-0,116/ 0,211	0,483/ 0,372	0,123/ 0,098	0,456/ 0,682
Leichtschlaf % (MW S1+S2 aus Nacht1+2)	39/ 20	0,238/ -0,144	0,145/ 0,544	0,002/ -0,337	0,989/ 0,147
Tiefschlaf % (MW S3+S4 aus Nacht1+2)	39/ 20	-0,097/ -0,113	0,558/ 0,634	-0,027/ 0,175	0,869/ 0,461

Hinsichtlich der *Lebenszufriedenheit mit Freizeitaktivitäten* sind bei älteren und jüngeren Probandinnen sehr geringe bis geringe positive und negative Zusammenhänge mit den untersuchten Variablen der Schlafstruktur zu beobachten (Tabelle 48). Die Zusammenhänge können nicht als statistisch signifikant abgesichert werden.

*Tabelle 48: Zusammenhang zwischen der Lebenszufriedenheit mit Freizeitaktivitäten und der Schlafstruktur älterer und jüngerer Probandinnen*

Korrelationsanalyse nach Spearman Variablen der Schlafstruktur	N Ältere/ Jüngere	Lebenszufriedenheit mit Freizeitaktivitäten(QOL)	
		r Ältere/Jüngere	p Ältere/Jüngere
REM % (MW Nacht 1 +2)	39/ 20	0,029/ -0,214	0,862/ 0,366
Leichtschlaf % (MW S1+S2 aus Nacht1+2)	39/ 20	0,115/ 0,487	-0,057/ 0,811
Tiefschlaf % (MW S3+S4 aus Nacht1+2)	39/ 20	-0,075/ 0,366	0,651/ 0,112

### 5.2.2 Zusammenhang zwischen Schlafqualität und verschiedenen Aspekten der Lebensqualität bei älteren und jüngeren Probandinnen

Neben der Schlafstruktur wurde auch der Zusammenhang verschiedener Variablen der subjektiven und objektiven Schlafqualität mit verschiedenen Aspekten der Lebensqualität untersucht. Zunächst wird auf den Zusammenhang mit der subjektiven Schlafqualität eingegangen. Die Ergebnisse zu Mittelwert und Standardabweichung sind in A 210-211 im Anhang dargestellt; die Testbefunde zur Untersuchung des Zusammenhangs befinden sich in Tabelle 49-51 im Text. Hinsichtlich der *generellen Lebenszufriedenheit* sowie der *Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen* zeigen sich bei älteren und jüngeren Probandinnen sehr geringe bis geringe positive und negative Zusammenhänge mit den untersuchten Variablen der subjektiven Schlafqualität (Tabelle 49). Die geringen negativen Zusammenhänge zwischen der *Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen* und der *Anzahl nächtlicher Wachphasen* sowie der *nächtlichen Wachdauer* stellen bei älteren Probandinnen einen statistisch signifikanten Trend dar (Tabelle 49). Die Zusammenhänge mit den anderen subjektiven Variablen der Schlafqualität konnten sowohl bei älteren als auch bei jüngeren Probandinnen nicht als statistisch signifikant abgesichert werden.

Tabelle 49: Zusammenhang zwischen der generellen Lebenszufriedenheit sowie der Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen und der subjektiven Schlafqualität jüngerer und älterer Probandinnen

Korrelationsanalyse nach Pearson Variablen der subjektiven Schlafqualität	N Ältere/ Jüngere	Lebenszufriedenheit generell		Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen	
		r Ältere/Jünger	p Ältere/Jünger	r Ältere/Jünger	p Ältere/Jünger
Einschlafdauer (min)	41/ 20	0,075/ 0,042	0,640/ 0,861	0,088/ 0,204	0,583/ 0,388
Effektive Schlafdauer (min)	42/ 20	0,175/ -0,068	0,268/ 0,775	0,046/ 0,266	0,772/ 0,258
Anzahl nächtlicher Wachphasen	42/ 20	0,105/ 0,158	0,510/ 0,505	<b>-0,260/</b> 0,174	<b>0,097/</b> 0,462
Nächtliche Wachdauer (min)	42/ 20	-0,077/-0,254	0,629/ 0,281	<b>-0,274/</b> - 0,262	<b>0,080/</b> 0,265
Schlafeffizienz (%)	42/ 20	-0,046/ 0,244	0,770/ 0,300	0,039/ 0,138	0,807/ 0,563

Hinsichtlich der Lebenszufriedenheit mit der *psychischen Gesundheit* sowie der *Lebenszufriedenheit mit der körperlichen Gesundheit* sind bei älteren und jüngeren Probandinnen sehr geringe bis geringe positive und negative Zusammenhänge mit den untersuchten Variablen der subjektiven

#### IV. Ergebnisse

Schlafqualität zu beobachten (Tabelle 50). Der geringe negative Zusammenhang zwischen der *Lebenszufriedenheit mit der körperlichen Gesundheit* und der *nächtlichen Wachdauer* sowie der geringe positive Zusammenhang zwischen der *Lebenszufriedenheit mit der körperlichen Gesundheit* und der *Schlafeffizienz* stellt bei jüngeren Probandinnen einen statistisch signifikanten Trend dar (Tabelle 50). Die Zusammenhänge mit den anderen untersuchten Variablen der subjektiven Schlafqualität konnten sowohl bei älteren als auch bei jüngeren Probandinnen nicht als statistisch signifikant abgesichert werden.

*Tabelle 50: Zusammenhang zwischen der Lebenszufriedenheit mit der seelischen und körperlichen Gesundheit und der subjektiven Schlafqualität jüngerer und älterer Probandinnen*

Korrelationsanalyse nach Spearman  Variablen der subjektiven Schlafqualität	N Ältere/ Jüngere	Lebenszufriedenheit mit psychischer Gesundheit		Lebenszufriedenheit mit körperlicher Gesundheit	
		r Ältere/Jüngere	p Ältere/Jüngere	r Ältere/Jüngere	p Ältere/Jüngere
Einschlafdauer (min)	41/ 20	0,161/ -0,157	0,314/ 0,509	0,213/ -0,178	0,182/ 0,453
Effektive Schlafdauer (min)	42/ 20	0,064/ -0,012	0,687/ 0,959	-0,051/ -0,175	0,747/ 0,459
Anzahl nächtlicher Wachphasen	42/ 20	-0,086/ 0,104	0,588/ 0,663	-0,050/ -0,177	0,753/ 0,456
Nächtliche Wachdauer (min)	42/ 20	0,062/ -0,119	0,699/ 0,617	-0,089/ <b>-0,433</b>	0,576/ <b>0,057</b>
Schlafeffizienz (%)	42/ 20	-0,129/ 0,348	0,414/ 0,132	-0,055/ <b>0,393</b>	0,729/ <b>0,087</b>

Hinsichtlich der Lebenszufriedenheit mit Freizeitaktivitäten zeigen sich bei älteren und jüngeren Probandinnen sehr geringe bis geringe positive und negative Zusammenhänge mit den untersuchten Variablen der subjektiven Schlafqualität. Sie sind statistisch nicht signifikant (Tabelle 51).

#### IV. Ergebnisse

Tabelle 51: Zusammenhang zwischen Lebenszufriedenheit mit Freizeitaktivitäten und subjektiver Schlafqualität jüngerer und älterer Probandinnen

Korrelationsanalyse nach Spearman Variablen der subjektiven Schlafqualität	N Ältere/ Jüngere	Lebenszufriedenheit mit Freizeitaktivitäten	
		r Ältere/Jüngere	p Ältere/Jüngere
Einschlafdauer (min)	41/ 20	0,142/ -0,235	0,377/ 0,318
Effektive Schlafdauer (min)	42/ 20	-0,014/ 0,351	0,932/ 0,129
Anzahl nächtlicher Wachphasen	42/ 20	0,016/ 0,256	0,918/ 0,276
Nächtliche Wachdauer (min)	42/ 20	-0,152/ 0,243	0,336/ 0,302
Schlafeffizienz (%)	42/ 20	-0,053/ 0,015	0,737/ 0,951

Neben der subjektiven Schlafqualität wurde auch der Zusammenhang der objektiven Schlafqualität mit verschiedenen Aspekten der Lebensqualität untersucht. Die Ergebnisse zu Mittelwert und Standardabweichung befinden sich in A 212-213 im Anhang. Die Testbefunde zur Untersuchung des Zusammenhangs sind in Tabelle 52-54 im Text dargestellt.

Hinsichtlich der *generellen Lebenszufriedenheit* zeigen sich bei älteren und jüngeren Probandinnen sehr geringe bis geringe positive und negative Zusammenhänge mit den untersuchten Variablen der objektiven Schlafqualität. Eine Ausnahme bildet der negative Zusammenhang mit dem nächtlichen Wachanteil, welcher bei jüngeren Probandinnen eine mittlere Stärke aufweist und statistisch signifikant ist (Tabelle 52). Des Weiteren kann auch der geringe negative Zusammenhang mit der Einschlafdauer bei älteren Probandinnen als statistisch signifikant abgesichert werden. Zudem stellt der geringe positive Zusammenhang mit der Schlafeffizienz bei jüngeren Probandinnen einen statistisch signifikanten Trend dar.

Hinsichtlich der *Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen* liegen bei älteren und jüngeren Probandinnen ebenfalls sehr geringe bis geringe positive und negative Zusammenhänge vor. Der geringe negative Zusammenhang mit der Einschlafdauer stellt bei älteren Probandinnen einen statistisch signifikanten Trend dar, während bei jüngeren Probandinnen der geringe negative Zusammenhang mit dem nächtlichen Wachanteil einen statistischen Trend aufweist (Tabelle 52 52).

#### IV. Ergebnisse

Tabelle 52: Zusammenhang zwischen der generellen Lebenszufriedenheit sowie der Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen und der objektiven Schlafqualität jüngerer und älterer Probandinnen

Korrelationsanalyse nach Pearson Variablen objektiver Schlafqualität	N Ältere/ Jüngere	Lebenszufriedenheit generell		Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen	
		r Ältere/Jüngere	p Ältere/Jüngere	r Ältere/Jüngere	p Ältere/Jüngere
Einschlafdauer (min)	39/ 20	<b>-0,327</b> / -0,112	<b>0,042</b> / 0,637	<b>-0,276</b> / -0,133	<b>0,089</b> / 0,575
Gesamtschlafdauer (min)	39/ 20	0,194/ 0,165	0,237/ 0,486	-0,040/ 0,213	0,808/ 0,367
Effektive Schlafdauer (min)	39/ 20	0,122/ 0,246	0,458/ 0,296	0,101/ 0,241	0,539/ 0,306
Nächtlicher Wachanteil (%)	39/ 20	0,015/ <b>-0,539</b>	0,926/ <b>0,014</b>	-0,213/ <b>-0,394</b>	0,192/ <b>0,086</b>
Nächtliche Bewegung (%)	39/ 20	0,152/ -0,146	0,357/ 0,540	0,059/ 0,210	0,721/ 0,375
Schlafeffizienz (%)	39/ 20	0,078/ <b>0,404</b>	0,639/ <b>0,077</b>	0,204/ 0,247	0,213/ 0,294

Hinsichtlich der *Lebenszufriedenheit mit der psychischen Gesundheit* weisen ältere und jüngere Probandinnen sehr geringe bis geringe Zusammenhänge mit den untersuchten Variablen der objektiven Schlafqualität auf (Tabelle 53). Eine Ausnahme bilden der mittlere negative Zusammenhang mit dem nächtlichen Wachanteil sowie der mittlere positive Zusammenhang mit der Schlafeffizienz bei jüngeren Probandinnen. Zudem sind die genannten Zusammenhänge statistisch signifikant. Bei älteren Probandinnen können der geringe negative Zusammenhang mit der Einschlafdauer sowie der geringe positive Zusammenhang mit der Gesamtschlafdauer als statistisch signifikant abgesichert werden. Zudem stellen der geringe positive Zusammenhang mit der effektiven Schlafdauer sowie der geringe positive Zusammenhang mit der Schlafeffizienz einen statistisch signifikanten Trend dar (Tabelle 53).

Hinsichtlich der *Lebenszufriedenheit mit der körperlichen Gesundheit* liegen bei älteren und jüngeren Probandinnen sehr geringe bis geringe positive und negative Zusammenhänge mit den untersuchten Variablen der objektiven Schlafqualität vor. Die Zusammenhänge sind jedoch statistisch nicht signifikant (Tabelle 53).



#### IV. Ergebnisse

Tabelle 53: Zusammenhang zwischen der Lebenszufriedenheit mit der psychischen und körperlichen Gesundheit und der objektiven Schlafqualität jüngerer und älterer Probandinnen

Korrelationsanalyse nach Spearman Variablen objektiver Schlafqualität	N Ältere/ Jüngere	Lebenszufriedenheit mit psychischer Gesundheit		Lebenszufriedenheit mit körperlicher Gesundheit	
		r Ältere/Jüngere	p Ältere/Jüngere	r Ältere/Jüngere	p Ältere/Jüngere
Einschlafdauer (min)	39/ 20	<b>-0,403/</b> -0,116	<b>0,011/</b> 0,625	0,047/ -0,200	0,777/ 0,398
Gesamtschlafdauer (min)	39/ 20	<b>0,350/</b> 0,240	<b>0,029/</b> 0,308	0,190/ 0,115	0,247/ 0,629
Effektive Schlafdauer (min)	39/ 20	<b>0,281/</b> 0,350	<b>0,084/</b> 0,130	0,164/ 0,167	0,319/ 0,481
Nächtlicher Wachanteil (%)	39/ 20	-0,101/ <b>-0,524</b>	0,541/ <b>0,018</b>	-0,162/ -0,251	0,325/ 0,285
Nächtliche Bewegung (%)	39/ 20	-0,167/ -0,174	0,309/ 0,463	-0,036/ 0,134	0,829/ 0,573
Schlafeffizienz (%)	39/ 20	<b>0,294/ 0,524</b>	<b>0,070/ 0,018</b>	0,098/ 0,190	0,554/ 0,423

Hinsichtlich der *Lebenszufriedenheit mit Freizeitaktivitäten* sind bei älteren und jüngeren Probandinnen sehr geringe bis geringe positive und negative Zusammenhänge mit den untersuchten Variablen der objektiven Schlafqualität zu beobachten (Tabelle 54). Der geringe positive Zusammenhang mit der Einschlafdauer kann bei älteren Probandinnen als statistisch signifikant abgesichert werden. Zudem stellt der geringe positive Zusammenhang mit der Schlafeffizienz einen statistisch signifikanten Trend bei älteren Probandinnen dar.

Tabelle 54: Zusammenhang zwischen Lebenszufriedenheit mit Freizeitaktivitäten und der objektiven Schlafqualität jüngerer und älterer Probandinnen

Korrelationsanalyse nach Spearman Variablen der objektiver Schlafqualität	N Ältere/ Jüngere	Lebenszufriedenheit mit Freizeitaktivitäten(QOL)	
		r Ältere/Jüngere	p Ältere/Jüngere
Einschlafdauer (min)	39/ 20	<b>-0,413/</b> 0,075	<b>0,009/</b> 0,754
Gesamtschlafdauer (min)	39/ 20	0,177/ -0,165	0,281/ 0,488
Effektive Schlafdauer (min)	39/ 20	0,154/ -0,142	0,349/ 0,550
Nächtlicher Wachanteil (%)	39/ 20	-0,161/ -0,217	0,329/ 0,359
Nächtliche Bewegung (%)	39/ 20	-0,132/ -0,114	0,424/ 0,633
Schlafeffizienz (%)	39/ 20	<b>0,289/</b> -0,026	<b>0,075/</b> 0,913

### 5.2.3 Zusammenhang zwischen Schläfrigkeit und verschiedenen Aspekten der Lebensqualität bei älteren und jüngeren Probandinnen

Neben Schlafstruktur und Schlafqualität wurde der Zusammenhang verschiedener Variablen der subjektiven und objektiven Schläfrigkeit und verschiedener Aspekte der Lebenszufriedenheit untersucht. Zunächst wird auf den Zusammenhang mit der subjektiven Schläfrigkeit eingegangen. Die Ergebnisse zu Mittelwert, Standardabweichung und Normalverteilung befinden sich in A 214-215 im Anhang. Die Testbefunde zum Zusammenhang zwischen subjektiver Schläfrigkeit und Lebenszufriedenheit sind in Tabelle 55- Tabelle 57 im Text zu finden. Hinsichtlich der *generellen Lebenszufriedenheit* und der *Zufriedenheit mit sozialen Bindungen* weisen ältere und jüngere Probandinnen sehr geringe positive und negative Zusammenhänge mit den beiden untersuchten Variablen der subjektiven Schläfrigkeit auf (Tabelle 55). Die Zusammenhänge sind statistisch nicht signifikant.

Tabelle 55: Zusammenhang zwischen der gesamten Lebenszufriedenheit sowie der Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen und der subjektiven Schläfrigkeit jüngerer und älterer Probandinnen

Korrelationsanalyse nach Pearson/ Spearman Variablen subjektiver Schläfrigkeit	N Ältere/ Jüngere	Lebenszufriedenheit generell		Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen	
		r Ältere/Jüngere	p Ältere/Jüngere	r Ältere/Jüngere	p Ältere/Jüngere
Erster Schläfrigkeitszeitpunkt am Abend (min)	42/ 20	0,010/ -0,275	0,951/ 0,240	-0,079/ -0,206	0,619/ 0,383
Schläfrigkeit morgens um 10 Uhr am 1. Studientag (Pkt.)	41/ 20	-0,036/ -0,157	0,824/ 0,509	-0,125/ -0,088	0,436/ 0,713

Hinsichtlich der *Lebenszufriedenheit mit der psychischen Gesundheit* sowie mit der *körperlichen Gesundheit* sind bei älteren und jüngeren Probandinnen sehr geringe bis geringe negative Zusammenhänge mit den beiden untersuchten Variablen der Schläfrigkeit zu beobachten (Tabelle 56). Die geringen negativen Zusammenhänge zwischen der *Lebenszufriedenheit mit der psychischen Gesundheit* und dem ersten *Schläfrigkeitszeitpunkt am Abend* und der *Schläfrigkeit morgens* stellen bei jüngeren Probandinnen einen statistisch signifikanten Trend dar (Tabelle 56).

#### IV. Ergebnisse

Tabelle 56: Zusammenhang zwischen der Lebenszufriedenheit mit der seelischen und körperlichen Gesundheit und der subjektiven Schläfrigkeit jüngerer und älterer Probandinnen

Korrelationsanalyse nach Spearman Variablen der subjektiven Schläfrigkeit	N Ältere/ Jüngere	Lebenszufriedenheit mit psychischer Gesundheit		Lebenszufriedenheit mit körperlicher Gesundheit	
		r Ältere/Jüngere	p Ältere/Jüngere	r Ältere/Jüngere	p Ältere/Jüngere
Erster Schläfrigkeitszeitpunkt am Abend (min)	42/ 20	-0,126/ <b>-0,383</b>	0,426/ <b>0,095</b>	0,130/ -0,231	0,411/ 0,327
Schläfrigkeit morgens um 10 Uhr am 1. Studientag (Pkt.)	41/ 20	-0,177/ <b>-0,384</b>	0,267/ <b>0,095</b>	-0,083/ -0,234	0,606/ 0,322

Hinsichtlich der *Lebenszufriedenheit mit Freizeitaktivitäten* weisen ältere und jüngere Probandinnen sehr geringe bis geringe positive und negative Zusammenhänge mit den beiden untersuchten Variablen der subjektiven Schläfrigkeit auf (Tabelle 57). Die Zusammenhänge sind statistisch nicht signifikant.

Tabelle 57: Zusammenhang zwischen Lebenszufriedenheit mit Freizeitaktivitäten und der subjektiven Schläfrigkeit jüngerer und älterer Probandinnen

Korrelationsanalyse nach Spearman Variablen der subjektiven Schläfrigkeit	N Ältere/ Jüngere	Lebenszufriedenheit mit Freizeitaktivitäten	
		r Ältere/Jüngere	p Ältere/Jüngere
Erster Schläfrigkeitszeitpunkt am Abend (min)	42/ 20	0,187/ -0,058	0,235/ 0,810
Schläfrigkeit morgens um 10 Uhr am 1. Studientag (Pkt.)	41/ 20	-0,119/ 0,267	0,457/ 0,255

Des Weiteren wurde der Zusammenhang zwischen verschiedenen Variablen der objektiven Schläfrigkeit und verschiedenen Aspekten der Lebenszufriedenheit untersucht. Die Ergebnisse zu Mittelwert, Standardabweichung und Normalverteilung befinden sich in A 216-217 im Anhang. Die Testbefunde zum Zusammenhang zwischen objektiver Schläfrigkeit und Lebenszufriedenheit sind in Tabelle 58- Tabelle 60 im Text aufgeführt. Hinsichtlich der *generellen Lebenszufriedenheit* zeigen sich bei älteren Probandinnen sehr geringe positive und negative Zusammenhänge mit den untersuchten Variablen der objektiven Schläfrigkeit, die statistisch jedoch nicht signifikant sind (Tabelle 58). Bei jüngeren Probandinnen liegen hingegen überwiegend mittlere positive und negative Zusammenhänge vor, die größtenteils signifikant sind. Mit dem *PUI* und *rPUI* der *morgendlichen*

#### IV. Ergebnisse

Messung sowie mit dem *mittleren rPUI aus morgendlicher und abendlicher Messung* ist ein geringer negativer Zusammenhang zu beobachten, während mit dem *PUI und rPUI aus der abendlichen Messung* sowie mit dem *mittleren PUI aus morgendlicher und abendlicher Messung* ein mittlerer negativer Zusammenhang vorliegt. Mit dem *MRS und rMRS der morgendlichen und abendlichen Messung* liegt ein mittlerer positiver Zusammenhang vor. Die Zusammenhänge können bei jüngeren Probandinnen hinsichtlich der am Abend gemessenen Schläfrigkeitsvariablen sowie der aus der morgendlichen und abendlichen Messung gemittelten Schlafvariablen als statistisch signifikant abgesichert werden. Bei dem am Morgen gemessenen PUI liegt ein statistisch signifikanter Trend vor. Hinsichtlich der *Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen* weisen ältere Probandinnen sehr geringe bis geringe positive und negative Zusammenhänge mit den untersuchten Variablen der objektiven Schläfrigkeit auf, die jedoch nicht als statistisch signifikant abgesichert werden können (Tabelle 58). Bei jüngeren Probandinnen liegen überwiegend geringe positive und negative Zusammenhänge mit den untersuchten Variablen der objektiven Schläfrigkeit vor. Die geringen negativen Zusammenhänge mit dem PUI und rPUI der abendlichen Messung sowie die geringen positiven Zusammenhänge mit dem MRS und dem rMRS der abendlichen Messung stellen statistisch signifikante Trends dar (Tabelle 58).

Tabelle 58: Zusammenhang zwischen der gesamten Lebenszufriedenheit sowie der Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen und der objektiven Schläfrigkeit jüngerer und älterer Probandinnen

Korrelationsanalyse nach Pearson Variablen objektiver Schläfrigkeit	N Ältere/ Jüngere	Lebenszufriedenheit generell		Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen	
		r	p	r	p
		Ältere/Jüngere	Ältere/Jüngere	Ältere/Jüngere	Ältere/Jüngere
PUI morgens 10 Uhr (mm/min)	42/ 20	0,114/ <b>-0,396</b>	0,474/ <b>0,084</b>	0,163/ -0,126	0,303/ 0,598
rPUI morgens 10 Uhr (1/min)	42/ 20	0,123/ -0,317	0,438/ 0,173	0,214/ -0,139	0,174/ 0,560
MRS morgens um 10 Uhr (%)	42/ 20	-0,111/ <b>0,562</b>	0,484/ <b>0,010</b>	-0,170/ 0,260	0,282/ 0,269
rMRS morgens um 10 Uhr (%)	42/ 20	-0,135/ <b>0,512</b>	0,393/ <b>0,021</b>	-0,224/ 0,274	0,154/ 0,242
PUI abends MW 17 und 21 Uhr (mm/min)	25/ 20	-0,015/ <b>-0,606</b>	0,943/ <b>0,005</b>	-0,103/ <b>-0,421</b>	0,626/ <b>0,065</b>
rPUI abends MW 17 und 21 Uhr (1/min)	25/ 20	0,018/ <b>-0,521</b>	0,932/ <b>0,018</b>	-0,036/ <b>-0,388</b>	0,864/ <b>0,091</b>
MRS abends MW 17 und 21 Uhr (%)	25/ 20	0,017/ <b>0,609</b>	0,937/ <b>0,004</b>	0,130/ <b>0,431</b>	0,535/ <b>0,058</b>
rMRS abends MW 17 und 21 Uhr (%)	25/ 20	0,002/ <b>0,523</b>	0,001/ <b>0,018</b>	0,076/ <b>0,392</b>	0,718/ <b>0,088</b>
PUI MW morgens und abends (mm/min)	25/ 20	0,087/ <b>-0,586</b>	0,679/ <b>0,007</b>	0,011/ -0,353	0,959/ 0,127
rPUI MW morgens und abends (1/min)	25 20	0,128/ <b>-0,484</b>	0,541/ <b>0,030</b>	0,090/ -0,325	0,670/ 0,162

#### IV. Ergebnisse

Hinsichtlich der *Lebenszufriedenheit mit der psychischen Gesundheit* treten bei älteren Probandinnen sehr geringe bis geringe positive und negative Zusammenhänge mit den Variablen der objektiven Schläfrigkeit auf, die jedoch statistisch nicht signifikant sind (Tabelle 59). Bei jüngeren Probandinnen sind überwiegend geringe positive und negative Zusammenhänge mit den untersuchten Variablen der objektiven Schläfrigkeit zu beobachten. Die geringen negativen Zusammenhänge mit dem PUI der morgendlichen Messung und mit dem mittleren PUI aus morgendlicher und abendlicher Messung sowie der geringe positive Zusammenhang mit dem MRS aus der morgendlichen Messung können als statistisch signifikant abgesichert werden. Der geringe negative Zusammenhang mit dem rPUI aus der morgendlichen Messung und dem mittleren rPUI aus morgendlicher und abendlicher Messung sowie der geringe positive Zusammenhang mit dem rPUI aus der morgendlichen Messung stellen einen statistisch signifikanten Trend dar (Tabelle 59). Hinsichtlich der *Lebenszufriedenheit mit der körperlichen Gesundheit* sind bei jüngeren Probandinnen sehr geringe bis geringe positive und negative Zusammenhänge zu beobachten, die statistisch jedoch nicht signifikant sind. Ältere Probandinnen weisen überwiegend geringe positive und negative Zusammenhänge auf. Der negative Zusammenhang mit dem rPUI aus der abendlichen Messung sowie der positive Zusammenhang mit dem rMRS aus der abendlichen Messung stellt einen statistisch signifikanten Trend dar (Tabelle 59).

Tabelle 59: Zusammenhang zwischen der Lebenszufriedenheit mit der seelischen und körperlichen Gesundheit und der objektiven Schläfrigkeit jüngerer und älterer Probandinnen

Korrelationsanalyse nach Spearman Variablen der objektiven Schläfrigkeit	N Ältere/ Jüngere	Lebenszufriedenheit mit psychischer Gesundheit		Lebenszufriedenheit mit körperlicher Gesundheit	
		r	p	r	p
		Ältere/Jüngere	Ältere/Jüngere	Ältere/Jüngere	Ältere/Jüngere
PUI morgens 10 Uhr (mm/min)	42/ 20	-0,011/ <b>-0,498</b>	0,947/ <b>0,025</b>	0,100/ -0,016	0,529/ 0,948
rPUI morgens 10 Uhr (1/min)	42/ 20	-0,012/ <b>-0,386</b>	0,939/ <b>0,093</b>	0,047/ -0,085	0,768/ 0,722
MRS morgens um 10 Uhr (%)	42/ 20	-0,016/ <b>0,487</b>	0,921/ <b>0,029</b>	-0,115/ 0,038	0,567/ 0,875
rMRS morgens um 10 Uhr (%)	42/ 20	-0,022/ <b>0,414</b>	0,888/ <b>0,070</b>	-0,068/ 0,088	0,670/ 0,714
PUI abends MW 17 und 21 Uhr (mm/min)	25/ 20	-0,124/ -0,364	0,555/ 0,115	-0,282/ -0,198	0,171/ 0,402
rPUI abends MW 17 und 21 Uhr (1/min)	25/ 20	-0,212/ -0,310	0,309/ 0,183	<b>-0,375/</b> -0,193	<b>0,065/</b> 0,415
MRS abends MW 17 und 21 Uhr (%)	25/ 20	0,131/ 0,333	0,534/ 0,151	0,263/ 0,221	0,203/ 0,349
rMRS abends MW 17 und 21 Uhr (%)	25/ 20	0,207/ 0,297	0,321/ 0,203	<b>0,385/</b> 0,226	<b>0,057/</b> 0,338
PUI MW morgens und abends (mm/min)	25/ 20	-0,121/ <b>-0,450</b>	0,565/ <b>0,046</b>	-0,185/ -0,197	0,377/ 0,406
rPUI MW morgens und abends (1/min)	25/ 20	-0,201/ <b>-0,411</b>	0,336/ <b>0,072</b>	-0,237/ -0,176	0,253/ 0,458

#### IV. Ergebnisse

Hinsichtlich der Lebenszufriedenheit mit Freizeitaktivitäten weisen ältere und jüngere Probandinnen sehr geringe bis geringe positive und negative Zusammenhänge mit den untersuchten Variablen der objektiven Schläfrigkeit auf. Die Zusammenhänge sind statistisch jedoch nicht signifikant (Tabelle 60).

Tabelle 60: Zusammenhang zwischen Lebenszufriedenheit mit Freizeitaktivitäten und der objektiven Schläfrigkeit jüngerer und älterer Probandinnen

Korrelationsanalyse nach Spearman Variablen der objektiven Schläfrigkeit	N Ältere/ Jüngere	Lebenszufriedenheit mit Freizeitaktivitäten	
		r	p
		Ältere/Jüngere	Ältere/Jüngere
PUI morgens 10 Uhr (mm/min)	42/ 20	-0,009/ 0,224	0,957/ 0,343
rPUI morgens 10 Uhr (1/min)	42/ 20	-0,004/ 0,294	0,980/ 0,209
MRS morgens um 10 Uhr (%)	42/ 20	-0,010/ -0,206	0,949/ 0,383
rMRS morgens um 10 Uhr (%)	42/ 20	-0,053/ -0,282	0,738/ 0,228
PUI abends MW 17 und 21 Uhr (mm/min)	25/ 20	-0,174/ 0,110	0,404/ 0,643
rPUI abends MW 17 und 21 Uhr (1/min)	25/ 20	-0,281/ 0,165	0,173/ 0,488
MRS abends MW 17 und 21 Uhr (%)	25/ 20	0,179/ -0,143	0,393/ 0,547
rMRS abends MW 17 und 21 Uhr (%)	25/ 20	0,303/ -0,168	0,141/ 0,479
PUI MW morgens und abends (mm/min)	25/ 20	-0,083/ 0,130	0,693/ 0,586
rPUI MW morgens und abends (1/min)	25/ 20	-0,207/ 0,219	0,320/ 0,353

#### 5.2 Auswirkung tageszeitlicher Nickerchen auf die Lebensqualität

Des Weiteren wurde die Auswirkung der Anzahl und Dauer tageszeitlicher Nickerchen auf verschiedene Aspekte der Lebensqualität älterer Probandinnen untersucht. Hierzu wurden älteren Probandinnen mit regelmäßigen tageszeitlichen Nickerchen mit jenen ohne tageszeitliches Nickerchen hinsichtlich verschiedener Aspekte der Lebensqualität verglichen. Die Ergebnisse zu Mittelwert, Standardabweichung und Normalverteilung sind in A 218-225 im Anhang dargestellt. Die Testbefunde zur Untersuchung der Auswirkung der Anzahl und Dauer tageszeitlicher Nickerchen mit der Lebensqualität befinden sich in Tabelle 61-64 im Text.

#### IV. Ergebnisse

Zunächst erfolgt die Beschreibung der Ergebnisse, die hinsichtlich der Untersuchung der Auswirkung der Anzahl tageszeitlicher Nickerchen auf die Lebensqualität erzielt wurden. Hierzu wurde zum einen die Gruppe der älteren Probandinnen mit tageszeitlichen Nickerchen an mindestens vier Tagen der Studienwoche mit der Gruppe älterer Probandinnen ohne tageszeitliches Nickerchen hinsichtlich verschiedener Aspekte der Lebensqualität gegenübergestellt. Die Ergebnisse zu Mittelwert, Standardabweichung und Normalverteilung befinden sich in A 218-219 im Anhang; die Testbefunde zur Untersuchung der Auswirkung der Anzahl tageszeitlicher Nickerchen auf die Lebensqualität ist in Tabelle 61 im Text dargestellt. Hinsichtlich der *generellen Lebenszufriedenheit*, der *Lebenszufriedenheit mit der psychischen Gesundheit*, der *Lebenszufriedenheit mit Freizeitaktivitäten* sowie der *Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen* weisen ältere Probandinnen mit tageszeitlichen Nickerchen an mindestens vier Tagen der Studienwoche einen geringeren Wert und folglich eine geringe Lebenszufriedenheit auf als ältere Probandinnen ohne tageszeitliche Nickerchen. Hinsichtlich der *Lebenszufriedenheit mit der psychischen Gesundheit* verhält es sich gegenteilig. Die Unterschiede zwischen älteren Probandinnen mit tageszeitlichen Nickerchen an vier Studientagen und älteren Probandinnen ohne tageszeitliches Nickerchen sind statistisch nicht signifikant (Tabelle 61).

*Tabelle 61: Vergleich von Aspekten der Lebensqualität zwischen älteren Probandinnen mit tageszeitlichen Nickerchen an mindestens 4 Tagen (OWN4) und älteren Probandinnen ohne tageszeitliches Nickerchen (ONN) während der Studienwoche*

Aspekte der Lebensqualität	N  OWN4/ ONN	Mittelwert		Mann-Withney U Test	
		Vergleich OWN4 und ONN		Z	p
		OWN4/	ONN		
Lebenszufriedenheit generell	16/ 9	4,80/	5,19	-0,738	0,460
Lebenszufriedenheit mit psychischer Gesundheit	16/ 9	5,38/	5,22	-0,476	0,634
Lebenszufriedenheit mit körperlicher Gesundheit	16/ 9	5,31/	5,44	-0,242	0,809
Lebenszufriedenheit mit Freizeitaktivitäten	16/ 9	5,88/	6,00	-0,269	0,788
Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen	16/ 9	5,53/	6,22	-1,267	0,205

Zur Untersuchung der Auswirkung der Anzahl tageszeitlicher Nickerchen auf die Lebensqualität wurde des Weiteren der Zusammenhang zwischen verschiedenen Aspekten der Lebensqualität und der Anzahl tageszeitlicher Nickerchen innerhalb der Gruppe älterer Probandinnen mit mindestens

#### IV. Ergebnisse

einem tageszeitlichen Nickerchen während der Studienwoche untersucht. Die Ergebnisse zu Mittelwert, Standardabweichung und Normalverteilung befinden sich A 220-221 im Anhang. Die Testbefunde zur Untersuchung der Auswirkung der Anzahl tageszeitlicher Nickerchen auf die Lebensqualität ist in Tabelle 62 im Text dargestellt. Hinsichtlich der *generellen Lebenszufriedenheit* sowie der *Lebenszufriedenheit mit der psychischen Gesundheit* zeigt sich ein sehr geringer negativer Zusammenhang mit der Anzahl tageszeitlicher Nickerchen, während mit der *Lebenszufriedenheit mit der körperlichen Gesundheit* ein geringer negativer Zusammenhang besteht. Hinsichtlich der *Lebenszufriedenheit mit Freizeitaktivitäten* und *sozialen Bindungen* ist ein sehr geringer positiver Zusammenhang mit der Anzahl tageszeitliche Nickerchen zu beobachten. Der geringe negative Zusammenhang zwischen der Lebenszufriedenheit mit der psychischen Gesundheit und der Anzahl tageszeitlicher Nickerchen kann als statistisch signifikant abgesichert werden (Tabelle 62).

Tabelle 62: Zusammenhang zwischen der Anzahl tageszeitlicher Nickerchen und verschiedenen Aspekten der Lebensqualität älterer Probandinnen mit tageszeitlichen Nickerchen (OWN)

Korrelationsanalyse nach Pearson/ Spearman	N Ältere Probandinnen mit tageszeitlichen	Anzahl tageszeitlicher Nickerchen (Schlafstagebuch)	
		r	p
Lebenszufriedenheit gesamt	33	-0,169	0,346
Lebenszufriedenheit mit psychischer Gesundheit	33	-0,145	0,420
Lebenszufriedenheit mit körperlicher Gesundheit	33	<b>-0,403</b>	<b>0,020</b>
Lebenszufriedenheit mit Freizeitaktivitäten	33	0,063	0,726
Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen	33	0,065	0,719

Zur Untersuchung der Auswirkung der Dauer tageszeitlicher Nickerchen auf die Lebensqualität wurde die Gruppe älterer Probandinnen mit einer mittleren Nickerchendauer von  $\leq 35$  Minuten der Gruppe älterer Probandinnen mit einer mittleren Nickerchendauer von  $> 35$  Minuten hinsichtlich verschiedener Aspekte der Lebensqualität vergleichend gegenübergestellt. Die Ergebnisse zu Mittelwert, Standardabweichung und Normalverteilung befinden sich in A 222-224 im Anhang. Die Testbefunde zur Untersuchung der Auswirkung der Dauer tageszeitlicher Nickerchen auf verschiedene Aspekte der Lebensqualität sind in Tabelle 63 im Text zusammengefasst. Hinsichtlich der *generellen Lebenszufriedenheit*, der *Lebenszufriedenheit mit der körperlichen Gesundheit*, der *Lebenszufriedenheit mit Freizeitaktivitäten* sowie der *Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen*



#### IV. Ergebnisse

weisen ältere Probandinnen mit einer mittleren Nickerchendauer von  $\leq 35$  Minuten höhere Mittelwerte und folglich eine höhere Lebenszufriedenheit auf als ältere Probandinnen mit einer mittleren Nickerchendauer von  $> 35$  Minuten. Hinsichtlich der *Lebenszufriedenheit mit der psychischen Gesundheit* ist hingegen bei älteren Probandinnen mit einer mittleren Nickerchendauer von  $> 35$  Minuten ein höherer Wert und folglich eine höhere Lebenszufriedenheit zu beobachten. Die Unterschiede zwischen älteren Probandinnen mit einer mittleren Nickerchendauer von  $\leq 35$  Minuten und älteren Probandinnen mit einer mittleren Nickerchendauer von  $> 35$  Minuten sind hinsichtlich aller untersuchten Aspekte der Lebensqualität statistisch nicht signifikant (Tabelle 63).

Tabelle 63: Vergleich von Aspekten der Lebensqualität zwischen älteren Probandinnen mit einer mittleren tageszeitlichen Nickerchen Dauer  $\leq 35$  Minuten (OWN $\leq 35$ ) und  $> 35$  Minuten (OWN $>35$ )

Aspekte der Lebensqualität	N OWN $\leq 35$ / OWN $>35$	Mittelwert OWN $\leq 35$ / OWN $>35$	T-Test/ Mann-Whitney U Test Vergleich OWN $\leq 35$ und OWN $>35$	
			t/ Z	p
Lebenszufriedenheit generell	17/ 16	5,10/ 4,82	0,790	0,436
Lebenszufriedenheit mit psychischer Gesundheit	17/ 16	5,41/ 5,50	-0,166	0,869
Lebenszufriedenheit mit körperlicher Gesundheit	17/ 16	5,76/ 5,25	-0,881	0,378
Lebenszufriedenheit mit Freizeitaktivitäten	17/ 16	5,94/ 5,88	-0,077	0,939
Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen	17/ 16	5,59/ 5,53	0,126	0,900

Des Weiteren wurde zur Untersuchung der Auswirkung der Dauer tageszeitlicher Nickerchen auf die Lebensqualität der Zusammenhang zwischen verschiedenen Aspekten der Lebensqualität und der Dauer tageszeitlicher Nickerchen innerhalb der Gruppe älterer Probandinnen mit tageszeitlichem Nickerchen analysiert. Die Ergebnisse zu Mittelwert, Standardabweichung und Normalverteilung sind in A 222-224 im Anhang aufgeführt. Die Testbefunde zur Untersuchung der Auswirkung tageszeitlicher Nickerchen auf die Lebensqualität befinden sich in Tabelle 64 im Text. Hinsichtlich der *generellen Lebenszufriedenheit* sowie der *Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen* zeigt sich ein sehr geringer negativer Zusammenhang mit der mittleren Dauer tageszeitlicher Nickerchen. Hinsichtlich der *Lebenszufriedenheit mit der psychischen und körperlichen Gesundheit* sowie mit der

*Lebenszufriedenheit mit Freizeitaktivitäten* ist ein sehr geringer positiver Zusammenhang zu beobachten. Die Zusammenhänge zwischen verschiedenen Aspekten der Lebensqualität und der Dauer tageszeitlicher Nickerchen sind statistisch nicht signifikant (Tabelle 64).

Tabelle 64: Zusammenhang zwischen der Dauer tageszeitlicher Nickerchen und verschiedenen Aspekten der Lebensqualität älterer Probandinnen mit tageszeitlichem Nickerchen (OWN)

Aspekte der Lebensqualität	N Ältere Probandinnen mit tageszeitlichen Nickerchen	Mittlere Dauer tageszeitlicher Nickerchen (DGSM)	
		r	p
Lebenszufriedenheit gesamt	33	-0,141	0,373
Lebenszufriedenheit mit psychischer Gesundheit	33	0,035	0,826
Lebenszufriedenheit mit körperlicher Gesundheit	33	0,019	0,905
Lebenszufriedenheit mit Freizeitaktivitäten	33	0,103	0,518
Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen	33	-0,097	0,542

### 5.3 Zusammenhang verschiedener circadianer Variablen mit der Lebensqualität bei jüngeren und älteren Probandinnen

Neben der Untersuchung der Auswirkung tageszeitlicher Nickerchen auf die Lebensqualität wurde der Zusammenhang zwischen verschiedenen circadianer Variablen und verschiedenen Aspekten der Lebensqualität älterer und jüngerer Probandinnen analysiert. Die Ergebnisse zu Mittelwert, Standardabweichung und Normalverteilung befinden sich in A 225-226 im Anhang. Die Testbefunde zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen verschiedenen circadianen Variablen und verschiedenen Aspekte der Lebensqualität älterer und jüngerer Probandinnen sind in Tabelle 65 im Text dargestellt. Es zeigt sich ein sehr geringer negativer Zusammenhang zwischen der *Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen* und der *mittleren Bestrahlung mit Tageslicht* während der Studienwoche bei älteren Probandinnen, während bei jüngeren Probandinnen ein mittlerer positiver Zusammenhang besteht, welcher als statistisch signifikant abgesichert werden kann (Tabelle 65). Zudem ist ein geringer negativer Zusammenhang zwischen der *Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen* und dem *BMI* bei älteren und ein sehr geringer negativer Zusammenhang bei jüngeren Probandinnen zu beobachten. Der Zusammenhang kann bei älteren Probandinnen als statistisch signifikant abgesichert werden.

#### IV. Ergebnisse

Des Weiteren weisen ältere Probandinnen einen sehr geringen negativen Zusammenhang zwischen der *Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen* und der *maximalen Sonneneinstrahlung* auf, welche über sieben Studientage ermittelt und gemittelt wurde, auf, während sich bei jüngeren Probandinnen ein hoher positiver Zusammenhang zeigt. Dieser kann für jüngere Probandinnen als statistisch signifikant abgesichert werden. Auch zwischen der *Lebenszufriedenheit mit der psychischen Gesundheit* und dem mittels des Fragebogens D-MEQ erfassten *Chronotypen* existiert ein geringer negativer Zusammenhang bei älteren Probandinnen und ein geringer positiver Zusammenhang bei jüngeren Probandinnen. Hinsichtlich jüngerer Probandinnen existiert ein statistischer Trend.

Des Weiteren lässt sich zwischen der *Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen* und der mittels Tagesprotokoll erfassten mittleren *Aufenthaltsdauer im Freien* ein geringer negativer Zusammenhang bei älteren Probandinnen sowie ein mittlerer positiver Zusammenhang bei jüngeren Probandinnen beobachten. Der Zusammenhang kann sowohl bei älteren als auch bei jüngeren Probandinnen als statistisch signifikant abgesichert werden. Zudem besteht zwischen der *Lebenszufriedenheit mit der körperlichen Gesundheit* und der *Selbsteinschätzung des Gesundheitszustands* mittels des allgemeinen Fragebogens ein geringer positiver Zusammenhang bei älteren Probandinnen und ein sehr geringer positiver Zusammenhang bei jüngeren Probandinnen. Der Zusammenhang kann bei älteren Probandinnen als statistisch signifikant abgesichert werden.

Tabelle 65: Zusammenhang zwischen circadianen Variablen und verschiedenen Aspekten der Lebensqualität älterer (OW, N=42) und jüngerer (YN, N=20) Probandinnen

Korrelationsanalyse nach Pearson/ Spearman Zusammenhang zwischen der Lebensqualität und verschiedenen Faktoren	N	r	p
	Ältere / Jüngere Probandinnen	Ältere/ jüngere	Ältere/ Jüngere
Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen und mittlere Bestrahlung mit Tageslicht (MW7)	40/ 20	-0,049/ <b>0,601</b>	0,764/ <b>0,005</b>
Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen und dem BMI	42/ 20	<b>-0,335/</b> -0,104	<b>0,030/</b> 0,662
Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen und der maximalen Sonneneinstrahlung (MW)	42/ 20	-0,084/ <b>0,753</b>	0,597/ <b>0,000</b>
Lebenszufriedenheit mit psychischer Gesundheit und dem Chronotypen (D-MEQ)	42/ 20	-0,216/ <b>0,415</b>	0,169/ <b>0,069</b>
Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen und dem mittleren Zeitraum im Freien (Prot. MW 7 Tage)	41/ 20	<b>-0,322/ 0,506</b>	<b>0,040/ 0,023</b>
Lebenszufriedenheit mit körperlicher Gesundheit (QOL) und der Selbsteinschätzung des Gesundheitszustands (Allg. FB)	42/ 20	<b>0,440/</b> 0,069	<b>0,004/</b> 0,774

## V. Diskussion

### **1. Unterscheiden sich ältere und jüngere Frauen a) im Verlauf und b) in der Gegenüberstellung des Verlaufs der Haut- und Körperkerntemperatur, der Herzfrequenz und der Schläfrigkeit als Schlaf-Wach-Rhythmus bezogener Aspekt unter kontrollierten Versuchsbedingungen?**

Ziel war es zu untersuchen, ob sich ältere und jüngere Frauen unter kontrollierten Versuchsbedingungen im Abendprofil von 17 bis 23 Uhr hinsichtlich des abendlichen Verlaufs sowie in der direkten Gegenüberstellung der Haut- und Körperkerntemperatur, der Herzfrequenz und der Schläfrigkeit als Schlaf-Wach-Rhythmus bezogener Aspekt unterscheiden. Hierzu ergab sich folgender Gesamtbefund. Bei älteren Frauen lässt sich bei graphischer Gegenüberstellung des Verlaufs hinsichtlich der *distalen* Hauttemperatur an Hand und Fuß, der *oralen* Körperkerntemperatur sowie der Herzfrequenz eine vorgezogene zeitliche Lage von Minima und Maxima beobachten. Zudem weisen sie hinsichtlich der proximalen Hauttemperatur am Oberschenkel und der oralen Körperkerntemperatur signifikant geringere Mittelwerte im Vergleich zu jüngeren Frauen auf. Des Weiteren deutet sich eine altersbedingte, zu zwei Messzeitpunkten im Abendprofil signifikante Abnahme der Herzfrequenz und der subjektiven Schläfrigkeit an sowie bei graphischer Gegenüberstellung eine Wechselwirkung zwischen den untersuchten Variablen, die auch im Alter bestehen bleibt.

#### **Abendlicher Verlauf der Haut- und Körperkerntemperatur**

Sowohl bei älteren als auch bei jüngeren Frauen ist bei graphischer Gegenüberstellung des Verlaufs im Abendprofil nach einem leichten anfänglichen Abfall ein kontinuierlicher Anstieg der *distalen* und *proximalen* Hauttemperatur sowie nach einem leichten anfänglichen Anstieg ein Abfall der Körperkerntemperatur zu beobachten (vgl. Abb. 41, Kapitel IV 2.1.1). Dies steht in Einklang mit Literaturbefunden, deren zufolge es aufgrund des durch ein anregende Nervenimpulse des SCN hervorgerufenen abendlichen Anstiegs der Melatoninproduktion zu einer Erweiterung der arteriovenösen Anastomosen und in Folge dessen zu einem Anstieg der *distalen* Hauttemperatur und einem Abfall der Körperkerntemperatur sowie der *proximalen* Hauttemperatur kommt (Kräuchi 1994) (vgl. Abb. 9, Kapitel I 2.2). Zum abendlichen Verlauf der Haut- und Körperkerntemperatur unter kontrollierten Studienbedingungen sowie altersbedingten Veränderungen liegen bereits Literaturbefunde vor (Dijk et al. 2000, Monk et al. 1995). Diese haben jedoch im Gegensatz zur vorliegenden Arbeit nicht nur Frauen, sondern ein aus Männern und Frauen bestehendes Probandenkollektiv untersucht. Zudem galten hinsichtlich Erkrankungen und Medikamenteneinnahme keine vergleichbar strengen Ausschlusskriterien. Das Besondere an der im

Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Untersuchung ist das ältere Probandenkollektiv, welches der Studie zugrunde liegt. So handelt es sich um selbstständig lebende ältere Frauen mit einem Alter von über 60 Jahren, die über einen guten körperlichen und psychischen Gesundheitszustand verfügen. So kann eine Beeinflussung der Haut- und Körperkerntemperatur durch Erkrankungen wie beispielsweise Diabetes oder Schlafstörungen ausgeschlossen werden.

Das in der vorliegenden Studie zu beobachtende Ausbleiben des erwarteten abendlichen Abfalls der *proximalen* Hauttemperatur jüngerer und älterer Probandinnen ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass die an Oberschenkel und Wade befestigten Temperaturchips zum einen anfälliger für äußere Temperatureinflüsse sind. Im Gegensatz zu den an Hand und Fuß befestigten Temperaturchips zur Messung der distalen Hauttemperatur sind die an Oberschenkel und Wade zur Messung der proximalen Hauttemperatur befestigten Temperaturchips (vgl. Abb. 29, Kapitel III 3.7) nicht durch Schweißband (Hand) sowie Socke und Schuh (Fuß) geschützt und folglich thermisch isoliert, sondern könnten insbesondere beim Tragen wenig thermisch isolierender Kleidungsstücke wie Kleid, Rock oder Leinenhose stärker der Umgebungstemperatur ausgesetzt sein. Dies könnte zu einer verfälschten Messung der Hauttemperaturdaten führen. Da das Abendprofil jedoch unter kontrollierten Temperaturbedingungen gemessen wurde, ist es wahrscheinlicher, dass die weniger geschützte Lage der an Oberschenkel und Wade befestigten Temperaturchips zu einem leichteren Verrutschen dieser geführt hat, was ebenfalls fehlerhafte bzw. fehlende Daten und damit eine Verfälschung des Mittelwerts zur Folge hätte.

Trotz des vergleichbaren abendlichen Verlaufs ist bei älteren Frauen ein zeitlich früheres Auftreten von Minima bzw. Maxima hinsichtlich der *distalen* Hauttemperatur und der oralen Körperkerntemperatur zu beobachten. Dies entspricht den bisherigen Literaturbefunden, welche sich im Gegensatz zu der hier vorliegenden Studie nicht auf ein rein weibliches Probandenkollektiv beziehen insofern, als dass unter kontrollierten Versuchsbedingungen eine altersbedingt auftretende Vorverschiebung der Phasenlage hinsichtlich der circadianen Rhythmen der Körperkerntemperatur und der Hauttemperatur bei einem aus älteren Frauen und Männern bestehenden Probandenkollektiv beobachtet werden konnte (Czeisler et al. 1992, Zepelin und McDonald 1987). Die Vorverschiebung der Phasenlage ist möglicherweise auf altersbedingte Veränderungen des zentralen circadianen Schrittmachers zurückzuführen (vgl. Kapitel I 3.1). Da das Abendprofil als zeitlicher Ausschnitt aus einem 24-Stunden-Profil gesehen werden kann, müssten sich hinsichtlich der circadianen Rhythmik beobachtete altersbedingte Veränderungen auch im Abendprofil widerspiegeln. Dies konnte im Rahmen dieser Arbeit für die distale Hauttemperatur und Körperkerntemperatur gezeigt werden, nicht jedoch für die *proximale* Hauttemperatur. Eine mögliche Erklärung für das Ausbleiben der vorgezogenen zeitlichen Lage von Minima und Maxima hinsichtlich der *proximalen* Hauttemperatur ist die bereits angesprochene ungeschützte Lage der an

Wade und Oberschenkel aufgeklebten Temperaturchips, welche sie störanfälliger für Schwankungen der Außentemperatur und Verrutschen vom eigentlichen Messort macht.

Neben einer vorgezogenen zeitlichen Lage von Minima und Maxima weisen ältere Frauen im Abendprofil eine signifikante Abnahme der Hauttemperatur am Oberschenkel sowie der oralen Körperkerntemperatur im Vergleich zu jüngeren Frauen auf (vgl. Abb. 41, Kapitel IV 2.1.1). Bisherige Literaturbefunde konnten dies im Bezug auf die Hauttemperatur nur hinsichtlich der distalen Fußtemperatur zeigen (Rayman et al. 2007). Zudem galten Erkrankungen im Gegensatz zur vorliegenden Studie nicht als Ausschlusskriterium. Hinsichtlich einer altersbedingten Abnahme der Körperkerntemperatur liegen widersprüchliche Literaturbefunde vor. Studien unter kontrollierten Versuchsbedingungen deuten zum einen auf eine altersbedingte Abnahme der Körpertemperatur hin (Czeisler et al. 1992, Weinert und Waterhouse 2007). Zum anderen konnten keine Unterschiede zwischen jüngeren und älteren Menschen gezeigt werden (Vitiello et al. 1986). Allerdings beziehen sich letztere Beobachtungen im Gegensatz zu dieser Studie nicht auf ein weibliches, sondern auf ein männliches Probandenkollektiv.

Die in dieser Arbeit zu beobachtende altersbedingte Abnahme der proximalen Hauttemperatur und der Körperkerntemperatur steht insofern mit Literaturbefunden in Einklang, als dass sie u.a. auf das altersbedingte Nachlassen des intrinsischen Mechanismus der Thermoregulation zurückzuführen sind (Van Someren 2000, Vitiello et al. 1986). Die Effektivität der Wärmeerhaltung des Körpers lässt aufgrund physiologischer Altersprozesse nach, was sich in einem stärkeren Abfall der Körperkerntemperatur insbesondere bei kalten Umgebungstemperaturen äußert (Falk et al. 1994, Wagner et al. 1974). Aufgrund des Vorliegens einer konstanten Umgebungstemperatur während des Abendprofils ist dem genannten Effekt jedoch nur eine untergeordnete Rolle zuzuschreiben. Vielmehr dürfte hier die Tatsache der altersbedingten Abnahme der Muskelmasse und die daraus folgende Abnahme des Grundumsatzes eine zentrale Rolle gespielt haben (Weinert und Waterhouse 2007, Czeisler et al. 1992). Das aus den beiden Effekten resultierende altersbedingte Absinken der Körperkerntemperatur wird durch eine erhöhte Wärmeabgabe des Organismus erreicht, die sich in einer erhöhten distalen Hauttemperatur äußert. Dies spiegeln die im Rahmen dieser Arbeit erzielten Ergebnisse insofern wieder, als dass es im Gegensatz zur proximalen Hauttemperatur und oralen Körperkerntemperatur keine signifikanten Unterschiede zwischen älteren und jüngeren Probandinnen hinsichtlich der mittleren distalen Hauttemperatur gibt (vgl. Abb. 41, Kapitel IV 2.1.1).

Neben den genannten altersbedingten physiologischen Veränderungen könnte auch die altersbedingt zu beobachtende Abnahme der Amplitude des circadianen Rhythmus der Körperkern- und Hauttemperatur (Czeisler et al. 1992, Van Someren 2002) für die niedrigeren Mittelwerte älterer im Vergleich zu jüngeren Frauen im Abendprofil verantwortlich sein. Sie ist möglicherweise auf

physiologische Veränderungen des zentralen circadianen Schrittmachers im Alter zurückzuführen (vgl. Kapitel I 3.1) und könnte sich bei älteren Frauen in einer Abnahme des abendlichen Maximums sowie der Körperkern- und Hauttemperatur-Mittelwerte generell während des Abendprofils manifestieren. Das Abendprofil stellt wie schon angesprochen zeitlich gesehen einen Ausschnitt eines 24-Stunden-Profiles dar, weshalb anzunehmen ist, dass sich hinsichtlich der circadianen Rhythmik beobachtbare altersbedingte Veränderungen auch im Abendprofil widerspiegeln.

### **Abendlicher Verlauf der Herzfrequenz**

Bei beiden Altersgruppen zeigt sich im Verlauf des Abendprofils nach einem leichten Anstieg zwischen 19-20 Uhr eine Abnahme der Herzfrequenz (vgl. Abb. 44, IV 2.1.3). Zur altersbedingten Veränderung des abendlichen Verlaufs der Herzfrequenz unter kontrollierten Studienbedingungen liegen widersprüchliche Literaturbefunde vor. Zum einen konnte keine altersbedingte Abnahme der Herzfrequenz in Ruhe beobachtet werden (Kostis et al. 1982), während andere Literaturbefunde auf eine Abnahme mit zunehmendem Alter hinweisen (Umetani et al. 1998). Jedoch wurde im Gegensatz zur vorliegenden Studie kein rein weibliches Probandenkollektiv, sondern ein aus Männern und Frauen bestehendes Kollektiv untersucht. Zudem fanden die Messungen der Herzfrequenz nicht unter streng kontrollierten Bedingungen statt, wie sie im Rahmen dieser Studie im Abendprofil vorlagen.

Die in dieser Studie zu beobachtende abendliche Abnahme der Herzfrequenz steht mit Literaturbefunden insofern in Einklang, als dass es am Abend aufgrund des zunehmenden Einflusses des Parasympathikus zu einer Abnahme der Herzfrequenz kommt (Lang und Lang 2007). Zudem bewirken auch hemmende circadiane Nervenimpulse des Nucleus suprachiasmaticus (vgl. Abbildung 4, Kapitel I 2) eine abendliche Abnahme der Herzfrequenz (Kräuchi 1994). Zudem spielen die während des Abendprofils herrschenden Versuchsbedingungen insofern eine Rolle, als dass die körperliche Aktivität gering gehalten werden sollte. Sie stellt einen starken Einflussfaktor auf die Herzfrequenz dar (Degaute 1991).

Darüber hinaus konnte beobachtet werden, dass der abendliche Abfall der Herzfrequenz bei älteren Frauen eine Stunde früher begann als bei jüngeren Frauen (vgl. Abb. 44, IV 2.1.3). Dies entspricht den hinsichtlich der *distalen* Hauttemperatur und oralen Körperkerntemperatur gemachten Beobachtungen und kann möglicherweise ebenfalls durch die altersbedingt auftretende vorgezogene Phasenlage hinsichtlich circadianer Rhythmen erklärt werden (Czeisler et al. 1992, Zepelin und Mc Donald 1987). Aufgrund der Wechselwirkung zwischen verschiedenen circadianen Rhythmen wie zum Beispiel der Herzfrequenz und der Körperkerntemperatur (Buller et al. 2013, Lang und Lang 2007) wäre anzunehmen, dass die Herzfrequenz ähnlich wie die Körperkerntemperatur eine altersbedingte Phasenvorverschiebung aufweist. Zudem stellt das Abendprofil einen zeitlichen

Ausschnitt aus dem 24 Stunden-Profil der Herzfrequenz dar, weshalb sich die die hinsichtlich der circadianen Rhythmik erzielten Befunde auch im Abendprofil widerspiegeln müssten. Bisher liegt keine Vergleichsliteratur vor, die eine altersbedingte Phasenvorverschiebung der circadianen Rhythmik der Herzfrequenz unter kontrollierten Versuchsbedingungen zeigen konnte, daher ist das im Rahmen der vorliegenden Arbeit erzielte Ergebnis neu.

Neben dem altersbedingt zu beobachtenden zeitlich vorgezogenen Abfall der Herzfrequenz sind bei älteren Probandinnen im Vergleich zu jüngeren Probandinnen niedrigere Mittelwerte zu erkennen, die um 17 und um 19 Uhr als statistisch signifikant abgesichert werden können (vgl. Abb. 44, IV 2.1.3). Dies entspricht den Literaturbefunden insofern, als dass bei Frauen eine Abnahme der mittleren Herzfrequenz mit zunehmendem Alter beobachtet werden konnte (Umetani et al. 1998). Ein Grund hierfür ist die zu beobachtende altersbedingte Abnahme des Grundumsatzes (Deuschl und Reichmann 2006), welche zu einer Abnahme der Herzfrequenz führt. Des Weiteren können im Alter auftretende anatomische und physiologische Veränderungen des Herzens (Lakatta et al. 1987) zur Erklärung herangezogen werden. Die zu beobachtende geringere Herzfrequenz bei älteren Probandinnen lässt sich möglicherweise durch die altersbedingte häufig zu beobachtende Größenzunahme der linken Herzkammer (Bonnemeier et al. 2003) erklären. In Folge dessen wird mehr Blut in die linke Herzkammer aufgenommen, bevor sich der Herzmuskel zusammenzieht und das Blut aus der linken Herzkammer in die Aorta gedrückt wird. Dies müsste folglich eine Abnahme der Herzschlagfrequenz zur Folge haben, da dieser Prozess länger andauert als bei einer Herzkammer normaler Größe. Literaturbefunde, die eine altersbedingte Abnahme des Herzminutenvolumens (Blutvolumen, welches das Herz pro Minute in den Kreislauf pumpt) beschrieben haben, unterstützen diese Hypothese (Deuschl und Reichmann 2006).

Des Weiteren könnte natürlich auch Stress eine Rolle spielen. Jüngere Probandinnen stehen möglicherweise aufgrund von Studium und nebenberuflicher Tätigkeiten insgesamt unter größerem Stress als ältere Probandinnen, die größtenteils nicht mehr berufstätig waren. Stress führt zu einer Aktivierung des Sympathikus, welcher eine Erhöhung der Herzfrequenz bewirkt (Lang und Lang 2007). Neben den genannten altersbedingten physiologischen Veränderungen sowie Stress könnte auch die altersbedingt zu beobachtende Abnahme der Amplitude circadianer Rhythmen, welche bisher u.a. hinsichtlich Haut- und Körperkerntemperatur (Czeisler et al. 1992, Van Someren 2002) beobachtet werden konnte, für die niedrigeren Mittelwerte der Herzfrequenz älterer im Vergleich zu jüngeren Frauen verantwortlich sein. Sie ist möglicherweise auf physiologische Veränderungen des zentralen circadianen Schrittmachers im Alter zurückzuführen (vgl. I 3.1) und könnte sich bei älteren Frauen in einer Abnahme der Herzfrequenz-Mittelwerte während des Abendprofils manifestieren. Das Abendprofil stellt wie schon angesprochen zeitlich gesehen einen Ausschnitt eines 24-Stunden-Profiles der Herzfrequenz dar, weshalb anzunehmen ist, dass sich hinsichtlich der circadianen



Rhythmik beobachtbare altersbedingte Veränderungen auch im Abendprofil widerspiegeln. Allerdings liegen bislang keine Literaturbefunde zur Veränderung der circadianen Rhythmik der Herzfrequenz im Alter vor. Deshalb wurde diese Thematik im Rahmen der vorliegenden Arbeit untersucht. Die Ergebnisse werden zu einem späteren Zeitpunkt diskutiert (s. Kapitel V 2).

### **Abendlicher Verlauf der subjektiven Schläfrigkeit und Müdigkeit**

Bei beiden Altersgruppen zeigt sich ein kontinuierlicher Anstieg der subjektiven Schläfrigkeit und Müdigkeit von 17 bis 23 Uhr im Abendprofil (vgl. Abb. 42 Kapitel IV 2.1.2). Zum abendlichen Verlauf der subjektiven Schläfrigkeit unter kontrollierten Bedingungen sowie altersabhängigen Veränderungen liegen bereits Literaturbefunde vor (Borbely und Achermann 1999, Kräuchi 1997). Im Rahmen dieser Studie wurde jedoch erstmals der abendliche Verlauf der subjektiv eingeschätzten Schläfrigkeit und Müdigkeit unter kontrollierten Bedingungen jüngerer und älterer Frauen gegenübergestellt, die aufgrund der Ein- und Ausschlusskriterien einen hohen psychischen und physischen Gesundheitsstatus aufweisen. So können altersbedingt gehäuft auftretende Erkrankungen wie Diabetes, Schlafstörungen oder Altersdepressionen als Einflussfaktoren auf die Schläfrigkeit ausgeschlossen werden.

Der in dieser Studie zu beobachtende abendliche Anstieg der Schläfrigkeit und Müdigkeit entspricht insofern den Literaturbefunden, als dass die Schläfrigkeit am Abend aufgrund des abendlich zunehmenden Schlafdrucks ansteigt, welcher homöostatisch und circadian beeinflusst wird (Borbely und Achermann 1999)(vgl. I 2.1). Zudem kann angenommen werden, dass der Anstieg der subjektiven Schläfrigkeit durch die während des Abendprofils vorliegenden Versuchsbedingungen verstärkt wird. Die Probandinnen wurden angewiesen, ihre körperliche Aktivität auf ein Minimum zu reduzieren; zudem wurde das als Wecksignal geltende Licht auf unter 30 Lux reduziert (Weeß et al. 1998, Landwehr et al. 1998). Von einigen Probandinnen wurde das Abendprofil möglicherweise auch als monotone Situation empfunden, welche ebenfalls schlafstimulierend hätte wirken können (Weeß et al. 1998). Die genannten Faktoren führen insgesamt dazu, dass es während des Abendprofils zu einer Abnahme des zentralnervösen Aktivierungsniveaus und folglich zu einer Zunahme der subjektiv empfundenen Schläfrigkeit kommt. Das kontinuierliche Ansteigen der subjektiv empfundenen Müdigkeit ist möglicherweise eine Folge des Stresses (Borbely und Achermann 1992), der aufgrund der Studienteilnahme in der dem Abendprofil vorangegangenen Studienwoche empfunden wurde. Es mussten Verhaltensweisen dokumentiert, Messgeräte bedient und getragen werden. Des Weiteren war das Ausfüllen mehrerer Fragebögen erforderlich.

Neben einem kontinuierlichen Anstieg der subjektiven Müdigkeit und Schläfrigkeit in beiden Altersgruppen lässt sich beobachten, dass ältere Frauen kontinuierlich eine geringere Müdigkeit und Schläfrigkeit aufweisen als jüngere Frauen. Zum Zeitpunkt 22 und 23 Uhr sind die Unterschiede

hinsichtlich der Schläfrigkeit sogar statistisch signifikant (vgl. Abb. 42, Kapitel IV 2.1.2). Literaturbefunde zum abendlichen Anstieg der Schläfrigkeit unter natürlichen Bedingungen (Kräuchi et al. 1997) sowie zu altersbedingten Veränderungen (Raymann et al. 2007) liegen vor. Diese beziehen sich jedoch im Gegensatz zur vorliegenden Studie nicht nur auf ältere Frauen, sondern auf ein gemischtes Probandenkollektiv. Des Weiteren galt das Vorliegen von Schlafstörungen nicht als Ausschlusskriterium.

Die im Rahmen der Arbeit zu beobachtende geringe Schläfrigkeit älterer im Vergleich zu jüngeren Probandinnen entspricht insofern den Erwartungen, als dass es altersbedingt aufgrund von Veränderungen des zentralen circadianen Schrittmachers zu einer Abnahme des abendlichen schlafinduzierenden Signals (Kräuchi et al. 1997) und in Folge dessen zu einem verminderten Schläfrigkeitsanstieg kommt (Rayman et al. 2007). Folglich kann auch hinsichtlich der subjektiven Schläfrigkeit eine altersbedingte circadiane Amplitudenabnahme (Hofmann et al. 2006, Weitzman et al. 1982) als mögliche Erklärung herangezogen werden.

### **Objektive Schläfrigkeit im Abendprofil**

Bei beiden Altersgruppen zeigt sich im Abendprofil eine Abnahme des absoluten und relativen Pupillenunruheindex und folglich der Schläfrigkeit sowie eine Zunahme des absoluten und relativen Monotonieresistenzstatus von 17 auf 21 Uhr (vgl. Abb. 43, Kapitel IV 2.1.2). Literaturbefunde zur Untersuchung der Schläfrigkeit mittels des pupillographischen Schläfrigkeitstests liegen vor (Wilhelm 1999, Wilhelm 2000). Jedoch unterscheidet sich das Studiendesign im Vergleich zur vorliegenden Studie insofern, als dass in den beiden genannten Studien der Einfluss von Schlafstörungen oder Genussmitteln wie Koffein und Nikotin auf die Schläfrigkeit untersucht wurde, während diese beiden Faktoren in der vorliegenden Studie als Ausschlusskriterium galten. Andere Literaturbefunde beziehen sich auf die Untersuchung der Schläfrigkeit älterer und jüngerer Menschen unter natürlichen Bedingungen (Wilhelm et al. 2008), während in der vorliegenden Studie kontrollierte Licht- und Temperaturbedingungen sowie eine reduzierte körperliche Aktivität vorlagen. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden folglich erstmals altersabhängige Veränderungen der objektiven Schläfrigkeit an einem aus gesunden älteren und jüngeren Frauen bestehenden Probandenkollektiv unter kontrollierten Versuchsbedingungen mittels des pupillographischen Schläfrigkeitstests untersucht.

Dies widerspricht den Literaturbefunden insofern, als dass eine Zunahme der Schläfrigkeit im Abendprofil aufgrund des zunehmenden Schlafdrucks sowie der monotonen Versuchsbedingungen zu erwarten gewesen wäre (Borbely und Achermann 1999, Landwehr et al. 1998). Zudem konnte eine kontinuierliche Zunahme der subjektiven Schläfrigkeit im Abendprofil gezeigt werden. Eine Erklärung für das Ausbleiben des objektiven Schläfrigkeitsanstiegs ist möglicherweise, dass die

pupillographische Schläfrigkeitsmessung von ca. 50% der Probandinnen als unangenehm wahrgenommen wurde, da sie über 11 Minuten in völliger Dunkelheit stattfand. Die aufgrund der Messung empfundene Anspannung könnte das zentralnervöse Aktivierungsniveau angehoben und folglich die Schläfrigkeit gesenkt haben (Weeß et al. 1998). Die Kenntnis des Ablaufs der pupillographischen Schläfrigkeitsmessung könnte ein höheres Stresslevel während der zweiten Messung um 21 Uhr verursacht haben.

Der Vergleich jüngerer und älterer Probandinnen ergibt keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich der objektiv erfassten abendlichen Schläfrigkeit (Vgl. Abb. 43, Kapitel IV 2.1.2). Einerseits widerspricht dies den Erwartungen insofern, als dass bei älteren Probandinnen aufgrund des reduzierten abendlichen schlafinduzierenden Signals (Raymann et al. 2007) eine niedrigere Schläfrigkeit auftreten müsste. Andererseits wäre aufgrund der im Alter häufig zu beobachtenden Abnahme der Schlafqualität, der körperlichen Aktivität sowie der Tageslichtexposition bei älteren Probandinnen eine höhere Schläfrigkeit- insbesondere zu fortgeschrittener Uhrzeit (21 Uhr)- zu erwarten gewesen (Vitiello 2006, Monk et al. 1992).

Als Erklärung für das Ausbleiben signifikanter Unterschiede zwischen älteren und jüngeren Probandinnen kann zum einen herangezogen werden, dass das Abendprofil für ältere Probandinnen möglicherweise einen größeren Stressfaktor darstellte als für jüngere Probandinnen. Ein Großteil der jüngeren Probandinnen waren Studentinnen, die es möglicherweise gewohnt sind, sich abends des Öfteren in einer fremden Umgebung zu befinden und ggf. an Studien teilzunehmen. Für ältere Probandinnen mag die Situation des Abendprofils sowie die damit verbundenen Versuchsbedingungen (geringe körperliche Aktivität, geringer Lichteinfluss) und Aufgaben (Ausfüllen von Fragebögen, stündliches Messen der Körperkerntemperatur) als ungewohnt und ggf. als auch unangenehm empfunden worden sein, da die Abende ansonsten tendenziell in gewohnter Umgebung zuhause und in Ruhe verbracht werden. Dies könnte zu einer Reduzierung der Schläfrigkeit aufgrund des Stresses oder zu einer Erhöhung der Schläfrigkeit in Form einer „Erschöpfung“ in Folge des Stresses geführt haben. Zum anderen könnte die Messung selbst auch für ältere Probandinnen einen größeren Stressfaktor dargestellt und sich folglich auf die Schläfrigkeit ausgewirkt haben. Folglich stellt das Ausbleiben eines altersbedingten Unterschieds hinsichtlich der unter kontrollierten Versuchsbedingungen objektiv erfassten Schläfrigkeit einen neuen Befund dar.

Zusammenfassend konnte im Rahmen der vorliegenden Arbeit erstmals gezeigt werden, dass es bei Frauen altersbedingt zu einem zeitlich früheren Auftreten des abendlichen Abfalls der Herzfrequenz unter kontrollierten Versuchsbedingungen kommt. Zudem zeigten sich keine altersbedingten Veränderungen hinsichtlich der objektiv erfassten Schläfrigkeit am Abend.

### **Gegenüberstellung des abendlichen Verlaufs der Herzfrequenz mit der Haut- und Körperkerntemperatur und der subjektiven Schläfrigkeit**

Bisherige Studien zur Gegenüberstellung circadianer Variablen konnten einen Zusammenhang zwischen dem abendlichen Verlauf der distalen Hauttemperatur, der Körperkerntemperatur und der Schläfrigkeit unter kontrollierten Versuchsbedingungen zeigen (Kräuchi et al. 2004), der auch im Alter bestehen zu bleiben scheint (Raymann et al. 2007). Im Gegensatz zur vorliegenden Arbeit wurden nicht nur Frauen, sondern auch Männer in die Untersuchung mit einbezogen und nicht alle Erkrankungen führten zu einem Ausschluss von der Teilnahme. Ob auch die Herzfrequenz mit den drei genannten circadianen Variablen in Verbindung steht, wurde bisher nicht untersucht.

Bei beiden Altersgruppen ist im Abendprofil ein gegensinniger Verlauf zwischen der Herzfrequenz, der distalen Hauttemperatur und der Schläfrigkeit sowie ein gleichsinniger Verlauf zwischen Herzfrequenz und oraler Körperkerntemperatur zu beobachten. Die Ergebnisse entsprechen insofern den Erwartungen, als dass zum einen ein Zusammenhang zwischen dem abendlichen Verlauf der distalen Hauttemperatur, der Körperkerntemperatur und der Schläfrigkeit besteht. Zum anderen steht die Schlafregulation über das vegetative Nervensystem physiologisch mit der Herzfrequenz insofern in Verbindung (Virtanen et al. 2015), als dass während des Wachzustands der Sympathikus und während des Schlafs der Parasympathikus überwiegt. Die abendliche Zunahme der Schläfrigkeit kann als Übergang vom Wach- in den Schlafzustand gesehen werden. Das zentralnervöse Aktivierungsniveau sinkt (Weeß et al. 2008) und in Folge dessen ist auch ein Absinken der Herzfrequenz zu erwarten.

Der beschriebene physiologische Prozess wird durch den circadianen Prozess insofern verstärkt, als dass es aufgrund der abendlichen Ausschüttung des Nachthormons Melatonin über das Andocken von Melatonin an melatoninsensitive Rezeptoren in den Blutgefäßen der arteriovenösen Anastomosen zu einer Erweiterung der peripheren Blutgefäße kommt, was ein Anstieg der Hauttemperatur und der Schläfrigkeit sowie einen Abfall der Körperkerntemperatur zur Folge hat (Kräuchi 1997). Die Erweiterung der peripheren Blutgefäße müsste den Abfall der Herzfrequenz insofern begünstigen, als dass es aufgrund der Gefäßerweiterung zu einem Abfall des Blutdrucks (Lang und Lang 2007) und in Folge dessen zu einer Abnahme der Herzfrequenz kommt. Die im Rahmen dieser Arbeit erzielten Ergebnisse unterstützen diese Theorie. Zudem kann angenommen werden, dass der Anstieg der subjektiven Schläfrigkeit sowie der Abfall der Herzfrequenz durch die während des Abendprofils vorherrschende Reduzierung der körperlichen Aktivität und der Lichtexposition verstärkt wird (Degaute 1991, Landwehr et al. 1998).

Da sich der beschriebene Verlauf der drei untersuchten Variablen sowohl innerhalb der Gruppe der jüngeren als auch der älteren Probandinnen zeigt, kann angenommen werden, dass er sich altersbedingt nicht ändert. Dafür spricht auch, dass der gegensinnige Verlauf von Herzfrequenz und

Hauttemperatur bei älteren Probandinnen eine Stunde früher beginnt (19 Uhr) als bei jüngeren Probandinnen (20 Uhr) und der gleichsinnige Verlauf der Herzfrequenz und der Körperkerntemperatur sogar zwei Stunden früher (vgl. Abb. 45 und 46, Kapitel IV 2.4.1). Des Weiteren lässt sich beobachten, dass der gegensinnige Verlauf von Herzfrequenz und subjektiver Müdigkeit bzw. Schläfrigkeit bei älteren Probandinnen eine Stunde früher beginnt als bei jüngeren Probandinnen (vgl. Abb. 47, Kapitel IV 2.4.2). Folglich scheint die altersbedingte Vorverschiebung der Phasenlage, welche bereits bei getrennter Betrachtung des circadianen abendlichen Verlaufs der drei untersuchten Variablen zu erkennen war, hinsichtlich der drei untersuchten circadianen abendlichen Verläufe aufeinander abgestimmt zu sein, was ebenfalls für ein Fortbestehen der Wechselwirkung im Alter spricht. Literaturbefunde zur altersbedingten Veränderung der Wechselwirkung zwischen der Herzfrequenz, der Haut- und Körperkerntemperatur und der subjektiven Schläfrigkeit liegen nach Recherchen der Autorin nicht vor.

Die eigenen Ergebnisse widersprechen den Erwartungen des Autors insofern, als dass es aufgrund der altersbedingt auftretenden Veränderung der Nervenimpulsaktivität des *Nucleus suprachiasmaticus* zu einer Desynchronisation circadianer Rhythmen (Cajochen et al. 2006, Myers 1995) kommen könnte, die sich in einer mangelnden Abstimmung der Verläufe bzw. der zeitlichen Lage von Minima und Maxima verschiedener circadianer Rhythmen äußern könnte. Dies würde auch die altersbedingt nachlassende Fähigkeit des Organismus erklären, sich an periodisch schwankende Umweltbedingungen anzupassen (Gibson et al. 2009).

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit deutet sich erstmals an, dass Herzfrequenz, Haut- und Körperkerntemperatur sowie subjektive Schläfrigkeit unter kontrollierten Versuchsbedingungen gleichsinnig bzw. gegensinnig verlaufen und das dies auch im Alter bestehen bleibt. Jedoch sollte berücksichtigt werden, dass es sich bei dem Abendprofil wie bereits angesprochen nur um einen zeitlichen Ausschnitt handelt, welcher nicht repräsentativ für die 24-stündige Periodendauer eines circadianen Rhythmus ist. Zudem ist unklar, ob die drei untersuchten Variablen nur physiologisch miteinander in Verbindung stehen oder auch direkt über das circadiane System aufeinander abgestimmt werden. Daher wurden im Rahmen dieser Arbeit Rhythmusparameter der circadianen Rhythmik der Haut- und Körperkerntemperatur und der Herzfrequenz vergleichend gegenübergestellt (s. Kapitel IV 2.4.1).

**2) Unterscheiden sich jüngere und ältere Frauen a) in Verlauf und Reproduzierbarkeit sowie b) im Vergleich von Rhythmusvariablen der circadianen Rhythmik der Hauttemperatur, der Herzfrequenz und des Schlaf-Wach-Rhythmus unter natürlichen Bedingungen?**

Ziel war es zu untersuchen, welche Veränderungen bei älteren Frauen unter natürlichen Bedingungen hinsichtlich der circadianen Rhythmik der Hauttemperatur und der Herzfrequenz sowie hinsichtlich des Schlaf-Wach-Rhythmus im Vergleich zu jüngeren Frauen auftreten und ob die beobachteten Veränderungen über mehrere Tage reproduzierbar sind. Des Weiteren wurden verschiedene Rhythmusvariablen zwischen Herzfrequenz und Hauttemperatur bei jüngeren und älteren Frauen verglichen. Hierzu ergab sich folgender Gesamtbefund. Ältere Frauen weisen unter natürlichen Bedingungen hinsichtlich der Haut- und Körperkerntemperatur (diese wurde nur morgens und abends erfasst) mit Ausnahme der distalen Hauttemperatur an der Hand einen signifikant geringeren Mesor im Vergleich zu jüngeren Probandinnen auf. Darüber hinaus ist bei älteren Frauen hinsichtlich der distalen Hauttemperatur am Fuß eine signifikant frühere Akrophase, hinsichtlich der Herzfrequenz eine signifikant niedrigere Amplitude sowie hinsichtlich des Schlaf-Wach-Rhythmus ein signifikant früherer subjektiv eingeschätzter Aufwachzeitpunkt im Vergleich zu jüngeren Frauen zu beobachten. Alle untersuchten circadianen Rhythmen sind bei jüngeren und älteren Frauen reproduzierbar.

**Altersbedingte Veränderungen der Körperkerntemperatur und der circadianen Rhythmik der Hauttemperatur unter natürlichen Bedingungen**

Werden ältere und jüngere Probandinnen hinsichtlich verschiedener Rhythmusvariablen gegenübergestellt, zeigt sich bei älteren Frauen ein signifikant niedrigerer Mesor hinsichtlich der am Fuß gemessenen *distalen* Hauttemperatur sowie der an Oberschenkel und Wade gemessenen *proximalen* Hauttemperatur im Vergleich zu jüngeren Probandinnen. Zudem konnte ein signifikant niedrigerer Mittelwert hinsichtlich der oralen Körperkerntemperatur beobachtet werden. Diese konnte aus Gründen der Praktikabilität nicht kontinuierlich über eine Woche, sondern nur abends und morgen erfasst werden, weshalb nur Mittelwerte, jedoch kein 24-Stunden-Profil vorliegen. Literaturbefunde zur circadianen Rhythmik der Hauttemperatur sowie altersbedingten Veränderungen liegen vor (Kräuchi et al. 1994, Rasmussen et al. 2001, Weitzman et al 1982). Diese beziehen sich jedoch im Gegensatz zur vorliegenden Studie nicht auf das weibliche, sondern auf das männliche Geschlecht und fanden größtenteils unter kontrollierten Bedingungen statt, während die im Rahmen der vorliegenden Arbeit untersuchten altersbedingten Veränderungen der circadianen Rhythmik der Hauttemperatur unter natürlichen Bedingungen untersucht wurden.

Der in der vorliegenden Studie beobachtete niedrigere Mesor der proximalen Hauttemperatur sowie der niedrigere Mittelwert der oralen Körperkerntemperatur bei älteren im Vergleich zu jüngeren Frauen entspricht den Erwartungen insofern, als dass das altersbedingt zu beobachtende Nachlassen des intrinsischen Mechanismus der Thermoregulation zu einem Abfall der mittleren Körperkerntemperatur und folglich auch der proximalen Hauttemperatur im Alter führt (Van Someren 2000, Vitiello et al. 1986), welche unter natürlichen Bedingungen dem Verlauf der Körperkerntemperatur folgt (Kräuchi 2002). Die Effektivität der Wärmeerhaltung lässt folglich insbesondere bei kühlen Umgebungstemperaturen nach (Falk et al. 1994, Wagner et al. 1974). Des Weiteren nehmen Muskelmasse und Grundumsatz im Alter ab (Weinert und Waterhouse 2007, Czeisler et al. 1992). Dies hat ebenfalls ein Absinken der Körperkerntemperatur zu Folge, da sich der Vorgang des Muskelzitterns sowie der Stoffwechselanregung zur Erhöhung der Körperwärme bei kalten Umgebungstemperaturen altersbedingt abschwächt und sich so der Verlust der Körperwärme erhöht (Collins et al. 1977, Lang und Lang 2007).

Die auf die genannten Faktoren zurückzuführende altersbedingte abnehmende Effektivität der Wärmeerhaltung und die daraus folgende niedrigere Körperkerntemperatur und proximale Hauttemperatur, welche in der vorliegenden Studie bei älteren Probandinnen beobachtet werden konnte, müsste zu einer erhöhten distalen Hauttemperatur bei älteren Menschen führen, da es im Alter zu einer verstärkten Wärmeabgabe und folglich zu einer Zunahme der Hauttemperatur kommt. Dies konnte im Rahmen der vorliegenden Studie jedoch nicht gezeigt werden. Ältere Frauen weisen im Vergleich zu jüngeren Frauen niedrigere Mittelwerte hinsichtlich der distalen Hauttemperatur auf. Für die distale Hauttemperatur am Fuß kann der Unterschied sogar als statistisch signifikant abgesichert werden (vgl. Tab. 14, Kapitel IV 2.2.1).

Eine Erklärung für das Ausbleiben des erwarteten Ergebnisses sind möglicherweise die Umgebungstemperaturen, welchen ältere und jüngere Probandinnen während der Studienwoche ausgesetzt waren. Literaturbefunde deuten darauf hin, dass ältere Menschen unter thermoneutralen Bedingungen eine geringere distale Hauttemperatur im Vergleich zu jüngeren Menschen aufweisen, da es im Rahmen der abnehmenden thermoregulatorischen Fähigkeit zu einer Abnahme der vasokonstriktorisches Fähigkeiten und folglich zu einer geringeren Durchblutung der Haut kommt (Rasmussen et al. 2001). Möglicherweise haben sich ältere Probandinnen, bei welchen die Studie in den Herbst- und Wintermonaten stattfand, aufgrund der Tendenz zum schnelleren Auskühlen während der Studienwoche eher in warmen, gut geheizten Räumen und folglich in einer thermoneutralen Umgebung aufgehalten als jüngere Probandinnen. Dies könnte die niedrigeren distalen Hauttemperaturwerte bei älteren Frauen im Vergleich zu jüngeren Frauen eventuell erklären.

Neben dem Mesor unterschieden sich auch andere unter natürlichen Bedingungen erfasste Rhythmusvariablen signifikant zwischen jüngeren und älteren Probandinnen. Ältere Probandinnen weisen eine signifikant frühere Akrophase hinsichtlich der distalen Hauttemperatur am Fuß im Vergleich zu jüngeren Probandinnen auf. Dies steht mit bisherigen Literaturbefunden insofern in Einklang, als dass eine altersbedingte Vorverschiebung der Phasenlage hinsichtlich der circadianen Rhythmik der Körpertemperatur gezeigt werden konnte (Monk et al. 1995, Weitzmann et al. 1982), welche sich aufgrund des engen physiologischen Zusammenhangs auch auf die Hauttemperatur übertragen lässt. Allerdings fanden die genannten Studien im Gegensatz zur vorliegenden Studie nicht unter natürlichen und unkontrollierten Bedingungen statt. Die zu beobachtende frühere Akrophase bei älteren Probandinnen lässt sich demnach möglicherweise durch die altersbedingt auftretende Vorverschiebung der Phasenlage der circadianen Rhythmik der Körpertemperatur erklären (Weitzmann et al. 1982), welche sich aufgrund des engen Zusammenhangs mit der Hauttemperatur auch in der circadianen Rhythmik der Hauttemperatur widerspiegelt. Durch die Vorverschiebung der Phasenlage kommt es u.a. zu einer zeitlich früheren Lage des nach Mitternacht stattfindenden Maximums, wodurch es näher an Mitternacht heranrückt, folglich zu einem geringeren Abstand zwischen Maximum und Mitternacht und damit zu einem früheren Auftreten der Akrophase führt.

Die signifikant höhere Amplitude hinsichtlich der Hauttemperatur am Oberschenkel bei älteren Probandinnen widerspricht hingegen den Literaturbefunden, welche eine altersbedingte Abnahme der Amplitude der circadianen Rhythmik der Körper- und Hauttemperatur zeigen (Czeisler et al. 1992, Vitiello 1986). Eine mögliche Erklärung ist, dass sich die altersbedingte Abnahme der thermoregulatorischen Fähigkeit und die daraus folgende verminderte Durchblutung insbesondere im Oberschenkel bemerkbar macht, da dieser von vielen Gefäßen und Kapillaren durchzogen ist. Dies würde zu einer stärkeren Abnahme des Minimums der Hauttemperatur am Oberschenkel bei älteren Probandinnen und aufgrund dessen zu einer Zunahme der Amplitude führen. Möglicherweise ergreifen ältere Menschen aufgrund des verstärkten Auskühlens der Oberschenkel auch gezielte Maßnahmen, um die Temperatur am Oberschenkel zu erhöhen, was die Amplitude durch eine Zunahme des Maximums erhöhen würde. Dies könnten beispielsweise das Überlegen einer Decke oder das Platzieren einer Wärmflasche auf den Oberschenkeln sein.

Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit hinsichtlich der circadianen Rhythmik der Haut- und Körperkerntemperatur unter natürlichen Bedingungen untersuchten Rhythmusvariablen sind insofern für beide Altersgruppen reproduzierbar, als dass keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der untersuchten Rhythmusvariablen zwischen den einzelnen sieben Tagen der Studienwoche gefunden werden konnten. Folglich sind auch die beobachteten altersbedingten Veränderungen der circadianen Rhythmik der Haut- und Körperkerntemperatur reproduzierbar (vgl.



Kapitel IV 2.3.1). Dies entspricht insofern den Literaturbefunden, als dass der circadiane Rhythmus der Haut- und Körperkerntemperatur beim Menschen auch unter natürlichen Bedingungen über einen längeren Zeitraum bestehen und sogar im Alter stabil bleibt (Weinert et al. 2007, Weinert 2010).

### **Altersbedingte Veränderungen des Schlaf-Wach-Rhythmus unter natürlichen Bedingungen**

Werden ältere und jüngere Probandinnen hinsichtlich verschiedener mittels des Schlaftagebuchs erfasster subjektiver Variablen wie Zubettgeh- und Aufstehzeiten gegenübergestellt, zeigt sich, dass ältere Probandinnen morgens signifikant früher aufwachen als jüngere Probandinnen. Zudem ist ein statistisch signifikanter Trend dahingehend zu erkennen, dass ältere Probandinnen morgens früher das Licht anschalten sowie früher aufstehen als jüngere Probandinnen (vgl. Tab. 18, Kapitel IV 2.2.2). Dies steht mit Literaturbefunden insofern in Einklang, als dass bei älteren Menschen möglicherweise aufgrund der zu beobachtenden Vorverschiebung der Phasenlage sowie der Abflachung der Amplitude circadianer Rhythmen tendenziell frühere Zubettgeh- und Aufstehzeiten unter natürlichen Bedingungen beobachtet wurden (Monk et al. 1991, Carrier et al. 1999). Die genannten Studien beziehen sich im Gegensatz zur vorliegenden Studie nicht nur auf Frauen, sondern auch auf Männer, und untersuchte ältere Menschen, die im Mittel 80 Jahre alt waren, wohingegen in der vorliegenden Studie Frauen ab 60 Jahren untersucht wurden. Die altersbedingt auftretenden tendenziell früheren Zubettgeh- und Aufstehzeiten äußern sich unter anderem in der im Alter verstärkt auftretenden Morgentyppräferenz, welche auch im Rahmen dieser Arbeit gezeigt werden konnte (vgl. Abb. 37, Kapitel IV 1.4).

Zum anderen können auch exogene Faktoren wie körperliche Aktivität, Umgebungstemperatur oder Lichtexposition (Weitzmann et al. 1982) auf Zubettgeh- und Aufstehzeiten einwirken. Beispielsweise könnten ältere Probandinnen aufgrund ihrer Morgentyppräferenz insbesondere am Morgen Tageslicht durch z.B. einen Spaziergang konsumiert haben, was die Vorverschiebung der Phasenlage verstärkt und zu früheren Zubettgeh- und Aufstehzeiten führt (Korf und Stehle 2005). Das in der vorliegenden Studie zu beobachtende Ausbleiben signifikant früherer Zubettgehzeiten älterer Probandinnen kann möglicherweise darauf zurück geführt werden, dass ältere Frauen aufgrund des altersbedingt auftretenden reduzierten abendlichen Anstiegs der Hauttemperatur, welcher in Zusammenhang mit der abendlichen Zunahme der Schläfrigkeit steht (Kräuchi et al. 1997, Raymann et al. 2007), verspätet schläfrig wurden und später zu Bett gingen, als es die innere Uhr einforderte. Folglich würde der Anstieg der Hauttemperatur aufgrund seiner Abnahme für ältere Frauen kein effektives schlafinduzierendes Signal mehr darstellen. Diese Hypothese kann durch die im Rahmen dieser Arbeit erzielten Ergebnisse insofern unterstützt werden, als dass der unter kontrollierten Bedingungen zu beobachtende abendliche Anstieg der distalen Haut- und Fußtemperatur geringfügig kleiner ausfällt als bei jüngeren Probandinnen (vgl. Abb. 41, Kapitel IV 2.1.1).

Des Weiteren könnte das Ausbleiben signifikant früherer Zubettgehzeiten auch auf das Alter der in der vorliegenden Studie untersuchten älteren Probandinnen zurückzuführen sein. Sie wiesen ein mittleres Alter von 69,6 Jahren auf (vgl. Tab. 12, Kapitel IV 1.1) und waren damit im Mittel 10 Jahre jünger als die in *Monks* (1991) und *Carriers* (1999) Studie untersuchten älteren Probandinnen, welche als Vergleichsstudie herangezogen wurde. Möglicherweise nehmen altersbedingte Veränderungen des zentralen circadianen Schrittmachers mit steigendem Lebensalter zu, was dazu führt, dass 80-Jährige stärker von altersbedingten Veränderungen der circadianen Rhythmik betroffen sind als 70-Jährige. Literaturbefunde, die auf eine Abnahme des Nervenzellvolumens des zentralen circadianen Schrittmachers ab dem 80. Lebensjahr hindeuten, unterstützen diese Annahme (Hofman und Swaab 2006, Czeisler et al. 1992).

Eine weitere mögliche Erklärung für das Ausbleiben altersbedingter Unterschiede hinsichtlich der Zubettgehzeiten stellt das vermehrte Auftreten tageszeitlicher Nickerchen im Alter dar. Untersuchungen deuten darauf hin, dass durch das Halten tageszeitlicher Nickerchen die im Alter aufgrund der schlechten Schlafqualität häufig auftretende erhöhte tageszeitliche Schläfrigkeit kompensiert werden soll (Münch et al. 2005, Takahasi 1995). Dies könnte eine erhöhte Wachheit und eine verzögertes Schlafbedürfnis am Abend zur Folge haben, was sich in einer späteren Zubettgehzeit manifestiert. Monk und Kollegen (2001) konnten in ihrer Studie zeigen, dass ein 90 Minuten andauerndes tageszeitliches Nickerchen zu späteren Zubettgehzeiten führt. Die im Rahmen dieser Arbeit erzielten Ergebnisse unterstützen insofern diese These, als dass ca. 80% der untersuchten älteren Probandinnen ein tageszeitliches Nickerchen hielt (vgl. Abb. 20, III 2). Es konnten jedoch keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Zubettgehzeiten zwischen älteren Probandinnen mit und ohne tageszeitliches Nickerchen gezeigt werden.

Eine vierte Erklärung für das Ausbleiben signifikant früherer Zubettgehzeiten bei älteren Probandinnen ist möglicherweise ein aktiver Lebensstil, der eine Anpassung an die auf abendliche Veranstaltungen ausgerichtete Lebensweise erfordert. Unterstützt wird diese Annahme durch eine Befragung von Personen über 60 Jahren durch das Bundesministeriums für Arbeit, Soziales und Konsumentenschutz (IFES 2010), welche ergeben hat, dass die heute 60-bis 70-Jährigen in einer guten körperlichen und mentalen Verfassung sind und über ein hohes Maß an sozialen Kontakten und materiellen Ressourcen verfügen. Die genannten Eigenschaften ermöglichen ein hohes Maß an Freizeitaktivitäten. Die im Rahmen dieser Arbeit erzielten Ergebnisse unterstützen insofern diese Hypothese, als dass ältere Probandinnen einen leicht höheren körperlichen Aktivitätsgrad aufweisen als jüngere Probandinnen (vgl. Abb. 36, Kapitel IV 1.3). Des Weiteren sind ältere Probandinnen signifikant zufriedener mit ihren Freizeitaktivitäten als jüngere Probandinnen (Abb. 52, Kapitel IV 5.1).

Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit hinsichtlich des Schlaf-Wach-Rhythmus unter natürlichen Bedingungen untersuchten subjektiven Zubettgeh- und Aufstehzeiten sowie Einschlaf- und Aufwachzeiten sind insofern für beide Altersgruppen reproduzierbar, als dass keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen sieben Tagen der Studienwoche gefunden werden konnten (vgl. Tab. 25, Kapitel IV 2.3.2). Folglich sind auch die beobachteten altersbedingten Veränderungen des Schlaf-Wach-Rhythmus reproduzierbar. Dies entspricht den auf Literaturbefunden basierenden Erwartungen der Autorin insofern, als dass der Schlaf-Wach-Rhythmus in enger Beziehung mit der circadianen Rhythmik der Körperkern- und Hauttemperatur steht (Weitzman et al. 1982) und auch hinsichtlich diesem im Rahmen der vorliegenden Arbeit die Reproduzierbarkeit altersbedingter Veränderungen gezeigt werden konnte (vgl. Tab. 20-24, Kapitel IV 2.3.1)

### **Altersbedingte Veränderungen der circadianen Rhythmik der Herzfrequenz unter natürlichen Bedingungen**

Werden ältere und jüngere Probandinnen hinsichtlich verschiedener Rhythmusvariablen der Herzfrequenz gegenübergestellt, weisen ältere Probandinnen eine signifikant niedrigere Amplitude der Herzfrequenz auf als jüngere Probandinnen (vgl. Tab. 19, Kapitel IV 2.2.3). Literaturbefunde zu altersbedingten Veränderungen der circadianen Rhythmik der Herzfrequenz liegen nach Recherche der Autorin nicht vor. Daher handelt es sich hier um eine erstmalige Untersuchung. Die in der vorliegenden Studie zu beobachtende niedrigere Amplitude bei älteren im Vergleich zu jüngeren Probandinnen entspricht den auf Literaturbefunden basierenden Erwartungen insofern, als dass es aufgrund der altersbedingter Veränderungen des SCN zu einer abnehmenden und unregelmäßigen neuronalen Impulsaktivität des SCN kommt, welche möglicherweise zu einer Abnahme der Amplitude circadianer Rhythmen wie zum Beispiel der circadianen Rhythmik der Haut- und Körperkerntemperatur führen kann (Weitzmann et al. 1982, Vitiello et al. 1986). Aufgrund des physiologischen Zusammenhangs zwischen Herzfrequenz und Haut- und Körperkerntemperatur durch das vegetative Nervensystem und der Annahme, dass folglich auch die circadiane Rhythmik der Haut- und Körperkerntemperatur und der Herzfrequenz über den zentralen circadianen Schrittmacher in Verbindung stehen, ist anzunehmen, dass die altersbedingte Abflachung der Amplitude möglicherweise auch die circadiane Rhythmik der Herzfrequenz betrifft. Nach Recherche der Autorin liegt keine Vergleichsliteratur vor, die eine altersbedingte Abnahme der Amplitude der circadianen Rhythmik der Herzfrequenz zeigen konnte, daher ist das im Rahmen der vorliegenden Arbeit erzielte Ergebnis neu.

Neben der signifikant niedrigeren Amplitude der Herzfrequenz älterer im Vergleich zu jüngeren Probandinnen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der anderen untersuchten Rhythmusparameter. Wie schon angesprochen liegt keine Vergleichsliteratur hinsichtlich altersbedingter Veränderungen der circadianen Rhythmik der Herzfrequenz vor. Es wäre jedoch zu

erwarten gewesen, dass es vergleichbar mit der circadianen Rhythmik der Haut- und Körperkerntemperatur zu einer Abnahme des Mesors bzw. einer vorgezogenen zeitlichen Lage der Minima und Maxima der Herzfrequenz bei älteren Probandinnen kommt. Das Ausbleiben ist möglicherweise auf die natürlichen Bedingungen zurückzuführen, unter welchen die Messung der Herzfrequenz stattfand. Dafür spricht die Andeutung einer altersbedingten Abnahme der mittleren Herzfrequenz sowie der Vorverschiebung der zeitlichen Lage von Minima und Maxima, welche im Rahmen der vorliegenden Studie unter kontrollierten Bedingungen im Abendprofil beobachtet werden konnte (vgl. Abb. 41 und 44, Kapitel IV 2.1.1 und 2.1.3). Körperliche Aktivität und Nahrungsaufnahme stellen starke Einflussfaktoren auf die Herzfrequenz dar (Lang und Lang 2007, Schütz 1958) und könnten die mittlere Herzfrequenz sowie die zeitliche Lage von Minima und Maxima der Herzfrequenz insbesondere bei älteren Probandinnen angehoben bzw. verschoben haben, da diese aufgrund ihres höheren Anteils an Freizeit- ein Großteil der untersuchten älteren Probandinnen war berentet- mehr Zeit und Energie für körperliche Aktivität und regelmäßige Nahrungsaufnahme hatten als jüngere Probandinnen, die zeitlich sehr stark in Studium und Arbeit eingebunden waren. Diese Annahme wird dadurch unterstützt, dass in der vorliegenden Studie eine leicht höhere körperliche Aktivität bei älteren im Vergleich zu jüngeren Frauen zu beobachten war (vgl. Abb. 36, Kapitel IV 1.3).

Die im Rahmen dieser Arbeit erzielten Ergebnisse ließen sich über zwei Studientage für beide Altersgruppen reproduzieren. Folglich ist anzunehmen, dass auch die altersbedingten Veränderungen hinsichtlich der circadianen Rhythmik der Herzfrequenz reproduzierbar sind.

Zusammenfassend konnte im Rahmen dieser Arbeit erstmals eine altersbedingte Abflachung der Amplitude der circadianen Rhythmik der Herzfrequenz unter natürlichen Bedingungen gezeigt werden.

### **Vergleich verschiedener Rhythmusvariablen der circadianen Rhythmik der Herzfrequenz und der Hauttemperatur unter natürlichen Bedingungen**

Der Vergleich verschiedener Rhythmusvariablen der circadianen Rhythmik der Herzfrequenz und der proximalen Hauttemperatur unter natürlichen Bedingungen getrennt nach Altersgruppe ergab, dass ältere Probandinnen keine signifikanten Unterschiede aufwiesen, während jüngere Probandinnen hinsichtlich der zeitlichen Lage des Minimums sowie der zeitlichen Lage des Maximums mit Ausnahme der an Hand und Wade gemessenen Hauttemperatur signifikante Unterschiede zwischen der Herzfrequenz und der Hauttemperatur zeigten (vgl. Tab. 27-30, Kapitel IV 2.4.1). Zum Vergleich zwischen der circadianen Rhythmik der Hauttemperatur und der Herzfrequenz sowie möglichen altersbedingt auftretenden Veränderungen unter natürlichen Bedingungen liegt nach Recherche der Autorin keine Vergleichsliteratur vor.

Die im Rahmen dieser Arbeit erzielten Ergebnisse können so interpretiert werden, dass bei älteren im Gegensatz zu jüngeren Probandinnen hinsichtlich der zeitlichen Lage des Minimums sowie der zeitlichen Lage des Maximums möglicherweise eine Verbindung zwischen der circadianen Rhythmik der Hauttemperatur und der circadianen Rhythmik der Herzfrequenz besteht. Demnach würden bei älteren Probandinnen Minima und Maxima der Hauttemperatur und der Herzfrequenz zu ähnlicheren Zeitpunkten auftreten als bei jüngeren Probandinnen, die signifikante Unterschiede hinsichtlich der zeitlichen Lage von Minima und Maxima aufweisen.

Aufgrund des physiologischen Zusammenhangs zwischen der Herzfrequenz und der Hauttemperatur ist grundsätzlich ein gleichsinniger Verlauf der Herzfrequenz mit der proximalen Hauttemperatur und ein gegensinniger mit der distalen Hauttemperatur zu erwarten (vgl. Kapitel I 2.4 ). Folglich wäre ein zeitlich ähnliches Auftreten von Minima und Maxima hinsichtlich der Herzfrequenz und der proximalen Hauttemperatur zu erwarten gewesen, während es hinsichtlich der distalen Hauttemperatur nicht auftreten sollte. Ersteres konnte für ältere Probandinnen, letzteres für jüngere Probandinnen gezeigt werden. Das Ausbleiben des erwarteten Ergebnisses für die jeweils andere Altersgruppen lässt sich möglicherweise dadurch erklären, dass die distale Hauttemperatur an Hand und Fuß tagsüber trotz körperlicher Aktivität hoch blieb, da die Temperaturchips an Hand und Fuß durch Tragen eines Schweißbandes bzw. von Socken/Schuhen so gut thermisch isoliert waren, dass nicht genügend Wärme abgegeben werden konnte. Folglich könnten das Maximum der Herzfrequenz und der distalen Hauttemperatur zusammenfallen. Dieser periphere Wärme erhaltende Effekt ist bei jüngeren Probandinnen möglicherweise stärker ausgeprägt als bei älteren Probandinnen, da ältere Probandinnen aufgrund des Nachlassens der Fähigkeit zur Thermoregulation trotz thermischer Isolation (Wagner et al. 1974) verstärkt Körperwärme verlieren.

Eine andere mögliche Erklärung wäre, dass der natürliche Aktivitäts- und Ruherhythmus bei jüngeren Probandinnen aufgrund des Studiums tagsüber und der abendlichen Veranstaltungen wie Party`s unregelmäßiger ist als bei älteren Probandinnen, die aufgrund ihrer Unabhängigkeit von Arbeitszeiten und der damit verbundenen freien Zeiteinteilung einen regelmäßigeren Aktivitäts- und Ruhe-Rhythmus aufweisen. Literaturbefunde, die eine höhere intraindividuelle Variabilität hinsichtlich Zubettgeh- und Aufstehzeiten bei jüngeren im Vergleich zu älteren Menschen zeigen konnten (Monk et al. 1991), unterstützen diese Annahme. Erfahrungen und Gespräche des Autors mit den Probandinnen sowie die Begutachtung der Schlaftagebücher im Rahmen der Studie sprechen ebenfalls für diese Annahme. Es zeigt sich eine höhere Standardabweichung hinsichtlich der subjektiv dokumentierten Aufwach- und Aufstehzeiten bei jüngeren Probandinnen (s. A 83, IX). Der unregelmäßige Aktivitäts- und Ruherhythmus könnte zu häufigeren Schwankungen der Herzfrequenz und distalen Hauttemperatur führen und eine Entkoppelung der circadianen Rhythmik der distalen Hauttemperatur und Herzfrequenz bei jüngeren Probandinnen begünstigen, weshalb Minima und

Maxima der distalen Hauttemperatur und Herzfrequenz zu ähnlichen Zeitpunkten auftreten könnten. Aufgrund der guten thermischen Isolation der Temperaturchips an Hand und Fuß wirkt sich der beschriebene Effekt dort stärker aus als zum Beispiel an Oberschenkel und Wade.

Da die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der circadianen Rhythmik der Hauttemperatur und der Herzfrequenz im Rahmen dieser Studie unter natürlichen Bedingungen stattfand, können auch nicht zu kontrollierende Faktoren wie Stress, körperliche Aktivität, Licht oder Umgebungstemperaturen Einfluss auf die distale Hauttemperatur nehmen. Jüngere Probandinnen sind möglicherweise aufgrund ihrer abwechslungsreichen Lebensweise sowie ihren beruflichen und sozialen Verpflichtungen stärkeren Umweltschwankungen ausgesetzt als ältere Probandinnen.

### ***3a) Welche Veränderungen treten bei älteren Frauen hinsichtlich Schlafstruktur, Schlafqualität und Schläfrigkeit unter natürlichen Bedingungen im Vergleich zu jüngeren Frauen auf?***

Ziel war es zu untersuchen, welche Veränderungen bei älteren Frauen hinsichtlich Schlafstruktur, Schlafqualität und Schläfrigkeit unter natürlichen Bedingungen im Vergleich zu jüngeren Frauen auftreten. Hierzu ergab sich folgender Gesamtbefund. Ältere Frauen weisen signifikante Veränderungen hinsichtlich der Schlafstruktur sowie eine signifikante Verschlechterung der subjektiven und objektiven Schlafqualität im Vergleich zu jüngeren Frauen auf. Hinsichtlich der Schläfrigkeit zeigen sich keine Unterschiede.

#### **Altersbedingte Veränderungen der Schlafstruktur**

Der Vergleich älterer und jüngerer Probandinnen hinsichtlich verschiedener Variablen der mittels des EEG-Geräts untersuchten Schlafstruktur zeigt, dass ältere Probandinnen unter natürlichen Bedingungen einen signifikant niedrigeren REM-Schlafanteil, einen signifikant höheren Leichtschlafanteil sowie einen signifikant niedrigeren Tiefschlafanteil im Vergleich zu jüngeren Frauen aufweisen (vgl. Abb. 48, Kapitel IV 3.1). Literaturbefunde zur altersbedingten Veränderung der Schlafstruktur liegen vor (Gillin et al. 1981, Haimov et al. 1997). Im Gegensatz zur vorliegenden Studie wurde die Schlafstruktur älterer und jüngerer Probanden jedoch nicht in gewohnter Umgebung zuhause, sondern unter kontrollierten Versuchsbedingungen untersucht. Zudem sind die Ergebnisse bisheriger Studien widersprüchlich. Zum einen deutet sich eine altersbedingte Abnahme des REM- und Tiefschlafanteils an (Gillin et al. 1981), während andere Studien keine altersbedingten Veränderungen zeigen konnten (Haimov et al. 1997, Webb et al. 1982).

Der in der vorliegenden Studie zu beobachtende signifikant niedrigere Anteil des REM-Schlafs und des Tiefschlafs sowie der signifikant höhere Leichtschlafanteil bei älteren im Vergleich zu jüngeren Probandinnen deutet auf eine altersbedingte Veränderung der Schlafstruktur hin. Die Gründe

hierfür sind vielfältig. Zum einen können sie auf die im Alter auftretenden Veränderungen des SCN zurückzuführen sein. Es wird angenommen, dass es zu einer Abschwächung und zu nehmenden Unregelmäßigkeit der neuronalen Impulsaktivität des *Nucleus suprachiasmaticus* durch eine Einschränkung der Kommunikation zwischen den einzelnen Nervenzellen des SCN kommt (Caskardon und Dement 2011, Hofman et al. 2006). Eine Folge hiervon könnte wiederum die altersbedingt häufig zu beobachtende Abnahme der Amplitude sowie Vorverschiebung der Phasenlage circadianer Rhythmen sein (Weitzman et al. 1982, Viteillo et al. 1986). Dies kann sich beispielsweise in einer Abnahme des nächtlichen Schlafdrucks durch eine Reduzierung des circadianen schlafinduzierenden Signals manifestieren (Cajochen et al. 2006, Dijk et al. 2000), was zu einer Abnahme des Tiefschlafanteils und folglich zu einer Zunahme des Leichtschlafanteils führt (Weitzmann et al. 1980). Die in der vorliegenden Studie beobachtete Abnahme des REM-Schlafs kann möglicherweise auf die Abflachung der Amplitude der Körperkern- und Hauttemperatur zurückzuführen sein, welche sich auch im Rahmen dieser Arbeit durch die geringere mittlere Haut- und Körperkerntemperatur älterer Probandinnen andeutet (vgl. Kapitel IV 2.1.1 und 2.2.1). Literaturbefunde deuten an, dass ein Zusammenhang zwischen der Körperkerntemperatur und dem Anteil an REM-Schlaf besteht (Zulley et al. 1981). Folglich würde eine Abflachung der Amplitude der Haut- und Körperkerntemperatur zu einer Abnahme des REM-Schlafanteils führen.

Neben den genannten endogenen Faktoren können sich auch exogene Faktoren auf die Schlafstruktur auswirken. Es wird angenommen, dass die im Alter tendenziell abnehmende körperliche Aktivität, die geringere Lichtexposition sowie das vermehrte Auftreten psychischer und körperlicher Erkrankungen einen Einfluss auf den Schlaf und folglich auch auf die Schlafstruktur haben können (Happe 2011, Shochat et al. 2003), da sie als Zeitgeber für das circadiane System fungieren. Im Rahmen dieser Studie können psychische und körperliche Erkrankungen nicht als Erklärung für die altersbezogene Veränderung der Schlafstruktur herangezogen werden, da sie als Ausschlusskriterium galten. Jedoch ist natürlich nicht auszuschließen, dass ältere Teilnehmerinnen unter einer Schlafstörung litten, die bisher nicht vom Arzt diagnostiziert und daher nicht angegeben wurde. Diese können den Tiefschlafanteil ebenfalls reduzieren (Caskardon und Dement 2011). Auch eine altersbedingt reduzierte körperliche Aktivität älterer Probandinnen konnte in der vorliegenden Studie nicht nachgewiesen werden (vgl. Abb. 36, Kapitel IV 1.3).

Dies spricht insgesamt dafür, dass die im Rahmen der vorliegenden Arbeit aufgezeigte altersbedingte Veränderung der Schlafstruktur wahrscheinlich auf die altersbedingte Veränderung des SCN zurückzuführen ist. Dies ist insofern interessant, als dass die Schlafstruktur unter natürlichen Bedingungen und in gewohnter Umgebung zuhause untersucht wurde und nicht wie in vorangegangenen Studien unter kontrollierten Versuchsbedingungen. Natürlich kann nicht ausgeschlossen werden, dass nächtliche Umgebungstemperaturen im Schlafzimmer sowie

Störfaktoren wie zum Beispiel Geräusche die Schlafstruktur älterer Probandinnen beeinflusst haben könnte. Trotz der Aufforderung an die Probandinnen, eventuell auftretende nächtliche Störfaktoren zu dokumentieren, könnte dies vergessen worden sein. Zudem sind auch die tagsüber auf die Probandinnen einwirkenden Umweltfaktoren nicht zu kontrollieren. Trotzdem sind die im Rahmen dieser Studie beobachteten altersbedingten Veränderungen der Schlafstruktur bei Frauen interessant und aussagekräftig, da gezeigt werden konnte, dass sie auch unter natürlichen unkontrollierten Bedingungen bestehen zu bleiben scheinen.

### **Altersbedingte Veränderungen der subjektiven und objektiven Schlafqualität unter natürlichen Bedingungen**

Der Vergleich älterer und jüngerer Probandinnen hinsichtlich verschiedener subjektiver Indikatoren der Schlafqualität ergab, dass ältere Probandinnen unter natürlichen Bedingungen eine signifikant niedrigere Einschlafdauer, eine signifikant niedrigere effektive Schlafdauer, eine signifikant höhere nächtliche Wachdauer sowie eine signifikant höhere Schlafeffizienz aufwiesen als jüngere Probandinnen. Die signifikant niedrigere effektive Schlafdauer, der signifikant höhere nächtliche Wachanteil sowie die signifikant niedrigere Schlafeffizienz konnten durch die ebenfalls unter natürlichen Bedingungen stattfindende nächtliche Gehirnstrommessung mittels des mobilen EEG-Geräts QUISI objektiv bestätigt werden. Des Weiteren zeigte sich objektiv ein signifikant höherer nächtlicher Bewegungsanteil bei älteren im Vergleich zu jüngeren Probandinnen (vgl. Kapitel IV 3.2). Literaturbefunde zur altersbedingten Veränderung der Schlafqualität liegen vor (Myers und Baida 1995, Haimov et al. 1997). Allerdings wurden die genannten Studien unter kontrollierten Versuchsbedingungen durchgeführt, während die Untersuchung der Schlafqualität im Rahmen dieser Arbeit unter natürlichen Bedingungen stattfand. Zudem stützten sie sich auf die objektive Erfassung der Schlafqualität. Es gibt jedoch auch Hinweise auf eine altersbedingte Verschlechterung der Schlafqualität, insbesondere bei Frauen (Buysse et al. 1992, Happe 2011).

Die im Rahmen dieser Arbeit erzielten Ergebnisse entsprechen insofern den bisherigen Literaturbefunden, als dass eine Verschlechterung der Schlafqualität älterer im Vergleich zu jüngeren Probandinnen beobachtet werden konnte (Myers und Baida 1995). Dies zeigt sich in einer altersbedingten Abnahme der effektiven Schlafdauer, einer Zunahme der Anzahl und Dauer nächtlicher Wachphasen (Brezinova 1975) sowie einer Abnahme der Schlafeffizienz (Haimov et al. 1997). Des Weiteren konnte eine Zunahme der Einschlafdauer beobachtet werden (Hayashi et al. 1982).

Die Gründe für eine altersbedingte Verschlechterung der Schlafqualität sind vielfältig. Zum einen kann es aufgrund altersbedingter Veränderungen des SCN zu einer abnehmenden und



unregelmäßigeren neuronalen Impulsaktivität und infolge dessen zu einer erhöhten Fragmentierung des Schlafs kommen (Haung et al. 2002), welche sich durch eine Zunahme nächtlicher Wachphasen und einer Abnahme der effektiven Schlafdauer äußert. Eine Folge ist die Abnahme der Schlaffeffizienz. Des Weiteren kann eine Abnahme des schlafinduzierenden Signals auftreten (Cajochen et al. 2006), was sich in einer verlängerten Einschlafdauer ausdrückt. Hier spielt auch die nachlassende Fähigkeit der Thermoregulation eine Rolle. Sie führt zu einer Abnahme des abendlichen Anstiegs der distalen Hauttemperatur, welche als schlafinduzierendes Signal gilt (Kräuchi 1997). Folglich reduziert sich auch das schlafinduzierende Signal und es verlängert sich die Einschlafdauer (Rayman et al. 2007).

Des Weiteren können ähnlich wie bei der Schlafstruktur auch altersbedingt vermehrt auftretende psychische und körperliche Erkrankungen, insbesondere Schlafstörungen, Ursachen für eine Verschlechterung der Schlafqualität im Alter sein (Buysse et al. 1982, Vitiello et al. 2004). Diese spielen jedoch als Ursache im Rahmen dieser Studie nur eine untergeordnete Rolle, da psychische und physische Erkrankungen sowie Schlafstörungen ein Ausschlusskriterium darstellten. Auch veränderte Lebensumstände im Alter wie beispielsweise Vereinsamung durch Verlust von Partnern und Freunden sowie die tendenziell reduzierte körperliche Aktivität und tageszeitliche Lichtexposition können die Schlafqualität beeinflussen (Happe 2011). Die im Rahmen dieser Studie erzielten Ergebnisse deuten jedoch darauf hin, dass auch diese Faktoren als Ursache für die hinsichtlich des untersuchten Probandenkollektivs beobachtete altersbedingte Verschlechterung der Schlafqualität vernachlässigt werden können. Zum einen konnte gezeigt werden, dass sich die generelle Lebenszufriedenheit älterer und jüngerer Probandinnen kaum unterscheidet (vgl. Abb. 41, IV 1.6). Des Weiteren scheinen ältere und jüngere Probandinnen auch hinsichtlich sozialer Bindungen gleich zufrieden zu sein. Zudem zeigt sich, dass ältere Probandinnen sogar signifikant zufriedener mit ihren Freizeitaktivitäten sind als jüngere Probandinnen (vgl. Abb. 52, Kapitel IV 5.1). Zum anderen weisen ältere Probandinnen keine geringere körperliche Aktivität auf im Vergleich zu jüngeren Probandinnen (vgl. Abb. 36, IV 1.3).

Zum Ende der Diskussion altersbedingter Veränderungen der subjektiven und objektiven Schlafqualität soll noch darauf eingegangen werden, warum sich die Ergebnisse hinsichtlich der subjektiven und objektiven Einschlafdauer unterscheiden. Ältere Probandinnen schätzen ihre subjektive Einschlafdauer signifikant höher ein als jüngere Probandinnen, wohingegen sich hinsichtlich der objektiven Einschlafdauer kein Unterschied zeigt. Die Diskrepanz zwischen subjektiv eingeschätzter und objektiv gemessener Einschlafdauer weist darauf hin, dass ältere Probandinnen ihre Schlafqualität möglicherweise schlechter einschätzen als sie tatsächlich ist. Literaturbefunde bestätigen diese Annahme insofern, als dass gezeigt werden konnte, dass Frauen häufiger von subjektiven Ein- und Durchschlafstörungen berichten als Männer, obwohl letztere häufiger davon

betroffen sind (Happe 2011). Die Aussagen älterer Probandinnen, die im Rahmen dieser Studie untersucht wurden, sprechen ebenfalls dafür. So gab ein Großteil der älteren Probandinnen zu Beginn der Studie an, unter schlechter Schlafqualität zu leiden und abends sehr lange zum Einschlafen zu brauchen, da sie Probleme hätten, gedanklich abzuschalten. Nach gemeinsamer Begutachtung des Schlaftagebuchs sowie des Schlafprofils mit der Autorin am letzten Studientag zeigten sich viele überrascht von ihrer vergleichsweise „kurzen Einschlafdauer“ und „guten Schlafqualität“. Die hohe Anzahl an älteren Probandinnen, welche sich zu Beginn der Studie mittels des PSQI-Fragebogens als „schlechte Schläferinnen“ eingeschätzt haben, spricht ebenfalls dafür, dass ein Großteil der untersuchten älteren Frauen ihre Schlafqualität vor Erhalten der Ergebnisse als „schlecht“ empfanden (vgl. Abb. 38, IV 1.5).

Insgesamt entsprechen die in der vorliegenden Studie beobachteten altersbedingten Veränderungen hinsichtlich der Schlafqualität den bisherigen Literaturbefunden. Nach Recherche der Autorin sind die Beobachtungen jedoch insofern interessant, als dass erstmals eine altersbedingte Verschlechterung der Schlafqualität an einem gesunden weiblichen Probandenkollektiv in gewohnter Umgebung zuhause gezeigt werden konnte.

### **Vergleich der subjektiven Schläfrigkeit älterer und jüngerer Frauen unter natürlichen Bedingungen**

Der Vergleich älterer und jüngerer Probandinnen hinsichtlich verschiedener subjektiver Variablen der Schläfrigkeit ergab keine signifikanten Unterschiede, wohingegen sich altersbedingte Veränderungen hinsichtlich der mittels pupillographischer Schläfrigkeitsmessung erfassten objektiven Schläfrigkeit andeuten.

Zunächst werden die hinsichtlich der subjektiv erfassten Schläfrigkeit erzielten Ergebnisse diskutiert. Es zeigt sich, dass ältere Probandinnen abends nicht früher schläfrig werden als jüngere Probandinnen und sich auch morgens gegen 10 Uhr nicht schläfriger fühlen. Die erste Beobachtung steht insofern mit Literaturbefunden in Einklang, als dass bei älteren Menschen ein reduzierter abendlicher Anstieg der distalen Hauttemperatur und folglich eine Abnahme des damit in Verbindung stehenden schlafinduzierenden Signals und des Schläfrigkeitsanstiegs festgestellt werden konnte (Rayman et al. 2007). Im Gegensatz zur vorliegenden Studie bezieht sich diese Beobachtung jedoch nicht auf ein rein weibliches und vollkommen gesundes Probandenkollektiv. Zudem wurde die Untersuchung unter Laborbedingungen durchgeführt, während im Rahmen der Studie natürliche Bedingungen vorlagen.

Allerdings gibt es im Rahmen dieser Studie einen Hinweis darauf, dass ältere Frauen auch unter kontrollierten Versuchsbedingungen nicht früher schläfrig werden als jüngere Frauen. So konnte im Abendprofil unter kontrollierten Versuchsbedingungen ein geringerer -wenn auch nur zum Teil signifikant- subjektiver Schläfrigkeitsanstieg bei älteren Probandinnen im Vergleich zu jüngeren

Probandinnen festgestellt werden (vgl. Abb. 42, Kapitel IV 2.1.2). Unter natürlichen unkontrollierten Bedingungen, unter welchen auch der Zeitpunkt des Auftretens der ersten Schläfrigkeit am Abend mittels Tagesprotokoll erfasst wurde, müsste sich der unter kontrollierten Temperatur- und Lichtbedingungen sowie unter reduzierter körperlicher Aktivität beobachtete Effekt noch verstärken, da körperliche Aktivität sowie Licht die Schläfrigkeit zusätzlich reduzieren (Landwehr et al. 1998). Auch die im Rahmen dieser Studie über eine Woche untersuchten subjektiv eingeschätzten Zubettgehzeiten unterschieden sich nicht signifikant zwischen jüngeren und älteren Probandinnen (vgl. Tab 18, Kapitel IV 2.2.2), was dafür spricht, dass sich auch der Zeitpunkt der ersten abendlichen Schläfrigkeit nicht stark unterschied.

Auch die vergleichbare Intensität der am Morgen subjektiv eingeschätzten Schläfrigkeit älterer und jüngerer Probandinnen entspricht den auf Literaturbefunden basierenden Erwartungen insofern, als dass ältere Probandinnen aufgrund der altersbedingt zu beobachtenden vorgezogenen Phasenlage circadianer Rhythmen frühere Aufwachzeiten aufweisen (Dijk et al. 2000, Czeisler et al. 1992), was auch im Rahmen dieser Arbeit gezeigt werden konnte (vgl. Tab. 18, Kapitel IV 2.2.2). Folglich sind ältere Frauen morgens um 10 Uhr relativ wach, ebenso wie jüngere Frauen, die trotz ihrer späteren Taktung zu diesem Zeitpunkt ausgeschlafen sein müssten.

An dieser Stelle sollte jedoch erwähnt werden, dass die Tagesschläfrigkeit laut Literaturbefunden bei älteren Menschen insbesondere nachmittags tendenziell höher ist als bei jüngeren Menschen. Dies kann u.a. auf die altersbedingte Verschlechterung der Schlafqualität zurückgeführt werden (Vitiello 2006) und erklärt möglicherweise das vermehrte Auftreten tageszeitlicher Nickerchen (Münch et al. 2005). Der im Rahmen dieser Studie verwendete ESS-Fragebogen zur Erfassung der Tagesschläfrigkeit deutet ebenfalls daraufhin, dass ältere Probandinnen subjektiv häufiger von Tagesschläfrigkeit betroffen sind als jüngere Probandinnen (vgl. Abb. 38, Kapitel IV 1.5). Auf den Zusammenhang zwischen tageszeitlichen Nickerchen und Schlafqualität im Alter wird im nächsten Kapitel genauer eingegangen.

### **Vergleich der objektiven Schläfrigkeit älterer und jüngerer Frauen unter natürlichen Bedingungen**

Nach Diskussion der Ergebnisse hinsichtlich der subjektiven Schläfrigkeit soll nun das Augenmerk auf die objektive Schläfrigkeit und ihre altersbedingte Veränderung gerichtet werden. Der am Morgen des ersten Studientages durchgeführte pupillographische Schläfrigkeitstests liefert keine eindeutigen Ergebnisse. Das Ausbleiben signifikanter Unterschiede zwischen älteren und jüngeren Probandinnen hinsichtlich des PUI und des rPUI sowie hinsichtlich des MRS und des rMRS deuten darauf hin, dass ältere und jüngere Probandinnen sich hinsichtlich ihrer momentanen Schläfrigkeit nicht unterscheiden. Literaturbefunde zur Untersuchung der Schläfrigkeit im Alter mittels des pupillographischen Schläfrigkeitstests liegen vor (Wilhelm 2008). Im Gegensatz zu der vorliegenden

Studie wurde jedoch kein rein weibliches Probandenkollektiv untersucht und es erfolgte kein Vergleich mit jüngeren Probanden. Zudem fand die pupillographische Schläfrigkeitsmessung nicht wie in der vorliegenden Studie vormittags, sondern nachmittags statt.

Das Ausbleiben eines signifikanten Unterschieds hinsichtlich der objektiv erfassten Schläfrigkeit zwischen älteren und jüngeren Frauen am Morgen entspricht den Ergebnissen, welche im Rahmen dieser Arbeit hinsichtlich der subjektiv eingeschätzten Schläfrigkeit erzielt wurden. Die Beobachtungen stehen mit auf Literaturbefunden basierenden Erwartungen der Autorin insofern in Einklang, als dass ältere Probandinnen aufgrund ihrer Morgenpräferenz (Zhang et al. 2015) morgens wacher sind und folglich nicht schläfriger als jüngere Probandinnen. Die im Rahmen dieser Arbeit zu beobachtenden signifikant früheren Aufwachzeiten älterer Probandinnen unterstützen diese Annahme (vgl. Tab. 18, Kapitel IV 2.2.2). Andererseits konnte bei älteren Probandinnen eine signifikant höhere Lidschlaganzahl im Vergleich zu jüngeren Probandinnen festgestellt werden. Dies kann insofern auf eine erhöhte Schläfrigkeit bei älteren Probandinnen hindeuten, als dass mit zunehmender Schläfrigkeit Anzahl und Dauer der Lidschläge ansteigen (Galley et al. 2004).

Eine alternative Erklärung für die signifikant höhere Lidschlaganzahl bei älteren Probandinnen ist möglicherweise das vermehrte Auftreten trockener Augen. Insbesondere bei Frauen kann es aufgrund der hormonellen Umstellung in den Wechseljahren zu einer Abnahme der Tränendrüsenproduktion kommen, was zu trockenen und zum Teil auch „brennenden“ Augen führt (Gurwood et al. 1995). Durch eine Erhöhung der Lidschlaganzahl wird versucht, die vorhandene Tränenflüssigkeit auf das komplette Auge zu verteilen, um so ein weiteres Austrocknen zu verhindern (Borchard-Tuch 2011). Eigene Studienergebnisse unterstützen diese Annahme insofern, als dass ein Großteil der Probandinnen über trockene Augen klagte und dies auch im allgemeinen Fragebogen so angab.

Insgesamt entsprechen die in der vorliegenden Studie beobachteten altersbedingten Veränderungen hinsichtlich Schlafstruktur und Schlafqualität älterer Frauen den bisherigen Literaturbefunden. Erstmals ist jedoch, dass sich die Veränderung der Schlafstruktur sowie die Verschlechterung der Schlafqualität im Alter an einem rein weiblichen Probandenkollektiv zeigen ließ, welches zuhause in gewohnter Umgebung schlief. Dies ist insofern von Bedeutung, als dass die unter natürlichen Bedingungen untersuchte Schlafstruktur und Schlafqualität repräsentativer für den gewohnten Schlaf ist.

### ***3b) Welche Auswirkungen haben tageszeitliche Nickerchen auf Struktur und Qualität des Nachtschlafs sowie die Schläfrigkeit älterer Frauen?***

Ziel war es zu untersuchen, wie sich altersbedingt auftretende tageszeitliche Nickerchen auf Struktur und Qualität des Nachtschlafs älterer Frauen auswirken und wie sie die Schläfrigkeit

beeinflussen. Hierzu ergab sich folgender Gesamtbefund. Tageszeitliche Nickerchen können die zeitliche Lage des REM- und Tiefschlafs im Nachtschlaf älterer Frauen verändern (statistischer Trend), wirken sich jedoch nicht auf den Anteil der Schlafstadien und somit auf die generelle Schlafstruktur aus. Auch die Schlafqualität bleibt mit Ausnahme einer signifikanten Erhöhung der subjektiven nächtlichen Wachdauer und der objektiven Einschlafdauer (statistischer Trend) unverändert ebenso wie die Schläfrigkeit.

### **Auswirkung tageszeitlicher Nickerchen auf die Nachtschlafstruktur älterer Frauen**

Der Vergleich hinsichtlich der Nachtschlafstruktur zwischen der ersten nächtlichen Gehirnstrommessung mit vorangegangenen tageszeitlichen Nickerchen mit der zweiten nächtlichen Gehirnstrommessung ohne vorangegangenes tageszeitliches Nickerchen ergab mit Ausnahme der Dauer bis zum ersten REM-Schlaf keine signifikanten Unterschiede. Die Nacht mit vorangegangenen tageszeitlichen Nickerchen wies eine signifikant niedrigere Dauer bis zum ersten REM-Schlaf auf als die Nacht ohne vorangegangenes tageszeitliches Nickerchen. Unter Berücksichtigung der Anzahl tageszeitlicher Nickerchen zeigten sich mit Ausnahme der Dauer bis zum ersten Tiefschlaf ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen älteren Probandinnen, die an mindestens 4 Tagen der Studienwoche ein tageszeitliches Nickerchen hielten und jenen, die kein tageszeitliches Nickerchen hielten. Literaturbefunde zur Untersuchung des Einflusses tageszeitlicher Nickerchen auf die Nachtschlafstruktur liegen vor (Karacan et al. 1970, Monk et al. 2001). Allerdings fanden die genannten Studien im Gegensatz zur vorliegenden Studie unter kontrollierten Bedingungen statt und untersuchten den generellen Einfluss tageszeitlicher Nickerchen auf die Nachtschlafstruktur unabhängig von der Anzahl gehaltener tageszeitlicher Nickerchen. Darüber hinaus beziehen sie sich im Gegensatz zur vorliegenden Studie nicht auf ein rein weibliches Probandenkollektiv.

Die im Rahmen der vorliegenden Studie erzielten Ergebnisse deuten darauf hin, dass unter natürlichen Bedingungen gehaltene tageszeitliche Nickerchen sich generell nicht auf die Nachtschlafstruktur älterer Frauen mit Ausnahme der Dauer bis zum ersten REM-Schlaf bzw. Tiefschlaf auswirken. Dies widerspricht insofern den Literaturbefunden, als dass durch das Halten tageszeitlicher Nickerchen eine Abnahme des Tiefschlafanteils beobachtet werden konnte (Karacan et al. 1970, Feinberg et al. 1985). Eine Veränderung der Dauer bis zum Erreichen des REM- und Tiefschlafs konnte bisher nicht gezeigt werden.

Eine mögliche Erklärung für das Ausbleiben der erwarteten Abnahme des Tiefschlafanteils ist eventuell die Tageszeit, zu welcher das Nickerchen gehalten wurde. Am Vormittag stattfindende tageszeitliche Nickerchen wirken sich viel weniger auf den darauffolgenden Nachtschlaf aus als am späten Nachmittag stattfindende, da der Tiefschlafanteil mit zunehmender Tageszeit steigt (Karacan

et al. 1970). Die im Rahmen der Studie von den älteren Probandinnen gehaltenen Nickerchen fanden laut Tagesprotokoll hauptsächlich gegen Mittag bzw. frühen Nachmittag statt (13-15 Uhr) und liegen folglich genau zwischen den genannten Tageszeiten.

Eine weitere Erklärung für das Ausbleiben der Auswirkung tageszeitlicher Nickerchen auf den Anteil der Schlafstadien des Nachtschlafs ist die Theorie, dass tageszeitliche Nickerchen als Kompensationsmechanismus für den altersbedingt abnehmenden Tiefschlafanteil im Nachtschlaf dienen (Münch et al. 2005) und diesen nicht noch einmal zusätzlich senken. Folglich würden sich tageszeitliche Nickerchen als Folge einer veränderten Nachtschlafstruktur ergeben. Da insbesondere Frauen im Alter von Störungen des Schlafs betroffen sind, ist der Bedarf und möglicherweise auch die Effektivität beim weiblichen Geschlecht, tageszeitliche Nickerchen zur Kompensation des mangelnden Tiefschlafanteils im Nachtschlaf zu halten, größer als beim männlichen Geschlecht, was die Abweichung des Ergebnisses von bisherigen Studienergebnissen, die sich auf ein gemischt geschlechtliches Probandenkollektiv beziehen, erklärt.

Im Umkehrschluss spielt möglicherweise auch die Struktur des Tagschlafs eine Rolle hinsichtlich der Beeinflussung der Nachtschlafstruktur. Ein tageszeitliches Nickerchen mit hohem Tiefschlafanteil hat möglicherweise einen stärkeren Einfluss auf den Nachtschlaf als ein tageszeitliches Nickerchen mit einem niedrigen Tiefschlafanteil. Die Struktur des Tagschlafs konnte im Rahmen der vorliegenden Arbeit aufgrund der durch die Probandinnen selbständig durchgeführten Untersuchung zuhause nicht analysiert werden.

Das im Rahmen dieser Studie zu beobachtende signifikant frühere Erreichen des REM-Schlafs nach Halten von tageszeitlichen Nickerchen sowie das signifikant spätere Erreichen des Tiefschlafs mit steigender Anzahl tageszeitlicher Nickerchen ist so zu interpretieren, dass das Halten eines tageszeitlichen Nickerchens generell zu einem früheren Auftreten des REM-Schlafs führt und bei Probandinnen, die regelmäßig tageszeitliche Nickerchen halten, zu einem späteren Erreichen des Tiefschlafs. Folglich wird die Struktur des Nachtschlafs durch tageszeitliche Nickerchen insofern beeinflusst, als dass sich das zeitliche Auftreten des REM- und Tiefschlafstadiums ändert. Durch das Halten eines tageszeitlichen Nickerchens wird ein Teil des Tiefschlafs schon am Tag verbraucht, was sich ab einer gewissen Anzahl und einer damit verbundenen Regelmäßigkeit des Tagschlafs in einem späteren Auftreten des Tiefschlafs in der Nacht äußert. Da Tiefschlaf später auftritt, tritt REM-Schlaf quasi als Kompensation generell früher auf. Da eine Veränderung der Dauer bis zum Erreichen des ersten REM- und Tiefschlafs durch tageszeitliche Nickerchen bisher nicht gezeigt werden konnte, handelt es sich um einen neuen Befund.

#### **Auswirkung der Dauer tageszeitlicher Nickerchen auf die Nachtschlafstruktur älterer Frauen**

Der Vergleich älterer Probandinnen mit einer mittleren Nickerchendauer von unter oder gleich 35 Minuten mit jenen, die eine mittlere Nickerchendauer von über 35 Minuten aufwiesen, ergab, dass

ältere Probandinnen mit einer längeren Nickerchendauer (>35 Minuten) einen statistisch signifikanten Trend hinsichtlich eines höheren Anteils an Schlafstadium 4 und einer längeren Dauer bis zum Erreichen des ersten Tiefschlafs aufwiesen. Die generelle Auswirkung der Dauer tageszeitlicher Nickerchen auf die Nachtschlafstruktur entspricht den Literaturbefunden insofern, als dass erst ab einer bestimmten Dauer tageszeitlicher Nickerchen eine Beeinflussung des Nachtschlaf zu erwarten ist. Monk und Kollegen (2001) konnten zeigen, dass eine Nickerchendauer von durchschnittlich 57 Minuten einen Einfluss auf den darauffolgenden Nachtschlaf hat, während in der Studie von Tamaki und Kollegen (1999) bei einer mittleren Nickerchendauer von 24 Minuten eine Veränderung des Nachtschlafs ausblieb. Die mittlere Nickerchendauer betrug im Rahmen dieser Studie 38,8 Minuten (vgl. Abb. 39, Kapitel IV 1.6) und liegt damit genau dazwischen.

Allerdings wäre nicht eine Zunahme sondern eine Abnahme des Tiefschlafanteils im Nachtschlaf mit zunehmender Dauer tageszeitlicher Nickerchen (Karacan et al. 1970) zu erwarten gewesen, da der in den Tagschlaf vorgezogene Tiefschlafanteil möglicherweise noch größer ist. Eine Erklärung für die den Erwartungen widersprechende Beobachtung ist möglicherweise, dass sich die Struktur des Tagschlafs bei älteren Probandinnen mit einer höheren mittleren Nickerchendauer von jenen mit einer kürzeren Nickerchendauer unterscheidet.

Des Weiteren könnten äußere Faktoren wie vorangegangene körperliche Aktivität oder Lichtexposition eine Rolle spielen, da sie sich auf den Schlafdruck auswirken, welcher in Zusammenhang mit dem Tiefschlafanteil steht (Weitzmann et al. 1980). Sowohl die Struktur des Tagschlafs als auch der Einfluss äußerer Faktoren konnte im Rahmen dieser Studie aufgrund der unter natürlichen Bedingungen stattfindenden Untersuchung bei den Probandinnen zuhause nicht analysiert werden. Die zu beobachtende verlängerte Dauer bis zum ersten Tiefschlaf bei höherer mittlerer Nickerchendauer entspricht insofern den Erwartungen, als dass dieser Effekt schon bei einer höheren Anzahl tageszeitlicher Nickerchen gezeigt werden konnte. Mit zunehmender tageszeitlicher Nickerchendauer nimmt auch der Anteil des Tiefschlafs zu, der während des Tagschlafs auftritt. Folglich nimmt der Druck für Tiefschlaf im Nachtschlaf mit zunehmender Nickerchendauer immer stärker ab, was zu einem immer späteren Erreichen des ersten Tiefschlafs führt.

### **Auswirkung tageszeitlicher Nickerchen auf die subjektive Schlafqualität älterer Frauen**

Der Vergleich älterer Probandinnen mit tageszeitlichen Nickerchen an mindestens 4 Tagen der Studienwoche mit jenen, die keine tageszeitlichen Nickerchen gehalten haben, hinsichtlich verschiedener Variablen der subjektiven Schlafqualität zeigt mit Ausnahme der nächtlichen Wachdauer keine signifikanten Unterschiede. Ältere Probandinnen mit regelmäßigen tageszeitlichen Nickerchen weisen eine signifikant höhere nächtliche subjektiv eingeschätzte Wachdauer auf. Im

Gegensatz zur vorliegenden Studie wurde bisher nur der generelle Einfluss sowie der Einfluss der zeitlichen Lage und Dauer tageszeitlicher Nickerchen auf die Qualität des Nachtschlafs untersucht (Monk et al. 2001, Tamaki et al. 1999), nicht jedoch der Einfluss der Anzahl. Zudem fanden sie im Gegensatz zur vorliegenden Studie nicht unter natürlichen Bedingungen statt und untersuchten nur den Einfluss auf die objektive Schlafqualität. Daher erfolgt die Interpretation der Ergebnisse auf Grundlage der hieraus abgeleiteten Erwartungen sowie eigenen Überlegungen.

Die im Rahmen der Arbeit zu beobachtende höhere nächtliche Wachdauer bei älteren Probandinnen mit mehr tageszeitlichen Nickerchen entspricht insofern den Erwartungen, als dass das regelmäßige Halten tageszeitlicher Nickerchen zu einer stärkeren Abnahme des nächtlichen Schlafdrucks führt, was sich in einer höheren nächtlichen Wachdauer aufgrund einer stärkeren Fragmentierung des Schlafs manifestieren müsste (Münch et al. 2005). Eine höhere nächtliche Wachdauer führt zu einer Abnahme der effektiven Schlafdauer und der Schlafeffizienz und folglich zu einer Verschlechterung der Schlafqualität (Landis et al. 2003). Die im Rahmen der Arbeit erzielten Ergebnisse widersprechen insofern den Erwartungen, als dass keine niedrigere effektive Schlafdauer sowie eine niedrigere Schlafeffizienz bei älteren Menschen mit mehr tageszeitlichen Nickerchen hinsichtlich ihres Nachtschlafs (Monk et al. 2001) beobachtet werden konnte. Folglich wäre eine Zunahme der beobachteten Effekte mit zunehmender Anzahl tageszeitlicher Nickerchen zu erwarten gewesen, welche jedoch ausblieb.

Das Ausbleiben der erwarteten niedrigeren subjektiv eingeschätzten effektiven Schlafdauer und Schlafeffizienz bei älteren Probandinnen mit mehr tageszeitlichen Nickerchen kann möglicherweise dadurch erklärt werden, dass mehr Nickerchen gehalten werden, um die empfundene schlechte Schlafqualität zu kompensieren. Dies scheint wiederum insofern erfolgreich zu sein, als dass das regelmäßige Halten tageszeitlicher Nickerchen zu einer Verbesserung der empfundenen Schlafeffizienz und effektiven Schlafdauer führt, so dass keine signifikanten Unterschiede auftreten. Das generelle Halten tageszeitlicher Nickerchen scheint sich jedoch nicht zwingend positiv auf die empfundene subjektive Schlafqualität auszuwirken, da sich unter denjenigen Probandinnen, die generell tageszeitliche Nickerchen halten, laut des PSQI-Fragebogens nicht mehr gute Schläferinnen befinden als unter denjenigen Probandinnen, die kein tageszeitliches Nickerchen halten (vgl. Kapitel IV 1.5).

### **Auswirkung der Dauer tageszeitlicher Nickerchen auf die subjektive Schlafqualität älterer Frauen**

Die Untersuchung des Einflusses der Dauer tageszeitlicher Nickerchen auf die subjektive Schlafqualität ergab keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich subjektiver Schlafqualitätsvariablen zwischen älteren Probandinnen mit einer mittleren Nickerchendauer von unter 35 Minuten und jenen, deren durchschnittliche Nickerchendauer über 35 Minuten betrug. Dies widerspricht insofern den Literaturbefunden, als dass bei einer höheren Nickerchendauer eine stärkere Abnahme der



effektiven Schlafdauer und Schlaffeizienz zu erwarten gewesen wäre (Monk et al. 2001). Eine mögliche Erklärung für das Ausbleiben dieses Ergebnisses ist, dass die mittlere Nickerchendauer im Rahmen dieser Arbeit 38,8 Minuten (vgl. Abb. 39, Kapitel IV 1.6) betrug und damit kürzer ist als die mittlere Nickerchendauer (57 Minuten), auf welcher die Vergleichsstudie basiert. Studien, welche den Einfluss kürzerer Nickerchen auf die Qualität des Nachtschlafs untersucht haben, konnten keine signifikanten Veränderungen finden (Tamaki et al. 1999). Daraus kann geschlossen werden, dass die im Rahmen der Studie auftretenden tageszeitlichen Nickerchen möglicherweise zu kurz waren, um die Nachtschlafstruktur zu beeinflussen.

Eine weitere mögliche Erklärung für das Ausbleiben einer signifikanten Veränderung der Nachtschlafqualität durch eine zunehmende Dauer tageszeitliche Nickerchen sind äußere Faktoren, die das Tagschlafverhalten beeinflussen können. Die Untersuchung fand über eine Woche unter natürlichen Bedingungen bei den Probandinnen zuhause statt. Trotz der Dokumentation der Nickerchendauer ist unklar, welche Licht- und Temperaturbedingungen während des Nickerchens geherrscht haben. Eine hohe Lichtexposition könnte beispielsweise dazu geführt haben, dass sich das tageszeitliche Einschlafen verzögert oder gar nicht stattgefunden hat, da nicht ausreichend Melatonin produziert werden konnte (Burgess et al. 2001). Des Weiteren könnte eine zu hohe oder niedrige Umgebungstemperatur das Absinken der Körperkerntemperatur und das Ansteigen der distalen Hauttemperatur verzögert haben, was eine verlängerte Einschlafdauer und eine generelle Verkürzung der Nickerchendauer zur Folge hätte (Kräuchi et al. 2008). Folglich würde die Angabe der Dauer des tageszeitlichen Nickerchens nicht der tatsächlichen Nickerchendauer entsprechen.

Hinzu kommt, dass nicht klar ist, wie hoch der tatsächliche Tiefschlafanteil im tageszeitlichen Nickerchen war, da während des tageszeitlichen Nickerchens keine Gehirnstrommessung stattfand. Dieser Anteil trägt jedoch laut Literaturbefunden dazu bei, ob und wie stark die Veränderungen des Nachtschlafs sind (Karacan et al. 1970). Die selbständige und subjektive Dokumentation der Probandinnen weist auf ein weiteres Problem hin. Möglicherweise wurden tageszeitliche Nickerchen in ihrer Dauer von älteren Probandinnen überschätzt oder unterschätzt. Manche Probandinnen haben möglicherweise nur „geruht“ und dies als tageszeitliche Nickerchen empfunden, während andere nur den tatsächlichen Schlaf als tageszeitliches Nickerchen definieren würden.

### **Auswirkung von Anzahl und Dauer tageszeitlicher Nickerchen auf die objektive Schlafqualität älterer Frauen**

Der Vergleich der ersten nächtlichen Gehirnstrommessung mit vorangegangenen tageszeitlichen Nickerchen mit jener ohne vorangegangenes tageszeitliches Nickerchen weist mit Ausnahme der Einschlafdauer keine signifikanten Unterschiede auf. Hinsichtlich der Einschlafdauer zeigt sich ein

statistischer Trend dahingehend, dass sie in der Nacht mit vorangegangenem tageszeitlichen Nickerchen erhöht ist. Dies entspricht den Literaturbefunden insofern, als dass eine Verlängerung der Einschlafdauer bei älteren Probanden nach Halten eines tageszeitlichen Nickerchens festgestellt werden konnte (Monk et al. 2001). Der Vergleich älterer Probandinnen mit regelmäßigen tageszeitlichen Nickerchen an 4 Tagen der Studienwoche mit jenen, die kein tageszeitliches Nickerchen hielten, ergibt ebenfalls keine signifikanten Unterschiede. Auch die Dauer des tageszeitlichen Nickerchens scheint keinen Einfluss auf die objektive Qualität des Nachtschlafs älterer Frauen zu haben.

Das Ausbleiben signifikanter Veränderungen der Schlafqualität in Abhängigkeit von Anzahl und Dauer tageszeitlicher Nickerchen widerspricht den Erwartungen insofern, als dass eine Abnahme der effektiven Schlafdauer sowie der Schlaffeffizienz durch das Halten eines tageszeitlichen Nickerchens zu erwarten gewesen wäre (Monk et al. 2001), welche sich mit zunehmender Anzahl und Dauer tageszeitlicher Nickerchen verstärken müsste. Ähnlich wie hinsichtlich der subjektiven Schlafqualität kann auch hinsichtlich der objektiven Schlafqualität die mittlere Dauer des tageszeitlichen Nickerchens als Erklärung für das Ausbleiben der erwarteten Veränderungen herangezogen werden. Die im Rahmen dieser Arbeit berechnete mittlere Nickerchendauer beträgt 38,8 Minuten (vgl. Abb. 39, Kapitel IV 1.6) und ist folglich möglicherweise zu kurz, um Veränderungen in der Qualität des darauffolgenden Nachtschlafs hervorzurufen.

Des Weiteren gilt auch hier das Argument der Fehleranfälligkeit bzw. Ungenauigkeit hinsichtlich der selbständigen und subjektiven Dokumentation der tageszeitlichen Nickerchens durch die Probandinnen. Möglicherweise wurde die Dokumentation von tageszeitlichen Nickerchen vergessen, da sie nicht als solches empfunden wurden oder ungeplant auftreten. Des Weiteren könnte es von einigen älteren Probandinnen als Schwäche empfunden worden sein, ein tageszeitliches Nickerchen zu halten, da es nicht zu unserem westlichen „aktiven“ Lebensstil passt, sondern eher in südeuropäischen oder ostasiatischen Ländern verbreitet ist (Motohashi und Takano 1993, Dinges et al. 1989). Dies könnte eine Verfälschung der Anzahl und Dauer gehaltener tageszeitlicher Nickerchen über die Studienwoche zur Folge haben.

Auch die fehlende Überprüfbarkeit des Tiefschlafanteils am Tagschlaf kann eine Rolle spielen und die ausbleibenden Veränderungen erklären. Möglicherweise enthielten die im Rahmen der Studie gehaltenen tageszeitlichen Nickerchen unterschiedlich hohe Anteile an Tiefschlaf, was sich in einer Variation der Einflussnahme auf den Nachtschlaf widerspiegeln kann. Die auch schon hinsichtlich der subjektiven Schlafqualität erwähnten, schwer nachvollziehbaren Umweltbedingungen, die vor und während des tageszeitlichen Nickerchens vorherrschten, können tageszeitliche Nickerchen in ihrer Qualität und Dauer beeinflussen, wodurch wiederum deren Einfluss auf den Nachtschlaf variieren kann. Hohe Lichtexposition sowie zu hohe niedrige Umgebungstemperaturen können zu

einer Verschlechterung der Tagschlafqualität führen (Burgess et al. 2001), wohingegen sich körperliche Aktivität positiv auf die Qualität des Tagschlafs auswirken kann, indem sie zum Beispiel die Einschlafdauer verkürzt (Youngstedt 2005). Die genannten Befunde wurden bisher nur im Bezug auf den Nachtschlaf erzielt, können aber nach Meinung des Autors auf den Tagschlaf übertragen werden. Weitere Untersuchungen wären sinnvoll.

### **Auswirkung von Dauer und Anzahl tageszeitlicher Nickerchen auf die subjektive Schläfrigkeit älterer Frauen**

Hinsichtlich der am Abend und am Morgen erfassten subjektiven Schläfrigkeit zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen älteren Probandinnen mit Nickerchen an mindestens 4 Tagen während der Studienwoche und jenen, die kein tageszeitliches Nickerchen gehalten haben. Der Vergleich älterer Probandinnen mit einer mittleren Nickerchendauer von unter und über 35 Minuten ergibt eine signifikant höhere subjektive Schläfrigkeit morgens um 10 Uhr bei älteren Probandinnen mit einer längeren Nickerchendauer von über 35 Minuten. Literaturbefunde zur Auswirkung tageszeitlicher Nickerchen auf die Schläfrigkeit liegen vor (Tamaki et al. 1999, Monk et al. 2001). Im Gegensatz zur vorliegenden Studie wurde jedoch ein kleineres Probandenkollektiv von unter 10 Individuen untersucht, welches zudem nicht nur aus Frauen bestand.

Das Ausbleiben der Auswirkung des Haltens regelmäßiger tageszeitlicher Nickerchen auf die subjektive Schläfrigkeit widerspricht den auf Literaturbefunden basierenden Erwartungen insofern, als dass bei älteren Menschen, die regelmäßig an 3 oder mehr Tagen die Woche ein tageszeitliches Nickerchen von mindestens 30 Minuten hielten, eine signifikante Abnahme der subjektiven Schläfrigkeit gezeigt werden konnte (Tamaki et al. 1999). Eine mögliche Erklärung stellt die Tageszeit der erfassten Schläfrigkeit dar. Studien konnten zeigen, dass die Abnahme der subjektiv empfundenen Schläfrigkeit durch tageszeitliche Nickerchen am stärksten direkt und bis 2,5 Stunden nach dem tageszeitlichen Nickerchen auftritt (Hayashi et al. 1999). Da die subjektive Schläfrigkeit im Rahmen der Studie zum einen abends als erster Schläfrigkeitszeitpunkt und morgens als momentane Schläfrigkeit erfasst wurde, ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass direkt und bis 2,5 Stunden vor der Messung kein tageszeitliches Nickerchen gehalten worden war, da die meisten Nickerchen laut Tageprotokoll zwischen 13-15 Uhr stattfanden. Folglich wurde der Schläfrigkeitsreduzierende Effekt eines tageszeitlichen Nickerchens möglicherweise nicht erfasst.

Eine weitere mögliche Erklärung für das Ausbleiben einer signifikant geringeren Schläfrigkeit bei älteren Probandinnen mit regelmäßigen tageszeitlichen Nickerchen an mindestens 4 Studientagen die Woche ist zum einen die Zuverlässigkeit der Dokumentation sowie die Repräsentanz. Wie bereits angesprochen könnten manche Probandinnen „Ruhens“ als Nickerchen empfunden und es als solches dokumentiert haben, während andere Probandinnen nur das „richtige Einschlafen“ als

tageszeitliches Nickerchen notiert haben. Dies kann die Anzahl der gehaltenen tageszeitlichen Nickerchen in der Studienwoche beeinflusst haben. Zum anderen ist natürlich nicht gegeben, dass die Anzahl der in der Studienwoche gehaltenen Nickerchen auch repräsentativ für andere Woche im Leben der Probandinnen ist.

Das Vorliegen einer signifikant höheren subjektiven morgendlichen Schläfrigkeit bei älteren Probandinnen mit längeren tageszeitlichen Nickerchen über 35 Minuten lässt sich zum einen ebenfalls durch die Tageszeit erklären, zu der die Schläfrigkeit erfasst wurde. Ältere Probandinnen mit einer signifikant höheren Schläfrigkeit am Morgen neigen möglicherweise dazu, nachmittags längere tageszeitliche Nickerchen über 35 Minuten zu halten, um ihre hohe Schläfrigkeit, die bereits morgens auftritt, zu kompensieren (Takahashi 2003). Folglich wäre das Halten eines tageszeitlichen Nickerchens die Folge einer höheren Schläfrigkeit am Morgen. Dies würde nicht ausschließen, dass die zunehmende Schläfrigkeit am Nachmittag (Takahashi et al. 2000) durch tageszeitliche Nickerchen kompensiert werden könnte. Die im Rahmen der Arbeit mittels des ESS-Fragebogens untersuchte Tages schläfrigkeit unterstützen diese Annahme insofern, als dass ältere Probandinnen, die üblicherweise ein tageszeitliches Nickerchen halten, weniger unter Tagesschläfrigkeit leiden als diejenigen älteren Probandinnen, die grundsätzlich keine tageszeitlichen Nickerchen halten (vgl. Kapitel IV 1.5).

### **Auswirkung von Dauer und Anzahl tageszeitlicher Nickerchen auf die objektive Schläfrigkeit älterer Frauen**

Ältere Probandinnen mit regelmäßigen tageszeitlichen Nickerchen an mindestens 4 Tagen der Studienwoche unterscheiden sich von jenen, die kein tageszeitliches Nickerchen hielten, nicht signifikant. Auch die Dauer der tageszeitliche Nickerchen scheint keinen Einfluss auf die morgendliche objektiv gemessene Schläfrigkeit zu haben. Literaturbefunde zur Auswirkung auf die Schläfrigkeit liegen vor (Tamaki et al. 1999, Monk et al. 2001). Jedoch wurde im Gegensatz zur vorliegenden Studie nur die subjektive Schläfrigkeit mittels Fragebogen erfasst, nicht jedoch die objektive Schläfrigkeit mittels Pupillographie.

Die Ergebnisse widersprechen insofern den Literaturbefunden, als dass ältere Probandinnen mit regelmäßigen tageszeitlichen Nickerchen eine geringere subjektive Schläfrigkeit (Tamaki et al. 1999) aufweisen, die sich auch objektiv erfassen lassen müsste. Sie entsprechen jedoch insofern den Literaturbefunden, als dass kein Einfluss der Dauer tageszeitlicher Nickerchen auf die subjektive Schläfrigkeit und folglich auch auf die objektive Schläfrigkeit zu erwarten war. Bisherige Studien konnten zeigen, dass tageszeitliche Nickerchen schon ab einer Dauer von 20 Minuten die Schläfrigkeit reduzieren können (Hayashi et al. 1999, Tamaki et al. 1999). Da der Trennwert in dieser Arbeit bei 35 Minuten liegt, müssten sowohl kürzere tageszeitliche Nickerchen unter 35 Minuten und längere tageszeitliche Nickerchen über 35 Minuten die Schläfrigkeit reduzieren.

Das Ausbleiben einer geringeren objektiven Schläfrigkeit bei älteren Probandinnen mit regelmäßigen tageszeitlichen Nickerchen an mindestens 4 Tagen der Studienwoche entspricht den hinsichtlich der subjektiven Schläfrigkeit erzielten Ergebnissen und kann folglich durch ähnliche Argumente erklärt werden. Neben der Zuverlässigkeit der Dokumentation sowie der Repräsentanz für andere Wochen kann auch hier die Tageszeit als Erklärung herangezogen werden. Die die Schläfrigkeit wurde objektiv am Morgen erfasst, während tageszeitliche Nickerchen zum Großteil nachmittags stattgefunden haben. So konnte nicht die direkte Auswirkung tageszeitlicher Nickerchen auf die Schläfrigkeit erfasst werden. Des Weiteren kann auch die Messung selbst einen Einfluss auf die Schläfrigkeit haben. Sie wurde wie bereits angesprochen aufgrund des 11-minütigen Sitzens in einem dunklen, geschlossenen Raum insbesondere von den älteren Probandinnen als unangenehm empfunden. Dies könnte Stress ausgelöst haben, was durch Aktivierung des Sympathischen Systems zu einer Abnahme der Schläfrigkeit (Weeß et al. 1998) geführt haben könnte. Folglich wären die Ergebnisse nicht repräsentativ für die tatsächliche momentane Schläfrigkeit.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit konnte erstmalig eine tendenzielle Verkürzung der Dauer bis zum Erreichen des ersten REM- und Tiefschlafs durch das Halten tageszeitlicher Nickerchen unter natürlichen Bedingungen bei älteren Frauen gezeigt werden. Ansonsten haben tageszeitliche Nickerchen mit Ausnahme einer signifikanten Erhöhung des subjektiv erfassten nächtlichen Wachanteils keinen Einfluss auf Schlafstruktur, Schlafqualität und Schläfrigkeit älterer Frauen. Aus den erzielten Ergebnissen kann geschlossen werden, dass älteren Frauen das Halten von tageszeitlichen Nickerchen weder empfohlen noch davon abgeraten werden kann, da sie sich nur geringfügig auf Schlafstruktur und Schlafqualität auswirken, die Schläfrigkeit jedoch nicht senken.

### ***4a) Unterscheiden sich ältere und jüngere Frauen hinsichtlich ihrer Lebensqualität und gibt es bei älteren und jüngeren Frauen einen Zusammenhang zwischen der Lebensqualität und schlafbezogenen Aspekten wie Schlafstruktur, Schlafqualität und Schläfrigkeit?***

Ziel war es zu untersuchen, ob sich ältere und jüngere Frauen hinsichtlich ihrer Lebensqualität unterscheiden und ob es bei jüngeren und älteren Frauen einen Zusammenhang zwischen der Lebensqualität und schlafbezogenen Aspekten wie Schlafstruktur, Schlafqualität und Schläfrigkeit gibt und inwieweit altersbedingte Einflüsse eine Rolle spielen. Hierzu ergab sich folgender Gesamtbefund. Ältere Frauen weisen eine signifikant höhere Lebenszufriedenheit mit Freizeitaktivitäten sowie mehr signifikante positive Zusammenhänge zwischen verschiedenen Aspekten der Lebensqualität und der Schlafqualität im Vergleich zu jüngeren Probandinnen auf. Hinsichtlich der Schläfrigkeit zeigen sich bei älteren Frauen hingegen weniger signifikante negative Zusammenhänge mit verschiedenen Aspekten der Lebensqualität als bei jüngeren Frauen.

### **Vergleich der Lebensqualität älterer und jüngerer Frauen**

Hinsichtlich der Lebensqualität unterscheiden sich ältere und jüngere Probandinnen mit Ausnahme der Lebenszufriedenheit mit Freizeitaktivitäten nicht signifikant voneinander. Hinsichtlich der Lebenszufriedenheit mit Freizeitaktivitäten weisen ältere Probandinnen jedoch einen signifikant höheren Wert auf. Literaturbefunde zur Lebensqualität älterer Menschen liegen vor (Farquar et al. 1995, IFES 2010). Im Gegensatz zur vorliegenden Studie beziehen sie sich jedoch nicht nur auf ein rein weibliches Probandenkollektiv, sondern untersuchten Männer und Frauen gemeinsam. Zudem galten körperliche Erkrankungen im Gegensatz zur vorliegenden Studie nicht als Ausschlusskriterium.

Die in der vorliegenden Studie zu beobachtende signifikant höhere Lebenszufriedenheit mit Freizeitaktivitäten bei älteren im Vergleich zu jüngeren Frauen widerspricht zunächst den Erwartungen insofern, als dass im Alter ein vermehrtes Auftreten psychischer und körperlicher Erkrankungen wie Altersdepressionen oder Altersdiabetes sowie eine Zunahme von Schlafstörungen beobachtet werden kann, welche sich negativ auf die Lebenszufriedenheit im Alter auswirken könnte (Byles et al. 2005, Fok et al. 2009, Reimer und Flemons 2003). Auch ein nicht erholsamer Schlaf durch eine altersbedingte Verschlechterung der Schlafqualität, wie sie im Rahmen dieser Studie gezeigt werden konnte, kann die Gesundheit und Lebensqualität erheblich beeinträchtigen (Happe 2011). Des Weiteren kommt es im Alter häufig zu Veränderungen der Lebensumstände wie zum Beispiel eine verminderte körperliche Aktivität oder auch eine geringere Lichtexposition aufgrund einer eingeschränkten Mobilität, was die Lebensqualität drastisch einschränken kann (Monk et al. 1995). Befragungen zeigen, dass der Gesundheitszustand sowie die davon abhängige körperliche Mobilität für ältere Menschen von großer Bedeutung sind (Farquhar et al. 1995).

Allerdings gibt es auch Literaturbefunde, die eine altersbedingte Abnahme der Lebensqualität- zumindest in unserer heutigen Gesellschaft- widerlegen und das Ausbleiben einer altersbedingten Verschlechterung der Lebensqualität, wie sie im Rahmen dieser Studie auftritt, erklären könnte. Eine im Jahr 2010 durchgeführte Befragung des Bundesministerium für Arbeit, Soziales und Konsumentenschutz von Personen ab 60 Jahren hat ergeben, dass die heutigen 60- bis 70-Jährigen in einer guten körperlichen und mentalen Verfassung sind und über ein hohes Maß an sozialen Kontakten und materiellen Ressourcen verfügen (IFES 2010). Übertragen auf die im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Aspekte der Lebenszufriedenheit würde dies eine hohe Lebenszufriedenheit mit der körperlichen und psychischen Gesundheit sowie mit sozialen Kontakten bedeuten, was die ausbleibenden Unterschiede zwischen älteren und jüngeren Probandinnen hinsichtlich der genannten Aspekte erklärt. Der ausbleibende Unterschied hinsichtlich der generellen Lebenszufriedenheit kann durch weitere im Rahmen der Arbeit erzielte Ergebnisse untermauert werden. Die Häufigkeitsverteilung der Zufriedenheitsintensitäten bei der Bewertung der generellen

Lebensqualität mittels des QOL Fragebogens hat ergeben, dass sich unter den älteren Probandinnen im Gegensatz zu den jüngeren Probandinnen keine *unzufriedenen* Individuen, jedoch mehr *zufriedene* Individuen (vgl. Abb. 40, Kapitel IV 1.6).

Der hinsichtlich der Lebenszufriedenheit mit Freizeitaktivitäten beobachtbare signifikant höhere Wert bei älteren Probandinnen lässt sich möglicherweise darauf zurückführen, dass ältere Probandinnen aufgrund ihrer Berentung (mit Ausnahme von 2 älteren Probandinnen übte keine Probandin einen Job aus) mehr Freizeit haben als jüngere Probandinnen, die in Studium und Arbeit eingespannt sind, und dies auch zu schätzen wissen. Gespräche der Autorin mit älteren Probandinnen im Rahmen der Studie bestätigen dies. Des Weiteren kann die altersbedingt tendenziell auftretende eingeschränkte Mobilität als möglicher lebensqualitätssenkender Faktor durch im Rahmen der Studie erzielte Ergebnisse insofern entkräftet werden, als dass ältere Probandinnen keine niedrigere körperliche Aktivität aufweisen als jüngere Probandinnen (vgl. Abb. 36, IV 1.3). Ihr guter Gesundheitszustand, ihre gute mentale Verfassung sowie ihr hohes Maß an sozialen Kontakten und materiellen Ressourcen (IFES 2010) ermöglichen es den älteren Frauen, ihre Freizeit nach ihren Wünschen zu gestalten und ihre Lebenszufriedenheit in diesem Bereich zu erhöhen.

Die im Rahmen dieser Arbeit hinsichtlich der Lebensqualität erzielten Ergebnisse sowie deren Interpretation lassen den Schluss zu, dass die Diskrepanz zwischen dem gefühlten und dem tatsächlichen biologischen Alter in den letzten Jahren zugenommen hat und möglicherweise noch weiter zunehmen wird. Daraus lässt sich wiederum folgern, dass sich auch die Lebensqualität im Alter in den letzten Jahren deutlich verbessert hat. Grund hierfür ist vermutlich zum einen die verbesserte medizinische Versorgung, welche ein gesundes Altern ermöglicht (Kibele und Scholz 2009). Zum anderen nimmt das speziell auf ältere Menschen ausgerichtete Freizeit- und Bildungsangebot insbesondere in den Städten immer mehr zu (Kolland 2006, Breloer 2000), was die soziale Interaktion und Mobilität bis ins hohe Alter erleichtert und möglicherweise auch das hohe Bildungsniveau, über welches ältere Menschen in unserer heutigen Zeit verfügen, erklärt (IFES 2010). Insgesamt wird so eine verbesserte Lebensqualität im Alter erreicht, welche insbesondere im Hinblick auf die steigende Lebenserwartung (URL [9]) für die Gesellschaft und den Einzelnen immer mehr an Bedeutung gewinnt.

### **Zusammenhang zwischen verschiedenen Aspekten der Lebensqualität und der Schlafstruktur älterer und jüngerer Frauen**

Die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen dem prozentualen Anteil an Schlafstadien und verschiedenen Aspekten der Lebenszufriedenheit innerhalb der Gruppe älterer und jüngerer

Probandinnen ergab mit Ausnahme eines signifikant positiven Zusammenhangs zwischen dem Leichtschlafanteil und der Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen bei älteren Probandinnen keine signifikanten Zusammenhänge. Literaturbefunde zum Zusammenhang zwischen Lebensqualität und Schlafstruktur im Alter liegen bisher nicht vor.

Das Ergebnis widerspricht insofern den Erwartungen, als dass insbesondere bei den verstärkt von Schlafstörungen betroffenen älteren Probandinnen (Vitiello et al. 2004) ein positiver Zusammenhang zwischen dem Tiefschlafanteil und der generellen sowie der mit der körperlichen und psychischen Gesundheit zusammenhängenden Lebenszufriedenheit zu erwarten gewesen wäre. Literaturbefunde weisen darauf hin, dass es insbesondere während des Tiefschlafs zur Regeneration von Organen und Geweben aufgrund einer erhöhten Reparatur und Erneuerung von Zellen kommt (Siegel 2003). Des Weiteren konnte in Studien gezeigt werden, dass insbesondere Tiefschlaf die Bildung des Langzeitgedächtnisses aufgrund der Reparatur und Erneuerung von Gedächtniszellen fördert (Diekelman und Born 2010). Die häufig zu beobachtende altersbedingte Abnahme des Tiefschlafanteils (Gillin et al. 1981), welche auch im Rahmen dieser Studie gezeigt werden konnte, müsste folglich zu einer Abnahme der Regeneration des Körpers und des Gedächtnisses führen, was sich wiederum negativ auf die Lebenszufriedenheit generell sowie die Lebenszufriedenheit mit der psychischen und körperlichen Gesundheit auswirken müsste. Dies hätte einen positiven Zusammenhang zwischen dem Tiefschlafanteil und der Lebensqualität insofern zur Folge, als dass ein höherer Tiefschlafanteil zu einer höheren Lebenszufriedenheit führt, während ein niedriger Tiefschlafanteil die Lebenszufriedenheit senkt.

Das Ausbleiben dieses Zusammenhangs bei älteren Probandinnen kann möglicherweise dadurch erklärt werden, dass ein Großteil der untersuchten Probandinnen tageszeitliche Nickerchen hielt (vgl. Abb. 20, Kapitel III 2), welche möglicherweise so viel Tiefschlaf enthielten, dass ein Teil der Regeneration des Körpers und des Gedächtnisses schon während des Tagschlafs stattfand, so dass die Lebensqualität dadurch nicht eingeschränkt war. Voraussetzung dafür wäre, dass tageszeitliche Nickerchen nicht die Struktur des darauffolgenden Nachtschlafs verändern und ggf. den Tiefschlafanteil senken. Die im Rahmen dieser Arbeit hinsichtlich des Einflusses tageszeitlicher Nickerchen auf die Schlafstruktur des Nachtschlafs älterer Frauen erzielten Ergebnisse weisen darauf hin, dass diese Voraussetzung erfüllt ist. Es konnte kein Einfluss auf den Tiefschlafanteil festgestellt werden. Der Zusammenhang zwischen dem Auftreten tageszeitlicher Nickerchen und der Lebensqualität älterer Frauen wurde im Rahmen dieser Arbeit untersucht und wird zu einem späteren Zeitpunkt diskutiert werden.

Das Auftreten des positiven Zusammenhangs zwischen dem Leichtschlafanteil und der Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen bei älteren Probandinnen stellt möglicherweise einen Zufallsbefund dar. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit konnte gezeigt werden, dass insbesondere die



Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen von vielen verschiedenen Faktoren beeinflusst wird. So konnte bei älteren Probandinnen ein signifikant negativer Zusammenhang mit dem BMI sowie mit jahreszeitabhängiger Depression gezeigt werden. Des Weiteren zeigt sich ein signifikant negativer Zusammenhang mit dem Zeitraum im Freien (vgl. Tab. 65, Kapitel IV 5.3). Folglich kann nicht ausgeschlossen werden, dass der Einfluss der genannten Faktoren zu dem vorliegenden Ergebnis geführt hat.

Da bisher keine Literatur zum Zusammenhang zwischen Lebensqualität und Schlafstruktur im Alter vorliegt, kann das in der vorliegenden Studie zu beobachtende Ausbleiben eines Zusammenhangs zwischen Lebensqualität und Tiefschlafanteil als neuer Befund angesehen werden.

### **Zusammenhang zwischen verschiedenen Aspekten der Lebensqualität und der subjektiven Schlafqualität älterer und jüngerer Frauen**

Der Fokus wird zunächst auf den Zusammenhang der Lebensqualität mit der subjektiven Schlafqualität gelegt. Es zeigt sich, dass ältere Probandinnen einen signifikanten Trend hinsichtlich des geringen negativen Zusammenhangs zwischen der Anzahl der nächtlichen Wachphasen sowie der nächtlichen Wachdauer insgesamt und der Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen aufweisen. Jüngere Frauen zeigen einen signifikanten Trend hinsichtlich des geringen negativen Zusammenhangs zwischen der nächtlichen Wachdauer mit der Lebenszufriedenheit mit der körperlichen Gesundheit sowie einen statistischen Trend hinsichtlich des positiven Zusammenhangs zwischen der Schlaffeffizienz und der Lebenszufriedenheit mit der körperlichen Gesundheit. Literaturbefunde zum Zusammenhang zwischen der generellen Lebensqualität und der subjektiven Schlafqualität älterer und jüngerer Menschen liegen vor (Byles et al. 2005, Lo et al. 2012, Sarraf et al. 2014). Im Gegensatz zur vorliegenden Studie galten körperliche Erkrankungen nicht als Ausschlusskriterium. Zudem wurden keine einzelnen Aspekte der Lebensqualität im Zusammenhang mit der subjektiven Schlafqualität untersucht.

Der in der vorliegenden Arbeit bei älteren Frauen zu beobachtende geringe negative Zusammenhang (statistischer Trend) zwischen der Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen und der Anzahl und Dauer nächtlicher Wachphasen steht insofern in Einklang mit den auf Literaturbefunden basierenden Erwartungen, als dass eine altersbedingt häufig zu beobachtende hohe Anzahl und lange Dauer nächtlicher Wachphasen zu einer schlechten Schlafqualität beiträgt (Buysse et al. 1991, Monk et al. 1995), welche sich wiederum negativ auf die Lebensqualität auswirken kann (Byles et al. 2005, Sarraf et al. 2014). Denn ein erholsamer Schlaf, der sich durch eine gute Schlafqualität auszeichnet, trägt entscheidend zum Erhalt von Gesundheit und Lebensqualität bei (Happe 2011). Dass insbesondere die Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen unter der tendenziell auftretenden altersbedingten Abnahme der Schlafqualität durch eine Zunahme nächtlicher Wachphasen leidet,

ist dadurch zu begründen, dass ältere Frauen aufgrund ihrer schlechten Schlafqualität ein erhöhtes Stresslevel aufweisen, was die Wahrscheinlichkeit von Konflikten mit dem Partner, der Familie oder Freunden erhöht. In Folge dessen fühlen sie sich möglicherweise missverstanden und bewerten ihre Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen schlechter. Das Ausbleiben eines Zusammenhangs zwischen der generellen Lebensqualität und Variablen der subjektiven Schlafqualität bei älteren Frauen (Byles et al. 2005) ist dadurch zu begründen, dass die Lebensqualität älterer Menschen in unserer heutigen Gesellschaft aufgrund der guten medizinischen Versorgung (Kibele und Scholz 2009), dem hohen Maß an Freizeit- und Bildungsangeboten für Senioren (Kolland 2006) sowie der hohen Lebenserwartung (URL [9]) gut ist, so dass eine subjektiv empfundene schlechte Schlafqualität möglicherweise als altersbedingte Erscheinung akzeptiert wird und ggf. nicht ins Gewicht fällt, was die generelle Lebenszufriedenheit betrifft.

Der im Rahmen dieser Arbeit bei jüngeren Frauen zu beobachtende geringe negative Zusammenhang (statistischer Trend) zwischen der nächtlichen Wachdauer mit der Lebenszufriedenheit mit der körperlichen Gesundheit sowie der positive Zusammenhang (statistischer Trend) zwischen der Schlaffeffizienz und der Lebenszufriedenheit mit der körperlichen Gesundheit widerspricht den Erwartungen zunächst insofern, als dass die Schlafqualität in jüngeren Jahren insbesondere bei einem guten Gesundheitsstatus tendenziell gut ist, so dass sie hinsichtlich der Lebenszufriedenheit eine untergeordnete Rolle spielen müsste. Bisher wurde die Lebensqualität jüngerer Menschen hauptsächlich im Zusammenhang mit körperlichen Erkrankungen und nicht, wie in der vorliegenden Studie, an körperlich und psychisch gesunden jüngeren Menschen untersucht (Sarraf et al. 2014).

Eine Erklärung für die beobachtete Tendenz einen Zusammenhangs zwischen Lebenszufriedenheit und subjektiver Schlafqualität bei jüngeren Frauen ist möglicherweise ein unregelmäßiger Schlaf-Wach-Rhythmus, der aufgrund abendlicher Veranstaltungen und dem unterschiedlichen Beginn von Studiumsveranstaltungen am Morgen sowie dem tendenziell längeren Schlafen am Wochenende entsteht. Eine Folge hiervon könnte eine als schlecht empfundene Schlafqualität sein, welche sich in körperlichen Ermüdungserscheinungen niederschlägt, die wiederum die Lebenszufriedenheit mit der körperlichen Gesundheit senken.

Eine andere mögliche Erklärung wäre, dass die jüngeren Probandinnen aufgrund ihres Studiums sowie nebenberuflicher Tätigkeiten vermehrt unter Stress stehen, was die subjektive Schlafqualität ebenfalls verschlechtern (Coleman et al. 1983) und zu dem Auftreten körperlicher Stresssymptome wie Verdauungsprobleme, Herzrasen oder Müdigkeit führen könnte, was sich negativ auf die Lebenszufriedenheit mit der körperlichen Gesundheit auswirkt. Die im Rahmen der Arbeit erzielten Ergebnisse unterstützen die Theorie des unregelmäßigen Schlaf-Wach-Rhythmus sowie des erhöhten Stresslevels insofern, als dass jüngere Probandinnen unter kontrollierten Bedingungen im Abendprofil einen stärkeren Anstieg von Müdigkeit und Schläfrigkeit zeigen als ältere Probandinnen

(vgl. Abb. 42, Kapitel IV 2.1.2). Insgesamt sollte jedoch berücksichtigt werden, dass die hinsichtlich älterer und jüngerer Frauen beschriebenen Zusammenhänge zwischen verschiedenen Aspekten der Lebensqualität und der subjektiven Schlafqualität nicht statistisch signifikant, sondern nur einen statistischen Trend aufwiesen und zudem gering waren. Daher kann der Befund nicht als neu betrachtet werden.

### **Zusammenhang zwischen verschiedenen Aspekten der Lebensqualität und der objektiven Schlafqualität älterer und jüngerer Frauen**

Bei älteren Probandinnen zeigt sich ein signifikant negativer Zusammenhang zwischen der Einschlafdauer und der generellen Lebenszufriedenheit sowie mit allen untersuchten Aspekten der Lebenszufriedenheit mit Ausnahme der Lebenszufriedenheit mit der körperlichen Gesundheit. Des Weiteren ist bei älteren Probandinnen ein signifikant positiver Zusammenhang zwischen der Gesamtschlafdauer sowie der effektiven Schlafdauer und der Lebenszufriedenheit mit der psychischen Gesundheit zu beobachten sowie ein statistischer Trend hinsichtlich des positiven Zusammenhangs zwischen der Schlafeffizienz und der Lebenszufriedenheit mit der psychischen Gesundheit und der Freizeit. Auch bei jüngeren Probandinnen sind Zusammenhänge zwischen Variablen der objektiv bestimmten Schlafqualität und verschiedenen Aspekten der Lebenszufriedenheit zu finden, jedoch nicht so zahlreiche wie bei älteren Probandinnen. Sie deuten insgesamt daraufhin, dass eine Verbesserung der Schlafqualität insbesondere durch die Abnahme des nächtlichen Wachanteils und die Zunahme der Schlafeffizienz zu einer Verbesserung der generellen Lebenszufriedenheit sowie der Lebenszufriedenheit mit der psychischen Gesundheit bzw. umgekehrt führt.

Zum Zusammenhang zwischen Lebensqualität und Schlafqualität bei älteren und jüngeren Menschen liegen Literaturbefunde vor (Byles et al. 2005, Lo et al. 2012). Im Gegensatz zur vorliegenden Studie stützen sie sich neben der Erfassung der subjektiven Schlafqualität nicht auf die objektive Erfassung der Schlafqualität, sondern nur auf die subjektive. Zudem galten körperliche Erkrankungen nicht als Ausschlusskriterium und es wurden keine einzelnen Aspekte der Lebensqualität im Zusammenhang mit der subjektiven Schlafqualität untersucht.

Zusammengefasst deuten die im Rahmen dieser Arbeit bei älteren Frauen beobachteten Zusammenhänge daraufhin, dass sich die Lebenszufriedenheit im Alter hinsichtlich verschiedener Aspekte des Lebens mit zunehmender Schlafqualität verbessert. Dies entspricht insofern den Erwartungen, als dass sich die altersbedingt häufig zu beobachtende Verschlechterung der objektiven Schlafqualität (Myers und Badia 1995), welche auch im Rahmen dieser Studie gezeigt werden konnte (vgl. Kapitel V 3), negativ auf die Lebensqualität auswirken kann, da ein erholsamer Schlaf als wesentlicher Faktor zum Erhalt von Gesundheit und Lebensqualität beiträgt (Happe 2011).

Des Weiteren zeigt sich, dass sich insbesondere eine verlängerte Einschlafdauer als Indikator für eine schlechte Schlafqualität negativ auf die Lebenszufriedenheit auswirkt, da sie mit Ausnahme der Lebenszufriedenheit mit der körperlichen Gesundheit mit allen untersuchten Aspekten der Lebenszufriedenheit im negativen Zusammenhang steht. Daraus ist zu schlussfolgern, dass die verlängerte abendliche Einschlafdauer einen größeren Stressfaktor für ältere Frauen darstellt als der schlechte Schlaf selbst. Dies kann möglicherweise darauf zurückgeführt werden, dass die verlängerte Einschlafdauer bewusst wahrgenommen wird und häufig dazu dient, die Vorkommnisse des Tages und ggf. auch das generelle emotionale Wohlbefinden hinsichtlich sozialer Bindungen, psychischer Gesundheit oder Freizeitaktivitäten zu reflektieren.

Des Weiteren deuten die erzielten Ergebnisse darauf hin, dass eine schlechte Schlafqualität insbesondere auf die Lebenszufriedenheit mit der psychischen Gesundheit einen negativen Einfluss hat bzw. umgekehrt. Dies ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass das psychische Wohlbefinden generell einen großen Einfluss auf das körperliche Wohlbefinden hat und beide Faktoren in enger Beziehung zueinander stehen. Die Wichtigkeit dieser Beziehung wird u.a. dadurch deutlich, dass der Begriff der *Psychosomatik* in den letzten Jahren an Interesse und Bedeutung gewonnen hat (Rudolf und Henningsen 2013). Psychische Erkrankungen wie beispielsweise Depressionen oder Angstzustände sind häufig von körperlichen Symptomen wie Verdauungsproblemen oder einer erhöhten Herzfrequenz begleitet und auch das Auftreten eines „Burn-Outs“ bringt u.a. genannte körperliche Symptome mit sich (Maslach et al. 2001). Umgekehrt weiß man schon seit längerem um die Wirkung einer positiven Einstellung auf die Genesung körperlicher Erkrankungen (Strobe et al. 1998).

Auch bei jüngeren Probandinnen sind Zusammenhänge zwischen Variablen der objektiv bestimmten Schlafqualität und verschiedenen Aspekten der Lebenszufriedenheit zu finden, jedoch nicht so zahlreiche wie bei älteren Probandinnen. Sie deuten insgesamt darauf hin, dass eine Verbesserung der Schlafqualität insbesondere durch die Abnahme des nächtlichen Wachanteils und die Zunahme der Schlaffeffizienz zu einer Verbesserung der generellen Lebenszufriedenheit sowie der Lebenszufriedenheit mit der psychischen Gesundheit führt und umgekehrt. Dies widerspricht den Erwartungen insofern, als dass die Schlafqualität in jungen Jahren insbesondere bei einem guten Gesundheitsstatus, welcher für die Teilnahme an der vorliegenden Studie Voraussetzung war, tendenziell gut ist, da das Auftreten von Schlafstörungen und körperlichen sowie psychischen Erkrankungen eher selten ist. Allerdings entspricht dies den im Rahmen dieser Arbeit hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen subjektiver Schlafqualität und Lebensqualität beobachteten Ergebnissen insofern, als dass auch hier ein Zusammenhang gefunden werden konnte.

Neben dem bereits angeführten unregelmäßigen Schlaf-Wach-Rhythmus und dem erhöhten Stresslevel als Grund für die schlechte Schlafqualität und deren negative Auswirkung auf die

generelle Lebenszufriedenheit könnte auch die im Rahmen dieser Arbeit zu beobachtende geringere körperliche Aktivität (vgl. Abb. 36, Kapitel IV 1.3) sowie eine zu geringe tageszeitliche Lichtexposition für eine schlechte Schlafqualität verantwortlich sein (Burgess et al. 2001, Youngstedt 2005). Für die Bedeutsamkeit der tageszeitlichen Lichtexposition hinsichtlich der Schlafqualität und folglich der Lebenszufriedenheit spricht der signifikant positive Zusammenhang zwischen der Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen und der mittleren Beleuchtungsintensität während des Tages sowie dem insgesamt verbrachten Zeitraum im Freien (vgl. Tab. 65, IV 5.3). Da sich die bei jüngeren Probandinnen beobachteten Zusammenhänge zwischen der Schlafqualität und der Lebensqualität hauptsächlich auch auf den Aspekt der Lebenszufriedenheit mit der psychischen Gesundheit beziehen und zudem eine mittlere Stärke des Zusammenhangs vorliegt, kann auch hier die enge Beziehung zwischen psychischem und körperlichen Wohlbefunden als Grund für die enge Wechselwirkung von Schlafqualität und Lebenszufriedenheit mit der psychischen Gesundheit herangezogen werden.

Insgesamt deutet sich in der vorliegenden Studie ein positiver Zusammenhang zwischen verschiedenen Aspekten der Lebensqualität -insbesondere der Lebenszufriedenheit mit der psychischen Gesundheit- und der objektiven Schlafqualität bei älteren Frauen an. Aufgrund der Tatsache, dass sich die bisherigen Literaturbefunde auf die subjektive Erfassung der Lebensqualität stützen und im Gegensatz zur vorliegenden Studie nur die generelle Lebenszufriedenheit und nicht verschiedene Aspekte der Lebensqualität untersucht wurden, stellt dies einen neuen Befund dar.

### **Zusammenhang zwischen verschiedenen Aspekten der Lebensqualität und der subjektiven Schläfrigkeit älterer und jüngerer Frauen**

Hinsichtlich der subjektiv erfassten Schläfrigkeit weisen ältere Probandinnen keine signifikanten Zusammenhänge zwischen der am Abend und am Morgen erfassten Schläfrigkeit und den verschiedenen Aspekten der Lebenszufriedenheit auf, während bei jüngeren Probandinnen ein statistischer Trend hinsichtlich des negativen Zusammenhangs zwischen dem ersten abendlichen Schläfrigkeitszeitpunkt sowie der Schläfrigkeit morgens und der Lebenszufriedenheit mit der psychischen Gesundheit zu beobachten ist. Zum altersabhängigen Zusammenhang zwischen Schläfrigkeit und Lebensqualität liegen Literaturbefunde vor (Baldwin et al. 2001, Reimer und Flemons 2003). Im Gegensatz zur vorliegenden Studie galten körperliche Erkrankungen sowie das Auftreten von Schlafstörungen nicht als Ausschlusskriterium.

Die im Rahmen dieser Arbeit erzielten Ergebnisse widersprechen den Erwartungen insofern, als dass laut Literaturbefunden die subjektive empfundene Tagesschläfrigkeit bei älteren Menschen höher ist als bei jüngeren (Vitiello et al. 2004). Da ein erholsamer Schlaf insbesondere im Alter zum Erhalt der Lebensqualität beiträgt (Happe 2011), müsste sich die altersbedingt häufig zu beobachtende

Verschlechterung der Schlafqualität und die daraus folgende erhöhte Tagesschläfrigkeit (Münch et al. 2005) negativ auf die Lebensqualität und Lebenszufriedenheit älterer Menschen auswirken. Dies konnte im Rahmen der vorliegenden Studie nicht gezeigt werden.

Der im Rahmen dieser Arbeit zu beobachtende geringe Zusammenhang (statistischer Trend) zwischen subjektiver Schläfrigkeit und Lebenszufriedenheit mit der psychischen Gesundheit bei jüngeren Probandinnen lässt sich zum einen dadurch erklären, dass jüngere Probandinnen möglicherweise das frühe „schläfrig werden“ am Abend sowie Schläfrigkeit generell als Zeichen von Schwäche interpretieren. Aufgrund ihres jungen Alters stehen sie unter dem Erwartungsdruck, allen gesellschaftlichen, sozialen und geschäftlichen Verpflichtungen nachzukommen und keine Schwäche wie „Schläfrigkeit“ zu zeigen, um mit den Anforderungen des Lebens mithalten zu können. Dies kann eine hohe psychische Belastung zur Folge haben, weshalb eine subjektiv empfundene Schläfrigkeit die Lebenszufriedenheit mit der psychischen Gesundheit negativ beeinflussen kann. Zudem können jüngere Probandinnen ihre Schläfrigkeit im Gegensatz zu älteren Probandinnen meist nicht durch das Halten tageszeitlicher Nickerchen kompensieren, da ihre beruflichen Verpflichtungen dies oft nicht zulassen und das Halten tageszeitlicher Nickerchen insbesondere am Arbeitsplatz trotz der nachgewiesenen Verbesserung des Konzentrations- und Aufmerksamkeitsvermögens (Qualz 2007) in unserer westlichen Welt immer noch als „Schwäche“ angesehen wird.

Insgesamt deutet sich ein Zusammenhang zwischen der Lebenszufriedenheit mit der psychischen Gesundheit und der subjektiven Schläfrigkeit bei jüngeren Frauen an. Jedoch sollte berücksichtigt werden, dass die hinsichtlich jüngerer Frauen beschriebenen Zusammenhänge zwischen verschiedenen Aspekten der Lebensqualität und der subjektiven Schläfrigkeit nicht statistisch signifikant, sondern nur einen statistischen Trend aufwiesen und zudem gering waren. Daher kann der Befund nicht als neu betrachtet werden.

### **Zusammenhang zwischen verschiedenen Aspekten der Lebensqualität und der objektiven Schläfrigkeit älterer und jüngerer Frauen**

Hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen der objektiv bestimmten morgendlichen und abendlichen Schläfrigkeit zeigen ertisch bei älteren Probandinnen mit Ausnahme eines statistischen Trends hinsichtlich des negativen Zusammenhangs zwischen der abendlichen Schläfrigkeit und der Lebenszufriedenheit mit der körperlichen Gesundheit keine signifikanten Zusammenhänge. Bei jüngeren Probandinnen sind hingegen Zusammenhänge dahingehend zu beobachten, dass eine zunehmende abendliche und morgendliche Schläfrigkeit zu einer Abnahme der generellen Lebenszufriedenheit sowie der Lebenszufriedenheit mit der psychischen Gesundheit führt. Literaturbefunde zur altersbedingten Veränderung des Zusammenhangs zwischen Lebensqualität und Schläfrigkeit liegen vor (Baldwin et al. 2001, Reimer und Flemons 2003). Im Gegensatz zur

vorliegenden Studie galten körperliche Erkrankungen sowie das Auftreten von Schlafstörungen nicht als Ausschlusskriterium. Zudem wurde die Schläfrigkeit nicht objektiv und nicht mittels des pupillographischen Schläfrigkeitstest erfasst.

Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit erzielten Ergebnisse widersprechen insofern den Erwartungen, als dass ein stärkerer Zusammenhang zwischen Schläfrigkeit und Lebensqualität bei älteren im Vergleich zu jüngeren Probandinnen auftreten sollte. Literaturbefunde haben einen erholsamen Schlaf als wichtigen Faktor zum Erhalt von Gesundheit und Lebensqualität identifiziert (Happe 2011). Da die Erholbarkeit des Schlafs insbesondere im Alter durch altersbedingte Veränderungen der Schlafqualität, die auch im Rahmen dieser Arbeit gezeigt werden konnten (vgl. Kapitel V 3), häufig nicht gegeben ist und dies meist eine erhöhte Tagesschläfrigkeit zur Folge hat, wäre zu erwarten gewesen, dass der Zusammenhang zwischen Schläfrigkeit und Lebensqualität bei älteren stärker ausgeprägt ist als bei jüngeren Probandinnen. Das Gegenteil ist hier der Fall. Dies zeigte sich schon hinsichtlich der subjektiven Schläfrigkeit. Daher können die hinsichtlich der subjektiven Schläfrigkeit und ihrem Zusammenhang mit der Lebensqualität genannten Gründe auch auf die hinsichtlich der objektiven Schläfrigkeit und ihrem Zusammenhang mit der Lebensqualität übertragen werden. Dies kann neben dem erhöhten Stresslevel sowie der sehr eingeschränkten Möglichkeit des Haltens tageszeitlicher Nickerchen zur Kompensation der Schläfrigkeit bei jüngeren Menschen auch auf den Zeitpunkt der objektiv erfassten Schläfrigkeit zurückzuführen sein. Sie wurde morgens und abends erfasst, weshalb keine Aussage über die Schläfrigkeit am Tag getroffen werden kann.

Eine weitere mögliche Erklärung für das Ausbleiben eines Zusammenhangs zwischen Schläfrigkeit und Lebensqualität bei älteren Probandinnen ist, dass ältere Probandinnen im Rahmen der Studie keine höhere Schläfrigkeit als jüngere Probandinnen aufwiesen, weder subjektiv noch objektiv (vgl. Abb. 51, Kapitel IV 3.3). Folglich scheint Schläfrigkeit für die im Rahmen dieser Studie untersuchten älteren Probandinnen insofern eine untergeordnete Rolle zu spielen, als dass sie und folglich auch ihre Lebensqualität nicht verstärkt davon betroffen sind.

Im Rahmen dieser Arbeit deutet sich nach Recherche der Autorin erstmals an, dass mit Ausnahme des Leichtschlafanteils kein Zusammenhang zwischen verschiedenen Aspekten der Lebensqualität und der Schlafstruktur bei älteren und jüngeren gesunden Frauen besteht. Jedoch scheint ein positiver Zusammenhang zwischen verschiedenen Aspekten der Lebensqualität und der Schlafqualität insbesondere bei älteren Frauen zu bestehen, welcher erstmalig auch hinsichtlich einer objektiven Erfassung der Schlafqualität gezeigt werden konnte. Dieser lässt sich möglicherweise durch die altersbedingt auftretende Verschlechterung der Schlafqualität, die auch im Rahmen dieser Arbeit gezeigt werden konnte (vgl. Kapitel V 3), erklären. Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass jüngere Probandinnen einen negativen mittleren Zusammenhang zwischen

Lebensqualität und Schläfrigkeit aufweisen, welcher bei älteren Probandinnen ausbleibt. Da im Rahmen der Studie keine altersbedingt erhöhte Schläfrigkeit festgestellt werden konnte (vgl. Abb. 51, Kapitel IV 3.3), scheint Schläfrigkeit für die in der vorliegenden Studie untersuchten älteren Frauen keine Rolle zu spielen und folglich auch keinen Lebensqualität vermindernenden Faktor darzustellen.

***4b) Wie wirken sich altersbedingt vermehrt auftretende tageszeitliche Nickerchen auf die Lebensqualität älterer Frauen aus?***

Ziel war es erstmals zu untersuchen, ob und inwieweit sich tageszeitliche Nickerchen auf die Lebensqualität älterer gesunder Frauen auswirken. Mit Ausnahme eines signifikant negativen Zusammenhangs zwischen der Anzahl tageszeitlicher Nickerchen und der Lebenszufriedenheit mit der körperlichen Gesundheit zeigen sich keine Zusammenhänge hinsichtlich Anzahl und Dauer tageszeitlicher Nickerchen mit verschiedenen Aspekten der Lebenszufriedenheit. Nach Recherche der Autorin liegen hierzu bisher keine Literaturbefunde vor.

Die erzielten Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich tageszeitliche Nickerchen unter Berücksichtigung von Anzahl und Dauer nicht auf die generelle Lebenszufriedenheit sowie verschiedene Aspekte der Lebenszufriedenheit auswirken. Dies widerspricht insofern den Erwartungen, als dass Literaturbefunde darauf hinweisen, dass das Halten tageszeitlicher Nickerchen einen positiven Einfluss auf den Gesundheitszustand hat. Es konnte gezeigt werden, dass das regelmäßige Halten tageszeitlicher Nickerchen das Risiko senkt, an kardiovaskulären Erkrankungen sowie an Alzheimer zu erkranken (Campos et al. 2000, Asada et al. 2000). Des Weiteren verbessern tageszeitliche Nickerchen insbesondere bei älteren Menschen Leistungsfähigkeit und Stimmung (Tamaki et al. 1999) und können sich zur Bekämpfung einer exzessiven Tagesschläfrigkeit als Symptom von Schlafstörungen eignen (Takahashi 2003). Die müsste sich insgesamt positiv auf die Lebenszufriedenheit auswirken. Folglich wäre zu erwarten gewesen, dass sich mit zunehmender Anzahl und Dauer tageszeitlicher Nickerchen der positive Effekt auf den Gesundheitszustand und die Lebenszufriedenheit verstärkt.

Das Ausbleiben des Zusammenhangs zwischen Anzahl und Dauer tageszeitlicher Nickerchen und Lebenszufriedenheit bzw. der zu beobachtende gegenteilige Effekt hinsichtlich der Anzahl tageszeitlicher Nickerchen und der Lebenszufriedenheit mit der körperlichen Gesundheit lässt sich möglicherweise dadurch erklären, dass diejenigen älteren Probandinnen, die an der Studie teilnahmen, körperlich und psychisch gesund sein mussten, und daher mögliche positive Effekte tageszeitlicher Nickerchen auf die Gesundheit nicht wahrgenommen wurden, da der allgemeine Gesundheitszustand gut war. Eine weitere mögliche Erklärung ist, dass im Rahmen dieser Arbeit weder unter kontrollierten noch unter natürlichen Versuchsbedingungen eine erhöhte Schläfrigkeit



bei älteren Probandinnen gegenüber jüngeren Probandinnen gezeigt werden konnte (vgl. Abb. 41, Kapitel 2.1.1 und Abb. 51, Kapitel 3.3), weshalb ggf. auch eine Verringerung der Schläfrigkeit durch tageszeitliche Nickerchen nicht bemerkt wurde, da keine erhöhte Tagesschläfrigkeit vorlag. Dafür spricht auch das im Rahmen dieser Arbeit zu beobachtende Ausbleiben eines Zusammenhangs zwischen Lebensqualität und Schläfrigkeit bei älteren Probandinnen.

Eine weitere Erklärung für die den Erwartungen widersprechenden Ergebnisse ist, dass die von den älteren Probandinnen gehaltenen Nickerchen in ihrer Anzahl und Dauer möglicherweise zu gering sind, als dass sie einen Effekt auf Gesundheit und Lebensqualität haben könnten. Dafür würde sprechen, dass im Rahmen der Arbeit auch kein Einfluss tageszeitlicher Nickerchen unter Berücksichtigung von Anzahl und Dauer auf Struktur und Qualität des Nachtschlafs älterer Frauen gezeigt werden konnte, was möglicherweise ebenfalls durch eine zu geringe Anzahl und Dauer tageszeitlicher Nickerchen zu erklären ist.

Insgesamt konnte im Rahmen der vorliegenden Arbeit erstmals gezeigt werden, dass tageszeitliche Nickerchen unter Berücksichtigung von Anzahl und Dauer keinen Einfluss auf die Lebensqualität älterer gesunder Frauen haben. Dieses Ergebnis unterstützt die hinsichtlich des ausbleibenden Einflusses tageszeitlicher Nickerchen auf Qualität und Struktur des Nachtschlafs und Schläfrigkeit älterer Frauen (vgl. Kapitel V 3) getroffene Aussage, dass das Halten tageszeitlicher Nickerchen älteren Frauen generell weder empfohlen noch davon abgeraten werden kann, da Schlafqualität, Schläfrigkeit und Lebensqualität weder positiv noch negativ beeinflusst werden.

### **5. Methodenkritik**

Nachfolgend werden Probandenkollektiv, Studiendesign sowie verschiedene in der vorliegenden Arbeit verwendete Methoden einer kritischen Betrachtung unterzogen.

#### **Probandenkollektiv**

Zum einen ist das Probandenkollektiv selbst zu nennen, welches aus einer ungleich großen Anzahl von älteren (N=42) und jüngeren Probandinnen (N=20) bestand. Dies könnte generell bei älteren Probandinnen zu einer größeren Variation geführt haben. Die Auswahl einer doppelt so hohen Anzahl älterer Probandinnen im Vergleich zu jüngeren wurde jedoch bewusst getroffen, da die älteren Probandinnen anhand des Kriteriums, ob sie regelmäßig tageszeitliche Nickerchen halten, in zwei Gruppen aufgeteilt wurden. Dies gestaltete sich jedoch insofern schwierig, als dass die während des Telefoninterviews zur Überprüfung einer möglichen Studienteilnahme von den älteren Probandinnen hinsichtlich des Haltens tageszeitlicher Nickerchen gemachten Angaben nicht immer den im Rahmen der Studie erzielten Ergebnissen entsprachen. So zeigte sich, dass von den 18 älteren Probandinnen, die angaben, kein tageszeitliches Nickerchen zu halten, letztendlich nur 9 tatsächlich kein tageszeitliches Nickerchen während der Studienwoche hielten. Dies führte zu einer kleineren

Stichprobengröße, so dass eine statistische Auswertung zum Teil nicht mehr sinnvoll erschien. Daher wurde die Gruppe derjenigen älteren Probandinnen, die mindestens ein tageszeitliches Nickerchen hielten, anhand von Anzahl und Dauer tageszeitlicher Nickerchen unterteilt.

### **Studiendesign**

Das Studiendesign kann insofern kritisiert werden, als dass die Probandinnen während der Studienwoche sehr viele Aufgaben erledigen und Dinge beachten mussten, was die Wahrscheinlichkeit von Fehlern, insbesondere bei älteren Probandinnen, erhöhte. Andererseits konnte so eine Vielfalt an Aspekten hinsichtlich circadianer Rhythmen sowie Schlaf- und Lebensqualität untersucht werden. Ein weiterer Kritikpunkt am Studiendesign stellt die Unkontrollierbarkeit des Einflusses äußerer Faktoren während der Studienwoche dar. Daher wurde versucht, den Einfluss exogener Faktoren wie Lichtexposition, körperliche Aktivität, Nahrungsaufnahme oder Einnahme von Medikamenten mittels eines Tagesprotokolls zu dokumentieren. Hier musste sich jedoch auf die Angaben der Probandinnen verlassen werden. Dies gilt auch für die Angaben im Schlaftagebuch. Auch während des unter kontrollierten Bedingungen unter Beisein der Untersucherin durchgeführten Abendprofils könnte es zu einer Verfälschung der Messwerte gekommen sein. Die Probandinnen wurden zwar aufgefordert, die Zeit halb liegend im Liegestuhl zu verbringen, durften jedoch lesen, Fernsehen gucken oder sich mit ihrer Mitprobandin unterhalten. Daher kann nicht ausgeschlossen werden, dass ein emotionaler Buch-, Film- oder Gesprächsinhalt auf die Herzfrequenz eingewirkt haben könnte.

### **Variograf zur Herzfrequenzmessung**

Auch hinsichtlich des im Rahmen dieser Arbeit verwendeten Gerätes „Variograf“ lassen sich Kritikpunkte finden. Zum einen traten technische Probleme hinsichtlich des Variografen auf, welcher für die Untersuchung der Herzfrequenz verwendet wurde. Des Weiteren gestaltete sich die Verarbeitung der Herzfrequenzdaten aufgrund von Softwareproblemen schwierig, was insgesamt zu einem gewissen Prozentsatz an Datenverlust führte.

### **Messung der oralen Körperkerntemperatur**

Auch die Messung der oralen Körperkerntemperatur, welche von den Probandinnen morgens und abends selbstständig zuhause durchgeführt wurde, war aus mehreren Gründen fehleranfällig. Zum einen sollte vor der Messung der Mund geschlossen gehalten und keine Nahrung konsumiert werden, um eine Verfälschung der Mundtemperatur zu vermeiden. Die Einhaltung dieser Anweisung konnte nicht überprüft werden. Zum anderen stellte sich heraus, dass das Piepsen, welches die

Beendigung der Messung anzeigt, von einigen älteren Probandinnen aufgrund des altersbedingten Nachlassens des Gehörs nicht wahrgenommen wurde, so dass das Thermometer möglicherweise zu früh aus dem Mund entfernt wurde.

### **Messung der distalen und proximalen Hauttemperatur**

Auch die Messung der Hauttemperatur mittels Temperaturchips gestaltete sich insofern fehleranfällig, als dass sich die Position aufgrund von körperlicher Aktivität oder verstärkter Transpiration verschieben oder sich der Temperaturchip ggf. lösen konnte. Zum anderen könnte die Umgebungstemperatur einen Einfluss auf die gemessene Hauttemperatur gehabt haben. Es wurde versucht, dieses Problem insofern zu lösen, als dass die Probandinnen dazu aufgefordert wurden, ein Schweißband über dem Temperaturchip am Handgelenk zu tragen, um den Sitz zu stabilisieren und den Temperaturchip thermisch von Umwelteinflüssen zu isolieren.

### **Pupillographischer Schläfrigkeitstest**

Des Weiteren sollte erwähnt werden, dass der pupillographische Schläfrigkeitstest für einige Probandinnen sehr unangenehm war, da er über 11 Minuten in völliger Dunkelheit in einem geschlossenen Raum stattfand und während der Messung weder gesprochen noch sich allzu viel bewegt werden durfte. Dies könnte eine Erhöhung des Stresslevels oder eine Anregung des zentralnervösen Aktivierungsniveaus zur Folge gehabt haben, was die Schläfrigkeit ggf. gesenkt und das Ergebnis verfälscht hat. Des Weiteren konnten Geräusche, die durch den laufenden Arbeitsbetrieb verursacht wurden, und folglich eine Beeinflussung der Schläfrigkeit nicht ausgeschlossen werden.

## **6. Ausblick**

Die Ergebnisse der im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Fragestellungen regen dazu an, weitere Forschung im Hinblick auf altersbedingte Veränderungen des Tag- und Nachtschlafs, der Lebensqualität sowie der circadianen Rhythmik der Herzfrequenz zu betreiben sowie deren Wechselwirkung zu untersuchen. Hinsichtlich altersbedingter Veränderungen des Tag- und Nachtschlafs wäre beispielsweise die Untersuchung der Struktur und Qualität tageszeitlicher Nickerchen mittels einer Gehirnstrommessung unter natürlichen, unkontrollierten Bedingungen interessant. So könnten zum einen Anzahl und Dauer tageszeitlicher Nickerchen genauer spezifiziert werden sowie deren Einfluss auf den darauffolgenden Nachtschlaf genauer untersucht werden. Beispielsweise wäre die Auswirkung des Tiefschlafanteils des tageszeitlichen Nickerchens auf Struktur und Qualität des darauf folgenden Nachtschlafs von Interesse bzw. die Auswirkung von Struktur und Qualität des Nachtschlafs auf den Tiefschlafanteil des tageszeitlichen Nickerchens.

Des Weiteren könnte die Untersuchung des Einflusses der Bedingungen, unter welchen das tageszeitliche Nickerchen stattgefunden hat, Aufschluss darüber geben, inwieweit Umgebungstemperatur, Lichtexposition und Körperposition, welche die Qualität des Nachtschlafs beeinflussen (Raymann et al. 2007, Burgess et al. 2001), auch auf die Qualität des Tagschlafs einwirken. Darüber hinaus könnte so auch der Einfluss der Qualität und Struktur des Tagschlafs auf die Schläfrigkeit untersucht werden. Hier wäre beispielsweise eine pupillographische Schläfrigkeitsmessung vor und nach dem tageszeitlichen Nickerchen sinnvoll, um die direkte Auswirkung von Struktur und Qualität des Tagschlafs auf die Schläfrigkeit überprüfen zu können.

Neben einer genaueren Untersuchung des Einflusses tageszeitlicher Nickerchen auf Nachtschlaf und Schläfrigkeit älterer Menschen wäre auch eine intensivere Erforschung im Zusammenhang mit der Lebensqualität interessant. Bei genauerer Kenntnis von Struktur und Qualität tageszeitlicher Nickerchen ließe sich der Einfluss auf die Lebensqualität genauer spezifizieren und möglicherweise eine Empfehlung für oder gegen das Halten tageszeitlicher Nickerchen ableiten. Zudem wäre die Untersuchung des Einflusses tageszeitlicher Nickerchen in Abhängigkeit vom Fortschritt des Alters auf Schlafqualität, Schläfrigkeit und Lebensqualität insofern interessant, als dass verschiedene Altersgruppen, die nach Dekaden unterteilt werden, vergleichend gegenübergestellt werden würden.

Hinsichtlich altersbedingter Veränderungen von Schlaf- und Lebensqualität wäre des Weiteren die Untersuchung des Einflusses des Stresslevels des Probanden interessant, da dieser im Rahmen der Arbeit häufig zur Erklärung von Ergebnissen herangezogen wurde. Auch der Zusammenhang zwischen Stresslevel, Herzfrequenz und Lebensqualität wäre von Interesse, da die Herzfrequenz als Marker für das Stresslevel gesehen werden kann. Des Weiteren könnten Lebensqualität und Stresslevel in Abhängigkeit vom Chronotypen untersucht werden. Dies wäre im Hinblick auf die Fragestellung interessant, ob Morgentypen aufgrund der zeitlich besseren Anpassung an die Arbeitswelt ein geringeres Stresslevel und folglich eine höhere Lebensqualität aufweisen als Abendtypen. Auch hier könnten verschiedene Altersgruppen im Hinblick auf eine mögliche altersbedingte Abnahme der Anpassungsfähigkeit untersucht werden.

## **VI. Zusammenfassung**

Physiologische Alternsprozesse beim Menschen betreffen auch den zentralen circadianen Schrittmacher und die von ihm gesteuerten circadianen Rhythmen. Hierin liegt möglicherweise das vermehrte Auftreten von gesundheitlichen Problemen, Schlafstörungen und infolgedessen tageszeitlichen Nickerchen im Alter begründet. Altersbedingte Veränderungen circadianer Rhythmen gelten hinsichtlich der Körperkerntemperatur sowie des Schlaf-Wach-Rhythmus als belegt, wurden jedoch bisher hauptsächlich an gemischt geschlechtlichen Probandenkollektiven sowie unter kontrollierten Laborbedingungen untersucht. Zudem fehlen Studien zu altersbedingten Veränderungen der circadianen Rhythmik der Hauttemperatur und der Herzfrequenz. Auch die Auswirkung tageszeitlicher Nickerchen auf den Nachtschlaf in gewohnter Umgebung zuhause ist bislang wenig untersucht. Darüber hinaus ist unklar, wie sich altersbedingte Veränderungen des Tag- und Nachtschlafs auf die Lebensqualität im Alter auswirken. Daher stand die Untersuchung altersbedingter Veränderungen circadianer Rhythmen, des Schlafs und der Lebensqualität unter Berücksichtigung tageszeitlicher Nickerchen an einem gesunden weiblichen Probandenkollektiv im Fokus der vorliegenden Arbeit.

Es wurden folgende Hauptfragestellungen untersucht. So sollte überprüft werden, ob sich jüngere und ältere Frauen 1) unter kontrollierten Licht-, Temperatur- und Aktivitätsbedingungen im Abendprofil als Teilaspekt der circadianen Rhythmik hinsichtlich des abendlichen Verlaufs sowie in der Gegenüberstellung der Haut- und Körperkerntemperatur, der Herzfrequenz sowie der Schläfrigkeit als Schlaf-Wach-Rhythmus bezogener Aspekt unterscheiden. Des Weiteren wurden ältere und jüngere Frauen hinsichtlich 2) des 24- Stundenprofils der circadianen Rhythmik der Hauttemperatur, der Herzfrequenz und des Schlaf-Wach-Rhythmus sowie hinsichtlich 3) Schlafstruktur, Schlafqualität und Schläfrigkeit unter natürlichen Bedingungen verglichen. Zudem wurde die Auswirkung tageszeitlicher Nickerchen auf Qualität und Struktur des Nachtschlafs älterer Frauen untersucht. Darüber hinaus wurden 4) altersbedingte Veränderungen der Lebensqualität sowie deren Zusammenhang mit Schlafstruktur, Schlafqualität und Schläfrigkeit sowie mit tageszeitlichen Nickerchen analysiert.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine Querschnittsstudie an 62 weiblichen gesunden, selbständig lebenden Probandinnen aus dem Raum Kiel und Umgebung durchgeführt. Das untersuchte Probandenkollektiv setzte sich aus 20 jüngeren Frauen mit einem mittleren Alter von  $25,1 \pm 3,1$  Jahren und 42 älteren Frauen mit einem mittleren Alter von  $69,6 \pm 5,5$  Jahren zusammen. Die Probandinnen wurden nach genau definierten Ein- und Ausschlusskriterien bezüglich

Rauchverhalten, Erkrankungen und Medikamenteneinnahme rekrutiert. Die älteren Probandinnen wurden nach dem Vorkommen tageszeitlicher Nickerchen in zwei Untergruppen aufgeteilt.

Mit Hilfe von Fragebögen wurden Gewohnheiten und Verhaltensweisen der Probandinnen sowie subjektive Tagesschläfrigkeit, körperliche Aktivität, Chronotyp, subjektive Schlafqualität und verschiedene Aspekte der Lebensqualität erfasst. Die Untersuchung der Hauttemperatur erfolgte mit Hilfe von tragbaren Temperaturchips kontinuierlich über eine Woche sowie unter kontrollierten Licht-, Umgebungstemperatur- und Aktivitätsbedingungen im Abendprofil, während die orale Körperkerntemperatur täglich morgens und abends sowie stündlich im Abendprofil erfasst wurde. Die Herzfrequenz wurde mittels eines portablen Elektrokardiogramm-Geräts kontinuierlich über 48 Stunden sowie im Abendprofil gemessen. Die Untersuchung des Schlaf-Wach-Rhythmus sowie die Erfassung tageszeitlicher Nickerchen erfolgte mittels eines Aktigraphen sowie des Schlaftagebuchs der *deutschen Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin* über eine Woche. Struktur und Qualität des Nachtschlafs wurde mittels eines mobilen Elektroenzephalographie-Geräts über zwei aufeinanderfolgende Nächte bei den Probandinnen zuhause erfasst. Die objektive Bestimmung der Schläfrigkeit erfolgte mittels des pupillographischen Schläfrigkeitstests am ersten Studientag morgens sowie zu zwei Zeitpunkten im Abendprofil.

Die im Rahmen dieser Arbeit erzielten Ergebnisse deuten darauf hin, dass es unter natürlichen Bedingungen zu einer altersbedingten Abnahme des Mesors hinsichtlich der circadianen Rhythmik der Hauttemperatur ( $p < 0,001$  bis  $p = 0,030$ ), einer Abnahme der morgendlichen ( $p < 0,001$ ) und abendlichen ( $p = 0,016$ ) mittleren Körperkerntemperatur sowie einer Abflachung der Amplitude der circadianen Rhythmik Herzfrequenz ( $p = 0,045$ ) kommt. Zudem können bei älteren Frauen unter natürlichen Bedingungen hinsichtlich des Schlaf-Wach-Rhythmus frühere Aufwachzeiten ( $p = 0,005$ ), hinsichtlich der Schlafstruktur eine Abnahme des REM- ( $p < 0,001$ ) und Tiefschlafanteils ( $p = 0,042$ ) sowie hinsichtlich der Schlafqualität eine Zunahme des nächtlichen Wachanteils ( $p < 0,001$ ) sowie eine Abnahme der Schlaffeizienz ( $p < 0,001$ ) im Vergleich zu jüngeren Frauen beobachtet werden. Tageszeitliche Nickerchen können die Dauer bis zum Erreichen des ersten REM- Schlafs tendenziell verkürzen ( $p = 0,063$ ) und die Dauer bis zum Erreichen des ersten Tiefschlafs tendenziell verlängern ( $p = 0,053$ ). Sie scheinen jedoch ansonsten mit Ausnahme eines höheren subjektiv erfassten nächtlichen Wachanteils ( $p = 0,039$ ) keine Auswirkung auf Struktur und Qualität des Nachtschlafs sowie die Schläfrigkeit älterer Frauen zu haben. Darüber hinaus konnte eine höhere Lebenszufriedenheit mit Freizeitaktivitäten bei älteren im Vergleich zu jüngeren Frauen ( $p = 0,005$ ) sowie geringe positive Zusammenhänge zwischen verschiedenen Aspekten der Lebensqualität und der Schlafqualität insbesondere bei älteren Frauen beobachtet werden, während jüngere Frauen geringe negative Zusammenhänge zwischen verschiedenen Aspekten der Lebensqualität und der Schläfrigkeit zeigen.

Die zu beobachtenden altersbedingten Veränderungen hinsichtlich der circadianen Rhythmik der Hauttemperatur, der Körperkerntemperatur, der Herzfrequenz sowie des Schlafs sind möglicherweise auf die im Tiermodell beobachtete altersbedingt auftretende Veränderung der neuronalen Impulsaktivität des zentralen circadianen Schrittmachers im Gehirn zurückzuführen, welche sich in einer Abflachung der Amplitude sowie eine Vorverschiebung der Phasenlage circadianer Rhythmen äußern kann. Für die circadiane Rhythmik der Herzfrequenz konnte eine Abflachung der Amplitude im Alter unter natürlichen Bedingungen in der vorliegenden Studie erstmals gezeigt werden. Eine Veränderung äußerer Lebensumstände im Alter als möglicher exogener Zeitgeber auf die circadiane Rhythmik scheint im Rahmen der vorliegenden Arbeit nur eine untergeordnete Rolle zu spielen, da keine Unterschiede hinsichtlich körperlicher Aktivität und Lebenszufriedenheit zwischen älteren und jüngeren Probandinnen festgestellt werden konnte. Dieser Befund ist ebenfalls neu. Ältere Frauen scheinen sogar hinsichtlich ihrer Freizeitgestaltung zufriedener zu sein als jüngere Frauen, wohingegen sich die Verschlechterung ihrer Schlafqualität in geringem Maße negativ auf ihre Lebensqualität auswirkt. Altersbedingt vermehrt auftretende tageszeitliche Nickerchen scheinen sich nicht auf Qualität und Struktur des Nachtschlafs sowie auf die Lebensqualität älterer Frauen auszuwirken. Bisherige Literaturbefunde lieferten widersprüchliche Ergebnisse, jedoch wurde die Auswirkung tageszeitlicher Nickerchen auf Lebensqualität und Nachtschlaf älterer gesunder Frauen in gewohnter Umgebung zuhause bisher nicht untersucht. Daher handelt es sich hierbei um einen neuen Befund. Folglich kann älteren Frauen das Halten tageszeitlicher Nickerchen weder empfohlen noch davon abgeraten werden, da sie Struktur und Qualität des Nachtschlafs in gewohnter Umgebung zuhause sowie die davon abhängige Lebensqualität weder positiv noch negativ beeinflussen.

Insgesamt deutet sich an, dass sich die in der vorliegenden Studie gezeigten altersbedingten Veränderungen circadianer Rhythmen und des Schlafs nur geringfügig auf die Lebensqualität älterer Frauen auswirken. Es konnte keine altersbedingte Verschlechterung der Lebensqualität, sondern sogar eine Verbesserung der Lebenszufriedenheit mit der Freizeitgestaltung im Alter gezeigt werden und auch der Zusammenhang zwischen Lebensqualität und Schlafqualität ist bei den untersuchten älteren Frauen gering. Dies lässt den Schluss zu, dass für Frauen zwischen 60- 70 Jahren eine Diskrepanz zwischen dem chronologischen Alter und dem subjektiv empfundenen Alter vorliegt, da sie die mit dem Alter auftretenden Veränderungen hinsichtlich circadianer Rhythmen sowie hinsichtlich Struktur und Qualität des Nachtschlafs nicht als Lebensqualitätseinschränkend wahrnehmen. Möglicherweise spielt hier die verbesserte medizinischen Versorgung sowie das hohe speziell auf Senioren ausgerichteten Freizeit- und Bildungsangebot eine Rolle.

## VII. Summary

During ageing, people may develop health problems and sleep disturbances due to changes in circadian rhythms which are regulated by an endogenous circadian pacemaker. This may also partly explain increased daytime napping in older age. Age-related changes have been shown for several rhythms including core body temperature and sleep-wake-rhythm. This holds true for mixed sexual collectives of participants under controlled lab-conditions but could not be shown for the circadian rhythm of skin temperature and heart frequency until now. Furthermore, there is a lack of studies that investigated the influence of daytime napping on nighttime sleep under uncontrolled conditions at home. In addition, it is not clear how age-related changes in daytime and nighttime sleep due to aging may affect quality of life in older age. Therefore, the main objective of this study was to compare circadian rhythms of body and skin temperature, heart frequency as well as different aspects of sleep and quality of life between healthy young and older women under consideration of daytime napping under uncontrolled conditions at home.

Since sleep disturbances are more pronounced in women, this cross-sectional study was restricted to female sex. The collective of participants consisted of 62 healthy and free living women who lived in or nearby Kiel. The collective was composed of 20 young women (mean age of  $25.1 \pm 3.1$  years) and 42 older women (mean age of  $69.6 \pm 5.5$  years). Participants were selected following defined inclusion criteria. They had to be healthy, non-smokers, should not suffer from diagnosed sleep disturbances and were not allowed to take sleep medication. Older women were divided in two groups based on the occurrence of daytime napping.

Subjective characters such as demography, lifestyle, daytime sleepiness, physical activity, morningness-eveningness, sleep quality and quality of life were recorded using questionnaires. Skin temperature was continuously measured using portable chips over one week; core body temperature was measured every morning and evening over one week. Heart frequency was continuously assessed by a portable electrocardiogram-device over 48 hours. Sleep-wake-rhythm, subjective sleep quality indicators as well as number and duration of daytime naps were determined using the sleep diary of the *German Association of Sleep Research and Sleep Medicine* over one week. To assess objective indicators of sleep structure and sleep quality a portable electroencephalography-device was used over two sequent nights at home. Objective Sleepiness was measured using *the pupillographic sleepiness test*.

As compared to young women, older women showed a lower *mesor* of skin temperature ( $p < 0.001$  to  $p = 0.030$ ), a lower mean core body temperature ( $p = 0.016$ ) and a lower mean circadian *amplitude* in heart frequency ( $p = 0.045$ ). In addition, older women showed earlier waketimes ( $p = 0.005$ ), a



## VII. Summary

decrease in the percentage of REM-sleep ( $p < 0.001$ ) and deep sleep ( $p = 0.042$ ), an increase in waketime after sleep onset ( $p < 0.001$ ) as well as a decrease in sleep efficiency ( $p < 0.001$ ) compared to young women. There was a tendency that daytime napping reduced latency until first REM sleep ( $p = 0.063$ ), prolonged latency until the deep sleep ( $p = 0.053$ ) and increased subjective waketime after sleep onset ( $p = 0.039$ ), but did not affect the percentage of sleep stages and variables of sleep quality of nighttime sleep in older women. Furthermore, older women showed a higher satisfaction with leisure time activities ( $p = 0.005$ ) and slightly positive relationships between different aspects of sleep quality and quality of life. By contrast, young women showed slightly negative relationships between subjective sleepiness and different aspects of life quality.

In summary there could be observed age related changes in circadian rhythm of skin temperature, core body temperature, heart frequency and sleep in this study. These changes could possibly be explained by changes in the output of the circadian pacemaker with age that could lead to a reduced amplitude and phase advance of circadian rhythms. This could be shown in this study for the circadian rhythm of heart frequency for the first time. Changes in lifestyle with age do not seem to play a dominant role to explain age-related changes in this study because older and young women did not differ in physical activity and quality of life. This is also a new finding. On the contrary, older women showed a higher satisfaction with leisure time activities compared to young women but a stronger relationship between sleep quality and quality of life. Daytime naps may not influence quality of sleep and quality of life in older women. This is also a new finding because there is a lack of studies that investigated the influence of daytime napping on nighttime sleep under uncontrolled conditions at home. This leads to the conclusion that daytime napping can neither be recommended nor disadvised for older women because structure and quality of sleep do not seem to be affected by them.

Finally, this study shows age-related changes in circadian rhythms and sleep that do not affect quality of life in older women. There is no age related reduction of quality of life and only a slight relationship between quality of life and sleep quality. This leads to the conclusion that there might be a discrepancy between chronological age and subjective sensed age in women aged between 60 and 70 years, because they do not consider age related changes of circadian rhythms and sleep as a factor that reduces their quality of life. The good medical service as well as the great proposal of leisure time activities and educational activities is a probable explanation for that.

## VIII. Literaturverzeichnis

- Abrams Mark (1973) Subjective social indicators. *Social Trends* 4:35–50.
- Achermann Peter (2004) The two-process model of sleep regulation revisited. *Aviation, Space and Environmental Medicine* 75:A37-A43.
- Åkerstedt Torbjörn, Gillberg Mats (1989) Subjective and objective sleepiness in the active individual. *International Journal of Neuroscience* 52:29–37.
- Alapin Iris, Fichten Catherine S., Libman Eva, Creti Laura, Bailes Sally, Wright John (2000) How is good and poor sleep in older adults and college students related to daytime sleepiness, fatigue, and ability to concentrate? *Journal of Psychosomatic Research* 49:381–390.
- Ancoli Israel Sonia, Cole Roger J., Alessi Cathy, Chambers Mark, Moorcroft Willaim, Pollak Charles P. (2003) The role of actigraphy in the study of sleep and circadian rhythms. *Sleep* 26:342–392.
- Ancoli-Israel S., Klauber M. R., Jones D. W., Kripke D. F., Martin J., Mason W., Pat-Horenczyk R., Fell R. (1997) Variations in circadian rhythms of activity, sleep, and light exposure related to dementia in nursing-home patients. *Sleep* 20:18–23.
- Anders D, Vollenweider S, Cann J, Hofstetter M, Flammer J, Orgül S, Kräuchi K (2010) Heart-rate variability in women during 40-hour prolonged wakefulness. *Chronobiology International* 27:1609–1628.
- Andrews FA (1974) Social indicators of perceived life quality. *Social Indicators Research* 1:279–299.
- Anea CB, Zhang M, Stepp DW, Simkins GB, Reed G, Fulton DJ, Rudic RD (2009) Vascular disease in mice with a dysfunctional circadian clock. *Circulation* 119:1510–1517.
- Aschoff J (1998) Circadian parameters as individual characteristics. *Journal of Biological Rhythms* 13:123–131.
- Aschoff J, Wever R (1980) Über Reproduzierbarkeit circadianer Rhythmen beim Menschen. *Klinische Wochenschrift* 58:323–335.
- Aschoff J (1955) Der Tagesgang der Körpertemperatur beim Menschen. *Klinische Wochenschrift* 33:545–551.
- Aschoff J (1965) Circadian rhythms in man. *Scienc* 148:1427–1432.
- Aschoff J (1983) Circadian control of body temperature. *Journal of Thermal Biology* 8:143–147.
- Atkinson D, Ward L (1987) Friends and neighbours: relationships and opportunities in the community for people with a mental handicap. *Reassessing Community Care* 3:232–248.
- Aujard F, Herzog E, Block G (2001) Circadian rhythms in firing rate of individual suprachiasmatic nucleus neurons from adult and middle-aged mice. *Neuroscience* 106:255–261.
- Baldwin, C M, Griffith, K A, Nieto, F., O'Connor, G T, Walsleben, J A, & Redline, S (2001) The association of sleep-disordered breathing and sleep symptoms with quality of life in the sleep heart health study. *Sleep* 24:96–105.
- Basner M, Plath G, Wenzel SA (2001) Der Einfluss von der Körperposition auf die Ergebnisse des Puppillographischen Schläfrigkeitstests. *Luft- und Raumfahrtmedizin* 9: 1
- Bassetti C, Gugger M (2000) Hypersomnie- Ätiologie, Klinik, Diagnostik und Therapie der exzessiven Schläfrigkeit. *Therapeutische Umschau* 57:421–429.
- Bellingham J, Foster RG (2002) Opsins and mammalian photoentrainment. *Cell and Tissue research* 309:57–71.
- Benowitz NL (1986) Clinical Pharmacology of Nicotine. *Annual Revisited Medicine* 37:21–32.

- Berggren G, Christensen E (1950) Heart rate and body temperature as indices of metabolic rate during work. *Arbeitsphysiologie* 14:255–260.
- Bernhard D, Laufer G (2008) The aging cardiomyocyte: a mini-review. *Gerontology* 54:24–31.
- Bertini G, Colavito V, Tognoli C, Etet P, Bentivoglio M (2010) The aging brain, neuroinflammatory signaling and sleep-wake regulation. *Italian Journal of Anatomy and Embryology* 115:31–38.
- Bligh J, Johnsen KG (1973) Glossary of terms of thermal physiology. *Journal of Applied Physiology* 35:941–961.
- Blois R, Feinberg I, Gaillard JM, Kupfer DJ, Webb WB (1983) Sleep in normal and pathological aging. *Cellular and Molecular Life Science* 39:551–558.
- Bodenschatz, R, Lünser W (1998) Schlafdiagnostik: Mit Quisi "easy"! *NeuroTransmitter* 83:1799.
- Bonnemeier H, Wiegand UK, Brandes A, Kluge N, Katus HA, Richardt G, Potratz J (2003) Circadian profile of cardiac autonomic nervous modulation in healthy subjects. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology* 14:791–799.
- Borbely A, Achermann P (1999) Sleep homeostasis and models of sleep regulation. *Journal of Biological Rhythms* 14:377–390.
- Borbély A (1998) *Das Geheimnis des Schlafs*. Ausgabe für das Internet Stuttgart: Ullstein, 238 S.
- Borbely A, Achermann P (1992) Concepts and models of sleep regulation: an overview. *Journal of Sleep Research* 1:63–79.
- Borchard-Tuch C (2011) Trockenes Auge – was nun? *Heilberufe* 9:16–18.
- Borg G (2004) Anstrengungsempfinden und körperliche Aktivität. *Deutsches Ärzteblatt* 101:A1016–A1021.
- Boudreau P, Yeh W, Dumont GA, Boivin DB (2013) Circadian variation of heart rate variability across sleep stages. *Sleep* 36:1919–1928.
- Bray MS, Shaw CA, Moore Michael W S, Garcia Rodrigo A P, Zanutta MM, Durgan DJ, Jeong WJ, Tsai J, Bugger H, Zhang D, Rohrwasser A, Rennison JH, Dyck, Jason R B, Litwin SE, Hardin PE, Chow C, Chandler MP, Abel ED, Young ME (2008) Disruption of the circadian clock within the cardiomyocyte influences myocardial contractile function, metabolism, and gene expression. *American Journal of Physiology. Heart and circulatory physiology* 294:H1036-47.
- Březinová V (1975) The number and duration of the episodes of the various EEG stages of sleep in young and older people. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 39:273–278.
- Buller MJ, Tharion WJ, Cheuvront SN, Montain SJ, Kenefick RW, Castellani J, Latzka WA, Roberts WS, Richter M, Jenkins OC, Hoyt RW (2013) Estimation of human core temperature from sequential heart rate observations. *Physiological Measurement* 34:781–798.
- Bünning E (2013) *Handbuch der Pflanzenphysiologie*. 3., überarbeitete Aufl. Heidelberg: Springer, 539 S.
- Burgess H, Holmes A, Dawson D (2001) The relationship between slow-wave-activity, body temperature and cardiac activity during nighttime sleep. *Sleep* 24:343–349.
- Burgess HJ, Sletten T, Savic N, Gilbert SS, Dawson D (2001) Effects of bright light and melatonin on sleep propensity, temperature, and cardiac activity at night. *Journal of Applied Physiology* 91:1214–1222.
- Buysse DJ, Reynolds 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.

- Buyse DJ, Reynolds CF, Monk TH, Hoch C, Yeager AL, Kupfer DJ (1991) Quantification of subjective sleep quality in healthy elderly men and women using the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI). *Sleep*: 14:331–338.
- Byles JE, Mishra GD, Harris MA (2005) The experience of insomnia among older women. *Sleep* 28:972–979.
- Cabiddu R, Cerutti S, Viardot G, Werner S, Bianchi AM (2012) Modulation of the Sympatho-Vagal Balance during Sleep: Frequency domain study of heart rate variability and respiration. *Frontiers in Physiology* 3:45
- Cajochen C, Kräuchi K, Wirz-Justice A (2003) Role of melatonin in the regulation of human circadian rhythms and sleep. *Journal of Neuroendocrinology* 15:432–437.
- Cajochen C, Chellappa S, Schmidt C (2010) What Keeps Us Awake?—the Role of Clocks and Hourglasses, Light, and Melatonin. *International Review of Neurobiology* 93:57–90.
- Cajochen C, Münch M, Knoblauch V, Blatter K, Wirz-Justice A (2006) Age-related changes in the circadian and homeostatic regulation of human sleep. *Chronobiology International* 23:461–474.
- Campbell Agnus (1981) *The sense of well-being in America*. New York: McGraw-Hill, 263 S.
- Campbell S, Murphy PJ (1998) Extraocular circadian phototransduction in humans. *Science* 279:396–399.
- Campos H (2000) Siesta and the risk of coronary heart disease: results from a population-based, case-control study in Costa Rica. *International Journal of Epidemiology* 29:429–437.
- Canon W B (1967) *Wisdom of the body*. Überarb. Aufl. New York: Norton, 333 S.
- Carrier J, Monk TH, Reynolds CF, Buysse DJ, Kupfer DJ (1999) Are age differences in sleep due to phase differences in the output of the circadian timing system? *Chronobiology International* 16:79–91.
- Carskadon MA, Brown ED, Dement WC (1982) Sleep fragmentation in the elderly: Relationship to daytime sleep tendency. *Neurobiology of Aging* 3:321–327.
- Carskadon MA, Dement WC (2011) Normal human sleep: an overview. In: Kryger MH, Roth T, Dement W (Hrsg.) *Principles and practice of sleep medicine*. Philadelphia: Elsevier, S. 16-26
- Chae KY, Kripke DF, Poceta JS, Shadan F, Jamil SM, Cronin JW, Kline LE (2009) Evaluation of immobility time for sleep latency in actigraphy. *Sleep medicine* 10:621–625.
- Chelappa, Sarah Laxhimi, Münch Mirjam, Blatter Katharina, Knoblauch Vera, Cajochen Christian (2009) Does the circadian modulation of dream recall modify with age? *Sleep* 32:1201–1209.
- Chen J, Lin Y, Hsiao S (2010) Obesity and high blood pressure of 12-hour night shift female clean-room workers. *Chronobiology International* 27:334–344.
- Christina Maslach, Wilmar B. Schaufeli, and Michael P. Leiter (2001) Job Burnout. *Annual review of Physiology* 52:397–422.
- Cole RJ, Kripke DF, Gruen W, Mullaney DJ, Gillin CJ (1992) Automatic Sleep/Wake identification from wrist actigraphy. *Sleep* 15:461–469.
- Coleman RM (1983) Diagnosis, treatment and follow-up of about 8.000 sleep/wake disorder patients. In: Guilleumault C, Lugaresi E (Hrsg.) *Sleep/wake disorders, natural history, epidemiology, and long-term evolution*. New York: Raven Press, S. 87-97
- Collins KJ, Dore C, Exton-Smith AN, Fox RH, Mac Donald IC, Woodward PM (1977) Accidental hypothermia and impaired temperature homeostasis in the elderly. *British Medical Journal* 1:353–356.

- Collins KJ, Exton-Smith AN, Dore C (1981) Urban hypothermia: preferred temperature and thermal perception in old age. *British Medical Journal* 282:175–177.
- Costanzo MR, Khayat R, Ponikowski P, Augostini R, Stellbrink C, Mianulli M, Abraham WT (2015) Mechanisms and clinical consequences of untreated central sleep apnea in heart failure. *Journal of the American College of Cardiology* 65:72–84.
- Czeisler C, Dumont M, Duffy J, Steinberg J, Richardson G, Brown E, Sánchez R, Ríos CR, Ronda J (1992) Association of sleep-wake habits in older people with changes in output of circadian pacemaker. *The Lancet* 340:933–936.
- Czeisler CA, Weitzman ED, Moore-Ede, Martin C., Zimmerman Janet C. Knauer RS (1980) Human sleep: its duration and organization depend on its circadian phase. *Science* 210:
- Czeisler C. A., Duffy J. F., Shanahan T.L., Brown E.N., Mitchell J.F., Rimmer D.W., Ronda, J.M, Silva E.J., Allan J.S., Emens J.S., Dijk D.J., Kronauer R. E (1999) Stability, Precision, and Near-24-Hour Period of the Human Circadian Pacemaker. *Science* 284:2177–2181.
- Daan S, Beersma D, Borbely A (1984) Timing of human sleep: recovery process gated by circadian pacemaker. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrated and Comparative Physiology* 246:161–183.
- Danilenko KV, Cajochen C, Wirz-Justice A (2003) Is Sleep per se a Zeitgeber in Humans? *Journal of Biological Rhythms* 18:170–178.
- Danilenko KV, Plisov IL, Wirz-Justice A, Hebert M (2009) Human retinal light sensitivity and melatonin rhythms following four days in near darkness. *Chronobiology International* 26:93–107.
- Data Input (2009) *Das BIA-Kompendium. 3., überarb. Aufl.* Darmstadt: Digitaldruck Darmstadt GmbH, 63 S.
- Davidson AJ, Yamazaki S, Arble DM, Menaker M, Block GD (2008) Resetting of central and peripheral circadian oscillators in aged rats. *Neurobiology of Aging* 29:471–477.
- Degaute J, Van de Borne, Phillipe, Linkowski Pvan, Cauter E (1991) Quantitative Analysis of the 24-hour blood pressure and heart rate patterns in young men. *Hypertension Dallas* 18:199–210.
- Deuschl G, Reichmann H, Diener HC, Hopf HC (2006) *Gerontoneurologie. Neuaufl.* Stuttgart: Thieme, 424 S.
- Dibner C, Schibler U (2015) Circadian timing of metabolism in animal models and humans. *Journal of Internal Medicine* 277:513–527.
- Diekelmann S, Born J (2010) The memory function of sleep. *Nature reviews. Neuroscience* 11:114–126.
- Dijk DJ, Beersma, D. G. M., Daan S (1987) EEG power density during nap sleep: reflection of an hourglass measuring the duration of prior Wakefulness. *Journal of Biological Rhythms* 3:207–219.
- Dijk D, Duffy JF, Czeisler CA (2000) Contribution of circadian physiology and sleep homeostasis to age related changes in human sleep. *Chronobiology International* 17:285–311.
- Dinges DF (1989) Napping patterns and effects in human adults. *Chronobiological, behavioral and medical aspects of napping* 171:204.
- Dittmar M (2014) Human biological research since 2006 at the Christian-Albrechts-University in Kiel – Aging, chronobiology, and high altitude adaptation. *Anthropologischer Anzeiger* 71:143–153.
- Döring G. K. (1948) Über rhythmische Schwankungen von Atmung und Körpertemperatur im Menstruationszyklus. *European Journal of Physiology* 250:694–703.

- Drapeau C, Hamel-Hébert I, Robillard R, Selmaoui B, Filipini D, Carrier J (2006) Challenging sleep in aging: the effects of 200 mg of caffeine during the evening in young and middle-aged moderate caffeine consumers. *Journal of Sleep Research* 15:133–141.
- Duffy JF, Czeisler CA (2002) Age-related change in the relationship between circadian period, circadian phase, and diurnal preference in humans. *Neuroscience Letters* 318:117–120.
- Duffy JF, Zeitzer JM, Rimmer DW, Klerman EB, Dijk D, Czeisler CA (2002) Peak of circadian melatonin rhythm occurs later within the sleep of older subjects. *American Journal of Physiology. Endocrinology and metabolism* 282:E297-303.
- Durán A S, Mattar A P, Bravo B N, Moreno B C, Reyes G S (2014) Asociación entre calidad de vida y cantidad de sueño en adultos mayores de la región metropolitana y región de Valparaíso, Chile. *Revista Médica de Chile* 142:1371–1376.
- Durgan DJ, Hotze MA, Tomlin TM, Egbejimi O, Graveleau C, Abel ED, Shaw CA, Bray MS, Hardin PE, Young ME (2005) The intrinsic circadian clock within the cardiomyocyte. *American Journal of Physiology* 289:H1530-1541.
- Edlinger E. (2002) Die Bedeutung der bioelektrischen Impedanzanalyse (BIA) im geriatrischen Bereich. *Journal für Ernährungsmedizin* 4:24–25.
- Eggert T, Sauter C, Popp R, Zeitlhofer J, Danker-Hopfe H (2012) The pupillographic sleepiness test in adults: effect of age, gender, and time of day on pupillometric variables. *American journal of human Biology* 24:820–828.
- Eisenstein M (2013) Chronobiology: Stepping out of time. *Nature* 497:S10-2.
- Evans BD, Rogers AE (1994) 24-Hour sleep/wake patterns in healthy elderly persons. *Applied Nursing Research* 7:75–83.
- Evers S (2001) Kopfschmerzen - epidemiologische und gesundheitsökonomische Aspekte. *Manuelle Medizin* 39:290–293.
- Falk B, Bar-or O, Smolander J, Frost G (1994) Response to rest and exercise in the cold: effects of age and aerobic fitness. *Journal of Applied Physiology* 76:72–78.
- Farquhar M (1995) Elderly people's definitions of quality of life. *Social Science & Medicine* 41:1439–1446.
- Fava M, McCall WV, Krystal A, Wessel T, Rubens R, Caron J, Amato D, Roth T (2006) Eszopiclone co-administered with fluoxetine in patients with insomnia coexisting with major depressive disorder. *Biological psychiatry* 59:1052–1060.
- Feinberg I, March J, Floyd T, Jimison R, Bossom-Demitrack L, Katz P (1985) Homeostatic changes during post-nap sleep maintain baseline levels of delta EEG. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 61:134–137.
- Felce D, Perry J (1995) Quality of life: Its definition and measurement. *Research in Developmental Disabilities* 16:51–74.
- Fleissner G (2001) Rhythmicität, zirkadiane Rhythmik und Schlaf. In: Dudel J, Menzel R (Hrsg.) *Neurowissenschaft*. Heidelberg: Springer, S. 527-542
- Flemons WW, Remmers JE, Gillis AM (1993) Sleep apnea and cardiac arrhythmias. Is there a relationship? *The American review of respiratory disease* 148:618–621.
- Fok M, Stewart R, Besset A, Ritchie K, Prince M (2010) Incidence and persistence of sleep complaints in a community older population. *International Journal of Geriatric Psychiatry* 25:37–45.
- Forth W, Henschler D, Rummel W (2004) *Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie*. 9. Überarb. Aufl. Freiburg/ München: Urban und Fischer, 1189 S.

- Frey Ingrid, Berg Aloys, Grathwohl, Keul Joseph (1999) Freiburger Fragebogen zur körperlichen Aktivität-Entwicklung, Prüfung und Anwendung. *Sozial- und Präventionsmedizin* 44:55–64.
- Frisch K (1963) Bienenuhr und Blumenuhr. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 20:441–445.
- Galley N, Schleicher R, Galley L (2004) Blink parameters as indicators of driver's sleepiness—possibilities and limitations. *Vision in vehicles* 10:189–196.
- Gibson EM, Williams WP, Kriegsfeld LJ (2009) Aging in the circadian system: considerations for health, disease prevention and longevity. *Experimental Gerontology* 44:51–56.
- Gillette MU, Mitchell JW (2002) Signaling in the suprachiasmatic nucleus: selectively responsive and integrative. *Cell Tissue Research* 309:99–107.
- Gillin J, Duncan WC, Murphy DL, Post RM, Wehr TA, Goodwin FK, Wyatt RJ, Bunney WE (1981) Age-related changes in sleep in depressed and normal subjects. *Psychiatry Research* 4:73–78.
- Gironda RJ, Lloyd J, Clark ME, Walker RL (2007) Preliminary evaluation of reliability and criterion validity of Actiwatch-Score. *American Journal of Human Biology* 44:223.
- Globe G, Martin M, Schatz M, Wiklund I, Lin J, Maltzahn R, von Mattera MS (2015) Symptoms and markers of symptom severity in asthma—content validity of the asthma symptom diary. *Health and Quality of Life Outcomes* 13:217.
- Globig Michael (2007) *Leben ohne Tag und Nacht*. Max Planck Forschung 1:60.
- Goebel R, Schulz M (2006) Definition von Übergewicht und Adipositas: Bewertungskriterien im Wandel der Zeit. *Pharmazie in unserer Zeit* 35:478–483.
- Gooneratne NS, Vitiello MV (2014) Sleep in older adults: normative changes, sleep disorders, and treatment options. *Clinics in Geriatric Medicine* 30:591–627.
- Griefahn B, Kunemund C, Brode P, Mehnert P (2001). The validity of a German version of the morningness-eveningness-questionnaire developed by Horne and Ostberg. *Somnologie-Schlafforschung und Schlafmedizin* 5:71–80.
- Gurwood AS, Gurwood I, Gubman David T, Brzezicki L (1995) Idiosyncratic Ocular symptoms associated with the estradiol transdermal estrogen replacement patch system. *American Academy of Optometry* 72:29–33.
- Haen E (1994) Die chronobiologische Untersuchung. In: Haen E, Zulley J (Hrsg.) *Chronomedizin*. Regensburg: Roderer, S. 19-34
- Haimov IP, Paretz L (1997) Circadian characteristics of sleep propensity function in healthy elderly: a comparison with young adults. *Sleep* 20:294–300.
- Hanewinkel R, Maksimovic A, Verlinden Vincent J A, van der Geest Jos N, Hofman A, van Doorn Pieter A, Boon, Agnita J W, Tiemeier H, Ikram MA (2015) The impact of restless legs syndrome on physical functioning in a community-dwelling population of middle-aged and elderly people. *Sleep Medicine* 16:399–405.
- Happe S (2011) Schlaf und seine Störungen im Alter. *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz* 54:1311–1318.
- Hartmann E (1973) *Functions of sleep*. Neuauflage London: Yale university Press, 198 S.
- Hasselberg MJ, McMahon JP, Parker K (2013) The validity, reliability, and utility of the iButton® for measurement of body temperature circadian rhythms in sleep/wake research. *Sleep Medicine* 14:5–11.
- Haus E, Touitou Y (1992) *Principles of Clinical Chronobiology*.

- Hayashi M, Motoyoshi N, Tadao H (2005) Recuperative power of a short daytime nap with and without stage. *Sleep* 28:829–836.
- Hayashi M, Watanabe M, Hori T (1999) The effects of a 20 min nap in the mid-afternoon on mood, performance and EEG activity. *Clinical Neurophysiology* 110:272–279.
- Hays JC, Blazer DG, Foley DJ (1996) Risk of Napping: Excessive daytime sleepiness and mortality in an older community population. *Journal of the American Geriatrics Society* 44:693–698.
- Hecht K (2013) Gesundheit durch Schlaf? Mobiler, automatischer Miniatur-Schlaf- Analysator QUISI für kontinuierliche Langzeituntersuchung im Space und unter anderer extremer Bedingung. *Journal für Gesundheits- und ökologische Technologie* 2:1-19
- Hedge BM (2003) Woman, Moon and Menstruation. *Journal Association of physicians of India* 51:811–812.
- Hoddes E, Zarcone V, Smythe H, Phillips R, Dement WC (1973) Quantification of sleepiness: a new approach. *Psychophysiology* 10:431–436.
- Hodgson LA (1991) Why do we need sleep? Relating theory to nursing practice. *Journal of Advanced Nursing* 16:1503–1510.
- Hoffmann K (1969) Die relative Wirksamkeit von Zeitgebern. *Oecologia* 3:184–206.
- Hofman MA, Swaab DF (2006) Living by the clock: the circadian pacemaker in older people. *Ageing Research Reviews* 5:33–51.
- Hollmann W, Strüder HK (2000) Gehirn, Psyche und körperliche Aktivität. *Der Orthopäde* 11:948–956.
- Hori T, Sugita Y, Koga E, Shirakawa S, Inoue K, Uchida S, Kuwahara H, Kousaka M, Kobayashi T, Tsuji Y, Terashima M, Fukuda K, Fukuda N (2001) Proposed supplements and amendments to 'A Manual of Standardized Terminology, Techniques and Scoring system for sleep stages of human subjects', the Rechtschaffen & Kales (1968) standard. *Psychiatry and Clinical Neurosciences* 55:305–310.
- Horne Jim A, Ostberg Olov (1975) A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms. *International Journal of Chronobiology* 4:97–110.
- Huang Y, Liu R, Wang Q, Van Someren, Eus J.W, Xu H, Zhou J (2002) Age-associated difference in circadian sleep–wake and rest–activity rhythms. *Physiology & behavior* 76:597–603.
- Huxley P (1986) Quality measurement in mental health services: a discussion paper on quality of life measurement. *Good Practice in Mental Health* 1:220-225
- Hyde M, O`Driscoll D, Binette S, Galang C, Tan S, Verginis N, Davey M, Horne R (2007) Validation of actigraphy for determining sleep and wake in children with sleep disordered breathing. *Journal of Sleep Research* 16:213–216.
- Iber C (2007) The AASM Manual for the scoring of sleep and associated events: rules, terminology and specifications. *Academy of Sleep Medicine*
- Institut für empirische Sozialforschung (2010) Lebensqualität im Alter- Befragung von Personen ab 60 Jahren. Bundesministerium für Arbeit, Soziales und Konsumentenschutz
- J C Dunlap (1993) Genetic analysis of circadian clocks. *Annual review of physiology* 55:683–728.
- Jahre BM (2006) Gerontoneurologie. *Gerontoneurologie* 3:320.
- Kaida K, Nakano E, Nittono H, Hayashi M, Hori T (2003) The effects of self-awakening on heart rate activity in a short afternoon nap. *Clinical Neurophysiology* 114:1896–1901.
- Karacan I., Williams R, Finley W, Hirsch CJ (1970) The effects of naps on nocturnal sleep: Influence on the need for Stage 1-REM and Stage 4 sleep. *Biological Psychiatry* 2:391–399.



- Keel P (2015) Müdigkeit, Erschöpfung und Schmerzen ohne ersichtlichen Grund. 1. Aufl. Berlin Heidelberg: Springer, 244 S.
- Keller PM (2004) Untersuchung der Pupillenreaktion und –oszillation an einem Normkollektiv mittels Compact Integrated Pupillograph (CIP) der Firma AMTech. Dissertation. Fachbereich Medizin, Ruhr-Universität Bochum, Bochum, 81 S.
- Kenney WL, Munce TA (2003) Invited review: aging and human temperature regulation. *Journal of Applied Physiology* 95:2598–2603.
- Knoblauch V, Münch M, Blatter K (2005) Age-related changes in the circadian modulation of sleep-spindle during nap sleep. *Sleep* 28:1093–1101.
- Koraen G (1901) Über den Einfluss der Nahrungsaufnahme auf den Stoffwechsel. *Skandinavisches Archiv Für Physiologie* 11:176–197.
- Korf H, Stehle JH (2005) Das circadiane System der Säugetiere- integraler Bestandteil des neuroendokrinen Systems. *Journal of Biological Rhythms* 20:9–31.
- Kostis JB, Moreyra AE, Amendo MT, Di Pietro J, Cosgrove N, Kuo PT (1982) The effect of age on heart rate in subjects free of heart disease. *Studies by ambulatory electrocardiography and maximal exercise stress test. Circulation* 65:141–145.
- Kramer G (1953) Wird die Sonnenhöhe bei der Heimfindeorientierung verwertet? *Journal für Ornithologie* 3:202–219.
- Kräuchi K (2002) How is the circadian rhythm of core body temperature regulated? *Clinical Autonomic Research* 3:147–149.
- Kräuchi K (2007) The human sleep-wake cycle reconsidered from a thermoregulatory point of view. *Physiology & Behavior* 90:236–245.
- Kräuchi K (2007) The thermophysiological cascade leading to sleep initiation in relation to phase of entrainment. *Sleep Medicine Reviews* 6:439–451.
- Kräuchi K, Cajochen C, Pache M, Flammer J, Wirz-Justice A (2006) Thermoregulatory effects of melatonin in relation to sleepiness. *Chronobiology international* 23:475–484.
- Kräuchi K, Cajochen C, Wirz-Justice A (2004) Waking up properly: is there a role of thermoregulation in sleep inertia? *J. Sleep Research* 13:121–127.
- Kräuchi K, Deboer T (2010) The interrelationship between sleep regulation and thermoregulation. *Frontiers in Bioscience* 15:604–625.
- Kräuchi K, Gasio PF, Vollenweider S, Arb M von, Dubler B, Orgül S, Flammer J, Stutz EZ (2008) Cold extremities and difficulties initiating sleep: evidence of co-morbidity from a random sample of a Swiss urban population. *Journal of Sleep Research* 4:420–426.
- Kräuchi K, Wirz-Justice A (2001) Circadian Clues to Sleep Onset Mechanisms. *Neuropsychopharmacology* 25:S92–S96.
- Kräuchi K, Wirz-Justice A (1994) Circadian rhythm of heat production, heart rate, and skin and core temperature under unmasking conditions in men. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 167:R819-R829.
- Kräuchi Kurt, Cajochen Christian, Wirz-Justice Anna (1997) A relationship between heat loss and sleepiness: effects of postural change and melatonin administration. *Journal of Applied Physiology* 83:134–139.
- Kriener Harald (2008) Power Napping und die AlphaLiege als Mittel zur Steigerung der Effizienz in Unternehmen. Diplomarbeit, Fachbereich Psychologie, Universität Wien, Wien, 269 S.

- Kripke DF, Mullaney DJ, Messin S, Wyborney VG (1978) Wrist actigraphic measures of sleep and rhythms. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 44:674–676.
- Kushida CA, Chang A, Gadkary C, Guilleminault C, Carrillo O, Dement WC (2001) Comparison of actigraphic, polysomnographic, and subjective assessment of sleep parameters in sleep-disordered patients. *Sleep Medicine* 2:389–396.
- Lahti-Koski M, Harald K, Männistö S, Laatikainen T, Jousilahti P (2007) Fifteen-year changes in body mass index and waist circumference in Finnish adults. *European journal of cardiovascular prevention and rehabilitation* 14:398–404.
- Lakatta EG (1990) Changes in cardiovascular function with aging. *European Heart Journal* 11:22–29.
- Lakatta EG (1993) Cardiovascular regulatory mechanism in advanced age. *Physiological Reviews* 73:413–467.
- Lakatta EG (1983) Determinants of cardiovascular performance: Modification due to aging. *Journal of Chronic Diseases* 36:15–30.
- Landis Carol A., Frey Christine A., Lentz Martha J., Rothermel James, Buchwald Dedra, Shaver Joan LF (2003) Self-reported sleep quality and fatigue correlates with actigraphy in midlife women with fibromyalgia. *Nursing Research* 52:140–147.
- Lang F, Lang P (2007) *Basiswissen Physiologie*. 2. überarb. Aufl. Berlin Heidelberg: Springer, 482 S.
- Laube Eva S., Bonetti NR, Bächli E, Beer JH (2015) Die etwas andere Chefarztumfrage: somatische Ursachen der Müdigkeit. *Revue Medical Suisse* 11:910–917.
- Lecube A, Sampol G, Hernández C, Romero O, Ciudin A, Simó R (2015) Characterization of sleep breathing pattern in patients with type 2 diabetes: sweet sleep study. *PloS one* 10:e0119073.
- Lee KA (1988) Circadian temperature rhythms in relation to menstrual cycle phase. *Journal of Biological Rhythms* 3:255–263.
- Lemmer B (2012) *Chronopharmakologie: biologische Rhythmen und Arzneimittelwirkung*. 4., überarb. Aufl. Stuttgart: Wiss. Ver. Ges., 203 S.
- Lichstein K., Stone K., Donaldson J, Nau S, Soeffing J, Murray D., Lester K, Aguilard N (2006) Actigraphy validation with insomnia. *Sleep* 29:232–239.
- Lo Catherine M H, Lee PH (2012) Prevalence and impacts of poor sleep on quality of life and associated factors of good sleepers in a sample of older Chinese adults. *Health and Quality of Life Outcomes* 10:1–7.
- Lockley SW, Skene DJ, Arendt J (1999) Comparison between subjective and actigraphic measurement of sleep and sleep rhythms. *Journal of Sleep Research* 8:175–183.
- Marazziti D, Di Muro A, Castrogiovanni P (1992) Psychological stress and body temperature changes in humans. *Physiology & behavior* 52:393–395.
- Martin JL, Hakim AD (2011) Wrist actigraphy. *Chest* 139:1514–1527.
- Mellinger GD (1985) Insomnia and its treatment. *Archives of General Psychiatry* 42:225–232.
- Meltzer LJ, Walsh CM, Traylor J, Westin, Anna M L (2012) Direct comparison of two new actigraphs and polysomnography in children and adolescents. *Sleep* 35:159–166.
- Mendoza J, Challet E (2009) Brain clocks: from the suprachiasmatic nuclei to a cerebral network. *The Neuroscientist* 15:477–488.
- Meyer R, Nowak M, Brunner S, Kornhuber J (2007) Pupillographischer Schläfrigkeitstest als Instrument zur Darstellung von Aufmerksamkeitsaktivierung. *Somnologie* 1: 22

- Mitler MM, Caskardon MA, Czeisler CA, Dement WC, Dinges DF, Graeber C (1998) Catastrophes, sleep, and public policy: consensus report. *Sleep* 11:100–109.
- Monk TH, Reynolds CF, Buysse DJ, Hoch CC, Jarrett DB, Jennings JR, Kupfer DJ (1991) Circadian Characteristics of Healthy 80-year-olds and their relationship to objectively recorded sleep. *Journal of Gerontology* 46:M171.
- Monk TH, Buysse DJ (2013) Exposure to shift work as a risk factor for diabetes. *Journal of Biological Rhythms* 28:356–359.
- Monk TH, Buysse DJ, Carrier J, Billy BD, Rose LR (2001) Effects of afternoon "siesta naps on sleep, alertness, performance, and circadian rhythms in the elderly. *Sleep* 24:680–687.
- Monk TH, Buysse DJ, Reynolds CF, Kupfer DJ, Houck PR (1995) Circadian temperature rhythms of older people. *Experimental Gerontology* 30:455–474.
- Monk TH, Kupfer DJ (2000) Circadian rhythms in healthy aging- effects downstream from the pacemaker. *Chronobiology International* 17:355–368.
- Moore-Ede MC, Sulzman FM, Fuller C (1982) *The clock that time us*. 1. Aufl. London: Harvard University Press, 448 S.
- Morad Y, Lemberg H, Nehemiah Y (2000) Pupillography as an objective indicator of fatigue. *Current Eye Research* 21:535–542.
- Moser D, Anderer P, Gruber G, Parapatics S, Loretz E, Boeck M, Kloesch G, Heller E, Schmidt A, Danker-Hopfe H, Saletu B, Zeitlhofer J, Dorffner G (2009) Sleep classification according to AASM and Rechtschaffen & Kales: Effects on Sleep Scoring Parameters. *Sleep* 32:139–149.
- Motohashi Y, Takano T (1993) Effects of 24-Hour Shift Work with Nighttime Napping on Circadian rhythm characteristics in ambulance personnel. *Chronobiology International* 10:461–470.
- Moyer CA, Sonnad SS, Garetz SL, Helman JI, Chervin RD (2001) Quality of life in obstructive sleep apnea: a systematic review of literature. *Journal of Sleep medicine* 2:477–491.
- Moyes CD, Schulte PM (2008) *Tierphysiologie*. München: Pearson Studium, 1357 S.
- Mozaffarieh M, Fontana Gasio P, Schötzau A, Orgül S, Flammer J, Kräuchi K (2010) Thermal discomfort with cold extremities in relation to age, gender, and body mass index in a random sample of a Swiss urban population. *Population Health Metrics* 8:1–5.
- Muller JE, Stone PH, Turi ZG, Rutherford JD, Czeisler CA, Parker C, Poole WK, Passamani E, Roberts R, Robertson T (1985) Circadian variation in the frequency of onset of acute myocardial infarction. *The New England Journal of Medicine* 313:1315–1322.
- Müller M, Strobel J. (2007) Akkommodationsmechanismus am jungen menschlichen Auge - einige neue Aspekte. *Klinisches Monatsblatt Augenheilkunde* 224:653–658.
- Münch M, Cajochen C, Wirz-Justice A (2005) Schlaf und zirkadiane Rhythmik im Alter. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie* 38:21–23.
- Münch M, Knoblauch V, Blatter K, Schröder C, Schnitzler C, Kräuchi K, Wirz-Justice A, Cajochen C (2005) Age-related attenuation of the evening circadian arousal signal in humans. *Neurobiology of Aging* 26:1307–1319.
- Myers BL, Badia P (1995) Changes in circadian rhythms and sleep quality with aging: Mechanisms and interventions. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 19:553–571.
- Nader N, Chrousos GP, Kino T (2010) Interactions of the circadian clock system and the HPA axis. *Trends in Endocrinology and Metabolism* 21:277–286.
- Nowakowski S, Moors J, Heimbach E (2013) Sleep and women`s health. *Sleep medicine Research* 4:1–22.

- Ohayon M, Caskardon MA, Guilleminault C, Vitiello MV (2004) Meta-Analysis of quantitative sleep parameters from childhood to old age in. *Sleep* 27:1255–1273.
- Olbrich D, Dittmar M (2011) Older poor-sleeping women display a smaller evening increase in melatonin secretion and lower values of melatonin and core body temperature than good sleepers. *Chronobiology International* 28:681–689.
- Peigneux P, Laureys S, Fuchs S, Collette F, Perrin F, Reggers J, Phillips C, Degueldre C, Del Fiore G, Aerts J, Luxen A, Maquet P (2004) Are spatial memories strengthened in the human hippocampus during slow wave sleep? *Neuron* 44:535–545.
- Petrov ME, Clark CB, Molzof HE, Johnson RL, Cropsey KL, Gamble KL (2014) Sleep strategies of night-shift nurses on days off: which ones are most adaptive? *Frontiers in Neurology* 5:277.
- Phillips ML (2009) Circadian rhythms: Of owls, larks and alarm clocks. *Nature* 458:142–144.
- Pilcher JJ, Ginter DR, Sadowsky B (1997) Sleep quality versus sleep quantity: Relationships between sleep and measures of health, well-being and sleepiness in college students. *Journal of Psychosomatic Research* 42:583–596.
- Poehlman E, Goran M, Gardner A, Ades P, Aciero P, Katzman-Rooks S, Montgomery S, Toth M, Sutherland P (1993) Determinants of decline in resting metabolic rate in aging females. *American Journal of Physiology, Endocrinology and Metabolism* 264:E450–E455.
- Pöppel E (1968) Desynchronisation circadianer Rhythmen innerhalb einer isolierten Gruppe. *Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere* 299:364–370.
- Portaluppi F, Tiseo R, Smolensky MH, RC, Ayala DE, Fabbian F (2012) Circadian rhythms and cardiovascular health. *Sleep Medicine Reviews* 16:151–166.
- Priemer FG, Keller T, Monticelli F (2010) Visualisierung der ermüdenden Alkoholwirkung per PST. Dissertation. Fachbereich Medizin, Universität Salzburg, Salzburg 230 S.
- Pronk A, Ji B, Shu X, Xue S, Yang G, Li H, Rothman N, Gao Y, Zheng W (2010) Night-shift work and breast cancer risk in a cohort of Chinese women. *American Journal of Epidemiology* 171:953–959.
- Qureshi, A., Ballard Robert D., Nelson Harold S. (2003) Obstructive sleep apnea. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 112:643–651.
- Rahman SA, Kayumov L, Shapiro CM (2010) Antidepressant action of melatonin in the treatment of Delayed Sleep Phase Syndrome. *Sleep medicine* 11:131–136.
- Rajaratnam, Shantha M W, Middleton B, Stone BM, Arendt JDijk D (2004) Melatonin advances the circadian timing of EEG sleep and directly facilitates sleep without altering its duration in extended sleep opportunities in humans. *The Journal of Physiology* 561:339–351.
- Rasch B, Büchel C, Gais S, Born J (2007) Odor cues during slow-wave sleep prompt declarative memory consolidation. *Science* 315:1426–1429.
- Raschka C, Ruf S (2012) Wissenschaftlich basierte Empfehlungen und Ernährungspläne für die Praxis. 1. Aufl. Stuttgart: Thieme, 202 S.
- Rasmussen LK, Johannsen BN, Mercer J.B. (2001) Changes in skin temperature in the hands and feet of young and elderly subjects in response to local cooling. *Proceedings of the 2001 International Thermal Physiology Symposium* 81:
- Raymann, Roy J E M, Swaab DF, Van Someren Eus J W (2007) Skin temperature and sleep-onset latency: changes with age and insomnia. *Physiology & Behavior* 90:257–266.
- Rechtschaffen A, Kales A (1968) A manual of standardized terminology, techniques and scoring system for sleep stages of human subjects. US Department of Health, Education and Welfare. Washington: Government Printing Office

- Refinetti R, Lissen GC, Halberg F (2007) Procedures for numerical analysis of circadian rhythms. *Biological rhythm research* 38:275–325.
- Refinetti R, Menaker M (1992) The circadian rhythm of body temperature. *Physiology & Behavior* 51:613–637.
- Regen, Francesca Marta Tina Elisabeth, Dorn H, Danker-Hopfe H (2003) The relationship between pupillography and the subjective assessment of sleepiness with standford sleepiness scale. Regen, Francesca Marta Tina Elisabeth; Dorn H.; Danker-Hopfe H.
- Reimer MA, Flemons W (2003) Quality of life in sleep disorders. *Sleep Medicine Reviews* 7:335–349.
- Reppert SM, Weaver DR (2001) Molecular analysis of mammalian circadian rhythms. *Annual review of physiology* 63:647–676.
- Reppert SM, Weaver DR (2002) Coordination of circadian timing in mammals. *Nature* 418:935–941.
- Richardson G, Caskardon MA, Orav E, Dement WC (1982) Circadian variations of sleep tendency in elderly and young adult subjects. *Journal of Sleep Research and Sleep Medicine* 5:82–94.
- Roenneberg T, Wirz-Justice A, Meroow M (2003) Life between Clocks: Daily Temporal Patterns of Human Chronotypes. *Journal of Biological Rhythms* 18:80–90.
- Rose DM, Jung D, Parera D, Konieztko J (1999) Time zone shifts and jet lag after long-distance flights - Abstract - Europe PubMed Central. *Zeitschrift für Ärztliche Fortbildung und Qualitätssicherung* 93:485–490.
- Rosenkranz J, Pfeil W (2008) Anatomie und Physiologie-Kompodium für medizinische Fachberufe. 3., überarb. Aufl. Zwickau: Verl. Wiss. Skripten, 570 S.
- Rudic RD, Fulton DJ (2009) Pressed for time: the circadian clock and hypertension. *Journal of Applied Physiology* 107:1328–1338.
- Rudolf G, Henningsen P (2013) Psychotherapeutische Medizin und Psychosomatik: ein einführendes Lehrbuch. 4., überarb. Aufl. Stuttgart: Thieme, 542 S.
- Ryan SM, Goldberger AL, Pincus SM, Mietus J, Lipsitz LA (1994) Gender- and age-related differences in heart rate dynamics: Are women more complex than men? *Journal of the American College of Cardiology* 24:1700–1707.
- Sadeh A, Acebo C (2002) The role of actigraphy in sleep medicine. *Sleep Medicine Reviews* 6:113–124.
- Sadun AA, Schaechter JD, Smith LE (1984) A retinohypothalamic pathway in man: Light mediation of circadian rhythms. *Brain Research* 302:371–377.
- Salize HJ, McCabe R, Bullenkamp J, Hansson L, Lauber C, Martinez-Leal R, Reinhard I, Rössler W, Svensson B, Torres-Gonzalez F, van den Brink, Rob, Wiersma DPriebe S (2009) Cost of treatment of schizophrenia in six European countries. *Schizophrenia research* 111:70–77.
- Sarabia JA, Rol MA, Mendiola P, Madrid JA (2008) Circadian rhythm of wrist temperature in normal-living subjects A candidate of new index of the circadian system. *Physiology & behavior* 95:570–580.
- Sarraf P, Azizi Sepeher, Moghadasi A, Sahraian MA, Tafakhori A, Ghajarzadeh M (2014) Relationship between sleep quality and quality of life in patients with multiple sclerosis. *International Journal of Preventive Medicine* 12:1582–1586.
- Satinoff E, Li H, Tchong TK, Liu C, McArthur, Angela J, Medanic M, Gilette MU (1993) Do the suprachiasmatic nuclei oscillate in old rats as they do in young ones? *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 265:R1216-R1222.
- Schenk C (1999) Automatische Schlafstadienklassifikation mit einem einfachen, einkanaligen EEG-Gerät (Quisi). *Atmung & Schlaf* 3:48.

- Schmidt C, Collette F, Leclercq Y, Sterpenich V, Vandewalle G, Berthomier P, Berthomier C, Phillips C, Tinguely G, Darsaud A, Gais S, Schabus M, Deseilles M, Dang-Vu TT, Salmon E, Balteau E, Degueldre C, Luxen A, Maquet P, Cajochen C, Peigneux P (2009) Homeostatic sleep pressure and responses to sustained attention in the suprachiasmatic area. *Science* 324:516–519.
- Schmidt C, Peigneux P, Cajochen C (2012) Age-related changes in sleep and circadian rhythms: impact on cognitive performance and underlying neuroanatomical networks. *Frontiers in Neurology* 3:118.
- Schulz H, Dilrich G, Zulley J (1976) Untersuchungen zur Stabilität ultradianer Rhythmen bei Menschen. *Arzneimittel Forschung* 26:1055-1058
- Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K (2005) Prometheus- Lernatlas der Anatomie: Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. Stuttgart: Thieme, 600 S.
- Sejnowski TJ, Destexhe A (2000) Why do we sleep? *Brain Research* 886:208–223.
- Shamsuzzaman A, Szczesniak RD, Fenchel MC, Amin RS (2014) Glucose, insulin, and insulin resistance in normal-weight, overweight and obese children with obstructive sleep apnea. *Obesity research & clinical practice* 8:e584-91.
- Shapiro CM, Catterall J, Warren P, Oswald I, Trinder J, Paxton S (1987) Lean body mass and non-rapid eye movement sleep. *British medical Journal* 294:22.
- Shochat T, Pillar G (2003) Sleep apnea in older adult. *Drugs & Aging* 20:551–560.
- Siegel JM (2003) Why we sleep. *Scientific American* 289:93–97.
- Silverthorn (2009) *Physiologie*. 4., aktual. Aufl. München: Pearson Studium, 1357 S.
- Sitzmann BD, Lemos DR, Ottinger MA, Urbanski HF (2010) Effects of age on clock gene expression in the rhesus macaque pituitary gland. *Neurobiology of Aging* 31:696–705.
- Somers VK, Dyken ME, Mark AL, Abboud FM (1993) Sympathetic-nerve activity during sleep in normal subjects. *The New England Journal of Medicine* 328:303–307.
- Sommer C (2013) Das Fibromyalgie-Syndrom. *Das Neurophysiologie-Labor* 35:114–120.
- Sooyoung Sim, Heenam Yoon, Hosuk Ryou, Kwangsuk Park (2014) Estimation of body temperature rhythm based on heart activity parameters in daily life. *Conference proceedings. Engineering in Medicine and Biology Society*.3: 2245–2248.
- Takahashi JS (1995) Molecular neurobiology and genetics of circadian rhythms in mammals. *Annual Review of Neuroscience* 18:531–553.
- Takahashi M (2003) The role of prescribed napping in sleep medicine. *Sleep Medicine Reviews* 7:227–235.
- Takahashi Y (1979) Growth hormone secretion related to the sleep and waking rhythm. *The Functions of Sleep* 21:113–145.
- Takeda N, Maemura K (2011) Circadian clock and cardiovascular disease. *Journal of cardiology* 57:249–256.
- Tamaki M, Shirota A, Tanaka H, Hayashi MHori T (1999) Effects of a daytime nap in the aged. *Psychiatry and Clinical Neurosciences* 53:273–275.
- Timbal J, Colin J, Boutelier C (1975) Circadian variations in sweating mechanisms. *Journal of Applied Physiology* 39:226–230.
- Touitou Y, Haus E (1992) *Biologic Rhythms in Clinical and Laboratory Medicine*. 1., Aufl. Berlin Heidelberg: Springer, 730 S.
- Turpin G (1986) Psychophysiology of sleep. *Nursing* 3:313.

- Umetani K, Singer DH, McCraty R, Atkinson M (1998) Twenty-Four Hour Time Domain Heart Rate Variability and Heart Rate: Relations to Age and Gender Over Nine Decades. *Journal of the American College of Cardiology* 31:593–601.
- Van den Meiracker, Anton H, Man in t`Veld, Arie J, Ritsema von Eck, Henk J, Wenting Gerd, Schalekamp MA (1988) Determinants of Short-term Blood Pressure Variability. *American Journal of Hypertension* 1:22–26.
- Van Someren E (2002) Circadian and age-related modulation of thermoreception and temperature regulation: mechanisms and functional implications. *Ageing Research Reviews* 1:721–778.
- Van Someren E (2000) More than a marker: interaction between circadian regulation of temperature and sleep, age-related changes, and treatment possibilities. *Chronobiology international* 17:313–354.
- Van Someren EJ, Riemersma RF, Swaab DF (2002) Functional plasticity of the circadian timing system in old age: light exposure. *Progress in Brain Research* 138:205–231.
- Vargas M, Jiménez D, León-Velarde F, Osorio J, Mortola JP (2001) Circadian patterns in men acclimatized to intermittent hypoxia. *Respiration Physiology* 126:233–243.
- Virtanen I, Kalleinen N, Urrila AS, Leppänen C, Polo-Kantola P (2015) Cardiac autonomic changes after 40 hours of total sleep deprivation in women. *Sleep medicine* 16:250–257.
- Visscher TL, Seidell JC, Molarius A, van der Kuip D, Hofman A, Witteman JC (2001) A comparison of body mass index, waist-hip ratio and waist circumference as predictors of all-cause mortality among the elderly: the Rotterdam study. *International journal of Obesity and Related Metabolic Disorders* 25:1730–1735.
- Vitiello MV (2006) Sleep in Normal Aging. *Sleep Medicine Clinics* 1:171–176.
- Vitiello MV, Larsen LH, Moe KE (2004) Age-related sleep change. *Journal of Psychosomatic Research* 56:503–510.
- Vitiello MV, Smallwood RG, Avery DH, Pascualy RA, Martin DC, Prinz PN (1986) Circadian temperature rhythms in young adult and aged men. *Neurobiology of Aging* 7:97–100.
- Wagner JA, Robinson S, Marino RP (1974) Age and temperature regulation of humans in neutral and cold environments. *Journal of Applied Physiology* 37:562–565.
- Walzl M (2007) Die Auswirkungen eines 20-minütigen Mittagsschlafs auf Müdigkeit, Konzentration und Aufmerksamkeit. *Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie* 57:135–139.
- Waterhouse J, Edwards B, Mugarza J, Flemming R, Minors D, Calbraith D, Williams G, Atkinson G, Reilly T (1999) Purification of Masked Temperature data from Humans: Some Preliminary Observations on a Comparison of the use of an Activity Diary, Wrist Actimetry, and Heart Rate Monitoring. *Chronobiology International* 16:461–475.
- Waterhouse J, Folkard S, van Dongen H, Minors D (2001) Temperature profiles, and the effect of sleep on them, in relation to morningness-eveningness in healthy female subjects. *Chronobiology International* 18:227–247.
- Waterhouse Jim, Edwards Ben, Mugarza Julie, Flemming Richard, Minors David, Calbraith Davina, Williams Gareth, Atkinson Greg, Reilly Thomas (1999) Purification of masked temperature data from humans: some preliminary observations on a Comparison of the use of an Activity Diary, Wrist Actimetry, and Heart Rate Monitoring. *Chronobiology International* 16:461–475.
- Webb WB (1982) Sleep in Older Persons: Sleep Structures of 50- to 60-year-old Men and Women. *Journal of Gerontology* 37:581–586.
- Webb WB, Agnew HW (1971) Stage 4 Sleep: Influence of Time Course Variables. *Science* 174:1354–1356.

- Weeß HG (2006) Multifaktorielles Symptom vieler Schlafstörungen- Tagesschläfrigkeit birgt ein hohes Risiko. *Der Klinikarzt* 35: 145-152
- Weeß HG (2009) Praxis der Tagesschläfrigkeitsdiagnostik. *SomnoJournal* 3:25–31.
- Weinert D (2010) Circadian temperature variation and ageing. *Ageing research reviews* 1:51–60.
- Weinert D, Waterhouse J (2007) The circadian rhythm of core temperature: effects of physical activity and aging. *Physiology & behavior* 90:246–256.
- Weitzman ED, Moline Magaret L, Czeisler CA, Zimmerman Janet C (1982) Chronobiology of aging: temperature, sleep- wake- rhythm and entrainment. *Neurobiology of Aging* 3:299–309.
- Wever R (1984) Sex differences in human circadian rhythms: Intrinsic periods and sleep fractions. *Experientia* 40:1226–1234.
- Wilhelm B (2007) Schläfrigkeit in der Arbeitswelt. *MedReport*34:8.
- Wilhelm B, Lüdtke H, Wilhelm H (1999) Spontaneous pupillary oscillations: an objective measure for the level of tonic central nervous system. In: Kuhlmann J, Bottcher M (Hrsg.) *Pupillography: Principles, methods and applications*, New York: Zuckerschwert Verlag
- Wilhelm B (2011) Spontaneous pupillary oscillations reflect the level of alertness. 29th International Pupil Colloquium
- Wilhelm B, Giedke H, Lüdtke H, Bittner E, Hofmann A, Wilhelm H (2001) Daytime variations in central nervous system activation measured by a pupillographic sleepiness test. *Journal of Sleep Research* 10:1–7.
- Wilhelm B, Rühle KH, Widmaier D, Lüdtke H, Wilhelm H (1998) – Objektivierung von Schweregrad und Therapieerfolg beim obstruktiven Schlafapnoe-Syndrom mit pupillographischen Schläfrigkeitstest. *Somnologie-Schlafforschung und Schlafmedizin* 2: 51-57
- Wilhelm B, Körner A., Heldmeier K., Moll K, Wilhelm Helmut, Lüdtke H (2004) Normwerte des pupillographischen Schläfrigkeitstests für Frauen und Männer zwischen 20 und 60 Jahren. *Somnologie* 5:115–120.
- Wilhelm B, Stüber G, Heneka C, Lüdtke H (2003) No smoking- no coffee? Influences of daily life psychostimulants on the results of the pupillographic sleepiness test. *Pupil Colloquium*
- Wilhelm B, Lüdtke H, Brummund T, Durst W, Otto G (2008) Untersuchung altersbedingter Veränderungen von Schlaf- und Lebensqualität, Chronotyp und Tagesbefindlichkeit berufstätiger Männer und Frauen jenseits des 50. Lebensjahres. *Ergo Med* 1:16–28.
- Willich SN, Linderer T, Wegscheider K, Leizorovicz A, Alamercury I, Schroder R (1989) Increased morning incidence of myocardial infarction in the ISAM Study: absence with prior beta-adrenergic blockade. ISAM Study Group. *Circulation* 80:853–858.
- Wirz-Justice A (2007) How to measure circadian rhythms in humans. *Medicographia* 84-90:
- Wirz-Justice A, Roenneberg T (2004) *Circadiane und saisonale Rhythmen*. Wien: Springer, 220 S.
- Young AJ (1991) Effects of aging on human cold tolerance. *Experimental Aging Research* 17:205–213.
- Young ME (2003) Circadian rhythms in cardiac gene expression. *Current Hypertension Reports* 5:445–453.
- Youngstedt SD (2005) Effects of exercise on sleep. *Clinics in sports medicine* 24:355-65, xi.
- Zamir G, Press J, Tal A, Tarasiuk A (1998) Sleep fragmentation in children with juvenile rheumatoid arthritis. *The Journal of Rheumatology* 25:1191–1197.



Zeitzer JM, Dijk D, Kronauer RE, Brown ENCzeisler CA (2000) Sensitivity of the human circadian pacemaker to nocturnal light: melatonin phase resetting and suppression. *The Journal of Physiology* 526:695–702.

Zepelin H, McDonald CS (1987) Age Differences in Autonomic Variables During Sleep. *Journal of Gerontology* 42:142–146.

Zhang L, Evans DS, Raheja UK, Stephens SH, Stiller JW, Reeves GM, Johnson M, Ryan KA, Weizel N, Vaswani D, McLain H, Shuldiner AR, Mitchell BD, Hsueh W, Snitker S, Postolache TT (2015) Chronotype and seasonality: Morningness is associated with lower seasonal mood and behavior changes in the Old Order Amish. *Journal of Affective Disorders* 174:209–214.

Zulley J, Wever R, Aschoff J (1981) The dependence of onset and duration of sleep on the circadian rhythm of rectal temperature. *European Journal of Physiology* 391:314–318.

**URLs**

- 1 [www.manufactum.de](http://www.manufactum.de)  
(Stand: 06.10.15, 16:39 Uhr)
- 2 [www.euclock.org](http://www.euclock.org)  
(Stand: 06.10.15, 16:46 Uhr)
- 3 <http://www.demenzforschung-oswald.de>  
(Stand: 14.10.15, 14:00 Uhr)
- 4 <http://www.sleephealthjournal.org/>  
(Stand: 08.10.15, 14:04 Uhr)
- 5 <https://www.dge.de>  
(Stand: 14.10.15, 14:27 Uhr)
- 6 [www.axon-gmbh.de](http://www.axon-gmbh.de)  
(Stand: 14.10.15, 14:40 Uhr)
- 7 <http://www.healthcare.philips.com>  
(Stand: 14.10.15, 14:43 Uhr)
- 8 <http://www.scientificsales.co.nz>  
(Stand: 28.10.15, 14:28 Uhr)
- 9 <http://www.euro.who.int/de/home>  
(Stand: 25.08.15, 17:22 Uhr)

## **IX. Anhang**

Der Anhang A1- A226 ist auf der beiliegenden CD zu finden

## X. Abkürzungsverzeichnis

AW2	Actiwatch 2
AUC	Area Under the Curve
BIA	Bioimpedanzanalyse
BMI	Body Mass Index in $\text{kg}/\text{m}^2$
DGSM	Deutsche Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin
D-MEQ	Morningness-Eveningness Questionnaire
ECM	Extrazelluläre Masse
EEG	Elektroenzephalographie
ESS	Epworth Sleepiness Scale
FB	Freiburger Fragebogen
KSS	Karolinska Sleepiness Scale
Max	Maximum
Min	Minimum
MW	Mittelwert
MCTQ	Munich Chronotype Questionnaire
MRS	Monotonie-Resistenz-Status
rMRS	relativer Monotonie-Resistenz-Status
N	Probandenanzahl
NNTA	Number of Nighttime Arousals (Anzahl nächtlicher Aufwacher)
ONN	Ältere Probandinnen mit tageszeitlichen Nickerchen

## X. Abkürzungsverzeichnis

OWN	Ältere Probandinnen ohne tageszeitliches Nickerchen
OWNQ	Ältere Probandinnen mit tageszeitlichem Nickerchen nach der ersten nächtlichen Gehirnstrommessung mit dem mobilen EEG-Gerät QUISI
OWN4	Ältere Probandinnen mit Nickerchen an 4 Tagen während der Studienwoche
PD	Pupillendurchmesser
PST	Pupillographischer Schläfrigkeitstest
PSQI	Pittsburgh Sleep Quality Index
PUI	Pupillenunruhe Index
rPUI	relativer Pupillenunruheindex
QOL	Quality of Life Questionnaire
REM	Rapid Eye Moving (Traumschlaf)
SAD	Seasonal Affective Sleepdisorder
SSS	Stanford Sleepiness Scale
SPAQ	Seasonal Pattern Questionnaire
S1-S4	Schlafstadium 1-4
SD	Standardabweichung
SE	Sleep Efficiency (Schlafeffizienz)
SOL	Sleep Onset Latency (Einschlafdauer)
TST	Total Sleep Time (Effektive Schlafdauer)
WASO	Waketime After Sleep Onset (nächtliche Wachdauer)

## XI. Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1:</b> Beispiele für biologische Rhythmen mit unterschiedlicher Periodendauer: a) Nervenimpulse eines Kälterezeptors der Katze, b) Nervenimpulse einer Schrittmacherzelle der Weinbergschnecke, c) lokomotorische Aktivität von Wühlmäusen, d) Sauerstoffaufnahme der Hirschmaus, e) Nestbauaktivität von Ratten, f) Selbstmordhäufigkeit .....	1
<b>Abbildung 2:</b> Die Blumenuhr von Carl von Linné .....	2
<b>Abbildung 3:</b> Eingang zum Versuchsbunker.....	4
<b>Abbildung 4:</b> Lage der Nuclei suprachiasmatici im Gehirn des Menschen .....	5
<b>Abbildung 5:</b> Netzhaut mit Stäbchen, Zapfen und den Melanopsinhaltenen Ganglienzellen zur Zeitwahrnehmung .....	7
<b>Abbildung 6:</b> Darstellung der vier wichtigsten Rhythmusvariablen zur Beschreibung circadianer Rhythmen .....	8
<b>Abbildung 7:</b> A) Ursprüngliches 2-Prozess-Modell der Schlafregulation und B) erweitertes 2-Prozess-Modell der Schlafregulation .....	10
<b>Abbildung 8:</b> Körperschale bei niedriger (links) und hoher Umgebungstemperatur (rechts).....	12
<b>Abbildung 9:</b> Verlauf der rektalen Körperkerntemperatur (Tre) sowie der distalen (T dist) und proximalen Hauttemperatur (T prox).....	14
<b>Abbildung 10:</b> Verlauf der distalen Hauttemperatur an A) Hand, B) Fuß, C) Oberschenkel über 24 Stunden .....	15
<b>Abbildung 11:</b> Circadianer Rhythmus der Herzfrequenz über 24 Stunden .....	17
<b>Abbildung 12:</b> Schlafdauer in Abhängigkeit von der zeitlichen Lage des Schlafbeginns .....	18
<b>Abbildung 13:</b> Zeitliche Lage des Schlafbeginns und des Schlafendes in Abhängigkeit vom Minimum der Körperkerntemperatur .....	18
<b>Abbildung 14:</b> A) Verlauf der Körperkerntemperatur und B) der distalen und proximalen Hauttemperatur über 24 Stunden .....	19
<b>Abbildung 15:</b> Neuronale Impulsaktivität von 3 Zellen des SCN A) einer jüngeren und B) einer älteren Maus .....	23
<b>Abbildung 16:</b> A) Definition der Schlafstadien anhand von Gehirnwellen (EEG), Augenbewegungen (EOG) und Muskelspannung (EMG) und B) Darstellung eines K-Komplexes sowie Schlafspindeln ....	28
<b>Abbildung 17:</b> A) Schlafzyklen einer jüngeren Probandin und einer B) älteren Probandin.....	29
<b>Abbildung 18:</b> Neurophysiologisches Modell zum Zusammenhang zwischen Schlafqualität und Leistungsvermögen bzw. Aufmerksamkeit .....	36
<b>Abbildung 19:</b> 3-Elemente Modell der Lebensqualität .....	42
<b>Abbildung 20:</b> Untersuchte Untergruppen des Probandenkollektivs .....	50
<b>Abbildung 21:</b> Studiendesign .....	53
<b>Abbildung 22:</b> A) 2- und 3-Kompartiment-Modell des Körpers und B) Multifrequenz-Impedanz-Analysator Nutriguard M.....	55
<b>Abbildung 23:</b> A) Mobiles EEG-Gerät QUISI® und B) aktive Elektrode.....	59
<b>Abbildung 24:</b> Exemplarisches Schlafprofil einer Probandin .....	61
<b>Abbildung 25:</b> Schlaftagebuch der Deutschen Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin .	63
<b>Abbildung 26:</b> Actiwatch 2 .....	65
<b>Abbildung 27:</b> Exemplarisches Aktivitätsprofil einer Probandin .....	69

<b>Abbildung 28:</b> Thermochron iButtons .....	70
<b>Abbildung 29:</b> Platzierung der iButtons an A) Hand, B) Fuß, C) Oberschenkel und D) Wade .....	71
<b>Abbildung 30:</b> Verwendetes Thermometer .....	73
<b>Abbildung 31:</b> Positionierung der Elektroden.....	74
<b>Abbildung 32:</b> Variograf im Größenvergleich .....	74
<b>Abbildung 33:</b> Pupillographischer Schläfrigkeitstest PSTeco .....	76
<b>Abbildung 34:</b> Auswertung einer exemplarischen Messung .....	79
<b>Abbildung 35:</b> Anthropometrische Merkmale des Probandenkollektivs, unterteilt nach jüngeren (N=20) und älteren (N=42) Probandinnen: A) Körperhöhe, B) Gewicht, C) Body Mass Index und D) Taille-Hüft- Index.....	89
<b>Abbildung 36:</b> Körperlicher Aktivitätsgrad: A) Jüngere (N=20) und ältere (N=42) Probandinnen, B) ältere Probandinnen mit einer mittleren Nickerchendauer von unter und über 35 Minuten .....	90
<b>Abbildung 37:</b> A) Punktezahl des D-MEQ Fragebogens älterer (N=42) und jüngerer (N=20) Probandinnen B) Verteilung Chronotypen jüngerer Probandinnen .....	91
<b>Abbildung 38:</b> Schlafqualität und Tagesschläfrigkeit: Schlafqualität A) älterer Probandinnen (N= 42) und B) jüngerer Probandinnen (N=20); Tagesschläfrigkeit C) älterer Probandinnen und D) jüngerer Probandinnen.....	93
<b>Abbildung 39:</b> A) Anzahl und B) Dauer tageszeitlicher Nickerchen während der Studienwoche älterer Probandinnen mit tageszeitlichem Nickerchen (N=33) .....	94
<b>Abbildung 40:</b> A) Lebenszufriedenheit älterer (N=42) und B) jüngerer (N= 20) Probandinnen .....	96
<b>Abbildung 41:</b> Verlauf der Hauttemperatur und der Körperkerntemperatur älterer (N=22-24) und jüngerer Probandinnen (N=19) im Abendprofil: Hauttemperatur A) Hand, B) Fuß, C) Oberschenkel, D) Wade und E) Körperkerntemperatur .....	98
<b>Abbildung 42:</b> Verlauf der A) Müdigkeit und B) Schläfrigkeit älterer (N=22-24) und jüngerer Probandinnen (N=19) im Abendprofil von 17 bis 23 Uhr.....	101
<b>Abbildung 43:</b> Vergleich verschiedener Variablen des pupillographischen Schläfrigkeitstests zwischen jüngeren (N=20) und älteren (N=25/26) Probandinnen: A) Pupillendurchmesser, B) Pupillenunruheindex, C) relativer und D) relativer Monotonie-Resistenz-Status.....	103
<b>Abbildung 44:</b> Verlauf der Herzfrequenz jüngerer (N=13-15) und älterer (N= 14-17) Probandinnen im Abendprofil von 17 bis 23 Uhr .....	104
<b>Abbildung 45:</b> Gegenüberstellung des Verlaufs der Herzfrequenz und der Hauttemperatur im Abendprofil für A) Ältere Probandinnen (HF: N=14-17; HT: 22-24) und B) Jüngere Probandinnen (HF: N=13-15; HT: N=19).....	118
<b>Abbildung 46:</b> Gegenüberstellung des Verlaufs der Herzfrequenz und der Körperkerntemperatur im Abendprofil für A) ältere Probandinnen (HF: N=15/16; KT: N= 24) und B) jüngere Probandinnen (HF: N=14/15; KT: N=19).....	119
<b>Abbildung 47:</b> Gegenüberstellung des Verlaufs der Herzfrequenz und der Müdigkeit und Schläfrigkeit im Abendprofil für A) ältere (N=23/24) und B) jüngere (N=19) Probandinnen .....	124
<b>Abbildung 48:</b> Variablen der Schlafstruktur älterer (N=39) und jüngerer (N=20) Probandinnen: A) Erster REM-Schlaf nach, B) Anteil REM-Schlaf, C) Anteil Leichtschlaf (Stadium 1 und 2) und D) Anteil Tiefschlaf (Stadium 3 und 4).....	128
<b>Abbildung 49:</b> Variablen der subjektiven Schlafqualität älterer (N=40-42) und jüngerer (N=20) Probandinnen: A) Einschlafdauer, B) effektive Schlafdauer, C) nächtliche Wachzeit und D) Schlaffeffizienz.....	130
<b>Abbildung 50:</b> Variablen der objektiven Schlafqualität älterer (N=39) und jüngerer (N=20) Probandinnen: A) Einschlafdauer, B) effektive Schlafdauer, C) Wachanteil und D) Schlaffeffizienz ...	132

**Abbildung 51:** Variablen der subjektiven und objektiven Schläfrigkeit älterer (N=39-42) und jüngerer (N=20) Probandinnen am Morgen um 10 Uhr des 1. Studientages: A) Subjektiv eingeschätzte Uhrzeit der 1. Schläfrigkeit abends laut Tagesprotokoll, B) subjektiv eingeschätzte Schläfrigkeit morgens um 10 Uhr C) Anzahl der Lidschläge laut PST ..... 134

**Abbildung 52:** Lebenszufriedenheit jüngerer (N=20) und älterer (N=42) Probandinnen mit A) psychischer Gesundheit, B) Körperlicher Gesundheit, C) Freizeitaktivitäten und D) Sozialen Bindungen ..... 148



## XII. Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle 1:</b> Altersabhängige Normwerte des BMI in kg/m <sup>2</sup> .....	48
<b>Tabelle 2:</b> Normwerte für den Taillenumfang und den Taillen-Hüft-Index, getrennt nach Geschlecht .....	55
<b>Tabelle 3:</b> Mittels Bioimpedanzanalyse untersuchte Variablen sowie deren Definition .....	57
<b>Tabelle 4:</b> Normwerte der Körperkompartimente von normalgewichtigen Frauen, getrennt nach Körperkompartiment und Alter .....	58
<b>Tabelle 5:</b> Mittels des mobilen EEG-Geräts QUISI untersuchte Schlafvariablen und ihre Definition ...	60
<b>Tabelle 6:</b> Mittels Actiwatch erfasste Variablen des Ruhe-Aktivitäts-Rhythmus und ihre Definition ...	65
<b>Tabelle 7:</b> Gewählte Grundeinstellungen für die Actiwatch.....	67
<b>Tabelle 8:</b> Untersuchte Rhythmusvariablen hinsichtlich der an Hand, Fuß, Oberschenkel und Wade gemessenen Hauttemperatur .....	71
<b>Tabelle 9:</b> Untersuchte Rhythmusvariablen hinsichtlich der über 2x 24 Stunden gemessenen Herzfrequenz .....	75
<b>Tabelle 10:</b> Variablen des pupillographischen Schläfrigkeitstests sowie deren Bedeutung.....	77
<b>Tabelle 11:</b> Interpretation der Stärke des Zusammenhangs bei Korrelationsanalysen .....	86
<b>Tabelle 12:</b> Altersverteilung im Probandenkollektiv.....	88
<b>Tabelle 13:</b> Vergleich von Rhythmusvariablen der an der Hand gemessenen Hauttemperatur zwischen jüngeren und älteren Probandinnen .....	105
<b>Tabelle 14:</b> Vergleich von Rhythmusvariablen der am Fuß gemessenen Hauttemperatur zwischen jüngeren und älteren Probandinnen .....	106
<b>Tabelle 15:</b> Vergleich von Rhythmusvariablen der am Oberschenkel gemessenen Hauttemperatur zwischen jüngeren und älteren Probandinnen .....	107
<b>Tabelle 16:</b> Vergleich von Rhythmusvariablen der an der Wade gemessenen Hauttemperatur zwischen jüngeren und älteren Probandinnen .....	107
<b>Tabelle 17:</b> Vergleich der morgens und abends gemessenen oralen Körperkerntemperatur zwischen jüngeren und älteren Probandinnen .....	108
<b>Tabelle 18:</b> Vergleich von Variablen des Schlaf-Wach-Rhythmus zwischen jüngeren und älteren Probandinnen.....	109
<b>Tabelle 19:</b> Vergleich von Rhythmusvariablen der Herzfrequenz zwischen jüngeren und älteren Probandinnen.....	110
<b>Tabelle 20:</b> Untersuchung auf Reproduzierbarkeit von Rhythmusvariablen der an der Hand gemessenen Hauttemperatur .....	111
<b>Tabelle 21:</b> Untersuchung auf Reproduzierbarkeit von Rhythmusvariablen der am Fuß gemessenen Hauttemperatur .....	112
<b>Tabelle 22:</b> Untersuchung auf Reproduzierbarkeit von Rhythmusvariablen der am Oberschenkel gemessenen Hauttemperatur .....	113
<b>Tabelle 23:</b> Untersuchung auf Reproduzierbarkeit von Rhythmusvariablen der an der Wade gemessenen Hauttemperatur .....	113
<b>Tabelle 24:</b> Untersuchung auf Reproduzierbarkeit der morgens und abends gemessenen oralen Körpertemperatur .....	114

<b>Tabelle 25:</b> Untersuchung der Reproduzierbarkeit von Schlaftagebuch-Variablen des Schlaf-Wach-Rhythmus .....	115
<b>Tabelle 26:</b> Untersuchung auf Reproduzierbarkeit der Rhythmusvariablen der Herzfrequenz .....	116
<b>Tabelle 27:</b> Vergleich von ausgewählten Rhythmusvariablen zwischen der an der Hand gemessenen Hauttemperatur und der Herzfrequenz .....	120
<b>Tabelle 28:</b> Vergleich von ausgewählten Rhythmusvariablen zwischen der am Fuss gemessenen Hauttemperatur und der Herzfrequenz .....	121
<b>Tabelle 29:</b> Vergleich von ausgewählten Rhythmusvariablen der am Oberschenkel gemessenen Hauttemperatur und der Herzfrequenz .....	121
<b>Tabelle 30:</b> Vergleich von ausgewählten Rhythmusvariablen zwischen der an der Wade gemessenen Hauttemperatur und der Herzfrequenz .....	122
<b>Tabelle 31:</b> Zusammenhang zwischen der oralen Körperkerntemperatur und der Herzfrequenz ....	123
<b>Tabelle 32:</b> Zusammenhang zwischen der objektiven Schläfrigkeit und der Herzfrequenz .....	125
<b>Tabelle 33:</b> Zusammenhang zwischen der subjektiven Müdigkeit und Schläfrigkeit und der Herzfrequenz .....	126
<b>Tabelle 34:</b> Vergleich von Variablen der Schlafstruktur (EEG) zwischen der Nacht mit und ohne vorangegangenes tageszeitliches Nickerchen älterer Probandinnen .....	136
<b>Tabelle 35:</b> Vergleich von Variablen der Schlafstruktur (EEG) zwischen älteren Probandinnen mit tageszeitlichen Nickerchen an mindestens 4 Tagen (OWN4) und älteren Probandinnen ohne tageszeitliches Nickerchen (ONN) während der Studienwoche .....	137
<b>Tabelle 36:</b> Vergleich von Variablen der Schlafstruktur (EEG) zwischen älteren Probandinnen mit einer mittleren tageszeitlichen Nickerchen Dauer $\leq 35$ Minuten und $> 35$ Minuten .....	138
<b>Tabelle 37:</b> Vergleich von Variablen der subjektiven Schlafqualität zwischen älteren Probandinnen mit tageszeitlichen Nickerchen an mindestens 4 Tagen (OWN4) und älteren Probandinnen ohne tageszeitliches Nickerchen (ONN) .....	139
<b>Tabelle 38:</b> Vergleich von Variablen der Schlafqualität (Schlaftagebuch) zwischen älteren Probandinnen mit einer mittleren tageszeitlichen Nickerchen Dauer $\leq 35$ Minuten und $> 35$ Minuten .....	140
<b>Tabelle 39:</b> Vergleich von Variablen der Schlafqualität (EEG) zwischen der Nacht mit und ohne vorangegangenes tageszeitliches Nickerchen älterer Probandinnen .....	141
<b>Tabelle 40:</b> Vergleich von Variablen der objektiven Schlafqualität zwischen älteren Probandinnen mit tageszeitlichen Nickerchen an mindestens 4 Tagen (OWN4) und älteren Probandinnen ohne tageszeitliches Nickerchen (ONN) während der Studienwoche .....	142
<b>Tabelle 41:</b> Vergleich von Variablen der objektiven Schlafqualität (EEG) zwischen älteren Probandinnen mit einer mittleren tageszeitlichen Nickerchen Dauer $\leq 35$ Minuten und $> 35$ Minuten .....	143
<b>Tabelle 42:</b> Vergleich von Variablen der subjektiven Schläfrigkeit zwischen älteren Probandinnen mit tageszeitlichen Nickerchen an mindestens 4 Tagen (OWN4) und älteren Probandinnen ohne tageszeitliches Nickerchen (ONN) während der Studienwoche .....	144
<b>Tabelle 43:</b> Vergleich von Variablen der subjektiven Schläfrigkeit zwischen älteren Probandinnen mit einer mittleren tageszeitlichen Nickerchen Dauer $\leq 35$ Minuten und $> 35$ Minuten .....	145
<b>Tabelle 44:</b> Vergleich von Variablen der objektiven Schläfrigkeit (PST) zwischen älteren Probandinnen mit tageszeitlichen Nickerchen an mindestens 4 Tagen (OWN4) und älteren Probandinnen ohne tageszeitliches Nickerchen (ONN) während der Studienwoche .....	146
<b>Tabelle 45:</b> Vergleich von Variablen der objektiven Schläfrigkeit (PST) zwischen älteren Probandinnen mit einer mittleren tageszeitlichen Nickerchen Dauer $\leq 35$ Minuten und $> 35$ Minuten .....	147

<b>Tabelle 46:</b> Zusammenhang zwischen der generellen Lebenszufriedenheit sowie der Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen und der Schlafstruktur älterer und jüngerer Probandinnen.....	149
<b>Tabelle 47:</b> Zusammenhang zwischen der Lebenszufriedenheit mit der seelischen und körperlichen Gesundheit und der Schlafstruktur älterer und jüngerer Probandinnen.....	150
<b>Tabelle 48:</b> Zusammenhang zwischen der Lebenszufriedenheit mit Freizeitaktivitäten und der Schlafstruktur älterer und jüngerer Probandinnen.....	150
<b>Tabelle 49:</b> Zusammenhang zwischen der generellen Lebenszufriedenheit sowie der Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen und der subjektiven Schlafqualität jüngerer und älterer Probandinnen.....	151
<b>Tabelle 50:</b> Zusammenhang zwischen der Lebenszufriedenheit mit der seelischen und körperlichen Gesundheit und der subjektiven Schlafqualität jüngerer und älterer Probandinnen.....	152
<b>Tabelle 51:</b> Zusammenhang zwischen Lebenszufriedenheit mit Freizeitaktivitäten und subjektiver Schlafqualität jüngerer und älterer Probandinnen .....	153
<b>Tabelle 52:</b> Zusammenhang zwischen der generellen Lebenszufriedenheit sowie der Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen und der objektiven Schlafqualität jüngerer und älterer Probandinnen.....	154
<b>Tabelle 53:</b> Zusammenhang zwischen der Lebenszufriedenheit mit der psychischen und körperlichen Gesundheit und der objektiven Schlafqualität jüngerer und älterer Probandinnen .....	155
<b>Tabelle 54:</b> Zusammenhang zwischen Lebenszufriedenheit mit Freizeitaktivitäten und der objektiven Schlafqualität jüngerer und älterer Probandinnen .....	155
<b>Tabelle 55:</b> Zusammenhang zwischen der gesamten Lebenszufriedenheit sowie der Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen und der subjektiven Schläfrigkeit jüngerer und älterer Probandinnen.....	156
<b>Tabelle 56:</b> Zusammenhang zwischen der Lebenszufriedenheit mit der seelischen und körperlichen Gesundheit und der subjektiven Schläfrigkeit jüngerer und älterer Probandinnen .....	157
<b>Tabelle 57:</b> Zusammenhang zwischen Lebenszufriedenheit mit Freizeitaktivitäten und der subjektiven Schläfrigkeit jüngerer und älterer Probandinnen .....	157
<b>Tabelle 58:</b> Zusammenhang zwischen der gesamten Lebenszufriedenheit sowie der Lebenszufriedenheit mit sozialen Bindungen und der objektiven Schläfrigkeit jüngerer und älterer Probandinnen.....	158
<b>Tabelle 59:</b> Zusammenhang zwischen der Lebenszufriedenheit mit der seelischen und körperlichen Gesundheit und der objektiven Schläfrigkeit jüngerer und älterer Probandinnen .....	159
<b>Tabelle 60:</b> Zusammenhang zwischen Lebenszufriedenheit mit Freizeitaktivitäten und der objektiven Schläfrigkeit jüngerer und älterer Probandinnen .....	160
<b>Tabelle 61:</b> Vergleich von Aspekten der Lebensqualität zwischen älteren Probandinnen mit tageszeitlichen Nickerchen an mindestens 4 Tagen (OWN4) und älteren Probandinnen ohne tageszeitliches Nickerchen (ONN) während der Studienwoche .....	161
<b>Tabelle 62:</b> Zusammenhang zwischen der Anzahl tageszeitlicher Nickerchen und verschiedenen Aspekten der Lebensqualität älterer Probandinnen mit tageszeitlichen Nickerchen (OWN) .....	162
<b>Tabelle 63:</b> Vergleich von Aspekten der Lebensqualität zwischen älteren Probandinnen mit einer mittleren tageszeitlichen Nickerchen Dauer $\leq 35$ Minuten (OWN $\leq 35$ ) und $> 35$ Minuten (OWN $>35$ ) .....	163
<b>Tabelle 64:</b> Zusammenhang zwischen der Dauer tageszeitlicher Nickerchen und verschiedenen Aspekten der Lebensqualität älterer Probandinnen mit tageszeitlichem Nickerchen (OWN) .....	164

**Tabelle 65:** Zusammenhang zwischen circadianen Variablen und verschiedenen Aspekten der Lebensqualität älterer (OW, N=42) und jüngerer (YN, N=20) Probandinnen ..... 165

### **XIII. Danksagung**

Zunächst möchte ich Frau Prof. Dittmar für die Ermöglichung der Doktorarbeit sowie ihre Betreuung und Frau Prof. Schwanewedel für die Anfertigung des Zweitgutachtens danken.

Des Weiteren danke ich meiner Schwester Christina und meiner Mutter Marion für die große moralische Unterstützung, welche sie mir während der Doktorarbeit zukommen ließen.

Auch meinen Kollegen Tina Hollerbuhl und Daniel Schütz möchte ich für die hilfreichen Anregungen sowie die moralischen und fachlichen Ratschläge danken.

Großer Dank gilt auch meinen Freundinnen Finja Rohkohl und Bärbel Mees, die mich mit guten Gesprächen und Ratschlägen unterstützten und immer ein offenes Ohr für mich hatten.

Darüber hinaus möchte ich ganz besonders meinem Freund und Verlobten Gregor Wedell danken, der mir fachlich und moralisch immer mit Rat und Tat zur Seite stand und mich während der gesamten Arbeit sehr unterstützt hat.

Zuletzt möchte ich noch meinen Probandinnen danken, ohne deren Teilnahme die Durchführung der Studie, welche dieser Arbeit zugrunde liegt, nicht möglich gewesen wäre.

## **XIV. Erklärung**

Hiermit versichere ich, dass die vorliegende Arbeit abgesehen von der Beratung durch meine Betreuerin Frau Prof. Dr. Dittmar nach Inhalt und Form meine eigene Arbeit ist. Alle im Rahmen der Arbeit verwendeten Hilfsmittel und Quellen wurden aufgeführt. Die Arbeit ist unter Einhaltung der Regeln guter wissenschaftlicher Praxis der Deutschen Forschungsgemeinschaft entstanden und hat weder ganz noch in Teilen einer anderen Stelle im Rahmen eines Prüfungsverfahrens vorgelegen, noch ist sie veröffentlicht oder zur Veröffentlichung eingereicht worden. Teile dieser Arbeit wurden bereits im Rahmen eines Kongresses als Abstract veröffentlicht oder vorgestellt:

- 1) Anders S, Dittmar M (2014) Influence of daytime napping on nighttime sleep in older women. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Geriatrie und Gerontologie (DGGG), Halle (Saale). Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie X:122.
- 2) Anders S, Dittmar M (2015) Influence of subjective and objective sleep quality on quality of life in young and older women. 11. Internationaler Kongress der Gesellschaft für Anthropologie, München.

Kiel, den

---