Aus dem Bereich Arbeitsmedizin
der Medizinischen Fakultät
der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Herzratenvariabilität als möglicher objektiver Beanspruchungsparameter für die Einschätzung subjektiv angegebener Schlafstörungen im Kontext psychischer Gesundheit

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades

Dr. med.

(doctor medicinae)

an der Medizinischen Fakultät
der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

vorgelegt von ..... Robin Sebastian Schierholz
aus ..... Hannover
Magdeburg 2019

Bibliographische Beschreibung:

Schierholz, Robin Sebastian:
Herzratenvariabilität als möglicher objektiver Beanspruchungsparameter für die Einschätzung subjektiv angegebener Schlafstörungen im Kontext psychischer Gesundheit. - 2019. - 153 Bl., 6 Abb., 41 Tab., 4 Anl.

Kurzreferat

Erholsamer Schlaf nimmt eine wichtige Rolle für langfristige Gesundheit, subjektives Wohlbefinden und Lebensqualität ein und hat einen hohen Stellenwert im Kontext von Arbeitsproduktivität, Arbeitssicherheit und wirtschaftlicher Belastung. Die vorliegende Studie ermittelt mithilfe von 24-Stunden-Elektrokardiogrammen (24-h-EKGs) und verschiedener Fragebögen, in welchem Maß es einen Zusammenhang zwischen subjektiver Schlafqualität und Herzratenvariabilität (HRV) bzw. psychischer Gesundheit gibt. Die nach Anwendung der Ausschlusskriterien berücksichtigten 84 Probanden im Durchschnittsalter von $37{,}3 \pm 15{,}6$ Jahren sind mittels des Ergebnisses des Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) in die Gruppe der guten Schläfer und die Gruppe der schlechten Schläfer eingeteilt worden. Die Ergebnisse zeigen, dass sich beide Gruppen in der HRV nicht signifikant voneinander unterschieden haben, die Gruppe der schlechten Schläfer jedoch einen sehr signifikant schlechteren psychischen Gesundheitszustand und eine höhere arbeitsbezogene psychische Beanspruchung aufgewiesen haben. Außerdem hat sich ein signifikant positiver Zusammenhang zwischen HRV und psychischer Gesundheit bzw. ein signifikant negativer Zusammenhang zwischen HRV und psychischer Beanspruchung gezeigt. Die Ergebnisse stellen die Bedeutung erholsamen Schlafes für das psychische Wohlbefinden und umgekehrt heraus.

Schlüsselwörter

Schlafstörungen – Herzratenvariabilität – psychische Gesundheit

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis **V**

Tabellenverzeichnis **VI**

Abkürzungsverzeichnis **XII**

1 Einführung **1**

1.1 Schlaf . . . 3
1.1.1 Schlafphysiologie . . . 3
1.1.2 Schlafpathologie . . . 4
1.2 Herzschlagfrequenz und Herzratenvariabilität . . . 6
1.2.1 Physiologische Grundlagen und Mechanismen . . . 6
1.2.2 Analyseverfahren . . . 7
1.2.3 Einflussfaktoren . . . 9
1.2.4 Anwendung in der Arbeitsmedizin . . . 10
1.3 Herzratenvariabilität und Schlaf . . . 11
1.4 Einflussfaktor Psychische Gesundheit . . . 12
1.4.1 Psychische Gesundheit und Schlaf . . . 13
1.4.2 Psychische Gesundheit und Herzratenvariabilität . . . 14

2 Zielstellung und Arbeitshypothesen **15**

3 Probanden und Methoden **16**

3.1 Probanden . . . 16
3.2 Studiendesign . . . 16
3.3 Ein- und Ausschlusskriterien . . . 17
3.4 Datenerhebung . . . 18
3.4.1 Erfassung der soziodemografischen und medizinischen Daten . . . 18
3.4.2 Erfassung der gesundheitsbezogenen Daten . . . 18
3.4.3 Erfassung der subjektiven Schlafqualität und der Tagesschläfrigkeit 20
3.4.4 Analyse der Herzratenvariabilität . . . 21

3.5 Statistik 23

4 Ergebnisse **25**

4.1 Soziodemografische und medizinische Angaben sowie Einteilung der Gruppen 25
4.2 Schlafqualität 27
4.2.1 Tagesschläfrigkeit 29
4.2.2 Gesundheitsbezogene Daten 31
4.3 Herzschlagfrequenz und Herzratenvariabilität 34
4.3.1 Gesamtzeit (24 Stunden) 34
4.3.2 Vergleich zu geschlechts- und altersspezifischen Normwerten . . 36
4.3.3 Sechsstündiges Nachtfenster 37
4.3.4 Ergebnisse der Varianzanalyse 39
4.4 Registrierung der Apnoen 43
4.5 Zusammenhänge der subjektiven Schlafqualität mit der Tagesschläfrigkeit 44
4.6 Zusammenhänge der subjektiven Schlafqualität und der Tagesschläfrigkeit mit den gesundheitsbezogenen Daten 44
4.7 Zusammenhänge der subjektiven Schlafqualität und der Tagesschläfrigkeit mit der Herzschlagfrequenz und Herzratenvariabilität 47
4.7.1 Zusammenhänge der subjektiven Schlafqualität mit der Herzschlagfrequenz und Herzratenvariabilität für Gesamtzeit (24 Stunden) sowie sechsstündiges Nachtfenster 47
4.7.2 Zusammenhänge der Tagesschläfrigkeit mit der Herzschlagfrequenz und Herzratenvariabilität für Gesamtzeit (24 Stunden) sowie sechsstündiges Nachtfenster 49
4.8 Zusammenhänge der Herzschlagfrequenz und Herzratenvariabilität mit den gesundheitsbezogenen Daten 50
4.8.1 Gesamtzeit (24 Stunden) 50
4.8.2 Sechsstündiges Nachtfenster 52

5 Diskussion **55**

6 Zusammenfassung **71**

Literaturverzeichnis **73**

Danksagungen **96**

Ehrenerklärung **97**

Darstellung des Bildungsweges **98**

Publikationsverzeichnis **100**

A Anlagen **101**

A.1 Zustimmung der Ethikkommission 102

A.2 Fragebogen 104

A.3 Beispiel-Auswertungen von 24-h-EKG und HRV-Analyse der Gesamtzeit (24 Stunden) 117

A.4 Tabellen der Ergebnisse der Varianzanalyse (Unterabschnitt 4.3.4) . . . 119

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Geschlechtsspezifische Probandenverteilung in den beiden Gruppen . . . 25
Abb. 2 Verteilung der im Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) erreichten Gesamtpunktzahlen der Gesamtstichprobe 29
Abb. 3 Verteilung der in der Epworth Sleepiness Scale (ESS) erreichten Gesamtpunktzahlen der Gesamtstichprobe 30
Abb. 4 Verteilung der im 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12) erreichten Gesamtpunktzahlen der Gesamtstichprobe 32
Abb. 5 Korrelationen der Ergebnisse des Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) mit den Ergebnissen des 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12), des Gesamtindex (GI) der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) und deren Subskalen Kognitive Irritation (KI) und Emotionale Irritation (EI) 45
Abb. 6 Korrelationen der Ergebnisse der Epworth Sleepiness Scale (ESS) mit den Ergebnissen des 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12), des Gesamtindex (GI) der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) und deren Subskalen Kognitive Irritation (KI) und Emotionale Irritation (EI) 47

Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Übersicht der untersuchten Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) 22

Tab. 2 Vergleich der soziodemografischen und medizinischen Angaben beider Gruppen 26

Tab. 3 Vergleich weiterer soziodemografischer Angaben beider Gruppen 27

Tab. 4 Erreichte Gesamtpunktzahlen und Komponentenpunktzahlen im Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) beider Gruppen 28

Tab. 5 Erreichte Gesamtpunktzahlen der beiden Gruppen in der Epworth Sleepiness Scale (ESS) 30

Tab. 6 Einteilung der beiden Gruppen nach Cut-off-Wert der Epworth Sleepiness Scale (ESS) 31

Tab. 7 Erreichte Gesamtpunktzahlen der beiden Gruppen im 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12) 31

Tab. 8 Einteilung der beiden Gruppen nach Cut-off-Wert des 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12) 32

Tab. 9 Erreichte Gesamtpunktzahlen der beiden Gruppen in den Subskalen Kognitive Irritation (KI) und Emotionale Irritation (EI) sowie dem Gesamtindex (GI) der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) 33

Tab. 10 Einteilung der beiden Gruppen nach altersspezifischen Normwerten der Subskalen Kognitive Irritation (KI) und Emotionale Irritation (EI) sowie des Gesamtindex (GI) der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) 34

Tab. 11 Vergleich der Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) der Gesamtzeit (24 Stunden) beider Gruppen 35

Tab. 12 Vergleich der Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) beider Gruppen, die nur für die Gesamtzeit (24 Stunden) bestimmt worden sind 36

Tab. 13 Vergleich der geschlechts- und altersspezifischen Normwerte ausgewählter Parameter der Herzratenvariabilität (HRV) beider Gruppen 37
Tab. 14 Vergleich der Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) des Nachtfensters (6 Stunden) beider Gruppen 38
Tab. 15 Korrelationen der Gesamtpunktzahl und der Komponentenpunktzahlen des Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) mit der Gesamtpunktzahl der Epworth Sleepiness Scale (ESS) 44
Tab. 16 Korrelationen der Komponentenpunktzahlen des Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) mit den Punktzahlen des 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12), des Gesamtindex (GI) der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) und deren Subskalen Kognitive Irritation (KI) und Emotionale Irritation (EI) 46
Tab. 17 Korrelationen der Punktzahl des Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Epworth Sleepiness Scale (ESS) mit Parametern der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) aus der Analyse der Gesamtzeit (24 Stunden) und des Nachtfensters (6 Stunden) der EKG-Aufnahmen 48
Tab. 18 Korrelationen der Punktzahl des Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Epworth Sleepiness Scale (ESS) mit den Parametern der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Zeitbereich, die nur aus der Analyse der Gesamtzeit (24 Stunden) der EKG-Aufnahmen bestimmt worden sind 49
Tab. 19 Korrelationen der Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) aus der Analyse der Gesamtzeit (24 Stunden) der EKG-Aufnahmen mit den Punktzahlen des 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12), des Gesamtindex (GI) der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) und deren Subskalen Kognitive Irritation (KI) und Emotionale Irritation (EI) 51
Tab. 20 Korrelationen der Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Zeitbereich, die nur aus der Analyse der Gesamtzeit (24 Stunden) der EKG-Aufnahmen bestimmt worden sind mit den Punktzahlen des 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12), des Gesamtindex (GI) der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) und deren Subskalen Kognitive Irritation (KI) und Emotionale Irritation (EI) 52

Tab. 21 Korrelationen der Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) aus der Analyse des Nachtfensters (6 Stunden) der EKG-Aufnahmen mit den Punktzahlen des 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12), des Gesamtindex (GI) der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) und deren Subskalen Kognitive Irritation (KI) und Emotionale Irritation (EI) 53

Tab. 22 Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12)-Bewertung für die Gesamtzeit (24 Stunden) für die Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Zeitbereich 119

Tab. 23 Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12)-Bewertung für die Gesamtzeit (24 Stunden) für die Parameter der Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Frequenzbereich und dem nichtlinearen Bereich 120

Tab. 24 Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12)-Bewertung für die Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Zeitbereich, die nur für die Gesamtzeit (24 Stunden) bestimmt worden sind 121

Tab. 25 Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12)-Bewertung für das sechsstündige Nachtfenster für die Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Zeitbereich 122

Tab. 26 Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12)-Bewertung für das sechsstündige Nachtfenster für die Parameter der Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Frequenzbereich und dem nichtlinearen Bereich 123

Tab. 27 Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach Kognitive Irritation (KI)-Bewertung der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) für die Gesamtzeit (24 Stunden) für die Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Zeitbereich 124
Tab. 28 Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach Kognitive Irritation (KI)-Bewertung der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) für die Gesamtzeit (24 Stunden) für die Parameter der Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Frequenzbereich und dem nichtlinearen Bereich 125
Tab. 29 Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach Kognitive Irritation (KI)-Bewertung der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) für die Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Zeitbereich, die nur für die Gesamtzeit (24 Stunden) bestimmt worden sind 126
Tab. 30 Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach Kognitive Irritation (KI)-Bewertung der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) für das sechsstündige Nachtfenster für die Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Zeitbereich 127
Tab. 31 Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach Kognitive Irritation (KI)-Bewertung der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) für das sechsstündige Nachtfenster für die Parameter der Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Frequenzbereich und dem nichtlinearen Bereich 128
Tab. 32 Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach Emotionale Irritation (EI)-Bewertung der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) für die Gesamtzeit (24 Stunden) für die Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Zeitbereich 129

Tab. 33 Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach Emotionale Irritation (EI)-Bewertung der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) für die Gesamtzeit (24 Stunden) für die Parameter der Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Frequenzbereich und dem nichtlinearen Bereich 130
Tab. 34 Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach Emotionale Irritation (EI)-Bewertung der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) für die Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Zeitbereich, die nur für die Gesamtzeit (24 Stunden) bestimmt worden sind 131
Tab. 35 Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach Emotionale Irritation (EI)-Bewertung der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) für das sechsstündige Nachtfenster für die Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Zeitbereich 132
Tab. 36 Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach Emotionale Irritation (EI)-Bewertung der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) für das sechsstündige Nachtfenster für die Parameter der Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Frequenzbereich und dem nichtlinearen Bereich 133
Tab. 37 Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach Gesamtindex (GI)-Bewertung der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) für die Gesamtzeit (24 Stunden) für die Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Zeitbereich 134
Tab. 38 Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach Gesamtindex (GI)-Bewertung der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) für die Gesamtzeit (24 Stunden) für die Parameter der Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Frequenzbereich und dem nichtlinearen Bereich 135

Tab. 39 Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach Gesamtindex (GI)-Bewertung der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) für die Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Zeitbereich, die nur für die Gesamtzeit (24 Stunden) bestimmt worden sind 136
Tab. 40 Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach Gesamtindex (GI)-Bewertung der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) für das sechsstündige Nachtfenster für die Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Zeitbereich 137
Tab. 41 Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach Gesamtindex (GI)-Bewertung der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) für das sechsstündige Nachtfenster für die Parameter der Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Frequenzbereich und dem nichtlinearen Bereich 138

Abkürzungsverzeichnis

AASM	American Academy of Sleep Medicine
AR	Autoregression
AWMF	Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e. V.
BAuA	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
BD dias	Arterieller diastolischer Blutdruck
BD sys	Arterieller systolischer Blutdruck
BMI	Body-Mass-Index
CV	Coefficient of Variation
DFA	Detrended Fluctuation Analysis
DGSM	Deutsche Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin
DSM-5	Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders – Fifth edition
EEG	Elektroenzephalogramm
EI	Emotionale Irritation
24-h-EKG	24-Stunden-Elektrokardiogramm
EKG	Elektrokardiogramm
EMG	Elektromyogramm
EOG	Elektrookulogramm
ESC	European Society of Cardiology

ESH	European Society of Hypertension
ESS	Epworth Sleepiness Scale
FFT	Fast Fourier-Transformation
GHQ	General Health Questionnaire
GHQ-12	12-Item General Health Questionnaire
GI	Gesamtindex
HF	High Frequency
Hf	Herzschlagfrequenz (Synonym: HR)
HR	Heart Rate (Synonym: Hf)
HRV	Herzratenvariabilität
HRV Tri Index	HRV Triangular Index
ICD-10	International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems – 10th Revision
ICSD	International Classification of Sleep Disorders
ICSD-3	International Classification of Sleep Disorders – Third Edition
iga	Initiative Gesundheit und Arbeit
IS	Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen
KI	Kognitive Irritation
LF	Low Frequency
MESA	Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis
MSLT	Multiple Sleep Latency Test
NASPE	North American Society of Pacing and Electrophysiology
NN	Normal-to-Normal-Intervall (Synonym: RR-Intervall)
NREM	Non-Rapid Eye Movement

nu	normalized unit
pNN50	Proportion of NN50 divided by total number of NN
PSG	Polysomnografie
PSQI	Pittsburgh Sleep Quality Index
py	Packungsjahr
REM	Rapid Eye Movement
RIS	Regensburg Insomnia Scale
RMSSD	Root Mean Square of Successive Differences
RR	R-Peak-to-R-Peak-Intervall (Synonym: NN-Intervall)
SCN	Nucleus suprachiasmaticus
SD	Standard Deviation
SDNN	Standard Deviation of NN Intervals
SI	Stress Index
THV	Taille-Hüft-Verhältnis
TINN	Triangular Interpolation of NN Interval Histogramm
ULF	Ultra Very Low Frequency
VLF	Very Low Frequency
WHIIRS	Women's Health Initiative Insomnia Rating Scale
WHO	World Health Organization

1 Einführung

Erholsamer Schlaf ist wichtig für die Leistungsfähigkeit des Arbeitnehmers, dessen psychisches Wohlbefinden, langfristige Gesundheit und Arbeitsproduktivität (Åkerstedt 2006). Die physiologische Bedeutung des Schlafes für den Menschen[1] lässt sich aus der Tatsache schließen, dass er ca. 1/3 seines Lebens im Schlaf verbringt (Ohayon 2011). Auf der anderen Seite verlangt die moderne Gesellschaft in Zeiten der Globalisierung ständige Flexibilität, Mobilität und Erreichbarkeit vom Arbeitnehmer (Panter 2010; Dettmers et al. 2012; Pfeiffer 2012), die sich auf Schlafdauer und -qualität negativ auswirken können (Minow & Swart 2018).

Die US-amerikanische National Sleep Foundation empfiehlt gemäß ihrer aktualisierten altersspezifischen Empfehlungen für die tägliche Schlafdauer sieben bis neun Stunden Schlaf für 18 bis 64 Jahre alte Erwachsene und sieben bis acht Stunden Schlaf für Erwachsene ab dem 65. Lebensjahr (Hirshkowitz et al. 2015a,b). In den USA schlafen Erwachsene aber im Durchschnitt nur 6,7 Stunden pro Nacht (American Psychological Association 2016). In einer Untersuchung zur deutschen Erwachsenenbevölkerung haben 81,6 % der Studienteilnehmer mitgeteilt, zwischen sechs und acht Stunden pro Nacht zu schlafen (Schlack et al. 2013).

Neben der Schlafdauer kennzeichnen weitere Aspekte wie Schlaftiefe, Schlafqualität und Schlafenszeit einen gesunden Schlaf (Hirshkowitz et al. 2015a). 30,3 % der Teilnehmer der Studie von Schlack et al. (2013) haben angegeben, mindestens dreimal pro Woche an Ein- und/oder Durchschlafstörungen zu leiden und zwar 23,0 % an Durchschlafstörungen und 11,1 % an Einschlafstörungen. In den USA klagen 46 % über Ein- und/oder Durchschlafstörungen im letzten Monat. Lediglich 33 % schätzen dort ihre Schlafqualität als gut und bereits 46 % als mittelmäßig oder schlecht ein (American Psychological Association 2016).

In Deutschland haben deshalb 5,7 % der Teilnehmer in der Studie von Schlack et al. (2013) auf Schlafmittel zurückgegriffen. Dabei ist ein auffälliger Verordnungsrückgang

[1] Aufgrund besserer Lesbarkeit wird von der gleichzeitigen Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen abgesehen. Sofern nicht ausdrücklich auf weibliche oder männliche Personen verwiesen wird, sind beide Geschlechter gemeint.

von Hypnotika und Sedativa um fast 80 % seit 1992 von 463 auf 100 Millionen definierte Tagesdosen im Jahr 2015 zu beobachten (Lohse & Müller-Oerlinghausen 2016).

Die wirtschaftliche Belastung durch schlechte Schlafqualität und Schlafstörungen ist beträchtlich (Daley et al. 2009; Rosekind et al. 2010; Kessler et al. 2011). Schlafprobleme führen zu vermehrter krankheitsbedingter Abwesenheit am Arbeitsplatz (Rahkonen et al. 2012) und reduzieren die Wahrscheinlichkeit der Rückkehr zur Arbeit nach dieser (Åkerstedt et al. 2010; Salo et al. 2010). Im Gegensatz dazu werden Schlafstörungen gemäß Gesundheitsreport 2017 aber nur selten als Ursache einer Arbeitsunfähigkeit dokumentiert. Demnach spielen sie im Arbeitsunfähigkeitsgeschehen eine geringe Rolle (Marschall et al. 2017). Langfristig erhöhen sie aber das Risiko für Berufsunfähigkeit nach einer Erkrankung (Salo et al. 2010) und führen zu vorzeitigem Renteneintritt (Lallukka et al. 2011). Außerdem sind sie mit einem erhöhten Risiko für Arbeitsunfälle assoziiert (Kling et al. 2010; Salminen et al. 2010). Es kann infolge von Schlafstörungen zu Fehlern bei Überwachungs- und Steuertätigkeiten, zu Produktionsfehlern und zum Einschlafen am Steuer von Kraftfahrzeugen kommen (Penzel et al. 2005).

Dawson & Reid (1997) konnten zeigen, dass die Auswirkungen eines 17-stündigen Schlafentzugs auf die Leistungsfähigkeit denen einer 0,05 %-igen Alkoholintoxikation gleich kommt, 24 Stunden entsprechend 0,10 %. Schlafprobleme spielten nach behördlichen Untersuchungsergebnissen beispielsweise 1979 beim nuklearen Unfall auf Three Mile Island (U. S. Nuclear Regulatory Commission 1979), 1986 bei der Explosion des Space Shuttles Challenger (Presidential Commission 1986) und 1989 bei der Strandung des Öltankers Exxon Valdez (National Transportation Safety Board 1990) nachweislich eine entscheidende Rolle. Im medizinischen Sektor sind unter anderem folgende Beobachtungen gemacht worden: Nach einer Nachtschicht haben Chirurgen bei simulierten laparoskopischen Aufgaben bis zu doppelt so viele Fehler gemacht und signifikant länger für die Ausführung der Aufgaben gebraucht als nach einer Nacht mit Schlaf (Grantcharov et al. 2001; Eastridge et al. 2003). Assistenzärzte im ersten Ausbildungsjahr machen 35,9 % mehr ernsthafte medizinische Fehler, wenn sie regelmäßig Schichten von 24 Stunden und mehr arbeiten und unter Schlafmangel leiden, als wenn die individuelle Schichtdauer auf 16 Stunden begrenzt ist (Landrigan et al. 2004).

Diese Beispiele aus dem Erwerbsleben illustrieren den Stellenwert von ausreichendem Schlaf und ausreichender Schlafqualität für die Arbeitswelt. Im Rahmen dieser Arbeit sollen die Auswirkungen schlechter Schlafqualität auf die Herzratenvariabilität (HRV) als Parameter der vegetativen Aktivierung unter Berücksichtigung weiterer potenzieller Einflussfaktoren untersucht werden.

1.1 Schlaf

1.1.1 Schlafphysiologie

Funktionen

Bereits seit der Antike befasst sich die Wissenschaft mit der Funktion des Schlafes (Barbera 2008). Schlaf hat nach Birbaumer & Schmidt (2010) die biologische Funktion der Energieerhaltung, der Regeneration von Körperfunktionen und der Konsolidierung von Gedächtnis und Kreativität. Dabei handelt es sich um einen aktiv regulierten Prozess mit schlafspezifischer Genexpression (Cirelli et al. 2004; Hobson 2005). Es kommt zur Reorganisation neuronaler Strukturen (Yang et al. 2014). Schlaf sorgt für eine Verbesserung der Beseitigung während des Wachzustands akkumulierter potentiell neurotoxischer Abfallprodukte im Gehirn (Xie et al. 2013) und der Energieverbrauch ist reduziert (Jung et al. 2010).

Schlafarchitektur (Schlafstadien)

Der ultradiane Schlafzyklus besteht aus Non-Rapid Eye Movement (NREM)-Schlaf und Rapid Eye Movement (REM)-Schlaf. Definiert werden die Stadien durch die Unterschiede in der bioelektrischen Aktivität des Gehirns im Elektroenzephalogramm (EEG) und das Vorhandensein von Rapid Eye Movements (Parmeggiani 2011).

In der ursprünglichen Einteilung nach Rechtschaffen & Kales (1968) wurde der NREM-Schlaf in zwei Leichtschlafstadien und zwei Tiefschlafstadien unterteilt, bezeichnet als N1 – N4. Die American Academy of Sleep Medicine (AASM) fasste 2007 die beiden Tiefschlafphasen (N3 und N4) zu einer zusammen (N3). N1 entspricht dem leichten Schlaf der Übergangsphase zwischen Wachheit und Schlaf, N2 wird insbesondere durch sogenannte Schlafspindeln und K-Komplexe (spezifische Wellenformen im EEG) charakterisiert und N3 entspricht dem Tiefschlaf und wird aufgrund der kennzeichnenden Delta-Wellen auch Slow-Wave Sleep genannt (Iber et al. 2007).

Der REM-Schlaf (Aserinsky & Kleitman 1953) ist neben einem desynchronisierten Muster im EEG durch schnelle ruckartige Augenbewegungen sowie durch Anstieg der vegetativen Funktionsparameter und ihrer Variabilität gekennzeichnet. Beispielsweise steigen Blutdruck, Herzschlagfrequenz (Hf) und Atemfrequenz an und es kommt zur Muskelatonie der Skelettmuskulatur. Die Periodendauer eines NREM-REM-Zyklus, das heißt N1 – N2 – N3 – N2 – REM, beträgt etwa 90 Minuten (Kleitman 1987; Birbaumer & Schmidt 2010).

Zirkadianer Rhythmus

Fast alle physiologischen und psychologischen Prozesse werden durch eine zirkadiane Rhythmik modifiziert. Der vom Menschen am stärksten wahrgenommene ist der Schlaf-Wach-Rhythmus (Birbaumer & Schmidt 2010). Schlaf ist eine Sequenz aus Verhaltensstadien als Antwort auf einen neuro-humoralen Uhr-Mechanismus, der durch verschiedene endogene Zeitgeber wie Nahrungsaufnahme, Erschöpfung, Körpertemperatur sowie instinktive Antriebe und exogene Zeitgeber wie Hell-Dunkel-Zyklus, Umgebungstemperatur, Nahrung, Jahreszeit und soziale Antriebe beeinflusst wird (Parmeggiani 2011). Licht wirkt dabei als stärkster Zeitgeber (Birbaumer & Schmidt 2010; Dibner et al. 2010).

Nahezu jede Zelle des Körpers generiert einen eigenen robusten zirkadianen Rhythmus (Balsalobre et al. 1998; Yoo et al. 2004). Der zentrale Taktgeber sind Neurone des Nucleus suprachiasmaticus (SCN) des ventromedialen Hypothalamus (Stephan & Zucker 1972; Ralph et al. 1990), welche die peripheren Rhythmen sowohl untereinander koordinieren als auch mit dem externen Tagesrhythmus synchronisieren (Yamazaki et al. 2000; Liu et al. 2007; Mohawk et al. 2012). Die natürliche intrinsische Periodenlänge des zentralen Taktgebers beim Menschen beträgt im Mittel 24,18 Stunden (Czeisler et al. 1999). Der Chronotyp spiegelt interindividuelle Phasenunterschiede wider (Horne & Östberg 1976). Die individuelle zeitliche Ausprägung des Schlaf-Wach-Rhythmus, wie zum Beispiel Morgentyp, Abendtyp und Normaltyp, hängt von genetischen (Katzenberg et al. 1998; Toh et al. 2001) und umweltbedingten Faktoren (Roenneberg et al. 2003) sowie vom Alter ab (Duffy & Czeisler 2002; Roenneberg et al. 2003).

1.1.2 Schlafpathologie

Überblick

Bis auf wenige Ausnahmen haben alle Schlafstörungen die Gemeinsamkeit, dass sie durch nicht erholsamen Schlaf gekennzeichnet sind (Aldrich 2000). Schlafstörungen bzw. nicht erholsamer Schlaf werden begleitet von Einschränkungen der geistigen und körperlichen Leistungsfähigkeit, der Gesundheit und der Teilhabe am sozialen und beruflichen Leben. Leitsymptome sind Insomnie in Form von Ein- und Durchschlafstörungen sowie Hypersomnie in Form von Tagesschläfrigkeit. Dabei ist Tagesschläfrigkeit als Folge des nicht erholsamen Schlafes durch eine Verminderung der zentralnervösen Aktivierung und Einschlafdrang charakterisiert (DGSM 2009).

Es werden 88 diagnostizierbare Schlafstörungen von der AASM unterschieden, die

in der International Classification of Sleep Disorders (ICSD) unter anderem in die sechs Hauptkategorien Insomnien, Schlafbezogene Atmungsstörungen, Hypersomnien zentralen Ursprungs, Zirkadiane Schlaf-Wach-Rhythmus-Störungen, Parasomnien und Schlafbezogene Bewegungsstörungen eingeteilt werden (AASM 2014).

Ursachen

Ein Großteil der schlafmedizinischen Erkrankungen entsteht nach aktuellem Kenntnisstand aus komplexen Wechselwirkungen zwischen einigen bis vielen verschiedenen Genen in Verbindung mit Umweltbedingungen (Epplen 2007).

Ein nicht an den Tag-Nacht-Rhythmus angepasstes Verhalten prädisponiert zum Entstehen von Schlafstörungen. Der bei Schichtarbeit erzwungene Hauptschlaf zu einer Zeit, die nicht der üblichen Schlafzeit entspricht, ist fragmentiert, hat zu wenige Tiefschlafanteile oder ist zu kurz (Penzel et al. 2005). Hinzu kommt, dass schlechte Schlafqualität mit unregelmäßigem Lebensstil (zum Beispiel häufig wechselnde Arbeitszeiten) und niedriger individueller Arbeitszeitkontrolle assoziiert ist (Monk et al. 2003; Kubo et al. 2013, 2016).

Ungenügende Schlafhygiene, schlafbeeinflussende Substanzen und Suchterkrankungen machen weitere Risikofaktoren aus (Penzel et al. 2005). Weiterhin müssen psychiatrische und organische Erkrankungen mit in die Differentialdiagnose von Schlafstörungen einbezogen werden bzw. können diese verursachen (DGSM 2009). Beispiele für organische Erkrankungen sind chronisch obstruktive Lungenerkrankung, gastroösophageale Refluxkrankheit, koronare Herzerkrankung und Morbus Parkinson (Penzel et al. 2005). Auch Erkrankungen der Schilddrüse können zu Schlafstörungen führen. Dabei ist Hypothyreose mit Hypersomnie und Hyperthyreose mit Insomnie assoziiert. Außerdem können aufgrund der anatomischen Nähe raumfordernde Prozesse im Bereich der Schilddrüse schlafbezogene Atmungsstörungen hervorrufen (Peter 2007). Auch postmenopausal bei sinkenden Östrogenspiegeln ist das Risiko für schlafbezogene Atmungsstörungen erhöht (Netzer et al. 2003). Die oft nachgewiesene allgemeine Besserung des Schlafes unter Hormonersatztherapie scheint aber abgesehen von den schlafbezogenen Atmungsstörungen eher eine indirekte Folge der verbesserten Gesamtsymptomatik zu sein (Rodenbeck 2007).

Diagnostik

Basis der Diagnostik von Schlafstörungen ist die schlafmedizinische Anamnese und klinische Untersuchung, die durch verschiedene Fragebögen zur Selbstbeurteilung und

Schlaftagebücher bzw. Schlafprotokolle ergänzt wird (DGSM 2009, 2017). Zu den anerkannten Fragebögen gehören zum Beispiel der Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) zur Beurteilung der subjektiven Schlafqualität (Buysse et al. 1989) und die Epworth Sleepiness Scale (ESS) zur Einschätzung der Tagesschläfrigkeit (Johns 1991) sowie die Regensburg Insomnia Scale (RIS) zur Erfassung der Ausprägung psychologischer Symptome und Schlafparameter einer primären Insomnie (Crönlein et al. 2013).

Als Grundinstrument und Referenz der apparativen schlafmedizinischen Diagnostik gilt die überwachte kardiorespiratorische Polysomnografie (PSG). Gemäß der aktuellen Empfehlungen der AASM sollte sie Aufzeichnungen von EEG, Elektrookulogramm (EOG), Elektromyogramm (EMG), Elektrokardiogramm (EKG), des Atemflusses, der Atmungsanstrengung, der Sauerstoffsättigung, der Körperlage und eine Videometrie beinhalten (Iber et al. 2007; Berry et al. 2016). Zusätzlich können bildgebende Verfahren, klinische Labordiagnostik und nichtapparative sowie apparative Leistungsdiagnostik eingesetzt werden (DGSM 2009, 2017). Zur etablierten apparativen Leistungsdiagnostik zur Evaluierung von Tagesschläfrigkeit gehört der Multiple Sleep Latency Test (MSLT) (Carskadon et al. 1986). Das Potential der Analyse der Herzratenvariabilität (HRV) als zusätzliche Quelle klinisch wichtiger Informationen über Schlafstörungen und Schlafqualität ist bisher noch relativ wenig erschlossen (Stein & Pu 2012).

1.2 Herzschlagfrequenz und Herzratenvariabilität

Die Herzschlagfrequenz (Hf) liefert Informationen über die Beanspruchung des Herzkreislaufsystems als Reaktion auf Belastungen, wobei die Herzratenvariabilität (HRV) zusätzliche Hinweise über die Mechanismen der Herzkreislaufregulation gibt (Hottenrott 2007). Die HRV wird als Ergebnis der Aktivierung unterschiedlicher Regulationsmechanismen des Organismus zur Steuerung der Herzkreislaufhomöostase erachtet (Böckelmann & Seibt 2011; Böckelmann & Sammito 2016). Sie ist wegen der komfortablen nichtinvasiven Mess- und Analysetechnik in der ambulanten und stationären Versorgung sowie in den verschiedenen Forschungsbereichen der Medizin und Naturwissenschaften etabliert (Sammito et al. 2015a, 2016b).

1.2.1 Physiologische Grundlagen und Mechanismen

Unter Ruhebedingungen wird das Herz vom primären Taktgeber, dem Sinusknoten, angetrieben (Isenberg 1990). Auch bei konstanter Belastung ist die Hf einer physiologischen Variabilität unterworfen, die unter anderem das Zusammenwirken der beiden Anteile

des vegetativen Nervensystems zum Ausdruck bringt. Es führt mit seinem parasympathischen Anteil über die Freisetzung von Acetylcholin zu einer Erhöhung und mit seinem sympathischen Anteil über die Freisetzung von Noradrenalin zu einer Verringerung der HRV (Domniak 1990). Die autonome Modulation der Hf durch Sympathikus und Parasympathikus wird primär über den Sinusknoten herbeigeführt (Isenberg 1990). In Ruhe und bei geringer Belastung überwiegt die parasympathische Steuerung gegenüber der sympathischen (Gramann & Schandry 2009), was mit einer höheren Variabilität des Herzrhythmus assoziiert ist (Sammito et al. 2015a, 2016b).

Die autonome Aktivität kann insbesondere durch die Analyse rhythmischer Schwankungen der Herzschläge quantifiziert werden. Schnelle Veränderungen der Hf mit einer Zyklusdauer von ungefähr 2 bis 7 Sekunden sind eng mit der Atmung verknüpft und entsprechen der respiratorischen Sinusarrhythmie, wobei diese hochfrequenten Schwankungen fast ausschließlich über den Parasympathikus beeinflusst werden. Langsame Schwankungen mit einer Zyklusdauer von etwa 10 Sekunden werden hingegen sowohl durch Sympathikus als auch Parasympathikus moduliert (Berntson et al. 1997). Die unterschiedlichen Parameter der HRV helfen, das Zusammenwirken von Sympathikus und Parasympathikus bei der Regulierung und Steuerung des Herzkreislaufsystems bei verschiedenartigen Anforderungen darzustellen (Böckelmann & Sammito 2016).

1.2.2 Analyseverfahren

Wichtige Größen, die die Hf beschreiben, sind die Parameter Mean Heart Rate (HR), Max HR und Min HR. Aus der Differenz von Mean HR des Tages und Mean HR des Schlafes erhält man den Parameter Dynamik A und aus der Differenz von Max HR und Min HR den Parameter Dynamik B (Lohninger 2017).

Die HRV beinhaltet eine große Anzahl von mathematisch berechneten Parametern (siehe Tabelle 1 in Unterabschnitt 3.4.4 für eine Auswahl der in dieser Arbeit verwendeten Parameter), welche die Varianz, Rhythmik oder Komplexität einer Zeitreihe von aufeinander folgenden Herzaktionen kennzeichnen. Diese werden als Normal-to-Normal-Intervall (NN) bzw. R-Peak-to-R-Peak-Intervall (RR) im EKG bezeichnet. Üblicherweise wird die R-Zacke anstelle der P-Welle im EKG als Zeichen der Aktivität des Sinusknotens wegen der besseren Erfassung im Rahmen der automatischen Detektierung genutzt und die zeitliche Änderung des Abstandes zwischen zwei aufeinanderfolgenden R-Zacken als HRV definiert (Böckelmann & Sammito 2016). Für die HRV-Analyse ist eine als „Beat-to-beat-Aufzeichnung“ bezeichnete Methode mit Erfassung aller Herzaktionen und hoher Abtastrate sinnvoll, im Idealfall 1000 Hz, um die Abstände zwischen den

einzelnen Herzaktionen mit hoher zeitlicher Präzision zu erfassen (Sammito et al. 2015a, 2016b). EKG-Aufnahmen mit mehr als 1 % ventrikulärer bzw. supraventrikulärer Extrasystolen sollten angesichts der scheinbaren Erhöhung der HRV kritisch beurteilt werden (Sammito & Böckelmann 2014).

Die etablierten Analysemethoden der HRV unterteilen sich in Methoden des Zeitbereichs, des Frequenzbereichs und der nichtlinearen Analyse (Task Force ESC/NASPE 1996; Sammito et al. 2015a, 2016b).

Die Methoden des Zeitbereichs können in statistische und geometrische Verfahren eingeteilt werden. Bei den statistischen Methoden werden die NN-Intervalle mathematisch in Bezug auf ihre Varianz untersucht, während bei den geometrischen Methoden die HRV zum Beispiel mithilfe von HRV-Dreiecksindizes und dreieckigen bzw. dreischenkligen Interpolationen des NN-Intervall-Balkendiagramms bewertet wird (Billman 2011). Wichtige statistische Größen der HRV sind die Parameter Mean RR, Standard Deviation of NN Intervals (SDNN), Root Mean Square of Successive Differences (RMSSD), Proportion of NN50 divided by total number of NN (pNN50) und Coefficient of Variation (CV), wichtige geometrische Größen die Parameter HRV Triangular Index (HRV Tri Index) und Triangular Interpolation of NN Interval Histogramm (TINN) (Böckelmann & Sammito 2016). Eine weitere interessante geometrische Größe ist der aus der russischen Weltraummedizin stammende Stress Index (SI) (Baevsky et al. 1984; Baevsky & Chernikova 2017). Soll die parasympathische Aktivität beurteilt werden, ist der Parameter RMSSD der Parameter der Wahl, ist die Gesamtvariabilität der Herzschlagfolge von Interesse der Parameter SDNN (Böckelmann & Sammito 2016). Da mit zunehmender Aufnahmedauer die HRV-Messwerte der zeitbezogenen Parameter ansteigen, sollten bei Vergleichen ähnliche Aufzeichnungsdauern bzw. ähnliche Anzahlen an ausgewerteten NN-Intervallen verwendet werden (Sammito & Böckelmann 2015).

Neben weiteren Verfahren zählen zu den Methoden des Frequenzbereichs die Fast Fourier-Transformation (FFT) und die Autoregression (AR) (Burr & Cowan 1992). Im Kontext einer Spektralanalyse werden die rhythmischen und nicht rhythmischen Änderungen der NN-Zeitreihen in frequenzabhängige Oszillationen überführt. Es wird hierdurch ermöglicht, die NN-Intervallreihen und die periodischen Oszillationen des Herzschlages in unterschiedliche Amplituden und Frequenzen aufzuspalten, die verschiedenartige physiologische Regelsysteme bzw. Prozesse abbilden (Rüdiger et al. 1999). Während Oszillationen im Ultra Very Low Frequency (ULF)-Band, entspricht $< 0{,}003$ Hz, Schlaf-Nacht-Rhythmik und behaviorale Komponenten bzw. das tägliche Aktivitätsprofil widerspiegeln (Esperer 2004), stehen die Schwingungen im Very Low Frequency (VLF)-Band, entspricht $0{,}003 - 0{,}04$ Hz, in Verbindung mit der vasomotorischen Komponente

der Thermoregulation und eventuell dem Renin-Angiotensin-Aldosteron-System (Taylor et al. 1998; Esperer 2004). Das Low Frequency (LF)-Band, entspricht $0{,}04 - 0{,}15$ Hz, ist mit Einflüssen des Parasympathikus sowie des Sympathikus assoziiert und gibt die über den Baroreflex vermittelten und infolge von Schwankungen des arteriellen Blutdrucks resultierenden Wirkungen auf das Muster der Hf wieder (Billman 2013). Es dominiert dabei vermutlich der Anteil des Parasympathikus (Randall et al. 1991; Billman 2013; Böckelmann & Sammito 2016). Das High Frequency (HF)-Band, entspricht $0{,}15 - 0{,}40$ Hz, reflektiert die parasympathische Aktivität (Task Force ESC/NASPE 1996) und steht in Verbindung mit der Kurzzeitadaption der Hf an den Atemrhythmus (Böckelmann & Sammito 2016). Die sympatho-vagale Balance kann mithilfe der LF/HF-Ratio beurteilt werden, wobei der Quotient bei Aktivierung des Sympathikus ansteigt, eine genaue Zuordnung wegen noch nicht endgültig aufgeklärter physiologischer Mechanismen aber nicht eindeutig möglich ist (Böckelmann & Sammito 2016).

Die Methoden der nichtlinearen Analyse geben im Gegensatz zu den Methoden des Zeit- und Frequenzbereichs nicht die Stärke der HRV wieder, sondern erfassen eher qualitative Aspekte der NN-Intervallreihe (Mäkikallio et al. 2002). Unter anderem zählen hierzu der Poincaré-Plot und die Detrended Fluctuation Analysis (DFA). Die aufeinanderfolgenden NN-Intervalle werden beim Poincaré-Plot als Koordinatenpaare jeweils einander folgender NN-Intervalle grafisch abgebildet und stellen sich so in charakteristischen Formen dar. Wichtige Größen sind hier die Parameter SD1 und SD2. In der DFA wird zur Untersuchung der NN-Intervalle eine Quantifizierung von Langzeitkorrelationen vorgenommen. Es wird hierbei ermittelt, in welchem Ausmaß eine Zeitreihe korreliert und inwiefern quantitativ fraktale Korrelationen in nicht-stationären Signalen vorhanden sind. Diese Methode gibt die Möglichkeit, die zufällige Variabilität von der aus physiologischen Prozessen entstehenden Variabilität zu unterscheiden. Die Parameter Alpha 1 und Alpha 2 sind hier die wichtigsten Größen (Böckelmann & Sammito 2016).

1.2.3 Einflussfaktoren

Unabhängig von der unmittelbaren Belastung wird die HRV durch eine große Anzahl an beeinflussbaren und nicht beeinflussbaren physiologischen und äußeren Faktoren moduliert, die bei der Beurteilung der HRV eine wichtige Rolle spielen (Sammito et al. 2015a, 2016b; Sammito & Böckelmann 2016).

Neben Alter (Voss et al. 2012; Abhishekh et al. 2013), Geschlecht (Kuo et al. 1999; Abhishekh et al. 2013) und Ethnienzugehörigkeit (Hill et al. 2015) gehört der zirkadiane Rhythmus zu den physiologischen nicht beeinflussbaren Faktoren, die Einfluss auf

die HRV haben. Dabei ist die HRV in der Nacht bei Dominanz des Parasympathikus erhöht und am Tag bei Dominanz des Sympathikus reduziert (Bonnemeier et al. 2003; Vandeput et al. 2012; Sammito et al. 2016a).

Zahlreiche Krankheiten wie beispielsweise Herzkreislauferkrankungen (Guzzetti et al. 2001; Virtanen et al. 2003; Kuch et al. 2004), psychische Erkrankungen (Dauphinot et al. 2012; Pittig et al. 2013; Sammito et al. 2015b) und Stoffwechselerkrankungen (Singh et al. 2000; Koskinen et al. 2009) haben einen Einfluss auf die HRV, wobei diese bei erkrankten Personen in der Regel niedriger als bei gesunden ist (Sammito & Böckelmann 2016).

Beeinflussbare Faktoren mit Wirkung auf die HRV sind zum Beispiel sportliche Aktivität bzw. physische Leistungsfähigkeit (Rennie et al. 2003; Tuomainen et al. 2005; Hottenrott et al. 2006), Körpergewicht (Dietrich et al. 2006; Birch et al. 2012) und Rauchen (Cagirci et al. 2009; Dinas et al. 2013). Schichtarbeit und Stress bzw. mentale Anspannung sind weitere wichtige Faktoren mit Auswirkungen auf die HRV. Aufgrund von Schichtarbeit mit Nachtschicht resultiert über eine Aktivierung des Sympathikus und eine Reduzierung des Parasympathikus eine Verminderung der HRV. Hierbei besteht eine Korrelation zwischen Zeitdauer der Schichtarbeit und der Verminderung der HRV (Lindholm et al. 2012; Wehrens et al. 2012). Stress bzw. mentale Anspannung hat über eine Reduzierung des Parasympathikus eine Verminderung der HRV zur Folge (Dishman et al. 2000; Chandola et al. 2010; Clays et al. 2011).

Zusätzlich sind als äußere einwirkende Elemente bei der Beurteilung der HRV Medikamente mit Wirkung auf das autonome Nervensystem bzw. Herzreizleitungssystem zu beachten, beispielsweise Betablocker (Task Force ESC/NASPE 1996).

1.2.4 Anwendung in der Arbeitsmedizin

Die Aktivität des vegetativen Nervensystems kann mithilfe der Aufzeichnung und Analyse der HRV objektiv erfasst werden (Sammito et al. 2016b). Die HRV kann beispielsweise als Beanspruchungsindikator physischer (Cottin et al. 2007; Kaikkonen et al. 2010) und psychischer (Backs et al. 1994; Paas et al. 1994; van Amelsvoort et al. 2000) Belastungen dienen. Insbesondere bei den schwer erfassbaren psychischen Belastungen erlaubt die HRV als Parameter der allgemeinen Aktivierung und Indikator für Verminderungen der Adaptationsfähigkeit Rückschlüsse auf die aufgetretene Belastung (Backs et al. 1994; Paas et al. 1994; van Amelsvoort et al. 2000). Des Weiteren kann die HRV zum Beispiel zur Risikoabschätzung von Herzkreislauferkrankungen (Carnethon et al. 2002; Pober et al. 2004), Bewertung von Präventionsmaßnahmen (Tapanainen et al. 2002) und im

Kontext von Biofeedback-Methoden (Gevirtz & Dalenberg 2008; Sutarto et al. 2013) dienen.

1.3 Herzratenvariabilität und Schlaf

Verschiedene große epidemiologische Studien zeigen, dass eine schlechte Schlafqualität und eine kurze Schlafdauer mit kardiovaskulären Erkrankungen assoziiert ist (Mallon et al. 2002; Meisinger et al. 2007; Laugsand et al. 2011; Li et al. 2014). Ein pathophysiologischer Mechanismus hierfür könnten Veränderungen des autonomen Nervensystems sein. Einige Studien haben diesen Sachverhalt an gesunden Probanden untersucht.

In einer aktuellen Studie von Castro-Diehl et al. (2016) zum Beispiel konnten diese an 527 Probanden zeigen, dass eine kurze Schlafdauer, schlechte Schlafqualität und niedrige Schlafeffizienz mit niedrigen Werten des HF-Bandes der HRV (parasympathische Aktivität) assoziiert ist. Michels et al. (2013) haben in einer Studie an fünf- bis elfjährigen belgischen Kindern herausgefunden, dass eine längere Schlaflatenz ebenfalls zu niedrigeren Werten des HF-Bandes führt. Nächtliches Erwachen, Schlaflatenz, niedrigere Schlafeffizienz und geringe Schlafdauer sind mit einer höheren LF/HF-Ratio (sympathisch/parasympathyische Balance) assoziiert. Auch Jackowska et al. (2012) haben festgestellt, dass gestörte Schlafqualität in einem reziproken Zusammenhang mit der HRV steht.

Eine kurze Schlafdauer korreliert mit einer höheren mittleren Hf (Barnett & Cooper 2008; Rodríguez-Colón et al. 2011) und wie oben beschrieben einer verminderten HRV (Rodríguez-Colón et al. 2011; Michels et al. 2013; Castro-Diehl et al. 2016). Es ist außerdem gezeigt worden, dass eine kurze Schlafdauer mit einer stärkeren Verminderung des HF-Bandes während psychisch belastenden Aufgaben assoziiert ist, nicht jedoch in der Erholungsphase nach diesen Aufgaben (Mezick et al. 2014). Bezüglich Schlafentzug liegen nicht einheitliche Ergebnisse vor. Beispielsweise sind in einer Studie mit einer Stichprobe von 30 gesunden Studierenden verschiedene HRV-Parameter unter chronischem vierwöchigem Schlafentzug während der Prüfungsphase (Takase et al. 2004) und unter akutem 36-stündigem Schlafentzug (Zhong et al. 2005) vermindert gewesen, während Pagani et al. (2009) keine signifikanten Unterschiede der HRV nach einem akuten 24-stündigen Schlafentzug nachweisen konnten.

1.4 Einflussfaktor Psychische Gesundheit

Psychische Belastungen am Arbeitsplatz erweisen sich als eine immer größer werdende Gesundheitsgefährdung (Bauer 2016). Gemäß Gesundheitsreport 2017 der Techniker Krankenkasse ist die Zahl der Fehlzeiten infolge psychischer Störungen verglichen mit anderen Erkrankungen sehr stark angestiegen (Grobe et al. 2017).

Psychische Belastung ist gemäß DIN EN ISO 10075-1 „die Gesamtheit aller erfassbaren Einflüsse, die von außen auf den Menschen zukommen und psychisch auf ihn einwirken“ (Deutsches Institut für Normung 2015), während psychische Beanspruchung „die unmittelbare (nicht langfristige) Auswirkung der psychischen Belastung im Individuum in Abhängigkeit von seinen jeweiligen überdauernden und augenblicklichen Voraussetzungen, einschließlich der individuellen Bewältigungsstrategien“ (Deutsches Institut für Normung 2015) ist. Belastungen im Arbeitsleben entstehen aus den Arbeitsbedingungen, der Arbeitsaufgabe, der Arbeitsorganisation, der sozialen Beziehungen sowie der Arbeitsumgebung. Diese sind per Definition neutral. Die Auswirkungen der psychischen Belastung im Individuum können folglich sowohl zu positiven Anregungs- als auch zu negativen Beeinträchtigungswirkungen führen. Psychische Fehlbeanspruchung resultiert, wenn Arbeitnehmer bei ihrer Arbeit qualitativ und/oder quantitativ unter- oder überfordert werden (Deutsches Institut für Normung 2015; Gemeinsame Deutsche Arbeitsschutzstrategie 2015).

Die Begrifflichkeit der DIN EN ISO 10075-1 baut hauptsächlich auf dem Belastungs-Beanspruchungs-Modell von Rohmert & Rutenfranz (1975) auf, welches von der Annahme ausgeht, dass jeder Arbeitsplatz durch äußere Einflüsse charakterisiert ist, denen die dort arbeitenden Personen in gleicher Weise ausgesetzt sind (Belastung) und auf welche die Betroffenen abhängig von ihren individuellen Fähigkeiten, Eigenschaften und den jeweils ausgewählten Verfahrensweisen bei der Aufgabenbearbeitung unterschiedlich reagieren (Beanspruchung).

Kurzfristige Folgen von psychischer Beanspruchung können zum einen Aufwärmung und Aktivierung bedeuten, zum anderen Ermüdung und ermüdungsähnliche Zustände wie Monotonie und psychische Sättigung sowie Stress. Langfristige Folgen psychischer Beanspruchung können zu Übung, Weiterentwicklung und Wohlbefinden, aber auch zu psychosomatischen Störungen, Burnout und Frühverrentung führen (Joiko et al. 2010).

Die Grundlage hierfür lässt sich anhand des Allostase-Konzepts (Sterling & Eyer 1988) beschreiben. Allostase bedeutet Erreichen von Stabilität durch Änderung. Sie stellt den Vorgang dar, durch den der Körper in vorhersehbaren und unvorhersehbaren Belastungssituationen aktiv durch physiologische und psychologische Änderungen des

Verhaltens seine Stabilität beibehält, zukünftige Belastungen antizipiert und den Organismus entsprechend anpasst (Sterling & Eyer 1988). Herbeigeführt wird Allostase zum Beispiel durch Veränderungen der Funktionen und der Aktivität des neuroendokrinen Systems, des Immunsystems und des autonomen Nervensystems (McEwen 2003).

Als allostatische Last wird die Abnutzung des Körpers und des Gehirns durch chronische allostatische Überaktivität oder Unteraktivität der normalerweise an der Adaption beteiligten physiologischen Systeme aufgrund wiederholter oder chronischer Belastungen definiert. Hieraus können unter anderem psychische Krankheiten resultieren (McEwen & Stellar 1993; McEwen 1998).

1.4.1 Psychische Gesundheit und Schlaf

Psychische Belastungen und Stress führen zu einer vermehrten physiologischen und psychologischen Aktivierung (Selye 1956). Dieser Sachverhalt steht im Gegensatz zur physiologischen und psychologischen Reduzierung der Aktivierung als Hauptcharakteristik von Schlaf (Åkerstedt 2006).

Sozialer Stress verringert die Schlafzufriedenheit (Schulz et al. 2003). Verschiedene Studien konnten außerdem einen Zusammenhang zwischen vermehrtem arbeitsbedingtem psychosozialem Stress und schlechterer Schlafqualität feststellen, so zum Beispiel Kalimo et al. (2000) und Åkerstedt et al. (2002) in Querschnittsstudien sowie De Lange et al. (2009) und Åkerstedt et al. (2012) in prospektiven Studien. Auch selbstempfundene unfaire Behandlung am Arbeitsplatz ist langfristig mit einem erhöhten Risiko für schlechte Schlafqualität assoziiert, wie Elovainio et al. (2009) in einer prospektiven Studie an 3763 Männern und 1446 Frauen zeigen konnten.

Ein Symptom verschiedener psychischer Erkrankungen ist gestörter Schlaf (DGSM 2009; Krystal 2012), darunter Psychosen (Freeman et al. 2009) und Bipolare Störung (Harvey et al. 2005). Einige Schlafprobleme gehören sogar zu den diagnostischen Kriterien bestimmter psychischer Erkrankungen, zum Beispiel von Depression oder posttraumatischer Belastungsstörung (American Psychiatric Association 2013; WHO 2016). Der Zusammenhang zwischen Psyche und Schlaf scheint zudem zum Beispiel bei Depression und Angststörungen bidirektional zu sein (Breslau et al. 1996; Chang et al. 1997). Es konnte gezeigt werden, dass Schlafstörungen das Risiko für das Auftreten von manischen Symptomen (Kaplan et al. 2015), Paranoia (Freeman et al. 2012), Burnout (Elfering et al. 2018), Psychosen (Ruhrmann et al. 2010) und Depression (Buysse et al. 2008) erhöht. Andererseits scheint eine Verbesserung der Störungen des Schlafes zu einer Verminderung der psychischen Störungen zu führen (Freeman et al. 2017).

1.4.2 Psychische Gesundheit und Herzratenvariabilität

Arbeitsbedingter psychosozialer Stress ist mit einem erhöhten Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen assoziiert (Kivimäki et al. 2002; Kuper & Marmot 2003; Kivimäki et al. 2012). Die Herzratenvariabilität (HRV) kann bei den schwer erfassbaren psychischen Belastungen als Indikator für die psychische Beanspruchung dienen (Sammito et al. 2016b).

Arbeitsbedingter psychosozialer Stress ist in einer Studie an 653 gesunden männlichen Probanden mit erhöhten Werten der HRV-Parameter Mean HR und LF/HF-Ratio sowie mit verminderten Werten der Parameter pNN50 und HF assoziiert gewesen, nicht jedoch mit Werten der Parameter SDNN und LF (Clays et al. 2011). Chandola et al. (2008) haben an einer Stichprobe aus männlichen und weiblichen Probanden ebenfalls einen negativen Zusammenhang zwischen arbeitsbedingtem psychosozialem Stress und der HRV gefunden. Daneben existieren Studien, die keinen Zusammenhang zwischen arbeitsbedingtem psychosozialem Stress und der HRV nachweisen konnten (Kageyama et al. 1998; Riese et al. 2004).

Psychische Erkrankungen wie Depressionen (Kemp et al. 2010; Dauphinot et al. 2012), Angststörungen und Panikattacken (Chang et al. 2013; Pittig et al. 2013) oder posttraumatische Belastungsstörungen (Hauschildt et al. 2011; Sammito et al. 2015b) führen in der Regel zu einer Verminderung der HRV.

2 Zielstellung und Arbeitshypothesen

In der vorliegenden Arbeit ist der Frage nachgegangen worden, inwiefern die Herzratenvariabilität (HRV) in Ruhe bzw. im Schlaf als objektiver Indikator des sympatho-vagalen Gleichgewichts die subjektiv eingeschätzte Schlafqualität widerspiegelt. Dabei sind weitere Faktoren wie Tagesschläfrigkeit, soziodemografische und medizinische Aspekte, psychische Gesundheit und arbeitsbezogene Beanspruchungsfolgen mit in die Analyse eingeflossen. Es sind folgende Hypothesen aufgestellt und geprüft worden:

(1) Mit erniedrigter subjektiver Schlafqualität nimmt die HRV signifikant ab, dabei verschiebt sich also das sympatho-vagale Gleichgewicht in Richtung Sympathikus.

(2) Mit erhöhter Tagesschläfrigkeit nimmt die HRV signifikant ab, wobei sich das sympatho-vagale Gleichgewicht in Richtung Sympathikus verschiebt.

(3) Erniedrigte Schlafqualität geht einher mit erhöhter Tagesschläfrigkeit.

(4) Die Anzahl an Apnoen unterscheidet sich je nach subjektiv empfundener Schlafqualität.

(5) Schlechte Schlafqualität geht einher mit einer beeinträchtigten psychischen Gesundheit und einer erhöhten arbeitsbezogenen Beanspruchung.

(6) Es gibt einen negativen Zusammenhang zwischen der HRV und der psychischen Gesundheit sowie der arbeitsbezogenen psychischen Beanspruchung.

3 Probanden und Methoden

3.1 Probanden

In der vorliegenden Untersuchung haben 106 Probanden (52 männlich und 54 weiblich) im Alter von 19 bis 77 Jahren (Durchschnittsalter $41{,}0 \pm 16{,}5$ Jahre) im Zeitraum von September 2015 bis Februar 2017 freiwillig teilgenommen. Die Stichprobe hat sich zum großen Teil aus Arbeitnehmern zusammengesetzt, die sich zur regulären arbeitsmedizinischen Vorsorge in der arbeitsmedizinischen Ambulanz vorgestellt haben und freiwillig bereit gewesen sind, an der Studie teilzunehmen. Darüber hinaus sind Probanden über Bekanntgabe an Gesundheitstagen in Betrieben oder auch über private Kontakte angeworben worden. Die Rekrutierung der Probanden ist zum überwiegenden Teil durch den Promovenden erfolgt.

Der Ethikantrag ist von den Mitgliedern der Ethik-Kommission der Otto-von-Guericke-Universität an der Medizinischen Fakultät und am Universitätsklinikum Magdeburg A. ö. R. unter der Kennziffer 50/16 zustimmend bewertet worden (Anlage A.1).

3.2 Studiendesign

Für die Studienteilnahme sind die Probanden in die arbeitsmedizinische Ambulanz des Bereichs Arbeitsmedizin der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg bestellt worden. In Einzelfällen sind die Probanden zu Hause oder auf der Arbeit aufgesucht worden. Sie haben ein Informationsblatt erhalten und sind zusätzlich mündlich über die Untersuchung aufgeklärt worden. Sowohl beim Rekrutierungsvorgang als auch während der Vorstellung des Studiendesigns ist ihnen ausreichend Zeit eingeräumt worden, Fragen zu stellen. Es ist die schriftliche Einwilligung eingeholt worden und die Probanden haben einen Fragebogen (Anlage A.2) sowie ein Tätigkeitsprotokoll zum Vermerken der Aktivitäten in den folgenden 24 Stunden während des Tragens des EKGs ausgehändigt bekommen. Das EKG (medilog® AR12 PLUS, SCHILLER, Baar, Schweiz) ist angelegt worden und nach etwa 24 Stunden ist der ausgefüllte Fragebogen,

das Protokoll sowie das EKG zurückgegeben worden. Nach klinischer Auswertung des jeweiligen EKGs durch einen Facharzt und der Analyse der HRV durch den Promovenden ist in der Regel ein Auswertungsgespräch durch den Promovenden durchgeführt worden, bei dem das Ergebnis und der Befund dem jeweiligen Probanden ausgehändigt worden sind.

Zur Wahrung der Anonymität im Kontext des Datenschutzes ist jeder Proband mit einer institutsinternen Nummer versehen worden. Die gesammelten Daten aus Fragebögen und 24-Stunden-Elektrokardiogrammen (24-h-EKGs) sind in das Statistik- und Analyse-Programm IBM SPSS Statistics 24, IBM, Armonk, NY, USA eingepflegt und anschließend ausgewertet worden.

3.3 Ein- und Ausschlusskriterien

Um den Einfluss von Schichtarbeit auf die HRV auszuschließen, sind nur Probanden in die Studie eingeschlossen worden, die nicht in Schichtarbeit beschäftigt gewesen sind. Darüber hinaus sind weitere Ausschlusskriterien, die für die HRV-Analyse relevant sind (siehe Sammito et al. (2015a, 2016b)), festgelegt worden, weshalb 22 Probanden von der Auswertung im Rahmen der Fragestellung im Nachhinein ausgeschlossen worden sind:

- Extrasystolen $> 1\,\%$ in der EKG-Gesamtaufnahme ($n = 7$),
- EKG-Aufnahmedauer < 22 Stunden ($n = 0$),
- Einnahme von Medikamenten, die Einfluss auf den Herzrhythmus haben ($n = 6$),
- vom Arzt diagnostizierte Erkrankungen:
  - Diabetes mellitus ($n = 8$),
  - unbehandelte Schilddrüsenerkrankungen und behandelte Schilddrüsenerkrankungen mit Schilddrüsenblutwerten außerhalb des Normbereichs ($n = 7$),
  - kardiale Erkrankungen ($n = 3$),
  - nächtliche Sauerstoffapplikation oder unterstützende maschinelle Ventilationstherapie ($n = 2$),
  - vorbestehende Erkrankungen des zentralen oder peripheren Nervensystems ($n = 0$).

Es sind somit 84 von 106 Probanden unterschiedlicher Berufsgruppen in die statistische Auswertung eingegangen.

3.4 Datenerhebung

Für die Datenerhebung ist ein umfangreicher Fragenkatalog (Anlage A.2) erstellt worden, der neben soziodemografischen und gesundheitsbezogenen Daten, wie den allgemeinen psychischen Gesundheitszustand und arbeitsbezogene Beanspruchungsfolgen, die subjektive Schlafqualität und Tagesschläfrigkeit erfassen sollte. Der im Fragenkatalog ebenfalls enthaltene Fragebogen zur psychischen Belastung (Prüfliste Psychische Belastung) ist nicht Teil dieser Arbeit. Des Weiteren ist ein 24-h-EKG angelegt worden, um die Schlafqualität mithilfe objektiver physiologischer Parameter beurteilen zu können.

3.4.1 Erfassung der soziodemografischen und medizinischen Daten

Die Probanden sollten im ersten Teil des Fragebogens (Anlage A.2) Angaben zu allgemeinen soziodemografischen und medizinischen Themen machen. Neben Fragen zum Alter, Größe und Gewicht (zur Berechnung des Body-Mass-Index (BMI)), Taillenumfang und Hüftumfang (zur Berechnung des Taille-Hüft-Verhältnis (THV)) sind Aspekte aus den Bereichen Zusammenspiel zwischen dem Arbeits- und Privatleben, Gesundheit, Ernährungsgewohnheiten und sportliche Aktivitäten abgefragt worden. Der arterielle systolische Blutdruck (BD sys) und diastolische Blutdruck (BD dias) ist nach einer 3 bis 5-minütigen Ruhephase gemessen worden.

3.4.2 Erfassung der gesundheitsbezogenen Daten

12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12)

Der General Health Questionnaire (GHQ) (Goldberg 1972, 1978) ist entwickelt worden, um den allgemeinen psychischen Gesundheitszustand der Befragten zu evaluieren und eventuelle psychische Störungen zu detektieren. Es gibt verschiedene Versionen des GHQs mit unterschiedlicher Anzahl an Items. In dieser Studie ist der 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12) wegen seiner schnellen Durchführbarkeit verwendet worden. Mithilfe von zwölf Fragen wird der aktuelle Gesundheitszustand des Befragten im Vergleich zu seinem gewöhnlichen Zustand beurteilt. Zur Konkretisierung und Vereinheitlichung des Zeitraums der verwendeten Fragebögen wird, anders als im Original, in dieser Untersuchung nicht von „den letzten *wenigen* Wochen“ gesprochen (Goldberg 1978), sondern wie in Seibt et al. (2011) ein Zeitfenster von „den letzten 4 Wochen“ angegeben. Dabei wird nach kürzlich erlebten dysfunktionalen Symptomen und Verhaltensweisen gefragt. Zur Beantwortung steht eine vierstufige Antwortskala zur Verfügung („besser als üblich“ – „so wie üblich“ – „schlechter als üblich“ – „viel schlechter

als üblich“). Der genaue Wortlaut hängt von der spezifischen Beschaffenheit der Frage ab. Zur Auswertung des GHQs gibt es vier verschiedene Möglichkeiten (Goldberg & Williams 1988). In dieser Studie ist das Likert-Scoring (Antwortskalierung 0 – 1 – 2 – 3 ; Punkteverteilung von 0 bis 36 Punkten) und das von Goldberg et al. (1997) vor allem für den GHQ-12 empfohlene dichotome GHQ-Scoring (Antwortskalierung 0 – 0 – 1 – 1) angewendet worden. Der Summenwert beim GHQ-Scoring liegt zwischen 0 und 12 Punkten, dabei weist ein höherer Summenwert auf eine stärkere Beeinträchtigung der psychischen Gesundheit hin. Der Cut-off-Wert, der als Ausdruck einer gestörten psychischen Gesundheit gilt, hängt von populationsspezifischen Faktoren ab (Üstün & Sartorius 1995; Goldberg et al. 1997, 1998). In Anlehnung an Üstün & Sartorius (1995) ist, wie auch in Linden et al. (1996) und Seibt et al. (2011), in dieser Arbeit beim GHQ-Scoring ein Grenzwert von ≥ 5 Punkten festgelegt worden.

Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS)

Die Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) nach Mohr et al. (2007) wird eingesetzt, um psychische Beanspruchungsfolgen zu beurteilen. Das Konstrukt „Irritation“ wird nach Müller et al. (2004) folgendermaßen definiert: „Irritation ist ein Zustand psychischer Befindensbeeinträchtigung in Folge erlebter Zieldiskrepanz, der sowohl Ruminationen, im Sinne verstärkter Zielerreichungsbemühungen (kognitive Irritation), als auch Gereiztheitsreaktionen im Sinne einer Zielabwehrtendenz (emotionale Irritation) umfasst.“ Es handelt sich dabei um einen psychischen Zustand, der zwischen akutem und chronischem Stresserleben einzuordnen ist und kann als Vorläufer weiterer psychischer Befindensbeeinträchtigungen angesehen werden. Kognitive Irritation (KI) gibt eher Hinweise auf tätigkeitsspezifische Stressoren, während Emotionale Irritation (EI) insbesondere mit sozialen Stressoren verknüpft ist. Die IS besteht aus einem Fragebogen mit acht Items, die vom Probanden auf einer siebenstufigen Likert-Skala einzuordnen sind („trifft überhaupt nicht zu“ – „trifft größtenteils nicht zu“ – „trifft wenig zu“ – „trifft mittelmäßig zu“ – „trifft etwas zu“ – „trifft größtenteils zu“ – „trifft fast völlig zu“ entsprechend 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 Punkten). Die Items basieren im Wesentlichen auf der Übernahme der Aussagen von Industriearbeitern (Mohr 1986). In der Auswertung kann ein Gesamtindex (GI) (Addition der Items 1 – 8) sowie die Subskalen KI (Addition der Items 1, 2, 4) und EI (Addition der Items 3, 5, 6, 7, 8) gebildet werden. Dabei rangiert die Rohwertpunktzahl des GIs zwischen 8 und 56 Punkten, die der Subskala KI zwischen 3 und 21 Punkten und die der Subskala EI zwischen 5 und 35 Punkten. Hohe Werte bedeuten hohe Ausprägungen an Irritation. In

Normtabellen bzw. grafischen Normdarstellungen können die resultierenden Rohwertpunkte in standardisierte altersspezifische Normwerte umgewandelt werden (Mohr et al. 2005, 2007).

3.4.3 Erfassung der subjektiven Schlafqualität und der Tagesschläfrigkeit

Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI)

Der Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) (Buysse et al. 1989) ist ein Selbstbeurteilungsfragebogen zur Erfassung der subjektiven Schlafqualität des letzten Monats. In der deutschen Version wird ein Zeitraum von zwei Wochen verwendet (Riemann & Backhaus 1996). In dieser Untersuchung ist zur Vereinheitlichung des Zeitraums der verwendeten Fragebögen von den letzten vier Wochen die Rede. Der PSQI besteht aus 19 Fragen zur Selbstbeurteilung und fünf Fragen zur Fremdbeurteilung durch einen Partner oder Mitbewohner. Die fünf Fragen zur Fremdbeurteilung gehen nicht in die quantitative Auswertung ein, sondern werden lediglich als klinische Informationen genutzt. Unterschiedliche Faktoren zu gewöhnlichen Schlafzeiten, schlafstörenden Ereignissen, Schlafqualität, Schlafhygiene und Tagesschläfrigkeit werden in den 19 Selbstbeurteilungsfragen erfasst. Sie werden zu sieben Komponenten-Punktzahlen zusammengefasst (Subjektive Schlafqualität, Schlaflatenz, Schlafdauer, Schlafeffizienz, Schlafstörungen, Schlafmittelkonsum, Tagesschläfrigkeit), die jeweils einen Wert von 0 bis 3 Punkten annehmen können. In dieser Arbeit ist zusätzlich explizit nach der Häufigkeit der Störung des Schlafes durch Umgebungsgeräusche („. . . weil es zu laut war?“) gefragt worden. Bei der Auswertung ist, je nachdem wofür die häufigere Angabe gemacht worden ist, entweder die Frage nach Umgebungsgeräuschen oder die Frage nach anderen Gründen als neunter Wert der Komponente Schlafstörungen genutzt worden. Aus der Addition der Komponenten-Punktzahlen ergibt sich die Gesamtpunktzahl, die zwischen 0 und 21 Punkten liegen kann, wobei höhere Werte auf eine verringerte Schlafqualität hinweisen. Der von Buysse et al. (1989) empfohlene Cut-off-Wert zur Unterscheidung zwischen guten und schlechten Schläfern liegt bei > 5 Punkten.

Epworth Sleepiness Scale (ESS)

Die Epworth Sleepiness Scale (ESS) (Johns 1991) ist entwickelt worden, um die individuelle Tagesschläfrigkeit ermitteln zu können. Es handelt sich dabei um eine Selbstbeurteilungsskala, in der die Wahrscheinlichkeit eingeschätzt werden soll, in acht verschiedenen,

unterschiedlich stark einschläfernden, alltäglichen Situationen einzunicken. Auch wenn einige dieser Umstände in der letzten Zeit nicht erlebt worden sind, soll beurteilt werden, wie sich diese ausgewirkt hätten. Während im Original von „der letzten Zeit“ die Rede ist, wird in dieser Untersuchung zur Konkretisierung und Vereinheitlichung des Zeitraums der verwendeten Fragebögen Bezug auf die letzten vier Wochen genommen. Die Antwortskala ist vierstufig („würde niemals einnicken“ – „geringe Wahrscheinlichkeit einzunicken“ – „mittlere Wahrscheinlichkeit einzunicken“ – „hohe Wahrscheinlichkeit einzunicken“ entsprechend 0 – 1 – 2 – 3 Punkten). Die ausgewählten Werte der acht verschiedenen Situationen werden summiert und ergeben einen Wert zwischen 0 und 24 Punkten. Es handelt sich um eine fortlaufende Skala, in der höhere Werte der Gesamtpunktzahl eine höhere Tagesschläfrigkeit anzeigen. Der vom Fragebogenautor ermittelte Cut-off-Wert der Gesamtpunktzahl für erhöhte Tagesschläfrigkeit von > 10 Punkten (Johns 1991; Johns & Hocking 1997) ist für die deutsche Version der ESS bestätigt worden (Bloch et al. 1999; Sauter et al. 2007).

3.4.4 Analyse der Herzratenvariabilität

24-Stunden-Elektrokardiogramm (24-h-EKG)

Das objektive Schlafverhalten ist mithilfe der Interpretation von Parametern der Herzschlagfrequenz (Hf) und Parametern aus der Analyse der Herzratenvariabilität (HRV) sowie dem Apnea Index beurteilt worden. Hierzu sind bei den Probanden 24-h-EKG-Aufnahmen mit Geräten des Typs medilog® AR12 PLUS, SCHILLER, Baar, Schweiz erfolgt. Es handelt sich dabei um 3-Kanal-EKG-Geräte mit automatischer Detektion der R-Zacken, bei denen die Abtastfrequenz auf 1000 Hz eingestellt worden ist. Die Geräte messen außerdem über die Brustwandableitungen die Anzahl und Länge von Apnoe-Ereignissen, aus denen ein Apnea Index berechnet wird. Die Rohdaten sind mit der Aufbereitungssoftware medilog® DARWIN2 Enterprise, SCHILLER, Baar, Schweiz manuell von Artefakten bereinigt und für die HRV-Analyse vorbereitet worden. Für die Berechnung der HRV-Parameter ist das frei verfügbare Programm Kubios HRV version 2.0, University of Eastern Finland, Kuopio, Finnland (Niskanen et al. 2004; Tarvainen et al. 2014) verwendet worden. Nur die Parameter Stress Index (SI) und Coefficient of Variation (CV) sind in Microsoft Excel, Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA mithilfe der Formel des Stress Index:

$$SI = \frac{AMo}{2 \cdot Mo \cdot MxDMn}$$

mit Mo als Modalwert der RR-Intervalle, AMo als Amplitude des Modalwertes und $MxDMn$ als Variationsbreite der RR-Intervalle (Baevsky & Chernikova 2017) und der Formel des Coefficient of Variation:

$$CV = \frac{SDNN}{Mean\ RR} \cdot 100$$

(Böckelmann & Sammito 2016) berechnet worden. Es ist einerseits die Gesamtzeit von 24 Stunden und andererseits ein sechsstündiges Nachtfenster analysiert worden. Je nachdem, wann der Proband sich zur Ruhe gelegt hat, beginnt das Nachtfenster nach Möglichkeit um 23:00 Uhr in Anlehnung an Sammito (2017), nicht jedoch nach 01:00 Uhr. Für Probanden, die während der Aufnahmezeit weniger als sechs Stunden geruht haben oder nach 01:00 Uhr schlafen gegangen sind, ist kein Nachtfenster erstellt worden. Es sind HRV-Parameter aus dem Zeitbereich, Frequenzbereich und nichtlinearen Bereich berechnet worden (Sammito et al. 2015a, 2016b; Baevsky & Chernikova 2017). Dabei sind in Kubios HRV version 2.0 die Standardeinstellungen (Task Force ESC/NASPE 1996; Tarvainen 2014) modifiziert nach Sammito (2016, 2017) angewendet worden. Die in Tabelle 1 dargestellten Hf- und HRV-Parameter sind im Rahmen dieser Arbeit näher betrachtet worden (siehe für die HRV-Parameter Sammito et al. (2015a, 2016b)).

Tab. 1:
Übersicht der untersuchten Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV)

Herzschlagfrequenz (Hf)		
Mean HR [1/min]	Max HR [1/min]†	Min HR [1/min]†
Dynamik A [1/min]†	Dynamik B [1/min]†	

Herzratenvariabilität (HRV)		
Zeitbereich	Frequenzbereich	Nichtlinearer Bereich
Statistische Parameter:	*FFT-Spektrum:*	*Poincaré Plot:*
Mean RR [ms]	LF nu	SD1 [ms]
SDNN [ms]	HF nu	SD2 [ms]
RMSSD [ms]	LF/HF-Ratio	
pNN50 [%]		*Detrended Fluctuation Analysis (DFA):*
CV [%]†		Alpha 1
		Alpha 2
Geometrische Parameter:		
HRV Tri Index		
TINN [ms]		
SI†		

† Parameter, für den nur die Gesamtzeit (24 Stunden) untersucht worden ist.

Für einen Teil der Parameter ist nur die Gesamtzeit (24 Stunden) untersucht worden.

Die Analyse des Frequenzbereichs beschränkt sich in der vorliegenden Arbeit auf das FFT-Spektrum. In der Anlage A.3 werden exemplarisch Teile der 24-h-EKG-Auswertungen inklusive der Ergebnisse der HRV-Analyse der Gesamtzeit (24 Stunden) eines Probanden mit guter und eines Probanden mit schlechter Schlafqualität dargestellt.

3.5 Statistik

Die Aufbereitung der Daten und statistische Auswertung ist mit dem Statistik- und Analyse-Programm IBM SPSS Statistics 24, IBM, Armonk, NY, USA durchgeführt worden. Hierbei ist ein Signifikanzniveau von 5 % festgelegt worden. Die Signifikanzniveaus sind dabei folgendermaßen definiert:

- signifikanter Unterschied ($p < 0{,}05$),
- sehr signifikanter Unterschied ($p < 0{,}01$) und
- hoch signifikanter Unterschied ($p < 0{,}001$).

Signifikante Ergebnisse in Tabellen sind fett dargestellt.

Zunächst ist die deskriptive Statistik durchgeführt worden, in der Mittelwerte und Standardabweichungen (in Tabellen als $MW \pm SD$ angegeben) sowie Mediane und Spannweiten (in Tabellen als *Range* bezeichnet) ermittelt worden sind. Um auf Normalverteilung zu testen, ist der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest genutzt worden. Bei Normalverteilung und intervallskalierten Daten ist als parametrischer Test der Zweistichproben-t-Test für unabhängige Stichproben verwendet worden. Bei ordinalskalierten oder nicht normalverteilten intervallskalierten Variablen ist der Mann-Whitney-U-Test zum Einsatz gekommen. Um der Alphafehler-Kumulierung entgegenzuwirken, ist bei multiplen Mittelwertvergleichen die Bonferroni-Korrektur verwendet worden. Des Weiteren ist der $\tilde{\chi}^2$-Test nach Pearson angewendet worden, um zu testen, ob zwei kategoriale Variablen unterschiedlich verteilt gewesen sind. Bei erwarteten Zellhäufigkeiten ≤ 5 ist hierfür der Exakte Test nach Fisher eingesetzt worden. Darüber hinaus sind mehrfaktorielle Varianzanalysen zur Überprüfung von Interaktionseffekten mehrerer kategorialer Variablen realisiert worden. Für signifikante Haupteffekte sind hier zusätzlich Bonferroni-korrigierte Post-hoc-Tests ausgeführt worden, sofern ein Faktor mehr als zwei Ausprägungen aufgewiesen hat.

Außerdem sind Korrelationsanalysen durchgeführt worden, um Zusammenhänge zwischen wesentlichen Variablen zu ermitteln. Da hierbei jeweils wenigstens eine der korrelierten Variablen nicht normalverteilt oder lediglich ordinalskaliert gewesen ist, ist

hierfür die Rangkorrelation nach Spearman genutzt worden. Die Stärke der Korrelation wird dabei wie folgt interpretiert, wobei ein negativer Korrelationskoeffizient einen gegenläufigen Zusammenhang anzeigt:

- sehr geringe Korrelation ($r < 0{,}2$),
- geringe Korrelation ($r < 0{,}5$),
- mittlere Korrelation ($r < 0{,}7$),
- hohe Korrelation ($r \leq 0{,}9$) und
- sehr hohe Korrelation ($r > 0{,}9$).

4 Ergebnisse

4.1 Soziodemografische und medizinische Angaben sowie Einteilung der Gruppen

Nach Nichtberücksichtigung der Ergebnisse von 22 Probanden aufgrund der Ausschlusskriterien (siehe Abschnitt 3.3) sind 84 Probanden (Durchschnittsalter $37{,}3 \pm 15{,}6$ Jahre, *Median* 33 Jahre, *Spannweite* $19 - 71$ Jahre) in die Auswertung eingegangen. Darunter sind 42 weibliche und 42 männliche Probanden gewesen, wobei die weiblichen Teilnehmer im Durchschnitt $38{,}2 \pm 14{,}5$ Jahre (*Median* 38,5 Jahre, *Spannweite* $20 - 71$ Jahre), die männlichen Teilnehmer $36{,}4 \pm 16{,}7$ Jahre (*Median* 28 Jahre, *Spannweite* $19 - 71$ Jahre) alt gewesen sind.

Anhand des Resultats im Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) (siehe Abschnitt 4.2) sind die Probanden in die beiden Gruppen „Gute Schläfer“ und „Schlechte Schläfer“ nach Buysse et al. (1989) eingeteilt worden. Diese Gruppeneinteilung wird der Studie zu Grunde gelegt. Abbildung 1 zeigt die geschlechtsspezifische Verteilung.

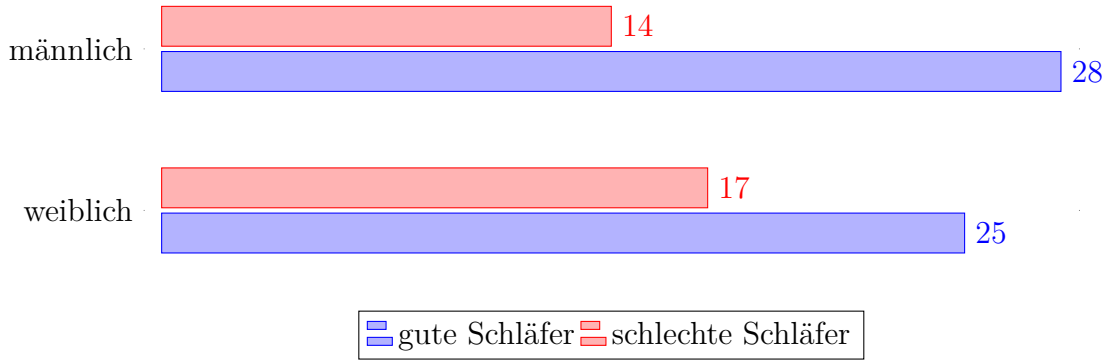


Abb. 1:
Geschlechtsspezifische Probandenverteilung in den beiden Gruppen

Die Gruppe der guten Schläfer hat sich zu 52,8 % aus männlichen und zu 47,2 % aus weiblichen Probanden, die Gruppe der schlechten Schläfer zu 45,2 % aus männlichen und zu 54,8 % aus weiblichen Probanden zusammengesetzt. Es besteht eine vergleichbare

Verteilung beider Gruppen (gute Schläfer und schlechte Schläfer) in beiden Geschlechtsgruppen ($p_{\tilde{\chi}^2}$= 0,498).

Zunächst ist geprüft worden, ob sich die soziodemografischen und medizinischen Angaben zwischen beiden Gruppen (gute Schläfer und schlechte Schläfer) voneinander unterscheiden (Tabelle 2). Es hat keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen hinsichtlich der soziodemografischen und medizinischen Angaben gegeben.

Tab. 2:
Vergleich der soziodemografischen und medizinischen Angaben beider Gruppen

	Gute Schläfer ($n = 53$)	Schlechte Schläfer ($n = 31$)	Gesamt ($n = 84$)	Signifikanz
	$MW \pm SD$ *Median* (*Range*)	$MW \pm SD$ *Median* (*Range*)	$MW \pm SD$ *Median* (*Range*)	p-Wert
Alter [Jahre]	$35{,}2 \pm 14{,}3$ 29 (19 – 64)	$40{,}9 \pm 17{,}2$ 47 (19 – 71)	$37{,}3 \pm 15{,}6$ 33 (19 – 71)	0,195
BMI [kg/m^2]	$24{,}37 \pm 3{,}94$ 23,46 (17,63 – 38,57)	$24{,}84 \pm 4{,}20$ 24,13 (19,33 – 34,36)	$24{,}55 \pm 4{,}02$ 23,89 (17,63 – 38,57)	0,680
THV	$0{,}88 \pm 0{,}11$ 0,89 (0,68 – 1,29)	$0{,}89 \pm 0{,}11$ 0,88 (0,70 – 1,20)	$0{,}89 \pm 0{,}11$ 0,89 (0,68 – 1,29)	0,637
BD sys [mmHg]	$125{,}9 \pm 10{,}8$ 125 (90 – 158)	$124{,}4 \pm 15{,}6$ 121 (99 – 167)	$125{,}3 \pm 12{,}7$ 124 (90 – 167)	0,164
BD dias [mmHg]	$79{,}3 \pm 8{,}7$ 80,5 (60 – 105)	$78{,}8 \pm 11{,}0$ 78 (57 – 102)	$79{,}1 \pm 9{,}6$ 79 (57 – 105)	0,415
Sport [Mal/Woche]	$2{,}3 \pm 1{,}9$ 2 (0 – 6)	$1{,}8 \pm 2{,}0$ 1 (0 – 8)	$2{,}1 \pm 2{,}0$ 2 (0 – 8)	0,251
Sport [Jahre]	$12{,}0 \pm 12{,}2$ 10 (0 – 45)	$8{,}7 \pm 8{,}9$ 6 (0 – 30)	$10{,}8 \pm 11{,}1$ 10 (0 – 45)	0,357

p-Wert: Zweistichproben-t-Test bzw. Mann-Whitney-U-Test

Die Probanden beider Gruppen sind gemäß BMI-Klassifizierung nach WHO (2000) durchschnittlich normalgewichtig (entspricht 18,50 kg/m^2 – 24,99 kg/m^2) gewesen. In der durch die WHO (2011) empfohlenen geschlechtsspezifischen THV-Risikoeinschätzung (Männer erhöht ab $\geq 0{,}90$; Frauen erhöht ab $\geq 0{,}85$) haben die männlichen Probanden in beiden Gruppen im Mittel ein erhöhtes THV gehabt (Gruppe der guten Schläfer $0{,}94 \pm 0{,}09$; Gruppe der schlechten Schläfer $0{,}95 \pm 0{,}07$), die weiblichen Probanden in der Gruppe der guten Schläfer ein unauffälliges THV ($0{,}82 \pm 0{,}08$) und in der Gruppe der schlechten Schläfer ein erhöhtes THV ($0{,}85 \pm 0{,}11$), wobei diese Unterschiede in beiden Vergleichen nicht signifikant gewesen sind ($p = 0{,}519$ bzw. $p = 0{,}359$).

Die Probanden haben gemäß ESH/ESC (2013) durchschnittlich einen normalen arteri-

ellen systolischen Blutdruck (BD sys) (entspricht 120 mmHg − 129 mmHg) sowie einen optimalen arteriellen diastolischen Blutdruck (BD dias) (entspricht < 80 mmHg) gehabt (vgl. Tabelle 2).

In der Angabe der Tätigkeit und des allgemeinen Raucherstatus hat sich jeweils keine signifikant unterschiedliche Verteilung ergeben ($p_{\tilde{\chi}^2}$= 0,424 bzw. $p_{\tilde{\chi}^2}$= 0,596). Dabei haben 1 Proband aus der Gruppe der guten Schläfer und 1 Proband aus der Gruppe der schlechten Schläfer keine Angaben zum Raucherstatus gemacht. In Tabelle 3 sind die jeweiligen Anzahlen absolut und prozentual für die beiden Gruppen und die Gesamtstichprobe mit entsprechendem Signifikanzniveau dargestellt.

Tab. 3:
Vergleich weiterer soziodemografischer Angaben beider Gruppen

		Gute Schläfer	Schlechte Schläfer	Gesamt	Signifikanz
		Anzahl (%)			p-Wert
Tätigkeit	vorwiegend geistig	40 (75,5)	23 (74,2)	63 (75,0)	0,424‡
	vorwiegend körperlich	5 (9,4)	1 (3,2)	6 (7,1)	
	körperlich und geistig	8 (15,1)	6 (19,4)	14 (16,7)	
	Rentner	0 (0,0)	1 (3,2)	1 (1,2)	
Raucher-status	ehemalig	8 (15,4)	7 (23,3)	15 (18,3)	0,596‡
	aktuell	4 (7,7)	1 (3,3)	5 (6,1)	
	Nichtraucher	40 (76,9)	22 (73,3)	62 (75,6)	

p-Wert: $\tilde{\chi}^2$-Test nach Pearson ‡ Exakter Test nach Fisher, da erwartete Zellhäufigkeiten ≤ 5

Auch in Bezug auf die Anzahl an Packungsjahren (py) hat keine signifikant unterschiedliche Zusammensetzung der beiden Gruppen bestanden. Während in der Gruppe der guten Schläfer 12 Probanden (23,1 %) die Angabe gemacht haben, aktueller oder ehemaliger Raucher zu sein mit einer mittleren Dosis von 10,5 py ± 9,5 py, sind es in der Gruppe der schlechten Schläfer 8 Probanden (26,6 %) mit einer mittleren Dosis von 17,5 py ± 12,9 py gewesen ($p = 0{,}198$).

Probanden mit behandelten Schilddrüsenerkrankungen mit Schilddrüsenblutwerten innerhalb des Normbereichs sind nicht aus der Auswertung ausgeschlossen worden. In der Gruppe der guten Schläfer hat dies auf 1 Probanden (1,9 %) zugetroffen, in der Gruppe der schlechten Schläfer auf 5 Probanden (16,1 %) ($p_{\tilde{\chi}^2,\ \text{Exakter Test nach Fisher}}$= 0,024).

4.2 Schlafqualität

Zur Untersuchung der Schlafqualität und zur Einteilung der Probanden ist der Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) genutzt worden. Dieser setzt sich aus den sieben

Komponenten subjektive Schlafqualität, Schlaflatenz, Schlafdauer, Schlafeffizienz, Schlafstörungen, Schlafmittelkonsum und Tagesschläfrigkeit zusammen, die jeweils einen Wert von 0 bis 3 Punkten annehmen können (Details hierzu im Unterabschnitt 3.4.3). Der von Buysse et al. (1989) empfohlene Cut-off-Wert für den PSQI zur Unterscheidung zwischen guten und schlechten Schläfern liegt bei > 5 Punkten. In Tabelle 4 sind die erreichten mittleren Gesamtpunktzahlen und Komponentenpunktzahlen beider Gruppen abgebildet. Da die erzielte Gesamtpunktzahl zur Einteilung der beiden Gruppen verwendet worden ist, wird dem hier dargestellten p-Wert keine große Bedeutung beigemessen.

Tab. 4:
Erreichte Gesamtpunktzahlen und Komponentenpunktzahlen im Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) beider Gruppen

	Gute Schläfer ($n = 53$)	Schlechte Schläfer ($n = 31$)	Gesamt ($n = 84$)	Signifikanz
	$MW \pm SD$ $Median$ $(Range)$	$MW \pm SD$ $Median$ $(Range)$	$MW \pm SD$ $Median$ $(Range)$	p-Wert
Gesamtpunktzahl PSQI	$3{,}5 \pm 1{,}3$ 4 $(0-5)$	$9{,}0 \pm 2{,}6$ 8 $(6-14)$	$5{,}5 \pm 3{,}3$ 5 $(0-14)$	**<0,001**
Subjektive Schlafqualität	$0{,}83 \pm 0{,}47$ 1 $(0-2)$	$1{,}61 \pm 0{,}56$ 2 $(1-3)$	$1{,}12 \pm 0{,}63$ 1 $(0-3)$	**<0,001**
Schlaflatenz	$0{,}58 \pm 0{,}50$ 1 $(0-1)$	$1{,}58 \pm 0{,}93$ 1 $(0-3)$	$0{,}95 \pm 0{,}84$ 1 $(0-3)$	**<0,001**
Schlafdauer	$0{,}32 \pm 0{,}51$ 0 $(0-2)$	$1{,}58 \pm 0{,}96$ 2 $(0-3)$	$0{,}79 \pm 0{,}94$ 1 $(0-3)$	**<0,001**
Schlafeffizienz	$0{,}13 \pm 0{,}40$ 0 $(0-2)$	$1{,}29 \pm 1{,}11$ 1 $(0-3)$	$0{,}56 \pm 0{,}93$ 0 $(0-3)$	**<0,001**
Schlafstörungen	$0{,}92 \pm 0{,}34$ 1 $(0-2)$	$1{,}35 \pm 0{,}49$ 1 $(1-2)$	$1{,}08 \pm 0{,}45$ 1 $(0-2)$	**<0,001**
Schlafmittelkonsum	0 ± 0 0 $(0-0)$	$0{,}26 \pm 0{,}73$ 0 $(0-3)$	$0{,}10 \pm 0{,}46$ 0 $(0-3)$	**0,008**
Tagesschläfrigkeit	$0{,}72 \pm 0{,}61$ 1 $(0-2)$	$1{,}35 \pm 0{,}84$ 1 $(0-3)$	$0{,}95 \pm 0{,}76$ 1 $(0-3)$	**<0,001**

p-Wert: Mann-Whitney-U-Test Signifikanz: $p < 0{,}05$ fett dargestellt

Die absoluten Häufigkeiten der im PSQI erreichten Gesamtpunktzahlen der Gesamtstichprobe zeigt Abbildung 2. Die Punktzahl kann hier zwischen 0 und 21 Punkten liegen, wobei in der untersuchten Stichprobe Werte zwischen 0 und 14 Punkten erreicht worden sind.

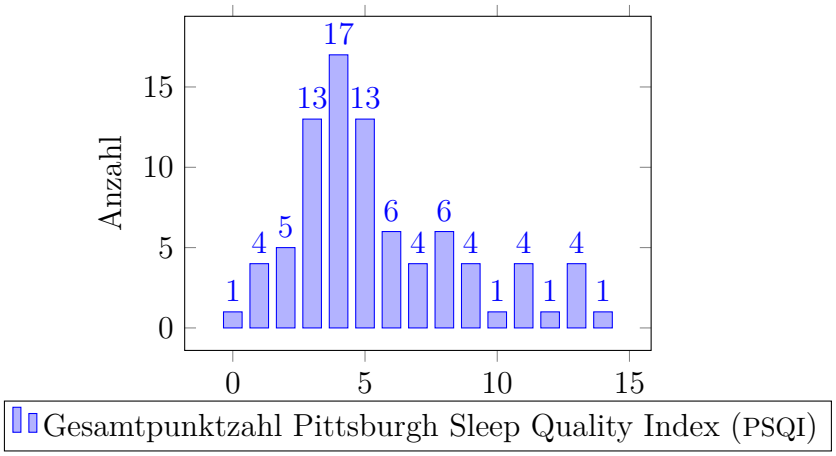


Abb. 2:
Verteilung der im Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) erreichten Gesamtpunktzahlen der Gesamtstichprobe

Die Probanden der Gruppe der guten Schläfer haben durchschnittlich 12:13 min ± 07:55 min gebraucht, um nachts einzuschlafen (*Median* 10 min, *Spannweite* 2 – 45 min) und haben 07:17 h ± 00:50 h pro Nacht tatsächlich geschlafen. Die Probanden der schlechten Schläfer dagegen haben im Mittel 35:00 min ± 42:04 min benötigt, um nachts einzuschlafen (*Median* 23 min, *Spannweite* 2–240 min) und die tatsächliche Schlafdauer hat 05:41 h ± 01:03 h betragen.

Betrachtet man die Schlafqualität der Gesamtstichprobe getrennt nach Geschlecht zeigt sich, dass die weiblichen Probanden durchschnittlich eine Gesamtpunktzahl von 5,67 ± 3,04 Punkten (*Median* 5 Punkte, *Spannweite* 1 – 14 Punkte), während die männlichen Probanden im Mittel eine Gesamtpunktzahl von 5,43 ± 3,48 Punkten (*Median* 4 Punkte, *Spannweite* 0 – 13 Punkte) erzielt haben. Bezüglich der Schlaflatenz haben die weiblichen Probanden durchschnittlich 18:28 min ± 14:58 min gebraucht, um einzuschlafen (*Median* 15 min, *Spannweite* 2 – 60 min), die männlichen 22:47 min ± 37:15 min (*Median* 15 min, *Spannweite* 2 – 240 min). Tatsächlich geschlafen haben die weiblichen Probanden pro Nacht durchschnittlich 06:37 h ± 01:13 h, die männlichen 06:46 h ± 01:11 h.

4.2.1 Tagesschläfrigkeit

Die Tagesschläfrigkeit ist mittels der Epworth Sleepiness Scale (ESS) nach Johns (1991) untersucht worden. Die Gruppe der schlechten Schläfer hat zwar höhere Punktzahlen in der ESS erreicht als die Gruppe der guten Schläfer (Tabelle 5), jedoch hat hier kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen vorgelegen ($p = 0{,}113$).

Tab. 5:
Erreichte Gesamtpunktzahlen der beiden Gruppen in der Epworth Sleepiness Scale (ESS)

	Gesamtpunktzahl Epworth Sleepiness Scale (ESS)			
	MW ± *SD*	*Median*	*Range*	*p*-Wert
Gute Schläfer ($n = 53$)	7,1 ± 3,3	7	1 – 14	0,113
Schlechte Schläfer ($n = 31$)	8,8 ± 4,8	8	0 – 20	
Gesamt ($n = 84$)	7,7 ± 4,0	7	0 – 20	

p-Wert: Mann-Whitney-U-Test

Die absoluten Häufigkeiten der in der ESS erreichten Gesamtpunktzahlen der Gesamtstichprobe bringt Abbildung 3 zur Darstellung. Die Punktzahl kann hier zwischen 0 und 24 Punkten liegen, wobei in der untersuchten Stichprobe Werte zwischen 0 und 20 Punkten erreicht worden sind.

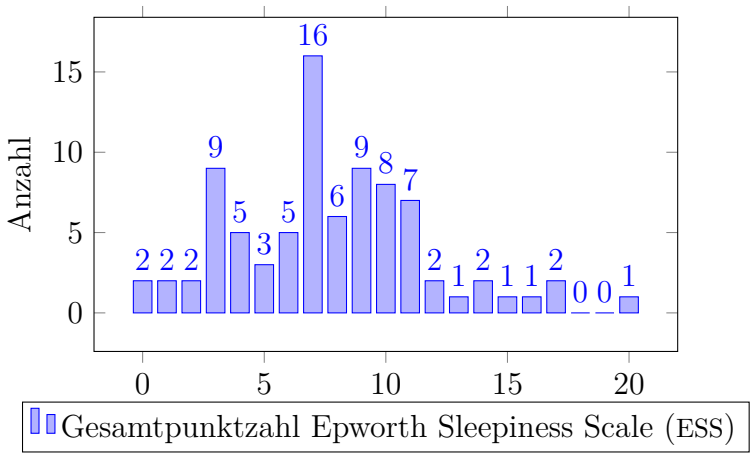


Abb. 3:
Verteilung der in der Epworth Sleepiness Scale (ESS) erreichten Gesamtpunktzahlen der Gesamtstichprobe

Unter Anwendung des von Johns (1991) und Johns & Hocking (1997) ermittelten Cut-off-Werts für erhöhte Tagesschläfrigkeit von > 10 Punkten hat keine signifikant unterschiedliche Verteilung der Gruppen nach der Einstufung in der ESS und der Gruppenzugehörigkeit auf Grundlage der subjektiven Schlafqualität nach PSQI vorgelegen ($p_{\tilde{\chi}^2} = 0{,}331$; Tabelle 6).

Tab. 6:
Einteilung der beiden Gruppen nach Cut-off-Wert der Epworth Sleepiness Scale (ESS)

		Gute Schläfer	Schlechte Schläfer	Gesamt	Signifikanz
		Anzahl (%)			p-Wert
Einstufung ESS	unauffällig	44 (83,0)	23 (74,2)	67 (79,8)	0,331
	erhöht	9 (17,0)	8 (25,8)	17 (20,2)	

p-Wert: $\tilde{\chi}^2$-Test nach Pearson

17,0 % der Probanden der Gruppe der guten Schläfer haben einen erhöhten Wert in der ESS erreicht, wohingegen es mit 25,8 % der Probanden der Gruppe der schlechten Schläfer nur etwas mehr gewesen sind.

4.2.2 Gesundheitsbezogene Daten

Psychische Gesundheit

Um den allgemeinen psychischen Gesundheitszustand zu evaluieren, ist der 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12) nach Goldberg (1972, 1978) verwendet worden. Es ist ein sehr signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen hinsichtlich der erreichten Punktzahlen im GHQ-12 zu beobachten gewesen ($p = 0{,}004$). Die Probanden der Gruppe der schlechten Schläfer haben im Mittel eine höhere Punktzahl erzielt (Tabelle 7).

Tab. 7:
Erreichte Gesamtpunktzahlen der beiden Gruppen im 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12)

	Gesamtpunktzahl 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12)			
	$MW \pm SD$	$Median$	$Range$	p-Wert
Gute Schläfer ($n = 53$)	$9{,}1 \pm 3{,}7$	9	$3 - 18$	**0,004**
Schlechte Schläfer ($n = 31$)	$12{,}9 \pm 6{,}1$	11	$7 - 26$	
Gesamt ($n = 84$)	$10{,}5 \pm 5{,}0$	9	$3 - 26$	

p-Wert: Mann-Whitney-U-Test Signifikanz: $p < 0{,}05$ fett dargestellt

Die absoluten Häufigkeiten der im GHQ-12 erreichten Gesamtpunktzahlen der Gesamtstichprobe zeigt Abbildung 4. Die Punktzahl kann hier zwischen 0 und 36 Punkten liegen, wobei in der untersuchten Stichprobe Werte zwischen 3 und 26 Punkten erreicht worden sind.

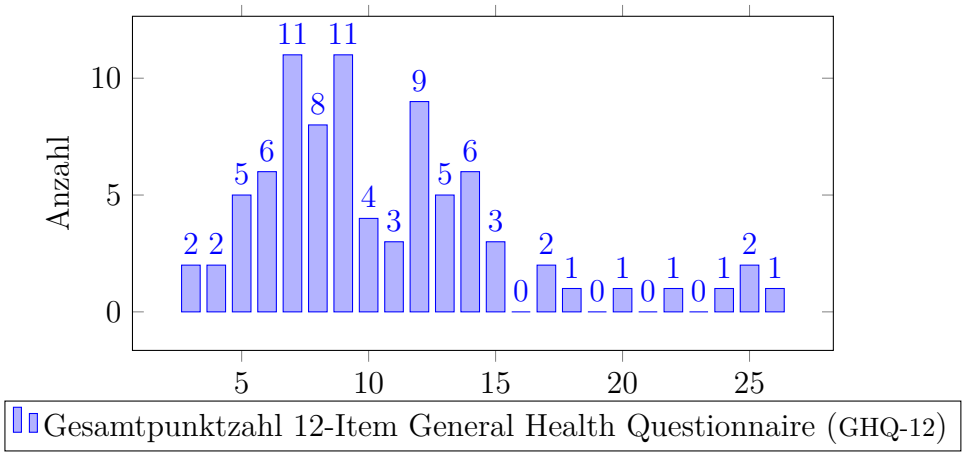


Abb. 4:
Verteilung der im 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12) erreichten Gesamtpunktzahlen der Gesamtstichprobe

Unter Verwendung des Grenzwertes von ≥ 5 Punkten im Rahmen des dichotomen GHQ-Scorings (Üstün & Sartorius 1995) hat sich eine sehr signifikant unterschiedliche Verteilung der Gruppen nach der Einstufung im GHQ-12 und der Gruppenzugehörigkeit auf Grundlage der subjektiven Schlafqualität nach PSQI gezeigt ($p_{\tilde{\chi}^2,\ \text{Exakter Test nach Fisher}} = 0{,}002$; Tabelle 8).

Tab. 8:
Einteilung der beiden Gruppen nach Cut-off-Wert des 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12)

		Gute Schläfer	Schlechte Schläfer	Gesamt	Signifikanz
		Anzahl (%)			p-Wert
GHQ-12	stabil	51 (96,2)	22 (71,0)	73 (86,9)	**0,002**‡
	beeinträchtigt	2 (3,8)	9 (29,0)	11 (13,1)	

p-Wert: $\tilde{\chi}^2$-Test nach Pearson ‡ Exakter Test nach Fisher, da erwartete Zellhäufigkeiten ≤ 5
Signifikanz: $p < 0{,}05$ fett dargestellt

Während lediglich 3,8 % der Probanden der Gruppe der guten Schläfer einen als beeinträchtigt definierten Wert für psychische Gesundheit erreicht haben, sind es in der Gruppe der schlechten Schläfer fast ein Drittel (29,0 %) der Probanden gewesen.

Arbeitsbezogene Beanspruchungsfolgen

Arbeitsbezogene psychische Beanspruchungsfolgen sind mithilfe der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) nach Mohr et al. (2007) erfasst worden. Dabei haben 1 Proband aus der Gruppe der guten Schläfer und 1 Proband

aus der Gruppe der schlechten Schläfer keine Angaben in diesem Fragebogenabschnitt gemacht, weswegen hier nur 82 Probanden in die Auswertung eingegangen sind (Gruppe der guten Schläfer $n = 52$, Gruppe der schlechten Schläfer $n = 30$). Es haben sich sehr signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen die Subskalen Kognitive Irritation (KI) ($p = 0{,}004$) und Emotionale Irritation (EI) ($p = 0{,}009$) sowie den Gesamtindex (GI) ($p = 0{,}003$) betreffend gezeigt (Tabelle 9).

Tab. 9:
Erreichte Gesamtpunktzahlen der beiden Gruppen in den Subskalen Kognitive Irritation (KI) und Emotionale Irritation (EI) sowie dem Gesamtindex (GI) der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS)

	Gesamtpunktzahlen				
	MW ± *SD*	*Median*	*Range*	*p*-Wert
KI				
Gute Schläfer ($n = 52$)	7,9 ± 4,4	6	3 – 21	**0,004**
Schlechte Schläfer ($n = 30$)	11,0 ± 4,9	11	3 – 20	
Gesamt ($n = 82$)	9,0 ± 4,8	8	3 – 21	
EI				
Gute Schläfer ($n = 52$)	11,1 ± 5,2	9,5	5 – 25	**0,009**
Schlechte Schläfer ($n = 30$)	15,6 ± 8,1	14	5 – 32	
Gesamt ($n = 82$)	12,7 ± 6,7	11	5 – 32	
GI				
Gute Schläfer ($n = 52$)	19,0 ± 7,5	19	8 – 36	**0,003**
Schlechte Schläfer ($n = 30$)	26,6 ± 11,7	24	10 – 52	
Gesamt ($n = 82$)	21,8 ± 9,9	21	8 – 52	

p-Wert: Mann-Whitney-U-Test Signifikanz: $p < 0{,}05$ fett dargestellt

Wandelt man die Rohwertpunkte der Probanden anhand der von Mohr et al. (2005, 2007) vorgeschlagenen altersspezifischen Normierung um, so ergeben sich für die Subskalen KI und EI sowie für den GI jeweils signifikant unterschiedliche Zusammensetzungen der Einstufung nach IS und der Gruppenzugehörigkeit auf Grundlage der subjektiven Schlafqualität nach PSQI (KI: $p_{\tilde{\chi}^2,\ \text{Exakter Test nach Fisher}} = 0{,}019$, EI: $p_{\tilde{\chi}^2,\ \text{Exakter Test nach Fisher}} = 0{,}033$, GI: $p_{\tilde{\chi}^2,\ \text{Exakter Test nach Fisher}} = 0{,}016$; Tabelle 10).

Tab. 10:
Einteilung der beiden Gruppen nach altersspezifischen Normwerten der Subskalen Kognitive Irritation (KI) und Emotionale Irritation (EI) sowie des Gesamtindex (GI) der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS)

		Gute Schläfer	Schlechte Schläfer	Gesamt	Signifikanz
		Anzahl (%)			p-Wert
KI	unterdurchschnittlich	22 (42,3)	5 (16,7)	27 (32,9)	
	durchschnittlich	24 (46,2)	15 (50,0)	39 (47,6)	**0,019**‡
	überdurchschnittlich	6 (11,5)	10 (33,3)	16 (19,5)	
EI	unterdurchschnittlich	21 (40,4)	5 (16,7)	26 (31,7)	
	durchschnittlich	25 (48,1)	16 (53,3)	41 (50,0)	**0,033**‡
	überdurchschnittlich	6 (11,5)	9 (30,0)	15 (18,3)	
GI	unterdurchschnittlich	18 (34,6)	7 (23,3)	25 (30,5)	
	durchschnittlich	31 (59,6)	14 (46,7)	45 (54,9)	**0,016**‡
	überdurchschnittlich	3 (5,8)	9 (30,0)	12 (14,6)	

p-Wert: $\tilde{\chi}^2$-Test nach Pearson ‡ Exakter Test nach Fisher, da erwartete Zellhäufigkeiten ≤ 5
Signifikanz: $p < 0{,}05$ fett dargestellt

Die Probanden der Gruppe der schlechten Schläfer sind anhand der IS prozentual in allen drei Skalen deutlich häufiger als „überdurchschnittlich“ klassifiziert worden als die Probanden der Gruppe der guten Schläfer, was für eine höhere Ausprägung an Irritation in der Gruppe der schlechten Schläfer spricht. Ein entgegengesetztes Bild zeigt sich für die Einstufung „unterdurchschnittlich“, in der prozentual deutlich mehr Probanden aus der Gruppe der guten Schläfer vertreten sind als aus der Gruppe der schlechten Schläfer. In beiden Gruppen haben die meisten Probanden jeweils einen durchschnittlichen Wert erreicht.

4.3 Herzschlagfrequenz und Herzratenvariabilität

4.3.1 Gesamtzeit (24 Stunden)

Die Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) der Auswertungszeit von 24 Stunden beider Gruppen auf Grundlage der subjektiv eingeschätzten Schlafqualität nach PSQI hat sich in keinem der berechneten Parameter signifikant voneinander unterschieden (Tabelle 11 und Tabelle 12).

Tab. 11:
Vergleich der Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) der Gesamtzeit (24 Stunden) beider Gruppen

	Gute Schläfer ($n = 53$)	Schlechte Schläfer ($n = 31$)	Gesamt ($n = 84$)	Signifikanz
	$MW \pm SD$ *Median* (*Range*)	$MW \pm SD$ *Median* (*Range*)	$MW \pm SD$ *Median* (*Range*)	p-Wert
Mean HR [1/min]	77,56 ± 8,18 76,9 (60,5 – 101,6)	77,36 ± 8,25 75,5 (65,1 – 96,0)	77,49 ± 8,15 75,6 (60,5 – 101,6)	0,753
Mean RR [ms]	816,90 ± 88,72 811,9 (600,9 – 1045,8)	812,59 ± 84,53 823,9 (651,2 – 955,0)	815,31 ± 86,71 817,0 (600,9 – 1045,8)	0,827
SDNN [ms]	163,08 ± 41,20 165,2 (77,1 – 258,7)	148,85 ± 30,57 145,3 (86,7 – 213,5)	157,82 ± 38,06 158,8 (77,1 – 258,7)	0,098
RMSSD [ms]	46,25 ± 27,01 36,5 (10,2 – 153,2)	35,76 ± 15,19 32,0 (17,0 – 74,4)	42,38 ± 23,80 34,6 (10,2 – 153,2)	0,098
pNN50 [%]	17,51 ± 14,93 14,4 (0,3 – 68,4)	12,08 ± 10,06 9,6 (1,3 – 37,2)	15,51 ± 13,54 11,1 (0,3 – 68,4)	0,133
HRV Tri Index	45,51 ± 14,20 41,75 (17,09 – 75,96)	44,41 ± 11,14 44,80 (22,92 – 67,75)	45,11 ± 13,09 42,36 (17,09 – 75,96)	0,967
TINN [ms]	574,53 ± 70,16 575 (395 – 830)	575,48 ± 67,93 570 (440 – 735)	574,88 ± 68,93 570 (395 – 830)	0,952
FFT LF nu	69,10 ± 13,01 72,5 (31,6 – 89,2)	70,41 ± 11,02 73,0 (36,0 – 87,2)	69,58 ± 12,26 72,8 (31,6 – 89,2)	0,799
FFT HF nu	30,90 ± 13,01 27,5 (10,8 – 68,4)	29,59 ± 11,02 27,0 (12,8 – 64,0)	30,42 ± 12,26 27,2 (10,8 – 68,4)	0,799
FFT LF/HF-Ratio	2,89 ± 1,81 2,63 (0,46 – 8,25)	2,81 ± 1,35 2,70 (0,56 – 6,80)	2,86 ± 1,65 2,67 (0,46 – 8,25)	0,795
SD1 [ms]	32,70 ± 19,09 25,8 (7,2 – 108,3)	25,29 ± 10,75 22,6 (12,0 – 52,6)	29,97 ± 16,83 24,5 (7,2 – 108,3)	0,099
SD2 [ms]	227,89 ± 56,70 233,2 (108,8 – 364,4)	208,82 ± 42,62 204,5 (121,9 – 300,8)	220,85 ± 52,50 223,1 (108,8 – 364,4)	0,109
Alpha 1	1,29 ± 0,17 1,31 (0,75 – 1,61)	1,30 ± 0,16 1,34 (0,75 – 1,53)	1,29 ± 0,16 1,31 (0,75 – 1,61)	0,758
Alpha 2	1,02 ± 0,08 1,03 (0,76 – 1,22)	1,03 ± 0,08 1,05 (0,85 – 1,16)	1,02 ± 0,08 1,04 (0,76 – 1,22)	0,727

p-Wert: Zweistichproben-t-Test bzw. Mann-Whitney-U-Test

Tab. 12:
Vergleich der Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) beider Gruppen, die nur für die Gesamtzeit (24 Stunden) bestimmt worden sind

	Gute Schläfer ($n = 53$)	Schlechte Schläfer ($n = 31$)	Gesamt ($n = 84$)	Signifikanz
	$MW \pm SD$ *Median* (*Range*)	$MW \pm SD$ *Median* (*Range*)	$MW \pm SD$ *Median* (*Range*)	p-Wert
Max HR [1/min]	150,62 ± 22,03 153 (104 – 218)	143,06 ± 20,17 139 (111 – 186)	147,83 ± 21,55 146,5 (104 – 218)	0,121
Min HR [1/min]	44,60 ± 6,50 44 (33 – 67)	46,81 ± 6,02 47 (36 – 62)	45,42 ± 6,38 45 (33 – 67)	0,068
Dynamik A [1/min]	19,62 ± 6,78 19 (9 – 43)	18,55 ± 4,96 19 (9 – 28)	19,23 ± 6,16 19 (9 – 43)	0,444
Dynamik B [1/min]	106,02 ± 23,09 107 (58 – 176)	96,26 ± 18,45 96 (61 – 124)	102,42 ± 21,90 100 (58 – 176)	0,048
CV [%]	19,87 ± 4,29 20,20 (11,24 – 35,09)	18,29 ± 3,01 18,81 (12,70 – 24,58)	19,29 ± 3,92 19,47 (11,24 – 35,09)	0,074
SI	26,94 ± 14,18 25,86 (2,67 – 82,65)	31,26 ± 13,13 27,93 (14,04 – 59,90)	28,54 ± 13,88 26,78 (2,67 – 82,65)	0,116

p-Wert: Zweistichproben-t-Test bzw. Mann-Whitney-U-Test

Vor Anwendung der aufgrund multipler Vergleiche notwendigen Bonferroni-Korrektur hätten sich beide Gruppen nur im Parameter Dynamik B signifikant unterschieden ($p = 0{,}048$).

4.3.2 Vergleich zu geschlechts- und altersspezifischen Normwerten

Auf Grundlage der von Sammito & Böckelmann (2017) vorgeschlagenen geschlechts- und altersspezifischen Normwerte der HRV-Parameter hat keine signifikant unterschiedliche Verteilung der Gruppen nach Einteilung in Normbereich sowie erhöht bzw. erniedrigt und der Gruppenzugehörigkeit auf Grundlage der subjektiven Schlafqualität nach PSQI in den gemäß Böckelmann & Sammito (2016) für klinische Untersuchungen und Forschungsstudien wichtigsten Parametern SDNN (Gesamtvariabilität), RMSSD (parasympathische Aktivität) und FFT LF/HF-Ratio (sympatho-vagale Balance) bestanden. Hierbei ist anzumerken, dass für die Probanden unter 20 Jahren ($n = 3$) und über 60 Jahren ($n = 7$) keine Normwerte nach Sammito & Böckelmann (2017) vorliegen und diese dementsprechend in dieser Analyse nicht berücksichtigt worden sind. Tabelle 13 gibt die jeweiligen Anzahlen absolut und prozentual für die beiden Gruppen (gute

Schläfer $n = 49$ bzw. schlechte Schläfer $n = 25$) und die korrigierte Gesamtstichprobe von $n = 74$ mit entsprechendem Signifikanzniveau wieder.

Tab. 13:
Vergleich der geschlechts- und altersspezifischen Normwerte ausgewählter Parameter der Herzratenvariabilität (HRV) beider Gruppen

		Gute Schläfer	Schlechte Schläfer	Gesamt	Signifikanz
		Anzahl (%)			p-Wert
SDNN	Normbereich	47 (95,9)	24 (96,0)	71 (95,9)	1,000‡
	erniedrigt	2 (4,1)	1 (4,0)	3 (4,1)	
RMSSD	Normbereich	47 (95,9)	25 (100,0)	72 (97,3)	0,546‡
	erniedrigt	2 (4,1)	0 (0,0)	2 (2,7)	
FFT LF/HF-Ratio	Normbereich	48 (98,0)	24 (96,0)	72 (97,3)	1,000‡
	erhöht	1 (2,0)	1 (4,0)	2 (2,7)	

p-Wert: $\tilde{\chi}^2$-Test nach Pearson ‡ Exakter Test nach Fisher, da erwartete Zellhäufigkeiten ≤ 5

Es hat sich gezeigt, dass die drei HRV-Parameter bei deutlich über 90 % der korrigierten Gesamtstichprobe im Normbereich gelegen haben. Lediglich 3 Probanden (4,1 %) haben eine erniedrigte SDNN gehabt, jeweils nur 2 Probanden (2,7 %) eine erniedrigte RMSSD bzw. FFT LF/HF-Ratio.

4.3.3 Sechsstündiges Nachtfenster

Von den 84 in die Auswertung eingegangenen Probanden sind 7 Probanden (8,3 %) nach 1:00 Uhr schlafen gegangen und 7 Probanden (8,3 %) haben eine Ruhezeit von unter sechs Stunden gehabt. Diese sind in der Auswertung des Nachtfensters (nach Möglichkeit von 23:00 Uhr bis 05:00 Uhr) nicht berücksichtigt worden (vgl. Unterabschnitt 3.4.4). Folglich sind nur 70 Probanden in die Auswertung des Nachtfensters eingegangen, von denen 44 Probanden (62,9 %) aus der Gruppe der guten Schläfer und 26 Probanden (37,1 %) aus der Gruppe der schlechten Schläfer gewesen sind.

Die Vergleiche haben keine signifikanten Unterschiede bei den berechneten Hf- und HRV-Parametern zwischen den beiden Gruppen ergeben (Tabelle 14).

Tab. 14:
Vergleich der Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) des Nachtfensters (6 Stunden) beider Gruppen

	Gute Schläfer ($n = 44$)	Schlechte Schläfer ($n = 26$)	Gesamt ($n = 70$)	Signifikanz
	$MW \pm SD$ $Median$ ($Range$)	$MW \pm SD$ $Median$ ($Range$)	$MW \pm SD$ $Median$ ($Range$)	p-Wert
Mean HR [1/min]	62,74 ± 6,49 61,8 (49,5 – 82,7)	98,53 ± 26,14 62,5 (51,3 – 76,3)	62,87 ± 6,63 62,2 (49,5 – 82,7)	0,833
Mean RR [ms]	980,31 ± 101,24 982,6 (729,1 – 1251,2)	973,43 ± 108,31 969,4 (791,6 – 1182,7)	977,75 ± 103,20 976,8 (729,1 – 1251,2)	0,790
SDNN [ms]	110,17 ± 37,73 115,6 (50,1 – 214,0)	98,53 ± 26,14 100,6 (57,3 – 168,9)	105,84 ± 34,16 109,4 (50,1 – 214,0)	0,123
RMSSD [ms]	59,01 ± 34,15 55,2 (15,8 – 165,5)	45,55 ± 21,08 43,0 (16,5 – 97,0)	54,01 ± 30,51 47,3 (15,8 – 165,5)	0,148
pNN50 [%]	27,41 ± 20,66 30,9 (0,9 – 70,1)	20,13 ± 15,51 18,4 (1,2 – 55,3)	24,71 ± 19,13 20,6 (0,9 – 70,1)	0,160
HRV Tri Index	27,33 ± 11,19 25,78 (11,70 – 57,91)	23,56 ± 6,68 23,01 (13,87 – 37,28)	25,93 ± 9,88 24,85 (11,70 – 57,91)	0,082
TINN [ms]	345,00 ± 59,46 332,5 (255 – 520)	345,38 ± 66,79 342,5 (170 – 450)	345,14 ± 61,80 340 (170 – 520)	0,980
FFT LF nu	63,31 ± 15,03 65,5 (31,2 – 91,3)	66,04 ± 13,34 69,2 (40,4 – 87,8)	64,32 ± 14,39 67,3 (31,2 – 91,3)	0,446
FFT HF nu	36,70 ± 15,03 34,5 (8,7 – 68,8)	33,96 ± 13,34 30,8 (12,2 – 59,6)	35,68 ± 14,39 32,7 (8,7 – 68,8)	0,446
FFT LF/HF-Ratio	2,34 ± 1,88 1,91 (0,45 – 10,44)	2,50 ± 1,67 2,25 (0,67 – 7,23)	2,40 ± 1,79 2,06 (0,45 – 10,44)	0,504
SD1 [ms]	41,74 ± 24,16 39,0 (11,2 – 117,1)	32,22 ± 14,91 30,4 (11,6 – 68,6)	38,20 ± 21,58 33,5 (11,2 – 117,1)	0,150
SD2 [ms]	149,48 ± 49,55 155,8 (67,2 – 285,2)	135,24 ± 35,13 138,8 (79,3 – 228,8)	144,19 ± 45,00 149,8 (67,2 – 285,2)	0,203
Alpha 1	1,14 ± 0,22 1,16 (0,71 – 1,54)	1,18 ± 0,19 1,22 (0,73 – 1,52)	1,16 ± 0,21 1,18 (0,71 – 1,54)	0,453
Alpha 2	0,98 ± 0,07 0,99 (0,79 – 1,13)	1,00 ± 0,10 1,01 (0,83 – 1,20)	0,99 ± 0,09 1,00 (0,79 – 1,20)	0,559

p-Wert: Zweistichproben-t-Test bzw. Mann-Whitney-U-Test

Vor Anwendung der erforderlichen Bonferroni-Korrektur hätte nur der geometrische Parameter HRV Tri Index aus dem Zeitbereich einen tendenziell signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen gezeigt ($p = 0{,}082$).

4.3.4 Ergebnisse der Varianzanalyse

Um die Hf und HRV auf Interaktionseffekte zwischen psychischer Gesundheit bzw. arbeitsbezogenen Beanspruchungsfolgen und subjektiver Schlafqualität zu überprüfen, sind mehrfaktorielle Varianzanalysen für die Gesamtzeit von 24 Stunden und für das sechsstündige Nachtfenster durchgeführt worden. Neben der Gruppenzugehörigkeit auf Grundlage der subjektiven Schlafqualität nach PSQI sind jeweils als weiterer Faktor die Einstufung nach GHQ-12 und die Einstufung gemäß der drei Skalen der IS (vgl. Unterabschnitt 4.2.2) verwendet worden.

Faktor Einstufung nach 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12) der Gesamtzeit (24 Stunden)

In der mehrfaktoriellen Varianzanalyse der Gesamtzeit von 24 Stunden mit den Faktoren der Einteilung nach Schlafgruppe und der Einteilung nach GHQ-12-Bewertung haben sich nur bei den Parametern Min HR ($F = 4{,}767$, $p = 0{,}032$, partielles $\eta^2 = 0{,}056$) und SI ($F = 6{,}198$, $p = 0{,}015$, partielles $\eta^2 = 0{,}072$) signifikante Interaktionseffekte gezeigt. In Tabelle 22 in Anlage A.4 werden die Hf- und HRV-Parameter aus dem Zeitbereich dargestellt, die auch für das sechsstündige Nachtfenster berechnet worden sind, Tabelle 23 in Anlage A.4 zeigt die HRV-Parameter aus dem Frequenzbereich und dem nichtlinearen Bereich und Tabelle 24 in Anlage A.4 die Hf- und HRV-Parameter aus dem Zeitbereich, die nur für die Gesamtzeit bestimmt worden sind. Es wird jeweils der F-Wert, das erreichte Signifikanzniveau und das partielle η^2 abgebildet. Es hat sich jeweils kein signifikanter Haupteffekt der beiden Einzelfaktoren hinsichtlich der untersuchten Hf- und HRV-Parameter gezeigt.

Faktor Einstufung nach 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12) des sechsstündigen Nachtfensters

Beim sechsstündigen Nachtfenster haben sich in der mehrfaktoriellen Varianzanalyse mit den Faktoren der Einteilung nach Schlafgruppe und der Einteilung nach GHQ-12-Bewertung ebenfalls bei zwei Parametern signifikante Interaktionseffekte gezeigt. Dies sind die HRV-Parameter SDNN ($F = 4{,}563$, $p = 0{,}036$, partielles $\eta^2 = 0{,}065$) und SD2 ($F = 4{,}756$, $p = 0{,}033$, partielles $\eta^2 = 0{,}067$) gewesen. Der jeweilige F-Wert, das

jeweilige erreichte Signifikanzniveau und jeweilige partielle η^2 der untersuchten Hf- und HRV-Parameter aus dem Zeitbereich, die auch für die Gesamtzeit bestimmt worden sind, zeigt Tabelle 25 in Anlage A.4. In Tabelle 26 in Anlage A.4 sind die jeweiligen Werte für die HRV-Parameter aus dem Frequenzbereich und nichtlinearen Bereich abgebildet. Auch beim sechsstündigen Nachtfenster hat jeweils kein signifikanter Haupteffekt der beiden Einzelfaktoren im Hinblick auf die Hf- und HRV-Parameter vorgelegen.

Faktor Einstufung gemäß der Subskala Kognitive Irritation (KI) der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) der Gesamtzeit (24 Stunden)

Nur beim Hf-Parameter Min HR ($F = 4{,}517$, $p = 0{,}014$, partielles $\eta^2 = 0{,}106$) hat sich in der mehrfaktoriellen Varianzanalyse der Gesamtzeit von 24 Stunden mit den Faktoren der Einteilung nach Schlafgruppe und der Einteilung nach KI-Bewertung der IS ein signifikanter Interaktionseffekt ergeben. Tabelle 27 in Anlage A.4 gibt die Hf- und HRV-Parameter aus dem Zeitbereich wieder, die auch für das sechsstündige Nachtfenster berechnet worden sind, Tabelle 28 in Anlage A.4 die HRV-Parameter aus dem Frequenzbereich und dem nichtlinearen Bereich. In Tabelle 29 in Anlage A.4 werden die Hf- und HRV-Parameter aus dem Zeitbereich gezeigt, die nur für die Gesamtzeit bestimmt worden sind. Angegeben ist jeweils der F-Wert, das erreichte Signifikanzniveau und das partielle η^2. Bezüglich der untersuchten Hf- und HRV-Parameter hat sich jeweils kein signifikanter Haupteffekt der beiden Einzelfaktoren gezeigt.

Faktor Einstufung nach Kognitive Irritation (KI) der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) des sechsstündigen Nachtfensters

In der mehrfaktoriellen Varianzanalyse mit den Faktoren der Einteilung nach Schlafgruppe und der Einteilung nach KI-Bewertung der IS haben sich bezüglich des sechsstündigen Nachtfensters bei den sechs HRV-Parametern SDNN ($F = 5{,}701$, $p = 0{,}005$, partielles $\eta^2 = 0{,}155$), RMSSD ($F = 3{,}532$, $p = 0{,}035$, partielles $\eta^2 = 0{,}102$), pNN50 ($F = 3{,}631$, $p = 0{,}032$, partielles $\eta^2 = 0{,}105$), HRV Tri Index ($F = 4{,}512$, $p = 0{,}015$, partielles $\eta^2 = 0{,}127$), SD1 ($F = 3{,}537$, $p = 0{,}035$, partielles $\eta^2 = 0{,}102$) und SD2 ($F = 5{,}754$, $p = 0{,}005$, partielles $\eta^2 = 0{,}157$) signifikante Interaktionseffekte gezeigt. Tabelle 30 in Anlage A.4 gibt die jeweiligen F-Werte mit Signifikanzniveau und zugehörigem partiellen η^2 der untersuchten Hf- und HRV-Parameter aus dem Zeitbereich wieder, die auch für die Gesamtzeit bestimmt worden sind. In Tabelle 31 in Anlage A.4 sind die jeweiligen

Werte für die HRV-Parameter aus dem Frequenzbereich und dem nichtlinearen Bereich dargestellt. Auch beim sechsstündigen Nachtfenster hat sich jeweils kein signifikanter Haupteffekt der beiden Einzelfaktoren hinsichtlich der Hf- und HRV-Parameter ergeben.

Faktor Einstufung gemäß der Subskala Emotionale Irritation (EI) der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) der Gesamtzeit (24 Stunden)

In der mehrfaktoriellen Varianzanalyse der Gesamtzeit von 24 Stunden mit den Faktoren der Einteilung nach Schlafgruppe und der Einteilung nach EI-Bewertung der IS haben sich weder signifikante Interaktionseffekte noch signifikante Haupteffekte der beiden Einzelfaktoren ergeben. In Tabelle 32 in Anlage A.4 sind die Hf- und HRV-Parameter aus dem Zeitbereich abgebildet, die auch für das sechsstündige Nachtfenster berechnet worden sind, Tabelle 33 in Anlage A.4 gibt die HRV-Parameter aus dem Frequenzbereich und dem nichtlinearen Bereich wieder und Tabelle 34 in Anlage A.4 die Hf- und HRV-Parameter aus dem Zeitbereich, die nur für die Gesamtzeit bestimmt worden sind. Jeweils ist der F-Wert, das erreichte Signifikanzniveau und das partielle η^2 abgebildet. Ein tendenziell signifikanter Haupteffekt des Einzelfaktors Einteilung nach Schlafgruppe auf den Hf-Parameter Dynamik B ist gefunden worden ($F = 2{,}879$, $p = 0{,}094$, partielles $\eta^2 = 0{,}036$).

Faktor Einstufung nach Emotionale Irritation (EI) der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) des sechsstündigen Nachtfensters

Auch beim sechsstündigen Nachtfenster haben in der mehrfaktoriellen Varianzanalyse mit den Faktoren der Einteilung nach Schlafgruppe und der Einteilung nach EI-Bewertung der IS keine signifikanten Interaktionseffekte und keine signifikanten Haupteffekte der beiden Einzelfaktoren vorgelegen. F-Werte mit jeweilig erreichtem Signifikanzniveau und partiellem η^2 der untersuchten Hf- und HRV-Parameter aus dem Zeitbereich, die auch für die Gesamtzeit bestimmt worden sind, gibt Tabelle 35 in Anlage A.4 wieder. In Tabelle 36 in Anlage A.4 sind die jeweiligen Werte für die HRV-Parameter aus dem Frequenzbereich und dem nichtlinearen Bereich dargestellt. Es haben sich nur tendenziell signifikante Interaktionseffekte der Faktoren Einteilung nach Schlafgruppe und Einteilung nach EI-Bewertung bei den HRV-Parametern SD2 ($F = 2{,}459$, $p = 0{,}094$, partielles $\eta^2 = 0{,}073$) und Alpha 2 ($F = 2{,}993$, $p = 0{,}057$, partielles $\eta^2 = 0{,}088$) ergeben.

Faktor Einstufung gemäß der Skala Gesamtindex (GI) der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) der Gesamtzeit (24 Stunden)

Der Hf-Parameter Min HR ist der einzige Parameter bei der mehrfaktoriellen Varianzanalyse der Gesamtzeit von 24 Stunden mit den Faktoren der Einteilung nach Schlafgruppe und der Einteilung nach GI-Bewertung der IS, der signifikante Interaktionseffekte ($F = 3{,}479$, $p = 0{,}036$, partielles $\eta^2 = 0{,}084$) aufgewiesen hat. Außerdem hat sich auch ein signifikanter Haupteffekt des Einzelfaktors GI-Bewertung auf den Parameter Min HR ergeben ($F = 3{,}436$, $p = 0{,}037$, partielles $\eta^2 = 0{,}083$). Der Bonferroni-korrigierte Post-hoc-Test hat gezeigt, dass sich die Gruppe mit unterdurchschnittlicher Bewertung (Min HR von 42,76 /min $\pm$ 5,25 /min) und die Gruppe mit durchschnittlicher Bewertung im GI (Min HR von 46,58 /min $\pm$ 6,41 /min) ($p = 0{,}033$) sowie die Gruppe mit unterdurchschnittlicher Bewertung und die Gruppe mit überdurchschnittlicher Bewertung im GI (Min HR von 48,00 /min $\pm$ 6,34 /min) ($p = 0{,}039$) signifikant unterschieden haben, nicht aber die Gruppe mit durchschnittlicher Bewertung und die Gruppe mit überdurchschnittlicher Bewertung ($p = 1{,}000$). In Tabelle 37 in Anlage A.4 werden die Hf- und HRV-Parameter aus dem Zeitbereich wiedergegeben, die auch für das sechsstündige Nachtfenster ermittelt worden sind, Tabelle 38 in Anlage A.4 stellt die HRV-Parameter aus dem Frequenzbereich und dem nichtlinearen Bereich dar und Tabelle 39 in Anlage A.4 gibt die Hf- und HRV-Parameter aus dem Zeitbereich wieder, die nur für die Gesamtzeit berechnet worden sind. Es ist jeweils der F-Wert, das erreichte Signifikanzniveau und das partielle η^2 angegeben. Ein tendenziell signifikanter Haupteffekt des Einzelfaktors GI-Bewertung hat auf die Hf-Parameter Mean HR ($F = 2{,}957$, $p = 0{,}058$, partielles $\eta^2 = 0{,}072$) und Dynamik A ($F = 2{,}435$, $p = 0{,}094$, partielles $\eta^2 = 0{,}060$) sowie den HRV-Parameter Mean RR ($F = 2{,}736$, $p = 0{,}071$, partielles $\eta^2 = 0{,}067$) vorgelegen. Außerdem hat sich ein tendenziell signifikanter Interaktionseffekt der Faktoren Einteilung nach Schlafgruppe und Einteilung nach GI-Bwertung beim HRV-Parameter SI ($F = 2{,}399$, $p = 0{,}098$, partielles $\eta^2 = 0{,}059$) gezeigt.

Faktor Einstufung nach Gesamtindex (GI) der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) des sechsstündigen Nachtfensters

In der mehrfaktoriellen Varianzanalyse des sechsstündigen Nachtfensters mit den Faktoren der Einteilung nach Schlafgruppe und der Einteilung nach GI-Bewertung der IS haben sich auf den HRV-Parameter Mean RR ein signifikanter Interaktionseffekt ($F = 4{,}659$, $p = 0{,}013$, partielles $\eta^2 = 0{,}131$) und zusätzlich ein signifikanter Haupt-

effekt des Einzelfaktors GI-Bewertung ($F = 3{,}318$, $p = 0{,}043$, partielles $\eta^2 = 0{,}097$) ergeben. Im sich angeschlossenen Bonferroni-korrigierten Post-hoc-Test haben sich keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf den Parameter Mean RR zwischen der Gruppe mit unterdurchschnittlicher Bewertung (Mean RR von 1008,98 ms ± 82,23 ms) und der Gruppe mit durchschnittlicher Bewertung im GI (Mean RR von 970,07 ms ± 101,83 ms) ($p = 0{,}419$), der Gruppe mit unterdurchschnittlicher Bewertung und der Gruppe mit überdurchschnittlicher Bewertung im GI (Mean RR von 919,60 ms ± 131,19 ms) ($p = 0{,}053$) und der Gruppe mit durchschnittlicher Bewertung und der Gruppe mit überdurchschnittlicher Bewertung ($p = 0{,}441$) dargestellt. Daneben hat sich auch für den Hf-Parameter Mean HR sowohl ein signifikanter Interaktionseffekt ($F = 4{,}636$, $p = 0{,}013$, partielles $\eta^2 = 0{,}132$) als auch ein signifikanter Haupteffekt des Einzelfaktors GI-Bewertung ($F = 4{,}695$, $p = 0{,}013$, partielles $\eta^2 = 0{,}132$) gezeigt. Der Bonferroni-korrigierte Post-hoc-Test hat hier ergeben, dass sich nur die Gruppe mit unterdurchschnittlicher Bewertung (Mean HR von 60,76 /min ± 4,58 /min) und die Gruppe mit überdurchschnittlicher Bewertung im GI (Mean HR von 67,28 /min ± 9,20 /min) signifkant unterschieden haben ($p = 0{,}021$), nicht aber die Gruppe mit unterdurchschnittlicher Bewertung und die Gruppe mit durchschnittlicher Bewertung (Mean HR von 63,22 /min ± 6,49 /min) ($p = 0{,}428$) sowie die Gruppe mit durchschnittlicher Bewertung und die Gruppe mit überdurchschnittlicher Bewertung ($p = 0{,}203$). Tabelle 40 in Anlage A.4 bildet den jeweiligen F-Wert, das jeweilige erreichte Signifikanzniveau und jeweilige partielle η^2 der untersuchten Hf- und HRV-Parameter aus dem Zeitbereich ab, die auch für die Gesamtzeit bestimmt worden sind. In Tabelle 41 in Anlage A.4 sind die jeweiligen Werte für die HRV-Parameter aus dem Frequenzbereich und dem nichtlinearen Bereich dargestellt.

4.4 Registrierung der Apnoen

Der vom EKG-Gerät aus der Registrierung der Apnoen berechnete Apnea-Index hat sich nicht signifikant zwischen den beiden Gruppen unterschieden ($p = 0{,}770$). Die Gruppe der guten Schläfer hat einen Apnea Index von $9{,}49 \pm 8{,}93$ gehabt (*Median* 7,41, *Spannweite* $0{,}15 - 37{,}15$), die der schlechten Schläfer einen von $10{,}29 \pm 9{,}22$ (*Median* 8,20, *Spannweite* $0{,}00 - 32{,}00$).

4.5 Zusammenhänge der subjektiven Schlafqualität mit der Tagesschläfrigkeit

Es sind Korrelationsanalysen durchgeführt worden, um Zusammenhänge zwischen der subjektiven Schlafqualität und der Tagesschläfrigkeit festzustellen. Die Gesamtpunktzahl der ESS ist mit der Gesamtpunktzahl und den Komponentenpunktzahlen des PSQI korreliert worden. Bei der Analyse der Parameter aus den beiden Fragebögen zu Schlafqualität und Tagesschläfrigkeit hat sich ergeben, dass zwischen der Gesamtpunktzahl des PSQI und der Gesamtpunktzahl der ESS kein signifikanter Zusammenhang existiert ($r = 0{,}184$ bei $p = 0{,}094$; Tabelle 15).

Tab. 15:
Korrelationen der Gesamtpunktzahl und der Komponentenpunktzahlen des Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) mit der Gesamtpunktzahl der Epworth Sleepiness Scale (ESS)

			PSQI-Komponenten						
		Gesamtpunktzahl PSQI	Subjektive Schlafqualität	Schlaflatenz	Schlafdauer	Schlafeffizienz	Schlafstörungen	Schlafmittelkonsum	Tagesschläfrigkeit
Punktzahl ESS	r	0,184	0,115	0,017	0,066	0,070	0,211	0,011	**0,365**
	p	0,094	0,300	0,880	0,550	0,530	0,054	0,921	<0,001

r: Korrelationskoeffizient nach Spearman Signifikanz: r bei $p < 0{,}05$ fett dargestellt

Bezüglich der einzelnen Komponentenpunktzahlen des PSQI hat nur die Komponente Tagesschläfrigkeit hoch signifikant mit der Gesamtpunktzahl der ESS korrreliert ($r = 0{,}365$ bei $p < 0{,}001$).

4.6 Zusammenhänge der subjektiven Schlafqualität und der Tagesschläfrigkeit mit den gesundheitsbezogenen Daten

Um Zusammenhänge zwischen der subjektiven Schlafqualität bzw. Tagesschläfrigkeit und der psychischen Gesundheit sowie den arbeitsbezogenen Beanspruchungsfolgen

zu ermitteln, sind weitere Korrelationsanalysen durchgeführt worden. Zunächst ist die Gesamtpunktzahl des PSQI mit den Punktzahlen des 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12), des Gesamtindex (GI) der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) und deren Subskalen Kognitive Irritation (KI) und Emotionale Irritation (EI) korreliert worden (Abbildung 5).

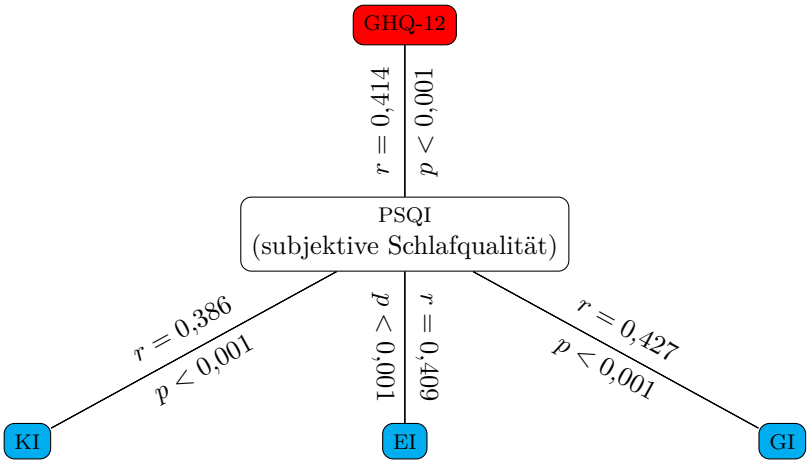


Abb. 5:
Korrelationen der Ergebnisse des Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) mit den Ergebnissen des 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12), des Gesamtindex (GI) der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) und deren Subskalen Kognitive Irritation (KI) und Emotionale Irritation (EI)
r: Korrelationskoeffizient nach Spearman

Alle vier Punktzahlen der jeweiligen Skalen haben gering positiv und hoch signifikant mit der Punktzahl des PSQI korreliert. Von diesen hat die höchste Korrelation für den GI bestanden ($r = 0{,}427$ bei $p < 0{,}001$), die geringste für die KI ($r = 0{,}386$ bei $p < 0{,}001$). Je höher die Punktzahl des PSQI gewesen ist, desto höher sind die Punktzahlen des GHQ-12 und der drei Skalen der IS gewesen. Auch wenn man die einzelnen Komponentenpunktzahlen des PSQI betrachtet, haben sich bei allen Komponenten mit Ausnahme der Komponente Schlafeffizienz signifikante bis hoch signifikante positive Korrelationen mit mindestens einer der Punktzahlen der den psychischen Gesundheitszustand bzw. die arbeitsbezogenen Beanspruchungsfolgen evaluierenden Fragebögen gefunden. Tabelle 16 stellt die Korrelationen der Einzelkomponenten dar.

Tab. 16:
Korrelationen der Komponentenpunktzahlen des Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) mit den Punktzahlen des 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12), des Gesamtindex (GI) der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) und deren Subskalen Kognitive Irritation (KI) und Emotionale Irritation (EI)

		PSQI-Komponenten						
		Subjektive Schlafqualität	Schlaflatenz	Schlafdauer	Schlafeffizienz	Schlafstörungen	Schlafmittelkonsum	Tagesschläfrigkeit
Punktzahl GHQ-12	r	**0,401**	**0,263**	**0,226**	0,186	**0,304**	0,113	**0,380**
	p	<0,001	0,016	0,039	0,090	0,005	0,304	<0,001
Punktzahl KI	r	**0,390**	0,149	**0,320**	0,210	**0,335**	−0,087	**0,322**
	p	<0,001	0,182	0,003	0,059	0,002	0,436	0,003
Punktzahl EI	r	**0,341**	**0,303**	0,074	0,138	**0,445**	**0,241**	**0,496**
	p	0,002	0,006	0,512	0,218	<0,001	0,029	<0,001
Punktzahl GI	r	**0,418**	**0,246**	0,185	0,153	**0,447**	0,126	**0,462**
	p	<0,001	0,026	0,097	0,169	<0,001	0,259	<0,001

r: Korrelationskoeffizient nach Spearman Signifikanz: r bei $p < 0{,}05$ fett dargestellt

Bezüglich der Komponenten Subjektive Schlafqualität, Schlafstörungen und Tagesschläfrigkeit haben sich sogar für alle vier untersuchte Punktzahlen signifikante Korrelationen ergeben.

Außerdem ist die Gesamtpunktzahl der ESS mit den Punktzahlen des GHQ-12, des GI der IS und deren Subskalen KI und EI korreliert worden. Veranschaulicht werden diese Zusammenhänge in Abbildung 6.

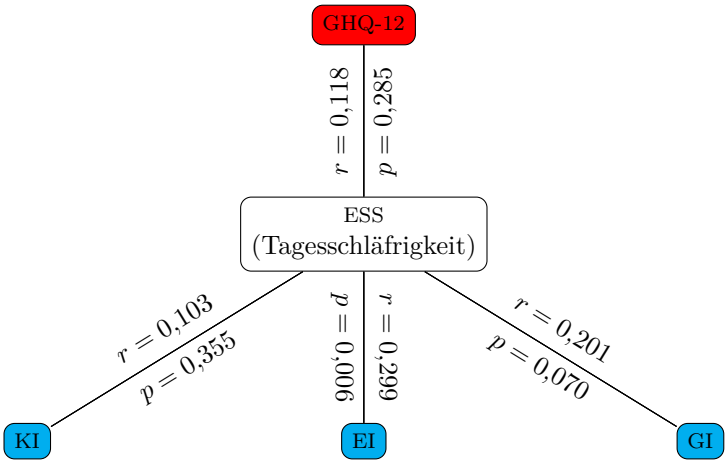


Abb. 6:
Korrelationen der Ergebnisse der Epworth Sleepiness Scale (ESS) mit den Ergebnissen des 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12), des Gesamtindex (GI) der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) und deren Subskalen Kognitive Irritation (KI) und Emotionale Irritation (EI)
r: Korrelationskoeffizient nach Spearman

Nur die Punktzahl der Subskala EI der IS hat positiv und sehr signifikant mit der Punktzahl der ESS korreliert ($r = 0{,}299$ bei $p = 0{,}006$). Je höher die Punktzahl der ESS gewesen ist, desto höher ist die Punktzahl der EI gewesen.

4.7 Zusammenhänge der subjektiven Schlafqualität und der Tagesschläfrigkeit mit der Herzschlagfrequenz und Herzratenvariabilität

Die Punktzahl des PSQI (Subjektive Schlafqualität) und die Punktzahl der ESS (Tagesschläfrigkeit) sind mit den berechneten Parametern der Hf und HRV für die Gesamtzeit von 24 Stunden und für das sechsstündige Nachtfenster korreliert worden.

4.7.1 Zusammenhänge der subjektiven Schlafqualität mit der Herzschlagfrequenz und Herzratenvariabilität für Gesamtzeit (24 Stunden) sowie sechsstündiges Nachtfenster

Für die Gesamtzeit (24 Stunden) haben sich eine sehr signifikante und vier signifikante Korrelationen von Parametern der Hf und HRV mit der Punktzahl des PSQI ergeben (Tabelle 17 und Tabelle 18).

Tab. 17:
Korrelationen der Punktzahl des Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Epworth Sleepiness Scale (ESS) mit Parametern der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) aus der Analyse der Gesamtzeit (24 Stunden) und des Nachtfensters (6 Stunden) der EKG-Aufnahmen

		PSQI		ESS	
		EKG – 24 h	EKG – 6 h	EKG – 24 h	EKG – 6 h
Mean HR	r	0,018	−0,107	0,112	−0,076
	p	0,874	0,334	0,355	0,530
Mean RR	r	−0,048	0,133	−0,129	0,061
	p	0,666	0,227	0,285	0,617
SDNN	r	**−0,269**	0,055	−0,199	−0,050
	p	0,013	0,616	0,098	0,681
RMSSD	r	−0,155	0,076	−0,167	−0,079
	p	0,158	0,493	0,166	0,516
pNN50	r	−0,154	0,080	−0,181	0,074
	p	0,161	0,472	0,133	0,540
HRV Tri Index	r	−0,083	0,037	−0,180	−0,086
	p	0,451	0,737	0,136	0,477
TINN	r	−0,088	−0,055	0,147	−0,047
	p	0,426	0,619	0,226	0,702
FFT LF nu	r	−0,013	−0,069	0,024	−0,058
	p	0,909	0,535	0,842	0,634
FFT HF nu	r	0,013	0,069	−0,024	0,058
	p	0,909	0,535	0,842	0,634
FFT LF/HF-Ratio	r	−0,012	−0,069	0,024	−0,056
	p	0,916	0,534	0,843	0,643
SD1	r	−0,155	0,075	−0,167	0,079
	p	0,160	0,496	0,167	0,517
SD2	r	**−0,266**	0,057	−0,186	−0,064
	p	0,014	0,604	0,124	0,601
Alpha 1	r	−0,004	−0,137	0,045	−0,125
	p	0,973	0,212	0,712	0,301
Alpha 2	r	−0,006	0,134	0,047	−0,032
	p	0,954	0,224	0,698	0,792

r: Korrelationskoeffizient nach Spearman
Signifikanz: r bei $p < 0{,}05$ fett dargestellt

Tab. 18:
Korrelationen der Punktzahl des Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Epworth Sleepiness Scale (ESS) mit den Parametern der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Zeitbereich, die nur aus der Analyse der Gesamtzeit (24 Stunden) der EKG-Aufnahmen bestimmt worden sind

		PSQI		ESS	
		EKG – 24 h	EKG – 6 h	EKG – 24 h	EKG – 6 h
Max HR	r	−0,202	–	0,078	–
	p	0,065	–	0,479	–
Min HR	r	**0,265**	–	−0,065	–
	p	0,015	–	0,556	–
Dynamik A	r	−0,097	–	−0,076	–
	p	0,382	–	0,492	–
Dynamik B	r	**−0,239**	–	0,089	–
	p	0,028	–	0,420	–
CV	r	**−0,281**	–	−0,011	–
	p	0,009	–	0,921	–
SI	r	0,184	–	−0,027	–
	p	0,094	–	0,809	–

r: Korrelationskoeffizient nach Spearman dargestellt Signifikanz: r bei $p < 0{,}05$ fett

Die Punktzahl des PSQI hat für die Gesamtzeit gering negativ mit den Parametern Dynamik B ($r = -0{,}239$ bei $p = 0{,}028$), SDNN ($r = -0{,}269$ bei $p = 0{,}013$), SD2 ($r = -0{,}266$ bei $p = 0{,}014$) und CV ($r = -0{,}281$ bei $p = 0{,}009$) sowie gering positiv mit dem Hf-Parameter Min HR ($r = 0{,}265$ bei $p = 0{,}015$) korreliert.

Für das sechsstündige Nachtfenster sind keine signifikanten Korrelationen von Parametern der Hf und HRV mit der Punktzahl des PSQI zu beobachten gewesen (siehe Tabelle 17).

4.7.2 Zusammenhänge der Tagesschläfrigkeit mit der Herzschlagfrequenz und Herzratenvariabilität für Gesamtzeit (24 Stunden) sowie sechsstündiges Nachtfenster

Es haben sich weder für die Gesamtzeit (24 Stunden) noch für das sechsstündige Nachtfenster signifikante Korrelationen von Parametern der Hf und HRV mit der Punktzahl der ESS ergeben (siehe Tabelle 17).

4.8 Zusammenhänge der Herzschlagfrequenz und Herzratenvariabilität mit den gesundheitsbezogenen Daten

Um auch mögliche Zusammenhänge zwischen der Hf bzw. HRV und der subjektiv selbst eingeschätzten psychischen Gesundheit sowie den arbeitsbezogenen Beanspruchungsfolgen zu überprüfen, ist eine Korrelationsanalyse der Parameter der Hf und HRV für die Gesamtzeit von 24 Stunden und für das sechsstündige Nachtfenster mit den Punktzahlen des 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12), des Gesamtindex (GI) der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) und deren Subskalen Kognitive Irritation (KI) und Emotionale Irritation (EI) durchgeführt worden.

4.8.1 Gesamtzeit (24 Stunden)

Für die Gesamtzeit von 24 Stunden haben sich zwei signifikante und eine sehr signifikante Korrelation von Parametern der Hf und HRV mit der Punktzahl des GHQ-12 ergeben. Die HRV-Parameter SDNN ($r = -0{,}257$ bei $p = 0{,}018$) und SD2 ($r = -0{,}250$ bei $p = 0{,}022$) haben jeweils gering negativ und der Hf-Parameter Min HR ($r = 0{,}310$ bei $p = 0{,}004$) gering positiv mit der Punktzahl des GHQ-12 korreliert.

Mit der Punktzahl der Subskala KI der IS haben zwei HRV-Parameter sehr signifikant und vier signifikant gering negativ korreliert. Dies sind SDNN ($r = -0{,}293$ bei $p = 0{,}008$), RMSSD ($r = -0{,}268$ bei $p = 0{,}015$), pNN50 ($r = -0{,}225$ bei $p = 0{,}042$), SD1 ($r = -0{,}269$ bei $p = 0{,}014$), SD2 ($r = -0{,}285$ bei $p = 0{,}010$) und CV ($r = -0{,}266$ bei $p = 0{,}016$) gewesen. Außerdem hat der Hf-Parameter Min HR signifikant gering positiv mit der Punktzahl der Subskala KI korreliert ($r = 0{,}277$ bei $p = 0{,}012$).

Mit der Punktzahl der Subskala EI der IS hat sich nur eine signifikante Korrelation der untersuchten Parameter der Hf und HRV ergeben. Auch hier hat eine signifikante Korrelation des Hf-Parameters Min HR vorgelegen ($r = 0{,}284$ bei $p = 0{,}010$).

Mit der Punktzahl des GI der IS haben die HRV-Parameter RMSSD ($r = -0{,}315$ bei $p = 0{,}004$) sowie SD1 ($r = -0{,}317$ bei $p = 0{,}004$) sehr signifikant und SDNN ($r = -0{,}279$ bei $p = 0{,}011$), pNN50 ($r = -0{,}277$ bei $p = 0{,}012$) sowie SD2 ($r = -0{,}274$ bei $p = 0{,}013$) signifikant gering negativ korreliert. Außerdem hat eine hoch signifikant positive Korrelation des Hf-Parameters Min HR vorgelegen ($r = 0{,}359$ bei $p = <0{,}001$).

In Tabelle 19 und Tabelle 20 sind die beschriebenen Zusammenhänge mit Korrelationskoeffizienten und Signifikanzniveaus dargestellt.

Tab. 19:
Korrelationen der Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) aus der Analyse der Gesamtzeit (24 Stunden) der EKG-Aufnahmen mit den Punktzahlen des 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12), des Gesamtindex (GI) der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) und deren Subskalen Kognitive Irritation (KI) und Emotionale Irritation (EI)

		GHQ-12	KI	EI	GI
Mean HR	r	0,112	0,111	0,171	0,180
	p	0,309	0,321	0,125	0,106
Mean RR	r	−0,133	−0,155	−0,173	−0,210
	p	0,226	0,164	0,120	0,059
SDNN	r	**−0,257**	**−0,293**	−0,156	**−0,279**
	p	0,018	0,008	0,162	0,011
RMSSD	r	−0,179	**−0,268**	−0,208	**−0,315**
	p	0,104	0,015	0,061	0,004
pNN50	r	−0,160	**−0,225**	−0,185	**−0,277**
	p	0,145	0,042	0,097	0,012
HRV Tri Index	r	−0,103	−0,105	−0,045	−0,116
	p	0,352	0,348	0,686	0,298
TINN	r	−0,118	−0,075	0,077	−0,005
	p	0,286	0,501	0,492	0,963
FFT LF nu	r	−0,005	0,110	0,046	0,106
	p	0,965	0,324	0,679	0,345
FFT HF nu	r	0,005	−0,110	−0,046	−0,106
	p	0,965	0,324	0,679	0,345
FFT LF/HF-Ratio	r	−0,005	0,110	0,046	0,105
	p	0,967	0,325	0,681	0,349
SD1	r	−0,179	**−0,269**	−0,209	**−0,317**
	p	0,103	0,014	0,059	0,004
SD2	r	**−0,250**	**−0,285**	−0,156	**−0,274**
	p	0,022	0,010	0,162	0,013
Alpha 1	r	−0,007	0,125	0,082	0,142
	p	0,947	0,262	0,465	0,204
Alpha 2	r	−0,013	0,178	0,116	0,184
	p	0,909	0,109	0,300	0,098

r: Korrelationskoeffizient nach Spearman Signifikanz: r bei $p < 0{,}05$
fett dargestellt

Tab. 20:
Korrelationen der Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Zeitbereich, die nur aus der Analyse der Gesamtzeit (24 Stunden) der EKG-Aufnahmen bestimmt worden sind mit den Punktzahlen des 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12), des Gesamtindex (GI) der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) und deren Subskalen Kognitive Irritation (KI) und Emotionale Irritation (EI)

		GHQ-12	KI	EI	GI
Max HR	r	−0,021	−0,111	0,188	0,054
	p	0,847	0,320	0,090	0,629
Min HR	r	**0,310**	**0,277**	**0,284**	**0,359**
	p	0,004	0,012	0,010	<0,001
Dynamik A	r	−0,110	−0,148	0,096	−0,038
	p	0,320	0,184	0,393	0,734
Dynamik B	r	−0,106	−0,194	0,118	−0,045
	p	0,336	0,081	0,291	0,685
CV	r	−0,210	**−0,266**	−0,081	−0,212
	p	0,056	0,016	0,470	0,055
SI	r	0,124	0,198	0,075	0,180
	p	0,263	0,074	0,504	0,106

r: Korrelationskoeffizient nach Spearman
Signifikanz: r bei $p < 0{,}05$ fett dargestellt

Des Weiteren haben zahlreiche tendenziell signifikante Korrelationen zwischen verschiedenen Parametern der Hf bzw. HRV und den Punktzahlen aller vier dargestellter den psychischen Gesundheitszustand bzw. die arbeitsbezogenen Beanspruchungsfolgen evaluierender Fragebögen vorgelegen.

4.8.2 Sechsstündiges Nachtfenster

Für das sechsstündige Nachtfenster hat sich eine sehr signifikant gering negative Korrelation des HRV-Parameters SDNN mit der Punktzahl des GHQ-12 ergeben ($r = -0{,}317$ bei $p = 0{,}008$). Die HRV-Parameter RMSSD ($r = -0{,}281$ bei $p = 0{,}019$), pNN50 ($r = -0{,}246$ bei $p = 0{,}040$), SD1 ($r = -0{,}280$ bei $p = 0{,}019$) und SD2 ($r = -0{,}303$ bei $p = 0{,}011$) haben signifikant gering negativ mit der Punktzahl korreliert.

Die HRV-Parameter SDNN ($r = -0{,}295$ bei $p = 0{,}014$), RMSSD ($r = -0{,}280$ bei

$p = 0{,}021$), SD1 ($r = -0{,}281$ bei $p = 0{,}020$) und SD2 ($r = -0{,}281$ bei $p = 0{,}020$) haben signifikant gering negativ mit der Punktzahl der Subskala KI der IS korreliert.

Mit der Punktzahl der Subskala EI der IS haben der Hf-Parameter Mean HR ($r = 0{,}250$ bei $p = 0{,}040$) sowie die HRV-Parameter Mean RR ($r = -0{,}262$ bei $p = 0{,}031$), SDNN ($r = -0{,}297$ bei $p = 0{,}014$), HRV Tri Index ($r = -0{,}300$ bei $p = 0{,}013$) und SD2 ($r = -0{,}295$ bei $p = 0{,}015$) signifikant gering positiv bzw. negativ korreliert.

Die Punktzahl des GI der IS hat sehr signifikant gering gegenläufig mit den HRV-Parametern SDNN ($r = -0{,}372$ bei $p = 0{,}002$), RMSSD ($r = -0{,}334$ bei $p = 0{,}005$), HRV Tri Index ($r = -0{,}331$ bei $p = 0{,}006$), SD1 ($r = -0{,}334$ bei $p = 0{,}005$) und SD2 ($r = -0{,}361$ bei $p = 0{,}002$) korreliert. Für den Hf-Parameter Mean HR ($r = 0{,}286$ bei $p = 0{,}018$) sowie die HRV-Parameter Mean RR ($r = -0{,}301$ bei $p = 0{,}013$) und pNN50 ($r = -0{,}282$ bei $p = 0{,}020$) haben sich signifikant gering positive bzw. negative Korrelationen gezeigt.

Tabelle 21 zeigt die erläuterten Zusammenhänge mit Korrelationskoeffizienten und jeweiligem Signifikanzniveau.

Tab. 21:
Korrelationen der Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) aus der Analyse des Nachtfensters (6 Stunden) der EKG-Aufnahmen mit den Punktzahlen des 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12), des Gesamtindex (GI) der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) und deren Subskalen Kognitive Irritation (KI) und Emotionale Irritation (EI)

		GHQ-12	KI	EI	GI
Mean HR	r	0,223	0,184	**0,250**	**0,286**
	p	0,063	0,134	0,040	0,018
Mean RR	r	−0,231	−0,200	**−0,262**	**−0,301**
	p	0,055	0,101	0,031	0,013
SDNN	r	**−0,317**	**−0,295**	**−0,297**	**−0,372**
	p	0,008	0,014	0,014	0,002
RMSSD	r	**−0,281**	**−0,280**	−0,237	**−0,334**
	p	0,019	0,021	0,051	0,005
pNN50	r	**−0,246**	−0,238	−0,187	**−0,282**
	p	0,040	0,051	0,126	0,020
HRV Tri Index	r	−0,216	−0,234	**−0,300**	**−0,331**
	p	0,073	0,055	0,013	0,006

Fortgesetzt auf nächster Seite

Tab. 21:
Fortgesetzt von vorheriger Seite: Korrelationen der Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) aus der Analyse des Nachtfensters (6 Stunden) der EKG-Aufnahmen mit den Punktzahlen des 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12), des Gesamtindex (GI) der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) und deren Subskalen Kognitive Irritation (KI) und Emotionale Irritation (EI)

		GHQ-12	KI	EI	GI
TINN	r	−0,055	0,003	0,085	0,074
	p	0,652	0,981	0,491	0,549
FFT LF nu	r	0,151	0,155	0,086	0,149
	p	0,212	0,205	0,487	0,224
FFT HF nu	r	−0,151	−0,155	−0,086	−0,149
	p	0,212	0,205	0,487	0,224
FFT LF/HF-Ratio	r	0,150	0,154	0,087	0,149
	p	0,216	0,210	0,482	0,225
SD1	r	**−0,280**	**−0,281**	−0,237	**−0,334**
	p	0,019	0,020	0,052	0,005
SD2	r	**−0,303**	**−0,281**	**−0,295**	**−0,361**
	p	0,011	0,020	0,015	0,002
Alpha 1	r	0,176	0,188	0,122	0,191
	p	0,146	0,124	0,320	0,118
Alpha 2	r	0,115	0,093	0,019	0,066
	p	0,345	0,452	0,876	0,591

r: Korrelationskoeffizient nach Spearman Signifikanz: r bei $p < 0{,}05$ fett dargestellt

Darüber hinaus haben einige tendenziell signifikante Korrelationen zwischen verschiedenen Parametern der Hf bzw. HRV und den Punktzahlen der vier dargestellten den psychischen Gesundheitszustand bzw. die arbeitsbezogenen Beanspruchungsfolgen beurteilenden Fragebögen bestanden.

5 Diskussion

Insgesamt kommt es in den letzten Jahren zu einer Zunahme psychischer Belastungen in der Arbeitswelt (Bauer 2016; Grobe et al. 2017). Schlafstörungen und Einschlafschwierigkeiten sind oft assoziiert mit beruflichen Belastungen und Problemen sowie sozialen Konflikten am Arbeitsplatz (Kalimo et al. 2000; Åkerstedt et al. 2002; De Lange et al. 2009; Elovainio et al. 2009; Åkerstedt et al. 2012). Erholsamer Schlaf spielt eine wichtige Rolle für Gesundheit, subjektives Wohlbefinden und Lebensqualität (Happe 2011). Der Schlaf und dessen Qualität kann aufgrund des nicht bewussten Erlebens nicht direkt, sondern nur rückblickend subjektiv beurteilt werden (Heitmann et al. 2011), zum Beispiel mit dem Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) (Buysse et al. 1989), der in der vorliegenden Arbeit verwendet worden ist. Beim PSQI handelt es sich um ein standardisiertes Verfahren aus der Schlafmedizin, das eine Unterscheidung zwischen guten und schlechten Schläfern ermöglicht. Zur objektiven Beurteilung des Schlafes und dessen Qualität gilt die überwachte kardiorespiratorische Polysomnografie (PSG) als Goldstandard (DGSM 2009, 2017). Aufgrund der Praktikabilität und Portabilität wird in wissenschaftlichen Studien häufig auf die Aktigrafie zurückgegriffen, die zwar nicht so präzise ist wie die PSG, mit der man aber dennoch relativ verlässliche Informationen erhält (Ancoli-Israel et al. 2003; Morgenthaler et al. 2007). In der vorliegenden Studie ist ein anderer Ansatz verfolgt worden, um einen neuen Indikator zu finden. Weder PSG noch Aktigrafie sind zum Einsatz gekommen, um den Schlaf objektiv beurteilen zu können. Stattdessen sind bei den Probanden 24-h-EKG-Aufnahmen durchgeführt worden, um durch Analyse der RR-Intervalle zu untersuchen, wie sich Veränderungen des Schlafes und der Schlafqualität auf die Hf und HRV auswirken.

In zukünftigen Studien sollte darüber nachgedacht werden, begleitend die den Probanden wenig beeinträchtigende Aktigrafie zu verwenden. Ein Vorteil der Nutzung der Aktigrafie ist, dass der Aktivitätsgrad und der zirkadiane Rhythmus der Probanden über den gesamten Untersuchungszeitraum mit erfasst werden können. In der vorliegenden Studie ist man im Hinblick auf das Aktivitätsprofil abhängig von Güte und Zuverlässigkeit des Tätigkeitsprotokolls im Zusammenhang mit zeitlich einhergehenden Veränderungen der Hf. Genauso verhält es sich mit der Schlafenszeit. Das sechsstündige

Nachtfenster zur Analyse der Hf und HRV ist nur bei Probanden erstellt worden, die mindestens sechs Stunden geruht haben und die, um den Einfluss zirkadianer Rhythmik so gering wie möglich zu halten, vor 01:00 Uhr schlafen gegangen sind. Um diese Kriterien anzuwenden, ist wiederum das Tätigkeitsprotokoll und der Hf-Verlauf genutzt worden. Ein weiteres Hilfsmittel ist hierbei das Spektrogramm der HRV-Analyse gewesen, welches in Zusammenschau mit der Hf relativ gute Aussagen darüber ermöglicht, ob jemand schläft oder nicht (vgl. hierzu auch die Beispielspektrogramme in Anlage A.3). Die Aktigrafie böte ein leicht handhabbares anerkanntes zusätzliches Mittel zur objektiven Einschätzung von Schlafqualität und Schlafstörungen sowie ein Instrument zur Objektivierung der allgemeinen Aktivität.

Um potenziellen Einflussfaktoren auf die HRV entgegenzuwirken, sind verschiedene Ausschlusskriterien angewendet worden, die per standardisiertem Fragebogen abgefragt worden sind. Darüber hinaus ist allerdings keine Anamneseerhebung erfolgt und eine körperliche Untersuchung ist nicht durchgeführt worden. Eine weitergehende mündliche Anamneseerhebung und körperliche Untersuchung wäre eine deutlich sichere, aber auch sehr viel aufwendigere Methode. Schließlich könnten Probanden aus Versehen aufgrund von Unwissenheit oder Nachlässigkeit falsche Angaben machen. Auch die Annahme, sonst nicht an der Studie teilnehmen zu dürfen, könnte sie dazu verleiten, bestimmte Punkte zu verschweigen. Letzterem ist allerdings insofern begegnet worden, als dass alle Probanden unabhängig von den im Fragebogen gemachten Angaben an der Studie teilnehmen durften und die Ausschlusskriterien erst im Nachhinein im Rahmen der Auswertung angewendet worden sind. Im Folgenden werden die in Kapitel 2 formulierten Hypothesen besprochen.

Hypothese (1) bis Hypothese (4) Nach Anwendung der Ausschlusskriterien hat es sich in der vorliegenden Studie um eine heterogene Stichprobe mit gleicher Anzahl an weiblichen und männlichen Probanden gehandelt. Allerdings ist die Spannweite des Alters sehr groß gewesen mit dem jüngsten Teilnehmer im Alter von 19 und dem ältesten Teilnehmer im Alter von 71 Jahren. Allein das Alter stellt jedoch schon einen erheblichen Einflussfaktor auf die HRV dar (Voss et al. 2012; Abhishekh et al. 2013). Die beiden anhand des Ergebnisses im PSQI gebildeten Gruppen (Gruppe der guten Schläfer bzw. Gruppe der schlechten Schläfer) haben sich jedoch im Mittel nicht signifikant im Alter unterschieden. Auch in den erfassten soziodemografischen und medizinischen Angaben Geschlecht, BMI, THV, BD sys, BD dias, Sport pro Woche, Jahre Sport, Tätigkeitsprofil, Raucherstatus und Anzahl an py der aktuellen oder ehemaligen Raucher haben keine signifikanten Unterschiede vorgelegen. Dies ist insofern

auffällig, als dass diese Faktoren zum Teil mit schlechter Schlafqualität und kurzer Schlafdauer assoziiert sind, so zum Beispiel hoher Blutdruck (Gangwisch et al. 2006; Gottlieb et al. 2006) und Adipositas (Taheri et al. 2004; Chaput et al. 2008; Patel & Hu 2008). Für die Auswertung dieser Untersuchung stellt dieser Umstand allerdings eine optimale Voraussetzung dar. Schließlich haben somit in beiden Gruppen vergleichbare Grundvoraussetzungen in Bezug auf Alter, Geschlechtsverteilung und gesundheitlicher Statusdaten für die durchgeführten Analysen bestanden.

Beide Gruppen haben sich aber auch in den berechneten Parametern der Hf und HRV weder für die Gesamtzeit von 24 Stunden, noch für das zusätzlich verwendete sechsstündige Nachtfenster signifikant unterschieden. Auch hinsichtlich der geschlechts- und altersspezifischen Normwerte nach Sammito & Böckelmann (2017) hat keine signifikant unterschiedliche Verteilung vorgelegen. Auffällig ist hier, dass die HRV-Parameter bei deutlich über 90 % der Probanden im Normbereich gelegen haben. In den zusätzlich durchgeführten mehrfaktoriellen Varianzanalysen konnten zumindest Interaktionseffekte zwischen der subjektiven Schlafqualität und der psychischen Gesundheit bzw. den arbeitsbezogenen Beanspruchungsfolgen in Bezug auf einige Hf- und HRV-Parameter gefunden werden. Bei den sich angeschlossenen Korrelationsanalysen zwischen subjektiver Schlafqualität und Hf bzw. HRV haben sich fünf signifikante Korrelationen für die Gesamtzeit von 24 Stunden ergeben. Hinsichtlich der mittels Epworth Sleepiness Scale (ESS) (Johns 1991) separat erfassten Tagesschläfrigkeit haben sich überraschenderweise keine signifikanten Unterschiede zwischen Probanden mit guter bzw. schlechter Schlafqualität ergeben. Auch bei der Korrelationsanalyse zwischen Tagesschläfrigkeit und Hf bzw. HRV sind keine signifikanten Zusammenhänge festgestellt worden.

Die subjektiv empfundene Schlafqualität und Tagesschläfrigkeit des Probandenkollektivs aus den 84 in dieser Studie untersuchten Personen scheint folglich wenig bis keinen Einfluss auf die HRV gehabt zu haben, das Gleichgewicht von Sympathikus und Parasympathikus scheint nicht wesentlich beeinflusst worden zu sein. Bezüglich des Zusammenhangs zwischen HRV und subjektiver Schlafqualität bzw. der Schlafdauer als Teilaspekt von dieser, gibt es relativ wenige Untersuchungen an gesunden Probanden.

Jackowska et al. (2012) haben in einer Stichprobe, bestehend aus 199 gesunden weiblichen Probanden mit einem durchschnittlichen Alter von $33{,}8 \pm 9{,}3$ Jahren (Durchschnittsalter der Stichprobe der vorliegenden Studie hat mit $37{,}3 \pm 15{,}6$ Jahre nur unwesentlich höher gelegen), einen signifikanten negativen Zusammenhang zwischen der mithilfe der Jenkins Sleep Problems Scale (Jenkins et al. 1988) erfassten Schlafqualität und dem einzigen in dieser Studie untersuchten HRV-Parameter RMSSD für das untersuchte HRV-Tagfenster gefunden, hinweisend auf ein gestörtes Gleichegewicht des

autonomen Nervensystems in Form einer verminderten parasympathischen Aktivität. Der Zusammenhang hat sowohl für das Tagfenster als auch für das Nachtfenster in gegenläufiger Richtung vorgelegen, ist aber nur für das Tagfenster signifikant gewesen.

Ebenfalls signifikante Zusammenhänge für den Tag, in dieser Studie als Wachzustand bezeichnet, und nicht für die Nacht, in dieser Studie als Schlafzustand bezeichnet, konnten Werner et al. (2015) für den einzigen in ihrer Studie untersuchten HRV-Parameter, das HF-Band, an 29 gesunden weiblichen Probanden mit einem durchschnittlichen Alter von $23{,}6 \pm 3{,}3$ Jahren zeigen. Die Zusammenhänge einer reduzierten parasympathischen Aktivität im Wachzustand bei schlechter subjektiver Schlafqualität haben sie auch für die mittels PSG erfasste objektive Schlafqualität nachweisen können. Die subjektive Schlafqualität ist in der Studie von Werner et al. (2015) wie in der vorliegenden Arbeit mit dem PSQI nach Buysse et al. (1989) ermittelt worden.

In der Studie von Castro-Diehl et al. (2016) an 527 Probanden zwischen 45 und 84 Jahren ist die HRV nur während des Wachzustands (in Ruhe und in Reaktion auf mentalen und orthostatischen Stress) untersucht worden. Es ist hier ebenfalls gezeigt worden, dass das den Parasympathikus beschreibende HF-Band, der einzige in dieser Studie untersuchte HRV-Parameter, in Ruhe im Wachzustand signifikant positiv mit der subjektiven und objektiven Schlafqualität, Schlafdauer und Schlafeffizienz assoziiert ist. Zum Erfassen dieser schlafassoziierten Parameter sind eine 7-Tage-Aktigrafie, eine 1-Nacht-Heim-Polysomnografie, ein Schlaftagebuch und der Schlaffragebogen Women's Health Initiative Insomnia Rating Scale (WHIIRS) (Levine et al. 2003) eingesetzt worden. Die WHIIRS und der in der vorliegenden Arbeit verwendete PSQI ähneln sich. Beide beurteilen den gleichen Zeitraum (vier Wochen bzw. ein Monat) und bei beiden wird eine Gesamtpunktzahl ermittelt. Auch inhaltlich gibt es große Überschneidungen, wobei die WHIIRS sehr viel kürzer ist (fünf Fragen gegenüber 19 Fragen im PSQI).

Interessant ist außerdem, dass es im Rahmen von Interventionsstudien, in denen die Probanden durch forcierten Schlafentzug „schlecht geschlafen" haben, sowohl Ergebnisse gibt, die einen negativen Einfluss von Schlafentzug auf die HRV ermittelt haben wie die Studien von Takase et al. (2004) und Zhong et al. (2005), als auch Ergebnisse, die keine signifikanten Unterschiede der HRV nach Schlafentzug feststellen konnten wie die Studie von Pagani et al. (2009).

Dass in der vorliegenden Studie keine signifikanten Zusammenhänge zwischen der HRV des Nachtfensters und der subjektiven Schlafqualität gefunden worden sind, ist somit konsistent mit Ergebnissen anderer Autoren. Werner et al. (2015) führen als möglichen Erklärungsansatz Schwankungen der HRV bzw. Hf über die unterschiedlichen Schlafstadien (Stein & Pu 2012; Tobaldini et al. 2013) und über verschieden lange

Perioden der jeweils gleichen Schlafphase im Laufe der Nacht an (Snyder et al. 1964). Hierdurch kommt es physiologisch zu einer starken Heterogenität der HRV einer Nacht und relativ geringe Zuverlässigkeit über mehrere Nächte (Werner et al. 2015). In den Schlafstadien N1 – N4 nach Rechtschaffen & Kales (1968) bzw. N1 – N3 nach Iber et al. (2007) vermindert sich die Hf und erhöht sich die HRV. Dies ist besonders ausgeprägt in den Tiefschlafphasen N3 und N4 (nach Rechtschaffen & Kales (1968)) bzw. N3 (nach Iber et al. (2007)). Im REM-Schlaf dagegen ist die Hf teilweise sogar höher als bei Wachheit und die HRV vermindert (Žemaitytė et al. 1984; Bonnet & Arand 1997; Otzenberger et al. 1998).

Allein die subjektive Schlafqualität scheint sich also nur schwer messbar auf die HRV während des Schlafes auszuwirken, solange es noch nicht zu einer manifesten Schlafstörung gekommen ist. Eine manifeste Schlafstörung wie beispielsweise Insomnie führt dagegen zu signifikant erhöhten Werten des LF-Bands und verminderten Werten des HF-Bandes verglichen mit normal Schlafenden während des Schlafes (Bonnet & Arand 1998). Spiegelhalder et al. (2011) und de Zambotti et al. (2013) konnten das Ergebnis einer reduzierten HRV bei Insomnie bestätigen. Bei anderen Schlafstörungen kommt es ebenfalls zu Veränderungen der HRV, vergleiche hierzu Stein & Pu (2012) und Tobaldini et al. (2013).

Sowohl der PSQI als auch die ESS liefern Informationen über die Schlafgewohnheiten der letzten vier Wochen (bzw. beim Original der ESS eigentlich „der letzten Zeit“ (Johns 1991), vgl. Unterabschnitt 3.4.3). Längerfristige Schlafprobleme sind in der vorliegenden Studie bis auf den in den Ausschlusskriterien formulierten Punkt der nächtlichen Sauerstoffapplikation oder unterstützender maschineller Ventilationstherapie nicht weiter erfragt worden. Jackowska et al. (2012) und Werner et al. (2015) haben ebenfalls nur gesunde Probanden in ihre Studien eingeschlossen und nur den Schlaf des letzten Monats erfasst. Werner et al. (2015) haben zusätzlich als Einschlusskriterium für die Aufnahme in ihre Studie ein Ergebnis von ≤ 7 Punkten im PSQI festgelegt. Während Jackowska et al. (2012) ebenfalls eine 24-stündige Periode untersucht haben, sind es bei Werner et al. (2015) ein 8-stündiges Schlaffenster und ein 94-minütiges Wachfenster gewesen.

Auch konkret diagnostizierte Schlafstörungen sind in der vorliegenden Studie nicht abgefragt worden. Allerdings haben die Geräte für die Aufnahmen der 24-h-EKGs über die Brustwandableitungen die Anzahl und Länge von Apnoe-Ereignissen detektiert und einen Apnea Index berechnet. Da die Feststellung von Apnoen über die Brustwandableitungen sehr fehleranfällig und ungenau ist, kann sie lediglich eine grobe Einschätzung ermöglichen. Dabei fällt aber auf, dass sich die Gruppe der schlechten Schläfer hin-

sichtlich des Apnea Index nicht von der Gruppe der guten Schläfer unterschieden hat.

Es ist auch nicht näher darauf eingegangen worden, um welches Schlafmittel es sich gehandelt hat, wenn der Patient im PSQI die Angabe gemacht hat, Schlafmittel eingenommen zu haben. Außerdem beinhaltet der Begriff Schlafmittel eine sehr heterogene Gruppe an Medikamenten und setzt auch eine gewisse Sachkenntnis des Probanden voraus, bei welchem es sich überhaupt um ein Hypnotikum bzw. Sedativum handelt. So reicht das Spektrum von Benzodiazepinen über Antihistaminika und Antidepressiva bis hin zu pflanzlichen Präparaten (Lohse & Müller-Oerlinghausen 2016).

Einerseits sind längerfristige Schlafprobleme in dieser Studie mit den ausgewählten Fragebögen nicht erfasst worden. Ein weiteres nicht berücksichtigtes Problem stellt andererseits der subjektive Schlaf in der Untersuchungsnacht und etwaiger unmittelbar vor dem Schlafen gehen erlebter physiologischer Stress dar. So kann es sein, dass der Proband über keinerlei Schlafprobleme in den letzten vier Wochen im PSQI und in der ESS berichtet hat, aber in der analysierten Nacht Schlafprobleme gehabt hat. Wie Hall et al. (2004) gezeigt haben, kann die HRV während des Schlafes alleine schon durch unmittelbar vor dem Schlafen gehen erlebten physiologischen Stress beeinflusst werden. Hinweise auf bewusst erlebte Schlafprobleme oder eventuelle Stressfaktoren hat hier wiederum das Tätigkeitsprotokoll liefern können, sofern der Proband das Ereignis für erwähnenswert gehalten hat. Letztlich ist man aber wiederum von der Ausführlichkeit und Interpretation der Angaben des Probanden abhängig.

Durchaus denkbar ist außerdem eine Beeinflussung des Schlafes und des allgemeinen Befindens über den gesamten Aufnahmezeitraum durch das Messgerät (EKG-Gerät, Elektroden, Kabel). Die verwendeten Geräte sollten möglichst einfach, klein, portabel, mechanisch robust sowie rückwirkungsarm sein, um den Probanden so wenig wie möglich während der Untersuchungen zu beeinträchtigen, aber gleichzeitig eine ausführliche Auswertung ohne Beschränkungen ermöglichen (Hacke 2008; Sammito et al. 2015a, 2016b). Die in der vorliegenden Studie verwendeten kabelgebundenen EKG-Aufzeichnungsgeräte (medilog® AR12 PLUS, SCHILLER, Baar, Schweiz, vgl. Unterabschnitt 3.4.4) erfüllen diese Voraussetzungen. Während weniger beeinträchtigende tragbare Messgeräte wie funkübertragende Pulsuhr-Systeme unter bestimmten Bedingungen keine validen Ergebnisse liefern (Hottenrott 2007; Sammito & Böckelmann 2012), können gewisse funklose Brustgurtsysteme als gleichwertig angesehen werden (Sammito et al. 2011; Sammito & Böckelmann 2012). Sie böten womöglich einen erhöhten Tragekomfort sowie eine geringere Beeinträchtigung und dadurch eine verminderte Beeinflussung des Schlafes. Dabei ist aber zu bedenken, dass bei den meisten Brustgurtsystemen keine

EKG-Aufzeichnung erfolgt und zum Beispiel durch Bewegung bedingte Artefakte nicht entsprechend zugeordnet und manuell entfernt werden können (Sammito et al. 2016b).

Bestimmte Tätigkeiten wie sportliche Aktivität wirken sich direkt auf die HRV aus (Bernardi & Piepoli 2001; Hottenrott et al. 2006). Problematisch zu sehen ist einerseits die oben erwähnte Art der Erfassung der Aktivitäten während des Aufnahmezeitraums in dieser Studie. Außerdem kann nicht sicher ausgeschlossen werden, dass die Probanden trotz vorheriger Anweisungen bestimmte Aktivitäten, zum Beispiel Treiben von Sport, nicht unterlassen haben und diese dann vielleicht im Tätigkeitsprotokoll verschwiegen haben. Es ist schwierig, allein anhand der Hf-Kurve über den Aufnahmezeitraum zu entscheiden, ob ein Proband wegen zu viel körperlicher Aktivität und einer daraus resultierenden Verzerrung der Messwerte ausgeschlossen werden sollte, da dieser Hf-Anstieg auch mit einer Stresssituation verbunden sein kann.

Neben der HRV gelten zum Beispiel Hormone des neuroendokrinen Stress-Systems, also des autonomen sympatho-adrenalen Systems und der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse als das vegetative Nervensystem widerspiegelnde Parameter, wobei die Messung der HRV den Vorteil der Nichtinvasivität bietet. In interventionellen Studien ist durch herbeigeführten Schlafentzug eine Zunahme der Catecholamine im Blut gezeigt worden (Irwin et al. 1999; Takase et al. 2004). Aber auch in der naturalistisch angelegten longitudinalen Studie von Zhang et al. (2011) ist ein signifikant negativer Zusammenhang zwischen der mittels Aktigrafie gemessenen objektiven Schlafqualität und den Catecholaminen Norepinephrin und Epinephrin im 24-Stunden-Urin gezeigt worden. Bezüglich des außerdem in der Studie von Zhang et al. (2011) nach dem Aufwachen gemessenen Speichelkortisols haben keine Unterschiede zwischen objektiv guter und schlechter Schlafqualität vorgelegen.

Hypothese (5) Ein entscheidender Aspekt für eine gute mentale und physische Gesundheit ist ausreichender und erholsamer Schlaf (Buysse 2014). Weitere Ergebnisse der vorliegenden Studie spiegeln diesen Zusammenhang wider. So hat sich der mittels 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12) (Goldberg 1972, 1978) ermittelte psychische Gesundheitszustand der Probanden dieser Studie sehr signifikant zwischen der Gruppe der guten Schläfer und der Gruppe der schlechten Schläfer unterschieden. Dabei haben die Probanden der schlechten Schläfer einen schlechteren psychischen Gesundheitszustand in Form einer im Mittel höheren Punktzahl im GHQ-12 aufgewiesen. Auch die arbeitsbezogenen psychischen Beanspruchungsfolgen, die über den Gesamtindex und die Subskalen Kognitive Irritation (KI) und Emotionale Irritation (EI) der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) (Mohr et al.

2007) untersucht worden sind, haben sich sehr signifikant zwischen den beiden Gruppen unterschieden. Dabei haben die Probanden der schlechten Schläfer im Mittel einen höheren Wert in allen drei Skalen erreicht und die arbeitsbezogenen psychischen Beanspruchungsfolgen sind bei diesen dementsprechend häufiger als überdurchschnittlich eingestuft worden. Irritation gilt als ein psychischer Zustand, der zwischen akutem und chronischem Stresserleben einzuordnen ist und kann als Vorläufer psychischer Befindensbeeinträchtigung verstanden werden (Müller et al. 2004).

Auch in den durchgeführten Korrelationsanalysen sind diese Ergebnisse bestätigt worden. Sowohl die mittels GHQ-12 beurteilte psychische Gesundheit als auch die kognitive Irritation, emotionale Irritation und Gesamtirritation haben gering positiv und hoch signifikant mit der subjektiven Schlafqualität im PSQI korreliert. Nicht nur die eher tätigkeitsspezifische Stressoren abbildende Subskala KI, sondern auch die eher mit sozialen Stressoren verknüpfte Subskala EI scheinen im Zusammenhang mit der subjektiv erlebten Schlafqualität zu stehen. Zusätzlich hat sich eine sehr signifikant positive Korrelation zwischen der Tagesschläfrigkeit in der Epworth Sleepiness Scale (ESS) und der emotionalen Irritation gefunden, nicht jedoch zwischen der Tagesschläfrigkeit und der kognitiven Irritation, der Gesamtirritation sowie der mittels GHQ-12 erfassten psychischen Gesundheit.

Bei dem querschnittlichen Design dieser Studie ist kein Rückschluss auf Kausalität möglich. Es ist sowohl denkbar, dass sich die subjektive Schlafqualität auf die psychische Gesundheit und auf die psychischen Beanspruchungsfolgen ausgewirkt hat, als auch, dass die psychische Gesundheit und psychische Beanspruchung Einfluss auf die subjektive Schlafqualität gehabt haben. Am wahrscheinlichsten ist ein bidirektionaler Zusammenhang, da gestörter Schlaf einerseits ein Symptom verschiedener psychischer Erkrankungen und Zustände ist (DGSM 2009; Krystal 2012), andererseits aber auch zu Burnout (Elfering et al. 2018) und psychischen Erkrankungen führt (Breslau et al. 1996; Chang et al. 1997; Buysse et al. 2008). Eine kurze Schlafdauer ist assoziiert mit Burnout (Söderström et al. 2012), Depression und Suizidalität (Goodwin & Marusic 2008; Gangwisch et al. 2010). Kahn-Greene et al. (2007) haben zeigen können, dass es bereits nach 56-stündigem Schlafentzug zu einer Zunahme depressiver Symptome kommt.

Gemäß Lohmann-Haislah (2012) ist anzunehmen, dass berufliche Unsicherheit zu einem erheblichen Anteil zur Gesamtheit der psychischen Belastung beiträgt. Interessant ist in dem Zusammenhang, dass Arbeitnehmer, die ihre Entlassungsgefährdung als wahrscheinlich bewerten, eine höhere Prävalenz für Insomnie zeigen als Arbeitnehmer, die ihr Beschäftigungsverhältnis als sicher betrachten (Marschall et al. 2017). Schulz

et al. (2003) haben gezeigt, dass sozialer Stress die Schlafzufriedenheit beeinträchtigt. Gleiches gilt für arbeitsbedingten psychosozialen Stress (Kalimo et al. 2000; Åkerstedt et al. 2002; De Lange et al. 2009; Åkerstedt et al. 2012).

Der Zusammenhang von Psyche und Schlaf wird auch dadurch verdeutlicht, dass bei der Behandlung von bestimmten Schlafstörungen verhaltenstherapeutische Verfahren insgesamt der Behandlung mit Hypnotika überlegen sind (Jacobs et al. 2004; Riemann & Hajak 2009; Trauer et al. 2015). Insomniespezifische kognitive Verhaltenstherapie verbessert auch komorbide Angststörungen und Depression (Ye et al. 2015; Freeman et al. 2017). Auch die S3-Leitlinie Nicht erholsamer Schlaf/Schlafstörungen der Deutschen Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin (DGSM) empfiehlt im aktualisierten Kapitel „Insomnie bei Erwachsenen“ bei Insomnien zur vorrangigen Behandlung kognitive Verhaltenstherapie, während Pharmakotherapie lediglich als zweiter Schritt in Erwägung gezogen werden sollte (Riemann et al. 2017). Trotzdem werden Hypnotika aktuell zu oft und über zu lange Zeitabschnitte eingenommen und zu selten die Möglichkeit einer kognitiven Verhaltenstherapie gegeben (Marschall et al. 2017).

Ständige Erreichbarkeit in der modernen Arbeitswelt hat Vor- und Nachteile für den Gesundheitszustand der Arbeitnehmer. Potenziell positive Beanspruchungsfolge von Erreichbarkeit ist die Möglichkeit der flexiblen Arbeitsortwahl bei nicht an den Arbeitsplatz gebundenen Arbeitsanforderungen. Andererseits führt die erweiterte Verfügbarkeit aber zu zusätzlichen Arbeitsbelastungen außerhalb der regulären Arbeitszeit und zur Fragmentierung der einzelnen Lebensbereiche, was Konsequenzen auf die Beanspruchung und Erholung hat. So kann es zu einer Verminderung oder gar einen Ausfall von Erholungszeit kommen sowie zu einer Einschränkung der Distanzierungsfähigkeit (Strobel 2013; Hassler et al. 2016).

Da der Trend in der modernen Gesellschaft immer mehr in Richtung ständige Flexibilität, Mobilität und Erreichbarkeit beim Arbeitnehmer geht (Panter 2010; Dettmers et al. 2012; Pfeiffer 2012), ist anzunehmen, dass ständige Erreichbarkeit einen Faktor für höhere Werte beim Fragebogenteil Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS), das heißt höheren Beanspruchungsfolgen, dargestellt hat. Bei Aussagen des Fragebogens wie „Es fällt mir schwer, nach der Arbeit abzuschalten.“ (Item 1 der IS) oder „Ich muss auch zu Hause an Schwierigkeiten bei der Arbeit denken.“ (Item 2 der IS), die tätigkeitsspezifische Stressoren widerspiegeln (Kognitive Irritation (KI)), ist ein Zusammenhang ohne Weiteres ersichtlich. Aber auch soziale Stressoren (Emotionale Irritation (EI)) sind unweigerlich mit ständiger Erreichbarkeit assoziiert. Schließlich müssen viele Tätigkeiten örtlich, zeitlich und situativ an die ständige Erreichbarkeit angepasst werden (Hassler et al. 2016) und bereits allein die Aussicht

angerufen zu werden, ist begleitet von einer Erhöhung der Reizbarkeit, Verschlechterung der Stimmung und Verminderung sozialer sowie häuslicher Aktivitäten (Bamberg et al. 2012). Nachts kann es so zu einer quantitativen und qualitativen Beeinträchtigung des Schlafes kommen (Wuyts et al. 2012; Hassler et al. 2016). Besonders beanspruchend nehmen vor allem Führungskräfte mit hohem Verantwortungsdruck und hoher Summe an Arbeitsaufgaben ständige Erreichbarkeit wahr und berichten von Ein- und Durchschlafproblemen (Minow & Swart 2018). Die Beeinträchtigung des Schlafes kann aber auch unabhängig von ständiger Erreichbarkeit durch allgemein bedingten Stress (Åkerstedt et al. 2007) oder arbeitsspezifischen Stress (Kageyama et al. 1998; Cropley et al. 2006) hervorgerufen werden. Tagesschläfrigkeit, die sich aus der Beeinträchtigung des Schlafes entwickelt, scheint hauptsächlich mit sozialen Stressoren (Abbild der EI) und weniger mit tätigkeitsspezifischen Stressoren (Abbild der KI) zusammenzuhängen. Es wäre interessant gewesen, in der vorliegenden Studie die individuelle Einschätzung von ständiger Erreichbarkeit zu bestimmen, um diese mit der psychischen Beanspruchung in Zusammenhang zu setzen. Letztlich handelt es sich zwar nur um einen von vielen Faktoren mit Einfluss auf die psychische Beanspruchung, aber um einen sehr bedeutenden in der aktuellen Arbeitswelt.

Der in dieser Studie zur Evaluation der allgemeinen psychischen Gesundheit verwendete GHQ-12 bezieht sich nur auf das Befinden der letzten vier Wochen im Vergleich zum gewöhnlichen Gesundheitszustand. Am Anfang des Fragebogens sind außerdem bestimmte Erkrankungen abgefragt worden. Diese Fragen haben explizit auf den potenziellen Einfluss auf die HRV abgezielt, um bestimmte Störfaktoren zu erfassen. Aus dem psychopathologischen Spektrum ist nur nach psychiatrischen Medikamenten gefragt worden. Hinsichtlich der Erfassung des allgemeinen psychischen Gesundheitszustands und auch im Hinblick auf den Schlaf wäre eine genauere psychopathologische Exploration interessant gewesen. Es bleibt daher unklar, inwieweit die psychische Gesundheit bei den Probanden schon länger als die vier Wochen beeinträchtigt gewesen ist und ob eventuell sogar eine konkrete psychische Erkrankung vorgelegen hat. Schließlich kann diese ja auch nicht medikamentös behandelt worden sein. Auch Suizidalität ist nicht weiter untersucht worden. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie ließen sich so insgesamt besser einordnen und es kann nicht sicher gesagt werden, ab welcher Zeitspanne der Zusammenhang zwischen psychischer Gesundheit und Schlafqualität besteht. Dagegen wird bei der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS), also dem Instrument zur Analyse des Vorläufers psychischer Befindensbeeinträchtigung, keine Einschränkung bezüglich des Zeitraumes gemacht, auf den sich der Proband bei Beantwortung der Fragen beziehen soll.

Eine Möglichkeit der Verzerrung des Zusammenhangs besteht darin, dass ein Proband mit schlechtem psychischem Gesundheitszustand bzw. schlechter subjektiver Schlafqualität eventuell bereits eine negative pessimistische Grundeinstellung hat und den jeweils anderen Faktor bewusst oder unbewusst tendenziell schlechter einschätzt, als er tatsächlich ist. Der Proband mit guter psychischer Gesundheit bzw. guter subjektiv empfundener Schlafqualität dagegen hat womöglich eine positive optimistische Grundeinstellung und evaluiert den jeweils anderen Faktor bewusst oder unbewusst tendenziell besser, als er tatsächlich ist.

Hypothese (6) Das Hauptaugenmerk dieser Studie hat auf Schlafstörungen und deren Zusammenhang mit der HRV und dem psychischen Gesundheitszustand gelegen. Zusätzlich ist untersucht worden, inwiefern es Bezüge zwischen der Hf bzw. HRV und der psychischen Gesundheit in der vorliegenden Stichprobe gibt. In den sowohl für die Gesamtzeit von 24 Stunden als auch für das sechsstündige Nachtfenster durchgeführten Korrelationsanalysen haben sich signifikante und bis auf die beiden Hf-Parameter Mean HR und Min HR negative Korrelationen zwischen den Parametern der Hf bzw. HRV und den Punktzahlen des GHQ-12 bzw. der IS ergeben. Dabei ist auffällig, dass beim sechsstündigen Nachtfenster mehrere signifikante Korrelationen für die Punktzahlen aller vier untersuchten Skalen (GHQ-12, GI, KI, EI) festgestellt worden sind, während bei der 24-stündigen Gesamtzeit für die EI nur eine einzige signifikante Korrelation gefunden worden ist (Hf-Parameter Min HR). Dies könnte dadurch bedingt sein, dass in der 24-stündigen Gesamtzeit unterschiedliche Aktivitäten stattgefunden haben. Außer bei der KI liegen beim sechsstündigen Nachtfenster im Vergleich zur 24-stündigen Gesamtzeit jeweils Korrelationen von mehr Hf- und HRV-Parametern vor. Hervorzuheben ist außerdem, dass sich keinerlei Korrelationen bei HRV-Parametern des Frequenzbereichs gezeigt haben, sondern hauptsächlich bei statistischen Parametern aus dem Zeitbereich und nichtlinearen Parametern des Poincaré Plots.

Zu einer Verminderung der HRV führen psychische Erkrankungen wie Angststörungen und Panikattacken (Chang et al. 2013; Pittig et al. 2013), posttraumatische Belastungsstörungen (Hauschildt et al. 2011; Sammito et al. 2015b) oder Depressionen (Kemp et al. 2010; Dauphinot et al. 2012). Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass Probanden an einer psychischen Erkrankung während des Untersuchungszeitraums gelitten haben. Wie bereits erwähnt, untersucht der GHQ-12 lediglich das psychische Befinden der letzten vier Wochen und es ist bis auf die Frage nach psychiatrischen Medikamenten im Fragebogen keine weitergehende psychopathologische Untersuchung erfolgt. Unabhängig davon ist der allgemeine psychische Gesundheitszustand offensichtlich bei den teilnehmenden

Probanden unterschiedlich gewesen. Es kann angenommen werden, dass je schlechter der psychische Gesundheitszustand gewesen ist, je näher der Proband also mit seinem psychischen Gesundheitszustand einem pathologischen Zustand wie einer Depression oder Angststörung gewesen ist, desto niedrigere HRV-Werte hat er erreicht.

Die HRV kann als Indikator für psychische Beanspruchung dienen (Sammito et al. 2016b). In der vorliegenden Studie ist gezeigt worden, dass neben der Irritation insgesamt (GI) insbesondere zwischen der tätigkeitsspezifische Stressoren abbildenden KI und der HRV (Parameter für die Gesamtzeit von 24 Stunden und für das sechsstündige Nachtfenster) Zusammenhänge bestehen, aber auch zwischen der soziale Stressoren darstellenden EI und der HRV (hauptsächlich Parameter für das sechsstündige Nachtfenster). Es gibt sowohl Studien, die einen ähnlichen Zusammenhang darstellen konnten (Chandola et al. 2008; Clays et al. 2011) als auch Untersuchungen, in denen keine Verknüpfungen gezeigt werden konnten (Kageyama et al. 1998; Riese et al. 2004).

Chandola et al. (2008) haben in einer longitudinal angelegten Studie einen Zusammenhang zwischen erhöhtem arbeitsbedingtem psychosozialem Stress und erniedrigter HRV zeigen können. Der arbeitsbedingte psychosoziale Stress ist dabei mit dem Job Content Questionnaire (Karasek & Theorell 1990) gemessen worden, zur Beurteilung der HRV ist ein fünfminütiger Zeitabschnitt hinsichtlich der Parameter SDNN, HF und LF untersucht worden. Hierbei ist es aufgrund der unterschiedlichen Aufnahmedauer schwierig die Ergebnisse mit dieser Untersuchung zu vergleichen. In der Studie von (Clays et al. 2011) ist dagegen wie in dieser Studie ein 24-stündiges Zeitfenster analysiert worden. Allerdings ist hier zur Evaluation des arbeitsbedingten psychosozialen Stresses der Work Stressor Index auf Grundlage des Job Stress Questionnaire (Kittel et al. 1980, 1983) verwendet worden und die Stichprobe hat ausschließlich aus männlichen Probanden bestanden. Es haben sich positive Zusammenhänge für die Parameter Mean HR und LF/HF-Ratio gezeigt sowie negative Zusammenhänge für die Parameter pNN50 und HF. Keine signifikanten Korrelationen konnten für die Parameter SDNN und LF gefunden werden. Weitere Beispiele für Studien, die einen signifikanten Zusammenhang feststellen konnten, sind mit einem kurzen EKG-Aufnahmefenster die Untersuchungen von Hemingway et al. (2005) und Hintsanen et al. (2007) sowie mit einem mindestens 24-stündigen Zeitfenster die Studien von van Amelsvoort et al. (2000) und Collins et al. (2005).

Auf der anderen Seite haben zum Beispiel Riese et al. (2004) keinen Zusammenhang zwischen arbeitsbedingtem psychosozialem Stress, welcher mit einer nach Houtman et al. (1998) adaptierten Version des Job Content Questionnaire (Karasek & Theorell 1990) evaluiert worden ist, und dem einzigen in dieser Studie untersuchten HRV-Parameter

RMSSD nachweisen können. Die Stichprobe hat in diesem Fall ausschließlich aus weiblichen Krankenschwestern bestanden und es sind zwei 24-stündige Zeitfenster analysiert worden. Eine weitere Studie, die keine Zusammenhänge festgestellt hat, ist die von Kageyama et al. (1998). Hier ist der arbeitsbedingte psychosoziale Stress einer rein männlichen Stichprobe mittels eines 20-Item Inventars und die HRV-Parameter LF, HF und LF/HF-Ratio für eine jeweils dreiminütige Liege- und Stehphase untersucht worden.

Insgesamt ist es schwierig, die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung mit den genannten Studien bzw. diese untereinander zu vergleichen, da jeweils unterschiedliche Methoden zur Erfassung des psychosozialen Stresses und unterschiedlich lange HRV-Analysezeitfenster verwendet worden sind. Die vorliegende Studie liefert allerdings weitere Hinweise für einen Zusammenhang zwischen psychischer Gesundheit bzw. psychischen Beanspruchungsfolgen und der HRV.

Herzkreislauferkrankungen haben einen negativen Einfluss auf die HRV (Guzzetti et al. 2001; Virtanen et al. 2003; Kuch et al. 2004). Arbeitsbedingter psychosozialer Stress gilt als Risikofaktor für Herzkreislauferkrankungen (Kivimäki et al. 2002; Kuper & Marmot 2003; Kivimäki et al. 2012). Die letzterem zugrunde liegenden Mechanismen sind noch nicht abschließend geklärt. Eine entscheidende Rolle könnte dabei aber das autonome Nervensystem einnehmen. Die vorliegende Studie sowie ein Großteil der oben dargestellten Untersuchungen konnte Zusammenhänge zwischen psychosozialem Stress und der HRV nachweisen. Ein weiterer diskutierter pathophysiologischer Mechanismus betrifft die Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse (Chida & Steptoe 2009).

Neben den diese Hypothesen stützenden Studien könnte man als theoretisches Konstrukt das Allostase-Konzept (Sterling & Eyer 1988) heranziehen. Allostase, das Erreichen von Stabilität durch Änderung, bedeutet die Adaption an Belastungssituationen darstellende sich verändernde Umweltbedingungen. Diese Adaption kann beispielsweise durch Veränderungen des Immunsystems und neuroendokrinen Systems, aber eben auch durch das autonome Nervensystem herbeigeführt werden (McEwen 2003). Die HRV wird als Resultat der Aktivierung verschiedener Regulationsmechanismen zur Lenkung der Herzkreislaufhomöostase aufgefasst (Böckelmann & Sammito 2016) und bildet quasi die Anpassung an die Belastungssituation ab.

Chronische allostatische Überaktivität oder auch Unteraktivität der physiologischen Systeme durch andauernde oder wiederholte Belastungen führen zur Abnutzung des Gehirns und des Körpers, was als allostatische Last bezeichnet wird und zu Krankheiten führen kann (McEwen & Stellar 1993; McEwen 1998). Psychische Beanspruchung kann kurzfristig zu Aufwärmung und Aktivierung sowie langfristig zu Weiterentwicklung

und Wohlbefinden führen, aber eben auch kurzfristig zu Ermüdung und psychischer Sättigung sowie langfristig zu psychosomatischen Störungen und Burnout (Joiko et al. 2010). Arbeitsbedingter psychosozialer Stress kann demnach ein Faktor für chronische allostatische Überaktivität sein. Als Folge dieser allostatischen Last könnte es zu einem Ungleichgewicht der beiden Anteile des vegetativen Nervensystems kommen, was sich an veränderten HRV-Werten zeigen würde. Auf diese Weise könnte es zum Beispiel zu Herzkreislauferkrankungen kommen.

Hauptinteresse der vorliegenden Arbeit ist gewesen zu untersuchen, inwieweit die HRV als Indikator des sympatho-vagalen Gleichgewichts von der subjektiv empfundenen Schlafqualität widerspiegelt. Dazu ist als Arbeitshypothese formuliert worden, dass mit erniedrigter Schlafqualität die HRV sowohl über den gesamten Tag als auch über die Nacht (Schlaf) signifikant abnimmt. Des Weiteren ist angenommen worden, dass auch mit erhöhter Tagesschläfrigkeit die HRV über den gesamten Tag und über die Nacht (Schlaf) signifikant abnimmt. Wie in den Ergebnissen dargestellt und bereits oben erörtert, haben die subjektiv empfundene Schlafqualität und Tagesschläfrigkeit kaum Einfluss auf die HRV der 24-stündigen Gesamtzeit und des sechsstündigen Schlaffensters gehabt. Auch die sich rein aus der Logik ergebende These, dass erniedrigte Schlafqualität mit erhöhter Tagesschläfrigkeit einhergeht, konnte überraschenderweise nicht bestätigt werden. Eventuell ist dies dadurch bedingt, dass es durch den Konsum koffeinhaltiger Getränke nicht zu einer erhöhten Schläfrigkeit kommt.

Als weitere Punkte im Zusammenhang mit Schlaf sind der allgemeine psychische Gesundheitszustand und die arbeitsbezogenen Beanspruchungsfolgen betrachtet worden. Die Annahme, dass schlechte Schlafqualität mit einer erniedrigten psychischen Gesundheit und einer erhöhten arbeitsbezogenen Beanspruchung einhergeht, konnte bestätigt werden. Auch die zusätzlich formulierte Hypothese im Hinblick auf einen negativen Zusammenhang zwischen der HRV und der psychischen Gesundheit bzw. der arbeitsbezogenen psychischen Beanspruchung hat sich als richtig erwiesen.

Limitationen Es sind Limitationen dieser Studie zu bedenken. Da es sich um ein querschnittliches Studiendesign handelt, können keinerlei Rückschlüsse auf die Kausalität der gefundenen Zusammenhänge gezogen werden. Hierfür wäre es notwendig und interessant, eine länger angelegte longitudinale Studie mit regelmäßigen Follow-up-Untersuchungen durchzuführen. Des Weiteren stellt die untersuchte Studienpopulation keine repräsentative Stichprobe mit einer begrenzten Anzahl an Probanden dar. So hat es sich bei den Probanden einerseits um speziell an Gesundheitstagen interessierte Personen

gehandelt, was implizieren könnte, dass diese besonders gesundheitsbewusst leben. Andererseits haben insbesondere Studierende von Sport- und Psychologiestudiengängen Interesse an dieser Untersuchung gehabt, da diese für Teilnahmen an Studien sogenannte Probandenstunden angerechnet bekommen. Diese benötigen sie für das Erreichen bestimmter Studienziele. Im Hinblick auf die Sportstudierenden kann davon ausgegangen werden, dass es sich um verhältnismäßig sportliche bzw. sportlich aktive Personen handelt. Dieser Umstand könnte zu Verzerrungen der Ergebnisse dieser Untersuchung geführt haben, da sportliche Aktivität und physische Leistungsfähigkeit sich auf die HRV auswirken (Rennie et al. 2003; Tuomainen et al. 2005). Die Probanden sind zwar angehalten worden, während des Untersuchungstages keinen sportlichen Aktivitäten nachzugehen, was allerdings wie oben diskutiert nicht sicher ausgeschlossen werden kann. Hinzu kommt, dass einerseits Interesse an den Probandenstunden bestanden hat, andererseits das Studium und der Leistungssport jedoch zu regelmäßigem Training verpflichtet. Selbst wenn wie in den Bedingungen für die Studienteilnahme formuliert, keine sportliche Aktivität während des Untersuchungszeitraums ausgeübt worden ist, hat alleine die regelmäßige sportliche Aktivität aber eben auch einen erheblichen Einfluss auf die HRV in Ruhe (Raczak et al. 2006). Im Fall von Sportstudierenden erfolgt die regelmäßige sportliche Aktivität sogar meist auf Leistungssportniveau. Zusätzlich gilt es zu bedenken, dass die Ergebnisse der eingesetzten Fragebögen von der Selbstbeurteilung der Teilnehmer abhängen. Deswegen wird aber in der vorliegenden Arbeit auch nur von subjektiven Einschätzungen gesprochen. Zu den Limitationen gehört auch, dass die Erholungsfähigkeit nicht erfasst worden ist. Arbeitsbelastung und Stress führen zu Beeinträchtigungen der Erholungsfähigkeit (Cropley & Millward Purvis 2003; Hapke et al. 2013; Vahle-Hinz et al. 2014) und Erholungsunfähigkeit hat wiederum Einfluss auf die Arbeitsfähigkeit (Seibt et al. 2016).

Ansonsten sind die bereits diskutierten Limitationen dieser Studie zu bedenken. Dabei ist noch mal hervorzuheben, dass nur mittels Tätigkeitsprotokoll und Hf-Kurve das Aktivitätsprofil während des Untersuchungszeitraums erfasst worden ist. Hier wäre es sinnvoll, auch hinsichtlich der Messung zusätzlicher objektiver Schlafqualitätskriterien, in zukünftigen Studien die Aktigrafie als weiteres Instrument zu verwenden.

Auf der anderen Seite ist eine der Stärken dieser Arbeit die Art und Weise der Erfassung der HRV-Daten. Viele Untersuchungen mit ähnlichen Fragestellungen beschränken sich auf kurze Aufnahmefenster und häufig wird dabei nur eine Ableitung mit verhältnismäßig geringer Abtastfrequenz verwendet. Problem hierbei ist ein Mangel an zeitlicher Genauigkeit bei der Erfassung der Abstände zwischen den einzelnen Herzaktionen und Probleme beim Erkennen von Artefakten. In dieser Arbeit sind 3-Kanal-EKG-Geräte

mit automatischer Detektion der R-Zacken und einer eingestellten Abtastfrequenz von 1000 Hz sowie eine Aufzeichnungsdauer von 24 Stunden verwendet worden. Der resultierenden Problematik der Beeinträchtigung des Probanden durch das Gerät, die Elektroden oder die Kabel steht hier der Artefaktkontrolle entgegen, wie oben bereits diskutiert worden ist.

Insgesamt konnten die Ergebnisse dieser Arbeit zwar nicht den Zusammenhang von subjektiver Schlafqualität und HRV zeigen, dafür aber bestätigen, dass es entscheidende Verbindungen zwischen subjektiver Schlafqualität und psychischer Gesundheit bzw. HRV und psychischer Gesundheit gibt und so die Rolle erholsamen Schlafes für das psychische Wohlbefinden und umgekehrt unterstreichen. Dies kann auch unter präventivem Gesichtspunkt ein wichtiger Aspekt sein. Beispielsweise sind Beschäftigte im Schicht- und Nachtdienst durch ihr nicht an den Tag-Nacht-Rhythmus angepasstes Verhalten zum Entstehen von Schlafstörungen bereits prädisponiert (Penzel et al. 2005). Zusätzlicher psychosozialer Stress könnte auf Grundlage der aus dieser Arbeit vorliegenden Ergebnisse bedeuten, dass sich tatsächlich eine Schlafstörung entwickelt. In diesem Zusammenhang ist zu überlegen, im Rahmen von Vorsorgeuntersuchungen auch hinsichtlich Schlafhygiene, Schlafoptimierung und Umgang mit Schlafstörungen zu beraten und die Ursachen sowie die Entstehung von Schlafproblemen zu erörtern.

6 Zusammenfassung

Ausreichend Schlaf und gute Schlafqualität haben eine wichtige Funktion für langfristige Gesundheit und Lebensqualität. Guter Schlaf trägt zur Erholung und Regeneration bei. Nicht erholsamer Schlaf wird begleitet von Einschränkungen der geistigen sowie körperlichen Leistungsfähigkeit, des Wohlbefindens und der Teilhabe am sozialen und beruflichen Leben. Zahlreiche Beispiele aus der Literatur demonstrieren die Bedeutsamkeit von Schlaf für die Arbeitswelt hinsichtlich Arbeitsproduktivität, Arbeitssicherheit und wirtschaftlicher Belastung.

In dieser Arbeit ist untersucht worden, inwieweit es einen Zusammenhang der subjektiven Bewertung der Schlafqualität mit der Herzratenvariabilität (HRV) als Indikator des sympatho-vagalen Gleichgewichts bzw. mit der subjektiv eingeschätzten psychischen Gesundheit gibt. Hierzu ist ein 24-Stunden-Elektrokardiogramm (24-h-EKG) mit anschließender HRV-Analyse sowie ein zum großen Teil aus verschiedenen standardisierten Einzelfragebögen zusammengesetzter Fragenkatalog (12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12), Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS), Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI), Epworth Sleepiness Scale (ESS)) eingesetzt worden.

Die nach Anwendung von definierten Ausschlusskriterien in der statistischen Analyse berücksichtigten 84 Probanden (Durchschnittsalter $37{,}3 \pm 15{,}6$ Jahre) sind anhand des Ergebnisses des die subjektive Schlafqualität beurteilenden PSQI in die Gruppe der guten Schläfer ($n = 53$) und die Gruppe der schlechten Schläfer ($n = 31$) eingeteilt worden. Beide Gruppen haben sich in den berechneten Parametern der HRV nicht signifikant für die Gesamtzeit von 24 Stunden und für das zusätzlich verwendete sechsstündige Nachtfenster unterschieden. Dagegen hatte die Gruppe der schlechten Schläfer einen sehr signifikant schlechteren mit dem GHQ-12 ermittelten psychischen Gesundheitszustand bzw. eine mittels der IS untersuchte höhere arbeitsbezogene psychische Beanspruchung. Des Weiteren hat sich ein signifikant positiver Zusammenhang zwischen der HRV und der psychischen Gesundheit bzw. negativer Zusammenhang zwischen der HRV und den psychischen Beanspruchungsfolgen gezeigt.

Schlussfolgernd konnte in dieser Studie zwar kein direkter Zusammenhang von Schlaf-

qualität und HRV nachgewiesen werden, dafür aber bestätigt werden, dass es entscheidende Bezüge zwischen Schlafqualität und psychischer Gesundheit bzw. zwischen HRV und psychischer Gesundheit gibt. Die Ergebnisse heben die Bedeutung erholsamen Schlafes für das psychische Wohlbefinden und umgekehrt hervor und zeigen so indirekt Möglichkeiten präventiver Maßnahmen für psychosoziale Belastungen und Schlafprobleme.

Literatur

1. Abhishekh HA, Nisarga P, Kisan R, Meghana A, Chandran S, Raju T, Sathyaprabha TN: Influence of age and gender on autonomic regulation of heart. J. Clin. Monit. Comput. 27 (3). 259–264 (2013)

2. Åkerstedt T: Psychosocial stress and impaired sleep. Scand. J. Work Environ. Health 32 (6). 493–501 (2006)

3. Åkerstedt T, Fredlund P, Gillberg M, Jansson B: Work load and work hours in relation to disturbed sleep and fatigue in a large representative sample. J. Psychosom. Res. 53 (1). 585–588 (2002)

4. Åkerstedt T, Kecklund G, Axelsson J: Impaired sleep after bedtime stress and worries. Biol. Psychol. 76 (3). 170–173 (2007)

5. Åkerstedt T, Kecklund G, Selén J: Disturbed Sleep and Fatigue as Predictors of Return from Long-term Sickness Absence. Ind. Health 48 (2). 209–214 (2010)

6. Åkerstedt T, Nordin M, Alfredsson L, Westerholm P, Kecklund G: Predicting changes in sleep complaints from baseline values and changes in work demands, work control, and work preoccupation – The WOLF-project. Sleep Med. 13 (1). 73–80 (2012)

7. Aldrich MS: Manifestations of sleep disorders. In: Kryger MH, Roth T, Dement WC (Hrsg.): Principles and Practice of Sleep Medicine. S. 526–533. W. B. Saunders. London, UK (2000)

8. American Academy of Sleep Medicine: International Classification of Sleep Disorders – Third Edition (ICSD-3). American Academy of Sleep Medicine. Darien, IL (2014)

9. American Psychiatric Association: Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders – Fifth edition (DSM-5). American Psychiatric Publishing. Arlington, VA (2013)

10. American Psychological Association: Stress in America™: The impact of discrimination. S. 17. Stress in America™ Survey. Washington, D.C. (2016)

11. Ancoli-Israel S, Cole R, Alessi C, Chambers M, Moorcroft W, Pollak CP: The Role of Actigraphy in the Study of Sleep and Circadian Rhythms. Sleep 26 (3). 342–392 (2003)

12. Aserinsky E, Kleitman N: Regularly Occurring Periods of Eye Motility, and Concomitant Phenomena, During Sleep. Science 118 (3062). 273–274 (1953)

13. Backs RW, Ryan AM, Wilson GF: Psychophysiological Measures of Workload during Continuous Manual Performance. Hum. Factors 36 (3). 514–531 (1994)

14. Baevsky RM, Chernikova AG: Heart rate variability analysis: physiological foundations and main methods. Cardiometry 10. 66–76 (2017)

15. Baevsky RM, Kirilov OI, Kletskin SZ: Matematicheskii analiz izmenenii serdechnogo ritma pri stresse (Mathematical Analysis of the Heart Rhythm Changes in Stress). Nauka. Moskau (1984)

16. Balsalobre A, Damiola F, Schibler U: A Serum Shock Induces Circadian Gene Expression in Mammalian Tissue Culture Cells. Cell 93 (6). 929–937 (1998)

17. Bamberg E, Dettmers J, Funck H, Krähe B, Vahle-Hinz T: Effects of On-Call Work on Well-Being: Results of a Daily Survey*. Appl. Psychol. Health Well Being 4 (3). 299–320 (2012)

18. Barbera J: Sleep and dreaming in Greek and Roman philosophy. Sleep Med. 9 (8). 906–910 (2008)

19. Barnett KJ, Cooper NJ: The effects of a poor night sleep on mood, cognitive, autonomic and electrophysiological measures. J. Integr. Neurosci. 7 (3). 405–420 (2008)

20. Bauer J: Psychische Belastungen am Arbeitsplatz. Rechtliche Rahmenbedingungen. Zbl. Arbeitsmed. 66 (1). 47–49 (2016)

21. Bernardi L, Piepoli MF: Autonomic nervous system adaption during physical exercise. Ital. Heart J. Suppl. 2 (8). 831–839 (2001)

22. Berntson GG, Bigger Jr. JT, Eckberg DL, Grossman P, Kaufmann PG, Malik M, Nagaraja HN, Porges SW, Saul JP, Stone PH, van der Molen MW: Heart rate variability: Origins methods, and interpretive caveats. Psychophysiology 34. 623–648 (1997)

23. Berry RB, Brooks R, Gamaldo CE, Harding SM, Lloyd RM, Marcus CL, Vaughn BV for the American Academy of Sleep Medicine: The AASM Manual for the Scoring of Sleep and Associated Events: Rules, Terminology and Technical Specifications, Version 2.3. American Academy of Sleep Medicine. Darien, IL (2016)

24. Billman GE: Heart rate variability–a historical perspective. Front. Physiol. 2. 1–13. DOI: 10.3389/fphys.2011.00086 (2011)

25. Billman GE: The LF/HF ratio does not accurately measure cardiac sympatho-vagal balance. Front. Physiol. 4. 1–5. DOI: 10.3389/fphys.2013.00026 (2013)

26. Birbaumer N, Schmidt RF: Biologische Psychologie. S. 535–569. Springer Medizin Verlag. Heidelberg (2010)

27. Birch SL, Duncan MJ, Franklin C: Overweight and reduced heart rate variability in British children: An exploratory study. Prev. Med. 55 (5). 430–432 (2012)

28. Bloch KE, Schoch OD, Zhang JN, Russi EW: German Version of the Epworth Sleepiness Scale. Respiration 66 (5). 440–447 (1999)

29. Böckelmann I, Sammito S: Herzfrequenzvariabilität. In: Letzel S, Nowak D (Hrsg.): Handbuch der Arbeitsmedizin. 42. Ergänzungslieferung. S. 1–31. ecomed. Heidelberg (2016)

30. Böckelmann I, Seibt R: Methoden zur Indikation vorwiegend psychischer Berufsbelastung und Beanspruchung - Möglichkeiten für die betriebliche Praxis. Z. Arbeitswiss. 65 (3). 205–221 (2011)

31. Bonnemeier H, Wiegand UKH, Brandes A, Kluge N, Katus HA, Richardt G, Potratz J: Circadian Profile of Cardiac Autonomic Nervous Modulation in Healthy Subjects: Differing Effects of Aging and Gender on Heart Rate Variability. J. Cardiovasc. Electrophysiol. 14 (8). 791–799 (2003)

32. Bonnet MH, Arand DL: Heart rate variability: sleep stage, time of night, and arousal influences. Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. 102 (5). 390–396 (1997)

33. Bonnet MH, Arand DL: Heart Rate Variability in Insomniacs and Matched Normal Sleepers. Psychosom. Med. 60 (5). 610–615 (1998)

34. Breslau N, Roth T, Rosenthal L, Andreski P: Sleep Disturbance and Psychiatric Disorders: A Longitudinal Epidemiological Study of Young Adults. Biol. Psychiatry 39 (6). 411–418 (1996)

35. Burr RL, Cowan MJ: Autoregressive Spectral Models of Heart Rate Variability. J. Electrocardiol. 25 (Supplement). 224–233 (1992)

36. Buysse DJ: Sleep Health: Can We Define It? Does It Matter? Sleep 37 (1). 9–17 (2014)

37. Buysse DJ, Angst J, Gamma A, Ajdacic V, Eich D, Rössler W: Prevalence, Course, and Comorbidity of Insomnia and Depression in Young Adults. Sleep 31 (4). 473–480 (2008)

38. Buysse DJ, Reynolds CF, Monk TH, Berman SR, Kupfer DJ: The Pittsburgh Sleep Quality Index: A New Instrument for Psychiatric Practice and Research. Psychiatry Res. 28 (2). 193–213 (1989)

39. Cagirci G, Cay S, Karakurt O, Eryasar N, Kaya V, Canga A, Yesilay AB, Kilic H, Topaloglu S, Aras D, Demir AD, Akdemir R: Influence of Heavy Cigarette Smoking on Heart Rate Variability and Heart Rate Turbulence Parameters. Ann. Noninvasive Electrocardiol. 14 (4). 327–332 (2009)

40. Carnethon MR, Liao D, Evans GW, Cascio WE, Chambless LE, Rosamond WD, Heiss G: Does the Cardiac Autonomic Response to Postural Change Predict Incident Coronary Heart Disease and Mortality? The Atherosclerosis Risk in Communities Study. Am. J. Epidemiol. 155 (1). 48–56 (2002)

41. Carskadon MA, Dement WC, Mitler MM, Roth T, Westbrook PR, Keenan S: Guidelines for the Multiple Sleep Latency Test (MSLT): A Standard Measure of Sleepiness. Sleep 9 (4). 519–524 (1986)

42. Castro-Diehl C, Diez Roux AV, Redline S, Seeman T, McKinley P, Sloan R, Shea S: Sleep Duration and Quality in Relation to Autonomic Nervous System Measures: The Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA). Sleep 39 (11). 1927–1940 (2016)

43. Chandola T, Britton A, Brunner E, Hemingway H, Malik M, Kumari M, Badrick E, Kivimaki M, Marmot M: Work stress and coronary heart disease: what are the mechanisms? Eur. Heart J. 29 (5). 640–648 (2008)

44. Chandola T, Heraclides A, Kumari M: Psychophysiological biomarkers of workplace stressors. Neurosci. Biobehav. Rev. 35 (1). 51–57 (2010)

45. Chang HA, Chang CC, Tzeng NS, Kuo TBJ, Lu RB, Huang SY: Decreased cardiac vagal control in drug-naive patients with panic disorder: A case-control study in Taiwan. Asia. Pac. Psychiatry 5 (2). 80–89 (2013)

46. Chang PP, Ford DE, Mead LA, Cooper-Patrick L, Klag MJ: Insomnia in Young Men and Subsequent Depression. The Johns Hopkins Precursors Study. Am. J. Epidemiol. 146 (2). 105–114 (1997)

47. Chaput JP, Després JP, Bouchard C, Tremblay A: The Association Between Sleep Duration and Weight Gain in Adults: A 6-Year Prospective Study from the Quebec Family Study. Sleep 31 (4). 517–523 (2008)

48. Chida Y, Steptoe A: Cortisol awakening response and psychosocial factors: A systematic review and meta-analysis. Biol. Psychol. 80 (3). 265–278 (2009)

49. Cirelli C, Gutierrez CM, Tononi G: Extensive and Divergent Effects of Sleep and Wakefulness on Brain Gene Expression. Neuron 41 (1). 35–43 (2004)

50. Clays E, De Bacquer D, Crasset V, Kittel F, de Smet P, Kornitzer M, Karasek R, De Backer G: The perception of work stressors is related to reduced parasympathetic activity. Int. Arch. Occup. Environ. Health 84 (2). 185–191 (2011)

51. Collins SM, Karasek RA, Costas K: Job strain and autonomic indices of cardiovascular disease risk. Am. J. Ind. Med. 48 (3). 182–193 (2005)

52. Cottin F, Médigue C, Lopes P, Leprêtre PM, Heubert R, Billat V: Ventilatory Thresholds Assessment from Heart Rate Variability during an Incremental Exhaustive Running Test. Int. J. Sports Med. 28 (4). 287–294 (2007)

53. Crönlein T, Langguth B, Popp R, Lukesch H, Pieh C, Hajak G, Geisler P: Regensburg Insomnia Scale (RIS): a new short rating scale for the assessment of psychological symptoms and sleep in insomnia; Study design: development and validation of a new short self-rating scale in a sample of 218 patients suffering from insomnia and 94 healthy controls. Health Qual. Life Outcomes 11 (65). 1–8. DOI: 10.1186/1477-7525-11-65 (2013)

54. Cropley M, Dijk DJ, Stanley N: Job strain, work rumination, and sleep in school teachers. Eur. J. Work Organ. Psychol. 15 (2). 181–196 (2006)

55. Cropley M, Millward Purvis L: Job strain and rumination about work issues during leisure time: A diary study. Eur. J. Work Organ. Psychol. 12 (3). 195–207 (2003)

56. Czeisler CA, Duffy JF, Shanahan TL, Brown EN, Mitchell JF, Rimmer DW, Ronda JM, Silva EJ, Allan JS, Emens JS, Dijk DJ, Kronauer RE: Stability, Precision, and Near-24-Hour Period of the Human Circadian Pacemaker. Science 284 (5423). 2177–2181 (1999)

57. Daley M, Morin CM, LeBlanc M, Grégoire JP, Savard J: The Economic Burden of Insomnia: Direct and Indirect Costs for Individuals with Insomnia Syndrome, Insomnia Symptoms, and Good Sleepers. Sleep 32 (1). 55–64 (2009)

58. Dauphinot V, Rouch I, Kossovsky MP, Pichot V, Dorey JM, Krolak-Salmon P, Laurent B, Roche F, Barthélémy JC: Depressive symptoms and autonomic nervous system dysfunction in an elderly population-based study: The PROOF study. J. Affect. Disord. 143 (1–3). 153–159 (2012)

59. Dawson D, Reid K: Fatigue, alcohol and performance impairment. Nature 388. 235 (1997)

60. De Lange AH, Kompier MAJ, Taris TW, Geurts SAE, Beckers DGJ, Houtman ILD, Bongers PM: A hard day's night: a longitudinal study on the relationships among job demands and job control, sleep quality and fatigue. J. Sleep Res. 18 (3). 374–383 (2009)

61. de Zambotti M, Covassin N, Sarlo M, De Min Tona G, Trinder J, Stegagno L: Nighttime cardiac sympathetic hyper-activation in young primary insomniacs. Clin. Auton. Res. 23 (1). 49–56 (2013)

62. Dettmers J, Vahle-Hinz T, Friedrich N, Keller M, Schulz A, Bamberg E: Entgrenzung der täglichen Arbeitszeit – Beeinträchtigungen durch ständige Erreichbarkeit bei Rufbereitschaft. In: Badura B, Ducki A, Schröder H, Klose J, Meyer M (Hrsg.): Fehlzeiten-Report 2012. Gesundheit in der flexiblen Arbeitswelt: Chancen nutzen – Risiken minimieren. S. 53–60. Springer Verlag. Berlin, Heidelberg (2012)

63. Deutsche Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin: S3-Leitlinie – Nicht erholsamer Schlaf/Schlafstörungen. Somnologie (Berl.) 13 (S1). 4–160 (2009)

64. Deutsche Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin: S3-Leitlinie Nicht erholsamer Schlaf/Schlafstörungen – Kapitel „Schlafbezogene Atmungsstörungen“. Somnologie (Berl.) 20 (S2). S97–S180 (2017)

65. Deutsches Institut für Normung: DIN EN ISO 10075-1. Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung - Teil 1: Allgemeine Konzepte und Begriffe (ISO/DIS 10075-1:2015). Beuth. Berlin (2015)

66. Dibner C, Schibler U, Albrecht U: The Mammalian Circadian Timing System: Organization and Coordination of Central and Peripheral Clocks. Annu. Rev. Physiol. 72 (1). 517–549 (2010)

67. Dietrich DF, Schindler C, Schwartz J, Barthélémy JC, Tschopp JM, Roche F, von Eckardstein A, Brändli O, Leuenberger P, Gold DR, Gaspoz JM, Ackermann-Liebrich U, SAPALDIA Team: Heart rate variability in an ageing population and its association with lifestyle and cardiovascular risk factors: results of the SAPALDIA study. Europace 8 (7). 521–529 (2006)

68. Dinas PC, Koutedakis Y, Flouris AD: Effects of active and passive tobacco cigarette smoking on heart rate variability. Int. J. Cardiol. 163 (2). 109–115 (2013)

69. Dishman RK, Nakamura Y, Garcia ME, Thompson RW, Dunn AL, Blair SN: Heart rate variability, trait anxiety, and perceived stress among physically fit men and women. Int. J. Psychophysiol. 37 (2). 121–133 (2000)

70. Domniak P: Pharmakologische Beeinflussung des sympathischen und parasympathischen Nervensystems bei Herzrhythmusstörungen. In: Griebenow R, Gülker H (Hrsg.): Autonomes Nervensystem und Herzrhythmusstörungen. S. 71. Georg Thieme Verlag. Stuttgart, New York, NY (1990)

71. Duffy JF, Czeisler CA: Age-related change in the relationship between circadian period, circadian phase, and diurnal preference in humans. Neurosci. Lett. 318 (3). 117–120 (2002)

72. Eastridge BJ, Hamilton EC, O'Keefe GE, Rege RV, Valentine RJ, Jones DJ, Tesfay S, Thal ER: Effect of sleep deprivation on the performance of simulated laparoscopic surgical skill. Am. J. Surg. 186 (2). 169–174 (2003)

73. Elfering A, Kottwitz MU, Tamcan Ö, Müller U, Mannion AF: Impaired sleep predicts onset of low back pain and burnout symptoms: evidence from a three-wave study. Psychol. Health Med. 23 (10). 1196–1210 (2018)

74. Elovainio M, Ferrie JE, Gimeno D, De Vogli R, Shipley M, Brunner EJ, Kumari M, Vahtera J, Marmot MG, Kivimäki M: Organizational Justice and Sleeping Problems: The Whitehall II Study. Psychosom. Med. 71 (3). 334–340 (2009)

75. Epplen JT: Genetik. In: Peter H, Penzel T, Peter JH (Hrsg.): Enzyklopädie der Schlafmedizin. S. 452–456. Springer Medizin Verlag. Heidelberg (2007)

76. Esperer HD: Physiologische Grundlagen der Herzfrequenzvariabilität. In: Hottenrott K (Hrsg.): Herzfrequenzvariabilität im Fitness- und Gesundheitssport. S. 11–40. Czwalina. Hamburg (2004)

77. Freeman D, Pugh K, Vorontsova N, Southgate L: Insomnia and paranoia. Schizophr. Res. 108 (1–3). 280–284 (2009)

78. Freeman D, Sheaves B, Goodwin GM, Yu LM, Nickless A, Harrison PJ, Emsley R, Luik AI, Foster RG, Wadekar V, Hinds C, Gumley A, Jones R, Lightman S, Jones S, Bentall R, Kinderman P, Rowse G, Brugha T, Blagrove M, Gregory AM, Fleming L, Walklet E, Glazebrook C, Davies EB, Hollis C, Haddock G, John B, Coulson M, Fowler D, Pugh K, Cape J, Moseley P, Brown G, Hughes C, Obonsawin M, Coker S, Watkins E, Schwannauer M, MacMahon K, Siriwardena AN, Espie CA: The effects of improving sleep on mental health (OASIS): a randomised controlled trial with mediation analysis. Lancet Psychiatry 4 (10). 749–758 (2017)

79. Freeman D, Stahl D, McManus S, Meltzer H, Brugha T, Wiles N, Bebbington P: Insomnia, worry, anxiety and depression as predictors of the occurrence and persistence of paranoid thinking. Soc. Psychiatry Psychiatr. Epidemiol. 47 (8). 1195–1203 (2012)

80. Gangwisch JE, Babiss LA, Malaspina D, Turner JB, Zammit GK, Posner K: Earlier Parental Set Bedtimes as a Protective Factor Against Depression and Suicidal Ideation. Sleep 33 (1). 97–106 (2010)

81. Gangwisch JE, Heymsfield SB, Boden-Albala B, Buijs RM, Kreier F, Pickering TG, Rundle AG, Zammit GK, Malaspina D: Short Sleep Duration as a Risk Factor for Hypertension. Analyses of the First National Health and Nutrition Examination Survey. Hypertension 47 (5). 833–839 (2006)

82. Gemeinsame Deutsche Arbeitsschutzstrategie: Leitlinie Beratung und Überwachung bei psychischer Belastung am Arbeitsplatz. Geschäftsstelle der Nationalen Arbeitsschutzkonferenz c/o Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Berlin (2015)

83. Gevirtz R, Dalenberg C: Heart Rate Variability Biofeedback in the Treatment of Trauma Symptoms. Biofeedback 36 (1). 22–23 (2008)

84. Goldberg DP: The Detection of Psychiatric Illness by Questionnaire. A Technique for the Identification and Assessment of Non-Psychotic Psychiatric Illness. Oxford University Press. London, UK (1972)

85. Goldberg DP: Manual of the General Health Questionnaire. NFER. Windsor, UK (1978)

86. Goldberg DP, Gater R, Sartorius N, Ustun TB, Piccinelli M, Gureje O, Rutter C: The validity of two versions of the GHQ in the WHO study of mental illness in general health care. Psychol. Med. 27 (1). 191–197 (1997)

87. Goldberg DP, Oldehinkel T, Ormel J: Why GHQ threshold varies from one place to another. Psychol. Med. 28 (4). 915–921 (1998)

88. Goldberg DP, Williams P: A User's Guide to the General Health Questionnaire. NFER. Windsor, UK (1988)

89. Goodwin RD, Marusic A: Association Between Short Sleep and Suicidal Ideation and Suicide Attempt Among Adults in the General Population. Sleep 31 (8). 1097–1101 (2008)

90. Gottlieb DJ, Redline S, Nieto FJ, Baldwin CM, Newman AB, Resnick HE, Punjabi NM: Association of Usual Sleep Duration With Hypertension: The Sleep Heart Health Study. Sleep 29 (8). 1009–1014 (2006)

91. Gramann K, Schandry R: Psychophysiologie. Körperliche Indikatoren psychischen Geschehens. Beltz Verlag. Weinheim, Basel (2009)

92. Grantcharov TP, Bardram L, Funch-Jensen P, Rosenberg J: Laparoscopic performance after one night on call in a surgical department: prospective study. BMJ 323. 1222–1223 (2001)

93. Grobe T, Steinmann S, Gerr J, aQua-Institut für angewandte Qualitätsförderung und Forschung im Gesundheitswesen GmbH: Gesundheitsreport 2017. Weitere Auswertungen zu Arbeitsunfähigkeiten. Techniker Krankenkasse. Hamburg (2017)

94. Guzzetti S, Magatelli R, Borroni E, Mezzetti S: Heart rate variability in chronic heart failure. Auton. Neurosci. 90 (1–2). 102–105 (2001)

95. Hacke K: Herzfrequenzmessungen – Vergleich zwischen Polar S810i und Suunto t6 und mobilem EKG-Gerät. Masterarbeit. Universität Rostock, Philosophische Fakultät, Institut für Sportwissenschaft. Rostock (2008)

96. Hall M, Vasko R, Buysse D, Ombao H, Chen Q, Cashmere JD, Kupfer D, Thayer JF: Acute Stress Affects Heart Rate Variability During Sleep. Psychosom. Med. 66 (1). 56–62 (2004)

97. Hapke U, Maske UE, Scheidt-Nave C, Bode L, Schlack R, Busch MA: Chronischer Stress bei Erwachsenen in Deutschland. Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 56 (5/6). 749–754 (2013)

98. Happe S: Schlaf und seine Störungen im Alter. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 54 (12). 1311–1318 (2011)

99. Harvey AG, Schmidt DA, Scarná A, Semler CN, Goodwin GM: Sleep-Related Functioning in Euthymic Patients With Bipolar Disorder, Patients With Insomnia, and Subjects Without Sleep Problems. Am. J. Psychiatry 162 (1). 50–57 (2005)

100. Hassler M, Rau R, Hupfeld J, Paridon H, unter Mitarbeit von Schuchart U: iga.Report 23. Auswirkungen von ständiger Erreichbarkeit und Präventionsmöglichkeiten. Teil 2: Eine wissenschaftliche Untersuchung zu potenziellen Folgen für Erholung und Gesundheit und Gestaltungsvorschläge für Unternehmen. AOK-Bundesverband GbR, BKK Dachverband e. V., Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V., Verband der Ersatzkassen e. V. (Hrsg.). Initiative Gesundheit und Arbeit (iga). Berlin (2016)

101. Hauschildt M, Peters MJV, Moritz S, Jelinek L: Heart rate variability in response to affective scenes in posttraumatic stress disorder. Biol. Psychol. 88 (2–3). 215–222 (2011)

102. Heitmann J, Cassel W, Ploch T, Canisius S, Kesper K, Apelt S: Messung von Schlafdauer und Schlafqualität. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 54 (12). 1276–1283 (2011)

103. Hemingway H, Shipley M, Brunner E, Britton A, Malik M, Marmot M: Does Autonomic Function Link Social Position to Coronary Risk? The Whitehall II Study. Circulation 111 (23). 3071–3077 (2005)

104. Hill LK, Hu DD, Koenig J, Sollers JJ, Kapuku G, Wang X, Snieder H, Thayer JF: Ethnic Differences in Resting Heart Rate Variability: A Systematic Review and Meta-Analysis. Psychosom. Med. 77 (1). 16–25 (2015)

105. Hintsanen M, Elovainio M, Puttonen S, Kivimäki M, Koskinen T, Raitakari OT, Keltikangas-Järvinen L: Effort-Reward Imbalance, Heart Rate, and Heart Rate Variability: The Cardiovascular Risk in Young Finns Study. Int. J. Behav. Med. 14 (4). 202–212 (2007)

106. Hirshkowitz M, Whiton K, Albert SM, Alessi C, Bruni O, DonCarlos L, Hazen N, Herman J, Hillard PJA, Katz ES, Kheirandish-Gozal L, Neubauer DN, O'Donnell AE, Ohayon M, Peever J, Rawding R, Sachdeva RC, Setters B, Vitiello MV, Ware JC: National Sleep Foundation's updated sleep duration recommendations: final report. Sleep Health 1 (4). 233–243 (2015a)

107. Hirshkowitz M, Whiton K, Albert SM, Alessi C, Bruni O, DonCarlos L, Hazen N, Herman J, Katz ES, Kheirandish-Gozal L, Neubauer DN, O'Donnell AE, Ohayon M, Peever J, Rawding R, Sachdeva RC, Setters B, Vitiello MV, Ware JC, Hillard PJA: National Sleep Foundation's sleep time duration recommendations: methodology and results summary. Sleep Health 1 (1). 40–43 (2015b)

108. Hobson JA: Sleep is of the brain, by the brain and for the brain. Nature 437. 1254–1256 (2005)

109. Horne JA, Östberg O: A Self-Assessment Questionnaire to Determine Morningness-Eveningness in Human Circadian Rhythms. Int. J. Chronobiol. 4 (2). 97–110 (1976)

110. Hottenrott K: Trainingskontrolle mit Herzfrequenz-Messgeräten. Meyer & Meyer Verlag. Aachen (2007)

111. Hottenrott K, Hoos O, Esperer HD: Herzfrequenzvariabilität und Sport. Aktueller Stand. Herz 31 (6). 544–552 (2006)

112. Houtman ILD, Goudswaard A, Dhondt S, van der Grinten MP, Hildebrandt VH, van der Poel EGT: Dutch monitor on stress and physical load: risk factors, consequences, and preventive action. Occup. Environ. Med. 55 (2). 73–83 (1998)

113. Iber C, Ancoli-Israel S, Chesson A, Quan SF for the American Academy of Sleep Medicine: The AASM Manual for the Scoring of Sleep and Associated Events: Rules, Terminology and Technical Specifications. American Academy of Sleep Medicine. Westchester, IL (2007)

114. Irwin M, Thompson J, Miller C, Gillin JC, Ziegler M: Effects of Sleep and Sleep Deprivation on Catecholamine And Interleukin-2 Levels in Humans: Clinical Implications*. J. Clin. Endocrinol. Metab. 84 (6). 1979–1985 (1999)

115. Isenberg G: Zellphysiologische Grundlagen der kardialen Sympathikus- und Parasympathikuswirkung. In: Griebenow R, Gülker H (Hrsg.): Autonomes Nervensystem und Herzrhythmusstörungen. S. 17–55. Georg Thieme Verlag. Stuttgart, New York, NY (1990)

116. Jackowska M, Dockray S, Endrighi R, Hendrickx H, Steptoe A: Sleep problems and heart rate variability over the working day. J. Sleep Res. 21 (4). 434–440 (2012)

117. Jacobs GD, Pace-Schott EF, Stickgold R, Otto MW: Cognitive Behavior Therapy and Pharmacotherapy for Insomnia. A Randomized Controlled Trial and Direct Comparison. Arch. Intern. Med. 164 (17). 1888–1896 (2004)

118. Jenkins CD, Stanton BA, Niemcryk SJ, Rose RM: A Scale for the Estimation of Sleep Problems in Clinical Research. J. Clin. Epidemiol. 41 (4). 313–321 (1988)

119. Johns MW: A New Method for Measuring Daytime Sleepiness: The Epworth Sleepiness Scale. Sleep 14 (6). 540–545 (1991)

120. Johns MW, Hocking B: Daytime Sleepiness and Sleep Habits of Australian Workers. Sleep 20 (10). 844–849 (1997)

121. Joiko K, Schmauder M, Wolff G: Psychische Belastung und Beanspruchung im Berufsleben. Erkennen – Gestalten. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA). Dortmund-Dorstfeld (2010)

122. Jung CM, Melanson EL, Frydendall EJ, Perreault L, Eckel RH, Wright KP: Energy expenditure during sleep, sleep deprivation and sleep following sleep deprivation in adult humans. J. Physiol. (Lond.) 589 (1). 235–244 (2010)

123. Kageyama T, Nishikido N, Kobayashi T, Kurokawa Y, Kaneko T, Kabuto M: Self-Reported Sleep Quality, Job Stress, and Daytime Autonomic Activities Assessed in Terms of Short-Term Heart Rate Variability among Male White-Collar Workers. Ind. Health 36 (3). 263–272 (1998)

124. Kahn-Greene ET, Killgore DB, Kamimori GH, Balkin TJ, Killgore WDS: The effects of sleep deprivation on symptoms of psychopathology in healthy adults. Sleep Med. 8 (3). 215–221 (2007)

125. Kaikkonen P, Hynynen E, Mann T, Rusko H, Nummela A: Can HRV be used to evaluate training load in constant load exercises? Eur. J. Appl. Physiol. 108 (3). 435–442 (2010)

126. Kalimo R, Tenkanen L, Härmä M, Poppius E, Heinsalmi P: Job stress and sleep disorders: findings from the Helsinki Heart Study. Stress Health 16 (2). 65–75 (2000)

127. Kaplan KA, McGlinchey EL, Soehner A, Gershon A, Talbot LS, Eidelman P, Gruber J, Harvey AG: Hypersomnia subtypes, sleep and relapse in bipolar disorder. Psychol. Med. 45 (8). 1751–1763 (2015)

128. Karasek R, Theorell T: Healthy Work: Stress, Productivity, and the Reconstruction of Working Life. Basic Books. New York, NY (1990)

129. Katzenberg D, Young T, Finn L, Lin L, King DP, Takahashi JS, Mignot E: A CLOCK Polymorphism Associated with Human Diurnal Preference. Sleep 21 (6). 569–576 (1998)

130. Kemp AH, Quintana DS, Gray MA, Felmingham KL, Brown K, Gatt JM: Impact of Depression and Antidepressant Treatment on Heart Rate Variability: A Review and Meta-Analysis. Biol. Psychiatry 67 (11). 1067–1074 (2010)

131. Kessler RC, Berglund PA, Coulouvrat C, Hajak G, Roth T, Shahly V, Shillington AC, Stephenson JJ, Walsh JK: Insomnia and the Performance of US Workers: Results from the America Insomnia Survey. Sleep 34 (9). 1161–1171 (2011)

132. Kittel F, Kornitzer M, De Backer G, Dramaix M, Sobolski J, Degré S, Denolin H: Type A in Relation to Job-Stress, Social and Bioclinical Variables: The Belgian Physical Fitness Study. J. Human Stress 9 (4). 37–45 (1983)

133. Kittel F, Kornitzer M, Dramaix M: Coronary Heart Disease and Job Stress in Two Cohorts of Bank Clerks. Psychother. Psychosom. 34 (2–3). 110–123 (1980)

134. Kivimäki M, Leino-Arjas P, Luukkonen R, Riihimäki H, Vahtera J, Kirjonen J: Work stress and risk of cardiovascular mortality: prospective cohort study of industrial employees. BMJ 325 (7369). 1–5. DOI: 10.1136/bmj.325.7369.857 (2002)

135. Kivimäki M, Nyberg ST, Batty GD, Fransson EI, Heikkilä K, Alfredsson L, Bjorner JB, Borritz M, Burr H, Casini A, Clays E, De Bacquer D, Dragano N, Ferrie JE, Geuskens GA, Goldberg M, Hamer M, Hooftman WE, Houtman IL, Joensuu M, Jokela M, Kittel F, Knutsson A, Koskenvuo M, Koskinen A, Kouvonen A, Kumari M, Madsen IEH, Marmot MG, Nielsen ML, Nordin M, Oksanen T, Pentti J, Rugulies R, Salo P, Siegrist J, Singh-Manoux A, Suominen SB, Väänänen A, Vahtera J, Virtanen M, Westerholm PJM, Westerlund H, Zins M, Steptoe A, Theorell T for the IPD-Work Consortium: Job strain as a risk factor for coronary heart disease: a collaborative meta-analysis of individual participant data. Lancet 380 (9852). 1491–1497 (2012)

136. Kleitman N: Sleep and Wakefulness. Revised and enlarged Edition. University of Chicago Press. Chicago, IL, London, UK (1987)

137. Kling RN, McLeod CB, Koehoorn M: Sleep Problems and Workplace Injuries in Canada. Sleep 33 (5). 611–618 (2010)

138. Koskinen T, Kähönen M, Jula A, Mattsson N, Laitinen T, Keltikangas-Järvinen L, Viikari J, Välimäki I, Rönnemaa T, Raitakari OT: Metabolic syndrome and short-term heart rate variability in young adults. The Cardiovascular Risk in Young Finns Study. Diabet. Med. 26 (4). 354–361 (2009)

139. Krystal AD: Psychiatric Disorders and Sleep. Neurol. Clin. 30 (4). 1389–1413 (2012)

140. Kubo T, Takahashi M, Liu X, Ikeda H, Togo F, Shimazu A, Tanaka K, Kamata N, Kubo Y, Uesugi J: Fatigue and Sleep Among Employees With Prospective Increase in Work Time Control. J. Occup. Environ. Med. 58 (11). 1066–1072 (2016)

141. Kubo T, Takahashi M, Togo F, Liu X, Shimazu A, Tanaka K, Takaya M: Effects on employees of controlling working hours and working schedules. Occup. Med. (Lond.) 63 (2). 148–151 (2013)

142. Kuch B, Parvanov T, Hense HW, Axmann J, Bolte HD: Short-Period Heart Rate Variability in the General Population as Compared to Patients with Acute Myocardial Infarction from the Same Source Population. Ann. Noninvasive Electrocardiol. 9 (2). 113–120 (2004)

143. Kuo TBJ, Lin T, Yang CCH, Li CL, Chen CF, Chou P: Effect of aging on gender differences in neural control of heart rate. Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol. 277 (6). H2233–H2239 (1999)

144. Kuper H, Marmot M: Job strain, job demands, decision latitude, and risk of coronary heart disease within the Whitehall II study. J. Epidemiol. Community Health 57 (2). 147–153 (2003)

145. Lallukka T, Haaramo P, Lahelma E, Rahkonen O: Sleep Problems and Disability Retirement: A Register-based Follow-up Study. Am. J. Epidemiol. 173 (8). 871–881 (2011)

146. Landrigan CP, Rothschild JM, Cronin JW, Kaushal R, Burdick E, Katz JT, Lilly CM, Stone PH, Lockley SW, Bates DW, Czeisler CA: Effect of Reducing Interns' Work Hours on Serious Medical Errors in Intensive Care Units. N. Engl. J. Med. 351 (18). 1838–1848 (2004)

147. Laugsand LE, Vatten LJ, Platou C, Janszky I: Insomnia and the Risk of Acute Myocardial Infarction. A Population Study. Circulation 124 (19). 2073–2081 (2011)

148. Levine DW, Kaplan RM, Kripke DF, Bowen DJ, Naughton MJ, Shumaker SA: Factor Structure and Measurement Invariance of the Women's Health Initiative Insomnia Rating Scale. Psychol. Assess. 15 (2). 123–136 (2003)

149. Li Y, Zhang X, Winkelman JW, Redline S, Hu FB, Stampfer M, Ma J, Gao X: Association Between Insomnia Symptoms and Mortality. A Prospective Study of US Men. Circulation 129 (7). 737–746 (2014)

150. Linden M, Maier W, Achberger M, Herr R, Helmchen H, Benkert O: Psychische Erkrankungen und ihre Behandlung in Allgemeinarztpraxen in Deutschland. Ergebnisse aus einer Studie der Weltgesundheitsorganisation (WHO). Nervenarzt 67. 205–215 (1996)

151. Lindholm H, Sinisalo J, Ahlberg J, Hirvonen A, Hublin C, Partinen M, Savolainen A: Attenuation of vagal recovery during sleep and reduction of cortisol/melatonin ratio in late afternoon associate with prolonged daytime sleepiness among media workers with irregular shift work. Am. J. Ind. Med. 55 (7). 643–649 (2012)

152. Liu AC, Welsh DK, Ko CH, Tran HG, Zhang EE, Priest AA, Buhr ED, Singer O, Meeker K, Verma IM, Doyle FJ, Takahashi JS, Kay SA: Intercellular Coupling Confers Robustness against Mutations in the SCN Circadian Clock Network. Cell 129 (3). 605–616 (2007)

153. Lohmann-Haislah A: Stressreport Deutschland 2012. Psychische Anforderungen, Ressourcen und Befinden. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA). Dortmund, Berlin, Dresden (2012)

154. Lohninger A: Herzratenvariabilität. Das HRV-Praxis-Lehrbuch. facultas. Wien (2017)

155. Lohse MJ, Müller-Oerlinghausen B: Hypnotika und Sedativa. In: Schwabe U, Paffrath D (Hrsg.): Arzneiverordnungs-Report 2016. S. 499–508. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg (2016)

156. Mäkikallio TH, Tapanainen JM, Tulppo MP, Huikuri HV: Clinical Applicability of Heart Rate Variability Analysis by Methods Based on Nonlinear Dynamics. Card. Electrophysiol. Rev. 6 (3). 250–255 (2002)

157. Mallon L, Broman JE, Hetta J: Sleep complaints predict coronary artery disease mortality in males: a 12-year follow-up study of a middle-aged Swedish population. J. Intern. Med. 251 (3). 207–216 (2002)

158. Marschall J, Hildebrandt S, Sydow H, Nolting HD, unter Mitarbeit von Burgart E, Woköck T: Gesundheitsreport 2017. Analyse der Arbeitsunfähigkeitsdaten. Update: Schlafstörungen. In: Storm A (DAK-Gesundheit) (Hrsg.): Beiträge zur Gesundheitsökonomie und Versorgungsforschung (Band 16). medhochzwei Verlag GmbH. Heidelberg (2017)

159. McEwen BS: Stress, Adaptation, and Disease. Allostasis and Allostatic Load. Ann. N. Y. Acad. Sci. 840. 33–44 (1998)

160. McEwen BS: Interacting Mediators of Allostasis and Allostatic Load: Towards an Understanding of Resilience in Aging. Metab. Clin. Exp. 52 (10). 10–16 (2003)

161. McEwen BS, Stellar E: Stress and the Individual. Mechanisms Leading to Disease. Arch. Intern. Med. 153 (18). 2093–2101 (1993)

162. Meisinger C, Heier M, Löwel H, Schneider A, Döring A: Sleep Duration and Sleep Complaints and Risk of Myocardial Infarction in Middle-aged Men and Women from the General Population: The MONICA/KORA Augsburg Cohort Study. Sleep 30 (9). 1121–1127 (2007)

163. Mezick EJ, Matthews KA, Hall MH, Jennings JR, Kamarck TW: Sleep duration and cardiovascular responses to stress in undergraduate men. Psychophysiology 51 (1). 88–96 (2014)

164. Michels N, Clays E, De Buyzere M, Vanaelst B, De Henauw S, Sioen I: Children's Sleep and Autonomic Function: Low Sleep Quality Has an Impact on Heart Rate Variability. Sleep 36 (12). 1939–1946 (2013)

165. Minow A, Swart E: Arbeitsbezogene erweiterte Erreichbarkeit. Bedingungen des Beanspruchungsempfindens bei Führungskräften der Sozial- und Gesundheitsbranche. Zbl. Arbeitsmed. 1–5. DOI: 10.1007/s40664-018-0285-6 (2018)

166. Mohawk JA, Green CB, Takahashi JS: Central and Peripheral Circadian Clocks in Mammals. Annu. Rev. Neurosci. 35 (1). 445–462 (2012)

167. Mohr G: Die Erfassung psychischer Befindensbeinträchtigungen bei Industriearbeitern. Lang. Frankfurt (1986)

168. Mohr G, Müller A, Rigotti T: Normwerte der Skala Irritation: Zwei Dimensionen psychischer Beanspruchung. Diagnostica 51 (1). 12–20 (2005)

169. Mohr G, Rigotti T, Müller A: Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen. Hogrefe. Göttingen (2007)

170. Monk TH, Reynolds CF, Buysse DJ, DeGrazia JM, Kupfer DJ: The Relationship Between Lifestyle Regularity and Subjective Sleep Quality. Chronobiol. Int. 20 (1). 97–107 (2003)

171. Morgenthaler T, Alessi C, Friedman L, Owens J, Kapur V, Boehlecke B, Brown T, Chesson Jr. A, Coleman J, Lee-Chiong T, Pancer J, Swick TJ: Practice Parameters for the Use of Actigraphy in the Assessment of Sleep and Sleep Disorders: An Update for 2007. Sleep 30 (4). 519–529 (2007)

172. Müller A, Mohr G, Rigotti T: Differenzielle Aspekte psychischer Beanspruchung aus Sicht der Zielorientierung. Z. Differ. Diagn. Psychol. 25 (4). 213–225 (2004)

173. National Transportation Safety Board: Marine Accident Report. Grounding of the U.S. Tankship EXXON VALDEZ on Bligh Reef, Prince William Sound, near Valdez, Alaska, March 24, 1989. National Transportation Safety Board. Washington, D.C. (1990)

174. Netzer NC, Eliasson AH, Strohl KP: Women with Sleep Apnea Have Lower Levels of Sex Hormones. Sleep Breath. 7 (1). 25–29 (2003)

175. Niskanen JP, Tarvainen MP, Ranta-aho PO, Karjalainen PA: Software for advanced HRV analysis. Comput. Methods Programs Biomed. 76 (1). 73–81 (2004)

176. Ohayon MM: Epidemiological Overview of Sleep Disorders in the General Population. Sleep Med. Res. 2 (1). 1–9 (2011)

177. Otzenberger H, Gronfier C, Simon C, Charloux A, Ehrhart J, Piquard F, Brandenberger G: Dynamic heart rate variability: a tool for exploring sympathovagal balance continuously during sleep in men. Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol. 275 (3). H946–H950 (1998)

178. Paas FGWC, van Merriënboer JJG, Adam JJ: Measurement of Cognitive Load in Instructional Research. Percept. Mot. Skills 79 (1). 419–430 (1994)

179. Pagani M, Pizzinelli P, Pavy-Le Traon A, Ferreri C, Beltrami S, Bareille MP, Costes-Salon MC, Béroud S, Blin O, Lucini D, Philip P: Hemodynamic, autonomic and baroreflex changes after one night sleep deprivation in healthy volunteers. Auton. Neurosci. 145 (1–2). 76–80 (2009)

180. Panter W: Schlafstörungen. Eine Herausforderung für die Arbeitsmedizin. Somnologie (Berl.) 14 (2). 87 (2010)

181. Parmeggiani PL: Systemic Homeostasis and Poikilostasis in Sleep: Is REM Sleep A Physiological Paradox? S. 9–10. Imperial College Press. London, UK (2011)

182. Patel SR, Hu FB: Short Sleep Duration and Weight Gain: A Systematic Review. Obesity (Silver Spring) 16 (3). 643–653 (2008)

183. Penzel T, Peter H, Peter JH, Becker HF, Fietze I, Fischer J, Mayer G, Podszus T, Raschke F, Riemann D, Schäfer T, Sitter H: Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Heft 27. Schlafstörungen. Robert Koch-Institut. Berlin (2005)

184. Peter JG: Schilddrüsenerkrankungen. In: Peter H, Penzel T, Peter JH (Hrsg.): Enzyklopädie der Schlafmedizin. S. 1049–1050. Springer Medizin Verlag. Heidelberg (2007)

185. Pfeiffer S: Technologische Grundlagen der Entgrenzung: Chancen und Risiken. In: Badura B, Ducki A, Schröder H, Klose J, Meyer M (Hrsg.): Fehlzeiten-Report 2012. Gesundheit in der flexiblen Arbeitswelt: Chancen nutzen – Risiken minimieren. S. 15–21. Springer Verlag. Berlin, Heidelberg (2012)

186. Pittig A, Arch JJ, Lam CWR, Craske MG: Heart rate and heart rate variability in panic, social anxiety, obsessive–compulsive, and generalized anxiety disorders at baseline and in response to relaxation and hyperventilation. Int. J. Psychophysiol. 87 (1). 19–27 (2013)

187. Pober DM, Braun B, Freedson PS: Effects of a Single Bout of Exercise on Resting Heart Rate Variability. Med. Sci. Sports Exerc. 36 (7). 1140–1148 (2004)

188. Presidential Commission: Report of the Presidential Commission on the Space Shuttle Challenger Accident. Vol. II. Appendix G: Human Factors Analysis. Government Printing Office. Washington, D.C. (1986)

189. Raczak G, Daniłowicz-Szymanowicz L, Kobuszewska-Chwirot M, Ratkowski W, Figura-Chmielewska M, Szwoch M: Long-term exercise training improves autonomic nervous system profile in professional runners. Kardiol. Pol. 64 (2). 135–140 (2006)

190. Rahkonen O, Lallukka T, Kronholm E, Vahtera J, Lahelma E, Laaksonen M: Sleep problems and sickness absence among middle-aged employees. Scand. J. Work Environ. Health 38 (1). 47–55 (2012)

191. Ralph MR, Foster RG, Davis FC, Menaker M: Transplanted Suprachiasmatic Nucleus Determines Circadian Period. Science 247 (4945). 975–978 (1990)

192. Randall DC, Brown DR, Raisch RM, Yingling JD, Randall WC: SA nodal parasympathectomy delineates autonomic control of heart rate power spectrum. Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol. 260 (3). H985–H988 (1991)

193. Rechtschaffen A, Kales A (Hrsg.): A Manual of Standardized Terminology, Techniques and Scoring System for Sleep Stages of Human Subjects. Public Health Service, US Government Printing Office. Washington, D.C. (1968)

194. Rennie KL, Hemingway H, Kumari M, Brunner E, Malik M, Marmot M: Effects of Moderate and Vigorous Physical Activity on Heart Rate Variability in a British Study of Civil Servants. Am. J. Epidemiol. 158 (2). 135–143 (2003)

195. Riemann D, Backhaus J: Behandlung von Schlafstörungen. Ein psychologisches Gruppenprogramm. Beltz Psychologie Verlags Union. Weinheim (1996)

196. Riemann D, Baum E, Cohrs S, Crönlein T, Hajak G, Hertenstein E, Klose P, Langhorst J, Mayer G, Nissen C, Pollmächer T, Rabstein S, Schlarb A, Sitter H, Weeß HG, Wetter T, Spiegelhalder K: S3-Leitlinie Nicht erholsamer Schlaf/Schlafstörungen. Kapitel „Insomnie bei Erwachsenen“ (AWMF-Registernummer 063-003), Update 2016. Somnologie (Berl.) 21 (1). 2–44 (2017)

197. Riemann D, Hajak G: Insomnien. II. Pharmakologische und psychotherapeutische Behandlungsmöglichkeiten. Nervenarzt 80 (11). 1327–1340 (2009)

198. Riese H, Van Doornen LJP, Houtman ILD, De Geus EJC: Job strain in relation to ambulatory blood pressure, heart rate, and heart rate variability among female nurses. Scand. J. Work Environ. Health 30 (6). 477–485 (2004)

199. Rodenbeck A: Sexualhormone. In: Peter H, Penzel T, Peter JH (Hrsg.): Enzyklopädie der Schlafmedizin. S. 1169–1173. Springer Medizin Verlag. Heidelberg (2007)

200. Rodríguez-Colón SM, He F, Shaffer ML, Li X, Vgontzas AN, Bixler EO, Wu R, Liao D: Insomnia Symptoms and Sleep Duration Are Associated with Impaired Cardiac Autonomic Modulation in Children. Neurosci. Med. 2 (3). 288–294 (2011)

201. Roenneberg T, Wirz-Justice A, Merrow M: Life between Clocks: Daily Temporal Patterns of Human Chronotypes. J. Biol. Rhythms 18 (1). 80–90 (2003)

202. Rohmert W, Rutenfranz J: Arbeitswissenschaftliche Beurteilung der Belastung und Beanspruchung an unterschiedlichen industriellen Arbeitsplätzen. Der Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung. Bonn (1975)

203. Rosekind MR, Gregory KB, Mallis MM, Brandt SL, Seal B, Lerner D: The Cost of Poor Sleep: Workplace Productivity Loss and Associated Costs. J. Occup. Environ. Med. 52 (1). 91–98 (2010)

204. Rüdiger H, Klinghammer L, Scheuch K: The trigonometric regressive spectral analysis—a method for mapping of beat-to-beat recorded cardiovascular parameters on to frequency domain in comparison with Fourier transformation. Comput. Methods Programs Biomed. 58. 1–15 (1999)

205. Ruhrmann S, Schultze-Lutter F, Salokangas RKR, Heinimaa M, Linszen D, Dingemans P, Birchwood M, Patterson P, Juckel G, Heinz A, Morrison A, Lewis S, Graf von Reventlow H, Klosterkötter J: Prediction of Psychosis in Adolescents and Young Adults at High Risk. Results From the Prospective European Prediction of Psychosis Study. Arch. Gen. Psychiatry 67 (3). 241–251 (2010)

206. Salminen S, Oksanen T, Vahtera J, Sallinen M, Härmä M, Salo P, Virtanen M, Kivimäki M: Sleep disturbances as a predictor of occupational injuries among public sector workers. J. Sleep Res. 19 (1p2). 207–213 (2010)

207. Salo P, Oksanen T, Sivertsen B, Hall M, Pentti J, Virtanen M, Vahtera J, Kivimäki M: Sleep Disturbances as a Predictor of Cause-Specific Work Disability and Delayed Return to Work. Sleep 33 (10). 1323–1331 (2010)

208. Sammito S: Benutzeranweisung für Kubios 2.0. Koblenz (2016)

209. Sammito S: Alters- und geschlechtsabhängige Referenzwerte für die Herzfrequenzvariabilität. Habilitationsschrift. Medizinische Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg. Magdeburg (2017)

210. Sammito S, Böckelmann I: Validierung von drei verschiedenen Systemen zur Erfassung der Herzschlagfrequenz in Sanitätsfahrzeugen. Ergo-Med. 36. 38–45 (2012)

211. Sammito S, Böckelmann I: Einfluss von Extrasystolen auf die Herzfrequenzvariabilitätsmessungen im Rahmen von 24-h-Messungen. Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaften, Band 233. In: Hottenrott K, Gronwald T, Schmidt H (Hrsg.): Herzfrequenzvariabilität: Grundlagen – Methoden – Anwendungen. S. 82–86. Feldhaus Verlag Edition Czwalina. Hamburg (2014)

212. Sammito S, Böckelmann I: Analyse der Herzfrequenzvariabilität. Herz 40 (S1). 76–84 (2015)

213. Sammito S, Böckelmann I: Factors Influencing Heart Rate Variability. ICF Journal 6. 18–22 (2016)

214. Sammito S, Böckelmann I: New reference values of heart rate variability during ordinary daily activity. Heart Rhythm 14 (2). 304–307 (2017)

215. Sammito S, Darius S, Böckelmann I: Validierungsstudie zum Einsatz eines funklosen Brustgurtsystems zur Messung der Herzratenvariabilität unter Ruhebedingungen und in Fahrzeugen. Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed. 46. 60–65 (2011)

216. Sammito S, Sammito W, Böckelmann I: The circadian rhythm of heart rate variability. Biol. Rhythm Res. 47 (5). 717–730 (2016a)

217. Sammito S, Thielmann B, Seibt R, Klussmann A, Weippert M, Böckelmann I: Guideline for the application of heart rate and heart rate variability in occupational medicine and occupational science. Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed. ASU International issue. 1–15. DOI: 10.17147/ASUI.2015-06-09-03 (2015a)

218. Sammito S, Thielmann B, Seibt R, Klussmann A, Weippert M, Böckelmann I: Leitlinie Nutzung der Herzschlagfrequenz und der Herzfrequenzvariabilität in der Arbeitsmedizin und der Arbeitswissenschaft. Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed. 51. 123–141 (2016b)

219. Sammito S, Thielmann B, Zimmermann P, Böckelmann I: Einfluss einer posttraumatischen Belastungsstörung auf die Herzfrequenzvariabilität als Marker des autonomen Nervensystems – eine systematische Literaturübersicht. Fortschr. Neurol. Psychiatr. 83 (1). 30–37 (2015b)

220. Sauter C, Popp R, Danker-Hopfe H, Büttner A, Wilhelm B, Binder R, Böhning W, Weeß HG, the Vigilance Task Group of the German Sleep Research Society: Normative values of the German Epworth Sleepiness Scale. Results from a multicenter study. Somnologie (Berl.) 11 (4). 272–278 (2007)

221. Schlack R, Hapke U, Maske U, Busch MA, Cohrs S: Häufigkeit und Verteilung von Schlafproblemen und Insomnie in der deutschen Erwachsenenbevölkerung. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 56 (5-6). 740–748 (2013)

222. Schulz P, Hellhammer J, Schlotz W: Arbeitsstress, sozialer Stress und Schlafqualität. Differentielle Effekte unter Berücksichtigung von Alter, Besorgnisneigung und Gesundheit. Z. Gesundheitspsychol. 11 (1). 1–9 (2003)

223. Seibt R, Matz A, Hegewald J, Spitzer S: Working conditions of female part-time and full-time teachers in relation to health status. Int. Arch. Occup. Environ. Health 85 (6). 675–687 (2011)

224. Seibt R, Meyer K, Spitzer S, Steputat A, Freude G: Arbeitsfähigkeit und physische Gesundheit von Lehrkräften. Vergleich mit einer Regionalstichprobe Erwerbstätiger. Präv. Gesundheitsf. 11 (3). 162–170 (2016)

225. Selye H: The Stress of Life. McGraw-Hill. New York, NY (1956)

226. Singh JP, Larson MG, O'Donnell CJ, Wilson PF, Tsuji H, Lloyd-Jones DM, Levy D: Association of Hyperglycemia With Reduced Heart Rate Variability (The Framingham Heart Study). Am. J. Cardiol. 86 (3). 309–312 (2000)

227. Snyder F, Hobson JA, Morrison DF, Goldfrank F: Changes in respiration, heart rate, and systolic blood pressure in human sleep. J. Appl. Physiol. 19 (3). 417–422 (1964)

228. Söderström M, Jeding K, Ekstedt M, Perski A, Åkerstedt T: Insufficient Sleep Predicts Clinical Burnout. J. Occup. Health Psychol. 17 (2). 175–183 (2012)

229. Spiegelhalder K, Fuchs L, Ladwig J, Kyle SD, Nissen C, Voderholzer U, Feige B, Riemann D: Heart rate and heart rate variability in subjectively reported insomnia. J. Sleep Res. 20 (1pt2). 137–145 (2011)

230. Stein PK, Pu Y: Heart rate variability, sleep and sleep disorders. Sleep Med. Rev. 16 (1). 47–66 (2012)

231. Stephan FK, Zucker I: Circadian Rhythms in Drinking Behavior and Locomotor Activity of Rats Are Eliminated by Hypothalamic Lesions. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 69 (6). 1583–1586 (1972)

232. Sterling P, Eyer J: Allostasis: A New Paradigm to Explain Arousal Pathology. In: Fisher S, Reason J (Hrsg.): Handbook of Life Stress, Cognition and Health. S. 629–649. Wiley & Sons. New York, NY (1988)

233. Strobel H: iga.Report 23. Auswirkungen von ständiger Erreichbarkeit und Präventionsmöglichkeiten. Teil 1: Überblick über den Stand der Wissenschaft und Empfehlungen für einen guten Umgang in der Praxis. AOK-Bundesverband, BKK Bundesverband, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Verband der Ersatzkassen e. V. (Hrsg.). Initiative Gesundheit und Arbeit (iga). Berlin (2013)

234. Sutarto AP, Wahab MNA, Zin NM: Effect of biofeedback training on operator's cognitive performance. Work 44 (2). 231–243 (2013)

235. Taheri S, Lin L, Austin D, Young T, Mignot E: Short Sleep Duration Is Associated with Reduced Leptin, Elevated Ghrelin, and Increased Body Mass Index. PLoS Med. 1 (3). 210–217 (2004)

236. Takase B, Akima T, Satomura K, Ohsuzu F, Mastui T, Ishihara M, Kurita A: Effects of chronic sleep deprivation on autonomic activity by examining heart rate variability, plasma catecholamine, and intracellular magnesium levels. Biomed. Pharmacother. 58 (Supplement 1). S35–S39 (2004)

237. Tapanainen JM, Bloch Thomsen PE, Køber L, Torp-Pedersen C, Mäkikallio TH, Still AM, Lindgren KS, Huikuri HV: Fractal Analysis of Heart Rate Variability and Mortality After an Acute Myocardial Infarction. Am. J. Cardiol. 90 (4). 347–352 (2002)

238. Tarvainen MP: Kubios HRV version 2.2 USER'S GUIDE. University of Eastern Finland. Kuopio (2014)

239. Tarvainen MP, Niskanen JP, Lipponen JA, Ranta-aho PO, Karjalainen PA: Kubios HRV – Heart rate variability analysis software. Comput. Methods Programs Biomed. 113 (1). 210–220 (2014)

240. Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology: Heart Rate Variability: Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use. Circulation 93 (5). 1043–1065 (1996)

241. Taylor JA, Carr DL, Myers CW, Eckberg DL: Mechanisms Underlying Very-Low-Frequency RR-Interval Oscillations in Humans. Circulation 98 (6). 547–555 (1998)

242. The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension and of the European Society of Cardiology: 2013 ESH/ESC Guidelines for the management of arterial hypertension. Eur. Heart J. 34 (28). 2159–2219 (2013)

243. Tobaldini E, Nobili L, Strada S, Casali KR, Braghiroli A, Montano N: Heart rate variability in normal and pathological sleep. Front. Physiol. 4. 1–11. DOI: 10.3389/fphys.2013.00294 (2013)

244. Toh KL, Jones CR, He Y, Eide EJ, Hinz WA, Virshup DM, Ptáček LJ, Fu YH: An hPer2 Phosphorylation Site Mutation in Familial Advanced Sleep Phase Syndrome. Science 291 (5506). 1040–1043 (2001)

245. Trauer JM, Qian MY, Doyle JS, Rajaratnam SMW, Cunnington D: Cognitive Behavioral Therapy for Chronic Insomnia: A Systematic Review and Meta-analysis. Ann. Intern. Med. 163 (3). 191–204 (2015)

246. Tuomainen P, Peuhkurinen K, Kettunen R, Rauramaa R: Regular physical exercise, heart rate variability and turbulence in a 6-year randomized controlled trial in middle-aged men: The DNASCO study. Life Sci. 77 (21). 2723–2734 (2005)

247. U. S. Nuclear Regulatory Commission: Investigation into the March 28, 1979 Three Mile Island Accident by the Office of Inspection and Enforcement (Investment Report No. 50-320/j79-10). NTIS NUREG-0600. U. S. Nuclear Regulatory Commission. North Bethesda, MD (1979)

248. Üstün TB, Sartorius N (Hrsg.): Mental Illness in General Health Care. An International Study. John Wiley & Sons. Chichester, UK (1995)

249. Vahle-Hinz T, Bamberg E, Dettmers J, Friedrich N, Keller M: Effects of Work Stress on Work-Related Rumination, Restful Sleep, and Nocturnal Heart Rate Variability Experienced on Workdays and Weekends. J. Occup. Health Psychol. 19 (2). 217–230 (2014)

250. van Amelsvoort LGPM, Schouten EG, Maan AC, Swenne CA, Kok FJ: Occupational determinants of heart rate variability. Int. Arch. Occup. Environ. Health 73 (4). 255–262 (2000)

251. Vandeput S, Verheyden B, Aubert AE, Van Huffel S: Nonlinear heart rate dynamics: Circadian profile and influence of age and gender. Med. Eng. Phys. 34 (1). 108–117 (2012)

252. Virtanen R, Jula A, Kuusela T, Helenius H, Voipio-Pulkki LM: Reduced heart rate variability in hypertension: associations with lifestyle factors and plasma renin activity. J. Hum. Hypertens. 17 (3). 171–179 (2003)

253. Voss A, Heitmann A, Schroeder R, Peters A, Perz S: Short-term heart rate variability—age dependence in healthy subjects. Physiol. Meas. 33 (8). 1289–1311 (2012)

254. Wehrens SMT, Hampton SM, Skene DJ: Heart rate variability and endothelial function after sleep deprivation and recovery sleep among male shift and non-shift workers. Scand. J. Work Environ. Health 38 (2). 171–181 (2012)

255. Werner GG, Ford BQ, Mauss IB, Schabus M, Blechert J, Wilhelm FH: High cardiac vagal control is related to better subjective and objective sleep quality. Biol. Psychol. 106. 79–85 (2015)

256. World Health Organization: Obesity: Preventing And Managing The Global Epidemic. Report of a WHO Consultation. Technical Report Series 894. World Health Organization. Genf (2000)

257. World Health Organization: Waist Circumference and Waist–Hip Ratio. Report of a WHO Expert Consultation. Geneva, 8–11 December 2008. World Health Organization. Genf (2011)

258. World Health Organization: International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems – 10th Revision (ICD-10). World Health Organization. Genf (2016)

259. Wuyts J, De Valck E, Vandekerckhove M, Pattyn N, Exadaktylos V, Haex B, Maes J, Verbraecken J, Cluydts R: Effects of pre-sleep simulated on-call instructions on subsequent sleep. Biol. Psychol. 91 (3). 383–388 (2012)

260. Xie L, Kang H, Xu Q, Chen MJ, Liao Y, Thiyagarajan M, O'Donnell J, Christensen DJ, Nicholson C, Iliff JJ, Takano T, Deane R, Nedergaard M: Sleep Drives Metabolite Clearance from the Adult Brain. Science 342 (6156). 373–377 (2013)

261. Yamazaki S, Numano R, Abe M, Hida A, Takahashi R, Ueda M, Block GD, Sakaki Y, Menaker M, Tei H: Resetting Central and Peripheral Circadian Oscillators in Transgenic Rats. Science 288 (5466). 682–685 (2000)

262. Yang G, Lai CSW, Cichon J, Ma L, Li W, Gan WB: Sleep promotes branch-specific formation of dendritic spines after learning. Science 344 (6188). 1173–1178 (2014)

263. Ye Yy, Zhang Yf, Chen J, Liu J, Li Xj, Liu Yz, Lang Y, Lin L, Yang XJ, Jiang XJ: Internet-Based Cognitive Behavioral Therapy for Insomnia (ICBT-i) Improves Comorbid Anxiety and Depression—A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. PLoS ONE 10 (11). e0142258. DOI: 10.1371/journal.pone.0142258 (2015)

264. Yoo SH, Yamazaki S, Lowrey PL, Shimomura K, Ko CH, Buhr ED, Siepka SM, Hong HK, Oh WJ, Yoo OJ, Menaker M, Takahashi JS: PERIOD2::LUCIFERASE real-time reporting of circadian dynamics reveals persistent circadian oscillations in mouse peripheral tissues. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 101 (15). 5339–5346 (2004)

265. Žemaitytė D, Varoneckas G, Sokolov E: Heart Rhythm Control During Sleep. Psychophysiology 21 (3). 279–289 (1984)

266. Zhang J, Ma RCW, Kong APS, So WY, Li AM, Lam SP, Li SX, Yu MWM, Ho CS, Chan MHM, Zhang B, Wing YK: Relationship of Sleep Quantity and Quality with 24-Hour Urinary Catecholamines and Salivary Awakening Cortisol in Healthy Middle-Aged Adults. Sleep 34 (2). 225–233 (2011)

267. Zhong X, Hilton HJ, Gates GJ, Jelic S, Stern Y, Bartels MN, DeMeersman RE, Basner RC: Increased sympathetic and decreased parasympathetic cardiovascular modulation in normal humans with acute sleep deprivation. J. Appl. Physiol. 98 (6). 2024–2032 (2005)

Danksagungen

Frau Prof. Dr. med. habil. Irina Böckelmann danke ich aufrichtig für die Überlassung des Themas. Ihre großzügige Unterstützung meiner Arbeit und die anregenden und offenen Diskussionen waren eine wertvolle und unverzichtbare Förderung meiner wissenschaftlichen Tätigkeit.

Bei Frau Dr. med. Sabine Darius bedanke ich mich besonders für die stets gewährte Hilfe und Diskussionsbereitschaft sowie für ihre wertvollen Denkanstöße und die kontinuierliche Unterstützung bei der Fortentwicklung dieser Arbeit.

Weiterhin gilt mein Dank allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Bereichs Arbeitsmedizin für ihre Hilfe und Bereitschaft zur Diskussion. Insbesondere sei Frau Henriette Wollenberg für ihre unermüdliche Unterstützung im Rahmen der Datenerhebung und Herrn PD Dr. med. habil. Stefan Sammito für die zeitnahe klinische Bewertung der EKGs herzlich gedankt.

Darüber hinaus gebührt mein Dank allen Probandinnen und Probanden für ihre Bereitschaft und Zeit an dieser Studie teilzunehmen.

Ich danke meiner Familie für ihre allgegenwärtige Geduld, Motivation und Unterstützung im Rahmen der Erstellung dieser Arbeit.

Ehrenerklärung

Ich erkläre, dass ich die der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg eingereichte Dissertation mit dem Titel:

Herzratenvariabilität als möglicher objektiver Beanspruchungsparameter für die Einschätzung subjektiv angegebener Schlafstörungen im Kontext psychischer Gesundheit

am Bereich Arbeitsmedizin

mit Unterstützung durch **Prof. Dr. med. habil. Irina Böckelmann**

ohne sonstige Hilfe durchgeführt und bei der Abfassung der Dissertation keine anderen als die dort aufgeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Bei der Abfassung der Dissertation sind Rechte Dritter nicht verletzt worden.

Ich habe diese Dissertation bisher an keiner in- oder ausländischen Hochschule eingereicht. Ich übertrage der Medizinischen Fakultät das Recht, weitere Kopien meiner Dissertation herzustellen und zu vertreiben.

Magdeburg, den 6. Dezember 2019

Robin Sebastian Schierholz

Darstellung des Bildungsweges

Universitäre Ausbildung

25.05.2018–30.09.2018	Promotionssemester, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
seit 11.2016	Promotion an der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Bereich Arbeitsmedizin, Prof. Dr. med. habil. Irina Böckelmann
01.10.2011–25.05.2018	Studium der Humanmedizin, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg mit Abschluss (Staatsexamen)

Universitäre Praktika im Rahmen des Studiums der Humanmedizin

25.12.2017–14.03.2018	3. Tertial des praktischen Jahres, Klinik Susenberg, Lehrkrankenhaus der Universität Zürich, Zürich, Schweiz, Innere Medizin
04.09.2017–24.12.2017	2. Tertial des praktischen Jahres, Hospital de Clínicas „Dr. Manuel Quintela“, Universidad de la República Uruguay, Montevideo, Uruguay, Chirurgie
15.05.2017–03.09.2017	1. Tertial des praktischen Jahres, Harzklinikum Dorothea Christiane Erxleben, Lehrkrankenhaus der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Wernigerode, Anästhesiologie und Intensivmedizin
14.09.2015–29.09.2015	Famulatur, Dres. Rogelio Calleja Cancho und Partner, Langenhagen, Radiologie
31.08.2015–13.09.2015	Famulatur, Mehmet Resat Özdogan, Hannover, Ophthalmologie
11.03.2015–24.03.2015	Famulatur, Margarete Jesinghaus, Hannover, Allgemeinmedizin und hausärztliche Versorgung
23.02.2015–10.03.2015	Famulatur, Dr.-Ing. Peter Heidt, Hannover, Allgemeinmedizin und hausärztliche Versorgung

04.09.2014–03.10.2014	Famulatur, Addenbrooke's Hospital Cambridge University Hospitals, Cambridge, Vereinigtes Königreich, Trauma und Orthopädie
01.03.2014–30.03.2014	Famulatur, Bundeswehrkrankenhaus Hamburg, Anästhesie- und Intensivmedizin
03.09.2012–02.10.2012	Krankenpflegepraktikum, Elbeklinikum Buxtehude, Dermatologie
23.07.2012–21.08.2012	Krankenpflegepraktikum, Charité Berlin Campus Mitte, Berlin, Rheumatologie und Physikalische Therapie
13.02.2012–13.03.2012	Krankenpflegepraktikum, KRH Klinikum Nordstadt, Hannover, Neurologie

Schulische Ausbildung

24.06.2011	Abitur, Humboldtschule Hannover
21.08.2008–30.01.2009	Auslandsaufenthalt, Jarvis Collegiate Institute, Toronto, Kanada
14.09.2007–13.10.2007	Austauschprogramm, Colegio Alemán Quito, Quito, Ecuador
19.08.2004–24.06.2011	Gymnasium, Humboldtschule Hannover
01.08.2002–07.07.2004	Orientierungsstufe, Orientierungsstufe Badenstedt, Hannover
03.09.1998–19.06.2002	Grundschule, Friedrich-Ebert-Schule, Hannover

Sprachliche Ausbildung

Englisch	fließend in Wort und Schrift
Spanisch	fließend in Wort und Schrift
Französisch	gute Kenntnisse, UNIcert 1/B1
Deutsch	Muttersprache

Magdeburg, den 6. Dezember 2019

Robin Sebastian Schierholz

Publikationsverzeichnis

Vorträge und Poster

1. Schierholz RS, Darius S, Sammito S, Böckelmann I: Kann man die subjektiv beurteilte Schlafqualität und Tagesschläfrigkeit mittels objektiver Parameter abbilden? Poster beim 22. Symposium „Arbeitsmedizin und Arbeitswissenschaft für Nachwuchswissenschaftler“ vom 16. – 18. November 2018. Tübingen (2018)
2. Giotikas D, Fisher R, Schierholz R, Krkovic M: The Impact Of Leg Fasciotomies For Acute Compartment Syndrome Management On The Short Term Functional Outcome. Poster beim 16. EFORT Congress vom 27. – 29. Mai 2015. Prag (2015)

Buch- und Kongressbandbeiträge

1. Schierholz RS, Darius S, Sammito S, Böckelmann I: Kann man die subjektiv beurteilte Schlafqualität und Tagesschläfrigkeit mittels objektiver Parameter abbilden? In: Steinhilber B, Rieger MA, Wall R (Hrsg.): Forum Arbeitsphysiologie - 22. Symposium Arbeitsmedizin und Arbeitswissenschaft für Nachwuchswissenschaftler. S. 28. Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V., Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. München, Dortmund (2018)

Publikationen

1. Schierholz RS, Darius S, Böckelmann I: Zusammenhang von arbeitsbezogenen psychischen Beanspruchungsfolgen mit subjektiver Schlafqualität und individueller Tagesschläfrigkeit. Dtsch. Med. Wochenschr. 144 (19). e121–e129 (2019)
2. Schierholz RS, Darius S, Böckelmann I: Associations of General Mental Health Symptoms with Subjective Sleep Quality and Individual Daytime Sleepiness. Inter Collegas [Status: eingereicht und zur Publikation angenommen] (2019)

A Anlagen

A.1 Zustimmung der Ethikkommission

UNIVERSITÄTSKLINIKUM MAGDEBURG A.ö.R. — OTTO VON GUERICKE UNIVERSITÄT MAGDEBURG — MEDIZINISCHE FAKULTÄT

Ethik-Kommission der
Otto-von-Guericke-
Universität an der
Medizinischen Fakultät und
am Universitätsklinikum
Magdeburg A.ö.R.

Univ.-Prof. Dr. med. Christof Huth
Vorsitzender

Dr. med. Norbert Beck
Geschäftsführer

Telefon: +49 391 67-14314
Telefax: +49 391 67-14354
elektr.Fax: +49 391 67-290185
eMail: ethikkommission@ovgu.de

Ethik-Kommission, Medizinische Fakultat / Universitatsklinikum, Leipziger Str. 44 Haus 28, 39120 Magdeburg

Frau Prof. Dr. Böckelmann, Dr. Darius
Bereich Arbeitsmedizin, Medizinische Fakultät
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Leipziger Str. 44
39120 Magdeburg

Datum
11.05.2016

Unser Zeichen: **50/16**

Auswirkungen von Schlafstörungen auf die Herzratenvariabilität (HRV) – ein Vergleich subjektiv und objektiv ermittelter Parameter

Sehr geehrte Frau Prof. Böckelmann, sehr geehrte Frau Dr. Darius,
sehr geehrte Kolleginnen und Kollegen,

die Ethik-Kommission der Otto-von-Guericke-Universität an der Medizinischen Fakultät und am Universitätsklinikum Magdeburg hat die übergebenen Unterlagen zur o. g. Studie überprüft, in der letzten Kommissionssitzung eingehend erörtert und ist zu der Auffassung gekommen, dass gegen die Durchführung keine ethischen Bedenken bestehen.
Diese **zustimmende Bewertung** ergeht unter dem Vorbehalt gleichbleibender Gegebenheiten.

Die Verantwortlichkeit des jeweiligen Prüfwissenschaftlers / behandelnden Prüfarztes bleibt in vollem Umfang erhalten und wird durch diese Entscheidung nicht berührt. Alle zivil- oder haftungsrechtlichen Folgen, die sich ergeben könnten, verbleiben uneingeschränkt beim Projektleiter und seinen Mitarbeitern.

Beim Monitoring sind die Bestimmungen des Bundes- und Landesdatenschutzgesetzes sowie die sich aus der ärztlichen Schweigepflicht ergebenden Einschränkungen zu beachten, was eine Aushändigung kompletter Patientenakten zum Monitoring ausschließt.
Ein Monitoring personen- und studienbezogener Daten wird dadurch nicht beeinträchtigt.

Um die Übersendung von studienbezogenen Jahresberichten / Abschlussberichten / Publikationen wird unter Nennung unserer Registraturnummer gebeten.

Mit freundlichen Grüßen

(i. A. Dr. med. Norbert Beck, Geschäftsführer)
Prof. Dr. med. C. Huth
Vorsitzender der Ethik-Kommission

Ethik-Kommission
der Otto-von-Guericke-Universität an der Medizinischen Fakultät
und am Universitätsklinikum Magdeburg A.ö.R.
Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. med. C. Huth

Anlage zum Votum der Studie 50/16 vom 11.05.2016

Zum Zeitpunkt der Bewertung der vorstehenden Studie waren folgende Damen und Herren Mitglied der Ethik-Kommission der Otto-von-Guericke-Universität an der Medizinischen Fakultät und am Universitätsklinikum Magdeburg:

Herr Prof. Dr. med. Norbert Bannert	Medizinische Fakultät / Universitätsklinikum, Pädiater
Frau Prof. Dr. phil. Eva Brinkschulte	Medizinische Fakultät / Universitätsklinikum, Bereich Geschichte, Ethik und Theorie der Medizin
Herr Prof. Dr.-Ing. Rolf Findeisen	Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, Institut für Automatisierungstechnik
Herr Prof. Dr. med. Christof Huth	Medizinische Fakultät / Universitätsklinikum, Universitätsklinik für Herz- und Thoraxchirurgie
Frau Assessorin Ute Klanten	Medizinische Fakultät / Universitätsklinikum, Stabsstelle Recht
Herr Prof. Dr. rer. nat. Siegfried Kropf	Medizinische Fakultät / Universitätsklinikum, Mathematiker, Biometriker
Herr Dr. med. Werner Kuchheuser	Medizinische Fakultät / Universitätsklinikum, Institut für Rechtsmedizin
Herr Prof. Dr. med. Frank Peter Meyer	Medizinische Fakultät / Universitätsklinikum, Klinischer Pharmakologe
Herr Prof. Dr. med. Jens Schreiber	Medizinische Fakultät / Universitätsklinikum, Universitätsklinik für Pneumologie
Herr Prof. Dr.-Ing. Klaus Tönnies	Fakultät für Informatik, Institut für Simulation und Graphik, AG Bildverarbeitung/Bildverstehen

Mitglieder der Ethik-Kommission, die in eine Studie eingebunden sind, haben für die Votierung der betreffenden Studie kein Stimmrecht.

Die Ethik-Kommission der Otto-von-Guericke-Universität an der Medizinischen Fakultät und am Universitätsklinikum Magdeburg ist unter Beachtung entsprechender internationaler Richtlinien (ICH, GCP) und nationaler Richtlinien (AMG, GCP-V, MPG, MPKPV) tätig, nach Landesrecht (Hochschulmedizingesetz des Landes Sachsen-Anhalt § 1 Abs. 4, Verordnung über Ethik-Kommissionen zur Bewertung klinischer Prüfungen von Arzneimitteln - Ethik-Kom-VO LSA - i. d. akt. Fassung) legitimiert. Weiterhin besteht eine Registrierung der Ethik-Kommission beim Bundesamt für Strahlenschutz nach § 28g Röntgenverordnung (EK-043/R) und § 92 Strahlenschutzverordnung (EK-046/S) sowie beim Office for Human Research Protections, reg. no. IRB00006099, Rockville, MD, U.S.A.

Dr. med. Norbert Beck
Geschäftsführer der Ethik-Kommission

A.2 Fragebogen

OTTO VON GUERICKE UNIVERSITÄT MAGDEBURG

MEDIZINISCHE FAKULTÄT

Medizinische Fakultät, Leipziger Str. 44, 39120 Magdeburg

Bereich Arbeitsmedizin

Prof. Dr. med. Irina Böckelmann
Leiterin

Otto-von-Guericke-Universität
Medizinische Fakultät
Leipziger Str. 44
39120 Magdeburg

Telefon: +49 391 67-15056
Telefax: +49 391 67-15083

iam@med.ovgu.de
www.med.uni-magdeburg.de

Probandenkennung:

Ihre Zeichen, Ihre Nachricht vom:	Unsere Zeichen:	Durchwahl:	Datum:
	Prof.Bö/Da	15057	23.10.2014

Studie

„Auswirkungen von Schlafstörungen auf die Herzratenvariabilität (HRV) – ein Vergleich subjektiv und objektiv ermittelter Parameter“

*Alle hier dokumentierten Angaben sind **freiwillig** und unterliegen der ärztlichen Schweigepflicht!*
*Der **Fragebogen** ist **Bestandteil der arbeitsmedizinischen Forschung**.*
*Für eine eventuelle allgemeine Auswertung werden alle **Daten anonymisiert**, sodass keinerlei Rückschlüsse auf einzelne Personen möglich sind.*
*Die **Auswertung** der Fragebögen erfolgt durch unsere wissenschaftlichen Mitarbeiter unter Wahrung der Schweigepflicht und des Bundesdatenschutzgesetzes (BDSG).*

Der Bereich *Arbeitsmedizin der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg* führt arbeitsmedizinische Befragungen und Untersuchungen bei Patienten mit Schlafapnoesyndrom durch. Im Rahmen dieser Studie sollen die Auswirkungen dieses Syndroms auf die Herzratenvariabilität untersucht werden.

Ziel der Untersuchungen ist es, den Zusammenhang von *Schlafstörungen infolge eines Schlafapnoesyndroms* und der *Herzratenvariabilität zu* analysieren. Dafür sind Ihre Angaben zur ***Schlafqualität** u. a.* erforderlich, die in den folgenden Fragen zu beantworten sind. Die **Teilnahme** an diesen Untersuchungen ist **freiwillig**.

Manche Fragen treffen möglicherweise nicht exakt auf Ihre Situation zu, da nicht alle Besonderheiten in einem Fragebogen erfasst werden können. Bitte versuchen Sie trotzdem, **alle** Fragen zu beantworten. Kreuzen Sie bitte **immer diejenige Antwort** an, die im Zweifelsfall noch **am ehesten** auf Sie **zutrifft**. Außerdem besteht auch die Möglichkeit für offene Antworten.

Allgemeine Angaben

1	**Geschlecht** männlich ☐ weiblich ☐	
2	**Geburtsdatum**	____.____._____ (TT.MM.JJJJ)
3	**Körpergröße (bitte schätzen)**	_____ cm
4	**Körpergewicht (bitte schätzen)**	_____ kg
5	**Taillenumfang**	_____ cm
6	**Hüftumfang**	_____ cm
7	**Ruheblutdruck**	_____ mmHg
8	**Arbeiten Sie aktuell im Schichtdienst?** Wenn ja, seit wie vielen Jahren? _____	ja ☐ nein ☐
9	**Nachtarbeit während Aufnahmezeitraum?**	ja ☐ nein ☐
10	**Ist bei Ihnen ein Diabetes mellitus („Blutzucker“ / „Zuckerkrankheit“) bekannt?**	ja ☐ nein ☐
11	**Wurde bei Ihnen eine Koronare Herzkrankheit („Verengung eines Herzgefäßes“) festgestellt?**	ja ☐ nein ☐
12	**Haben Sie bereits einen Herzinfarkt erlitten?**	ja ☐ nein ☐
13	**Wurde bei Ihnen während eines Herzkatheters ein Stent („Röhrchen“) in ein Herzgefäß eingesetzt?**	ja ☐ nein ☐
14	**Leiden Sie an einem Hypertonus („Bluthochdruck“)?** Wenn ja, nehmen Sie aufgrund Ihres Hypertonus Medikamente ein? Welche? _____	ja ☐ nein ☐
15	**Leiden Sie an sonstigen Herzerkrankungen?** Wenn ja, welche? _____	ja ☐ nein ☐
16	**Haben Sie einen Schlaganfall erlitten?**	ja ☐ nein ☐
17	**Nehmen Sie derzeit psychiatrische Medikamente ein (z. B. wegen einer Depression)?**	ja ☐ nein ☐
18	**Leiden Sie unter einer Schilddrüsenerkrankung?** Wenn ja, welche? _____ **Sind Ihre Schilddrüsenblutwerte im Normbereich?** Wann zuletzt geprüft? _____ (Jahr)	ja ☐ nein ☐ ja ☐ nein ☐
19	**Leiden Sie an Morbus Parkinson?**	ja ☐ nein ☐

2

20	**Leiden Sie an Epilepsie?**	ja ☐	nein ☐
21	**Leiden Sie an einer chronisch obstruktiven Lungenerkrankung (COPD)?**	ja ☐	nein ☐
22	**Leiden Sie an einer chronischen Niereninsuffizienz?**	ja ☐	nein ☐
23	**Leiden Sie regelmäßig an Kopfschmerzen?**	ja ☐	nein ☐
24	**Für Frauen: Sind sie derzeit schwanger?**	ja ☐	nein ☐
25	**Rauchen Sie regelmäßig?**		
	ehemaliger Raucher ☐	► **weiter mit Frage 26**	
	Raucher ☐	► **weiter mit Frage 27**	
	Nichtraucher ☐	► **weiter mit Frage 28**	
26	**Wenn Sie ehemaliger Raucher sind …**		
	Seit wie vielen Jahren rauchen Sie nicht mehr? _____		
	Jahre geraucht: _____		
	Zigaretten pro Tag: _____	► **weiter mit Frage 28**	
27	**Wenn Sie Raucher sind …**		
	Jahre geraucht: _____		
	Zigaretten pro Tag: _____	► **weiter mit Frage 28**	
28	**Sind Sie aktuell sportlich aktiv?**		
	Ja ☐	► **weiter mit Frage 29**	
	Nein ☐	► **weiter mit Frage 31**	
29	**Wie häufig die Woche treiben Sie Sport?**		
	Selten und unregelmäßig ☐		
	_____ mal pro Woche (z.B. 3x/Woche oder 5x/Woche)	► **weiter mit Frage 30**	
30	**Seit wie vielen Jahren treiben Sie kontinuierlich Sport?**		
	Seit _____ Jahren		

31	**In welcher Berufsgruppe arbeiten Sie aktuell?** _____

Fragen zum Zusammenspiel zwischen Arbeits- und Privatleben

Bitte kreuzen Sie für jede Frage die zutreffende Ziffer an!

Sind Sie zufrieden mit Ihrer verfügbaren Zeit für …	ja	teilweise	nein	trifft nicht zu
… Familie?	☐	☐	☐	☐
… Partner / Partnerin?	☐	☐	☐	☐
… Freunde und Verwandte?	☐	☐	☐	☐
… Schlaf?	☐	☐	☐	☐
… persönliche Hobbys, Sport, Teamhobbys?	☐	☐	☐	☐
… Kino, Ausgehen, Disko, Theater, Konzerte?	☐	☐	☐	☐
… Ausflüge?	☐	☐	☐	☐
… Teilnahme an Organisationen, Vereinen?	☐	☐	☐	☐

Bitte für jede Frage die zutreffende Ziffer ankreuzen! **Wie oft passiert es, dass …**	immer	häufig	gelegentlich	selten	nie
… die Arbeit Ihr Privatleben beeinträchtigt? *(z.B. Gartenarbeit, Kochen, Reinigungsarbeiten, Reparaturen, Einkäufe, Bezahlen von Rechnungen)*	1	2	3	4	5
… die Arbeit Sie daran hindert, die Zeit nach Ihren Wünschen mit der Familie oder Freunden zu verbringen?	1	2	3	4	5
… das Privatleben Ihre Arbeit einschränkt? *(z. B. pünktlich zur Arbeit zu erscheinen, Überstunden zu leisten)*	1	2	3	4	5
… das Privatleben Sie daran hindert, die Zeit nach Ihren Wünschen für die Arbeit aufzubringen?	1	2	3	4	5
… Ihnen die Kraft fehlt, die Freizeit richtig zu genießen, wenn Arbeit und private Pflichten erledigt sind?	1	2	3	4	5

Fragen zur Gesundheit

Wie schätzen Sie Ihren allgemeinen Gesundheitszustand ein?

- ☐ sehr gut
- ☐ gut
- ☐ zufriedenstellend
- ☐ weniger gut / eingeschränkt
- ☐ sehr schlecht

Wie schätzen Sie Ihre durchschnittliche Arbeitsbelastung ein?

- ☐ sehr hoch
- ☐ hoch
- ☐ normal
- ☐ gering
- ☐ sehr gering

Haben Sie das Gefühl, dass Sie an Ihrem Arbeitsplatz zu "hart" oder zu viel arbeiten?

☐ ja ☐ nein

Fühlen Sie sich durch die Arbeit erschöpft und ausgebrannt?

☐ ja ☐ nein

Fühlen Sie sich müde, wenn Sie morgens aufstehen und den Arbeitstag vor sich haben?

☐ ja ☐ nein

5

Fragen zu Ernährungsgewohnheiten

Wie schätzen Sie sich ein?

☐ normalgewichtig ☐ übergewichtig ☐ untergewichtig

Fühlen Sie sich mit Ihrem jetzigen Körpergewicht wohl?

☐ ja ☐ nein

Haben Sie jemals eine Diät durchgeführt?

☐ ja ☐ nein

Wenn ja, aus welchem Grund?

- ☐ medizinische / gesundheitliche Gründe
- ☐ Beruf
- ☐ Figur, gutes Aussehen
- ☐ Sport
- ☐ sonstiges

Wenn ja, mit welchem Ziel?

- ☐ Gewichtsabnahme
- ☐ Gewichtszunahme
- ☐ sonstiges

Wie beurteilen Sie Ihre Ernährungsgewohnheiten?

Ich ernähre mich eher …	**Ich esse eher …**
☐ ungesund	☐ zu wenig
☐ gesund	☐ zu viel
☐ weiß nicht	☐ weiß nicht

Trinken Sie regelmäßig Alkohol?

☐ ja ☐ nein

Wenn ja, wie oft?

_____ mal pro Woche (z.B. 3x/Woche oder 5x/Woche)

Wenn ja, wie viel?

_____ Glas Bier (0,5 l) pro Trinksituation

_____ Glas Wein / Sekt (0,2 l) pro Trinksituation

_____ Glas Spirituosen (2 cl) pro Trinksituation

6

Fragen zu sportlichen Aktivitäten

Sind Sie sportinteressiert?

ja	eher ja	teils / teils	eher nein	nein
☐	☐	☐	☐	☐

Wie stufen Sie sich sportlich ein?

- ☐ Nichtsportler(in)
- ☐ Freizeit- / Gesundheitssportler(in)
- ☐ aktive(r) Leistungssportler(in) / Wettkampfsportler(in)

Sind bzw. waren Sie aktives Mitglied in einem Sportverein oder Fitnessstudio?

ich **bin** aktives Mitglied	ich **war** aktives Mitglied	ich war **niemals** aktives Mitglied
☐	☐	☐

Wie häufig treiben Sie aktuell regelmäßig Sport?
(Sportaktivitäten mit einer Mindestdauer von ca. 30 min)

- ☐ nie
- ☐ selten
- ☐ 1-mal pro Woche
- ☐ 2-3-mal pro Woche
- ☐ mehr als 3-mal pro Woche

Seit wie vielen Jahren treiben Sie regelmäßig Sport? seit _____ Jahren

Was motiviert Sie bzw. würde Sie motivieren, Sport zu treiben?
Bitte geben Sie an, wie sehr folgende Gründe auf Sie zutreffen:

	gar nicht		teils / teils		trifft sehr zu
körperliche Leistungsfähigkeit	☐	☐	☐	☐	☐
Gemeinschaftserlebnis	☐	☐	☐	☐	☐
gesundheitliche Gründe	☐	☐	☐	☐	☐
Gewichtsreduktion / -kontrolle	☐	☐	☐	☐	☐
Spaß am Sport	☐	☐	☐	☐	☐
Stressabbau / Ausgleich	☐	☐	☐	☐	☐
sonstige Gründe, und zwar					

Möchten Sie in Zukunft mehr Sport treiben?

ja	eher ja	teils / teils	eher nein	nein
☐	☐	☐	☐	☐

Glauben Sie, dass Sie sich ausreichend bewegen?

ja	eher ja	teils / teils	eher nein	nein
☐	☐	☐	☐	☐

7

Fragebogen zur Schlafqualität (Pittsburgh Sleep Quality Index)

*Die folgenden Fragen beziehen sich auf Ihre üblichen Schlafgewohnheiten und zwar nur während der **letzten vier Wochen**.*
*Ihre Antworten sollten möglichst genau sein und sich auf die **Mehrzahl der Tage und Nächte während der letzten vier Wochen** beziehen.*
Beantworten Sie bitte alle Fragen.

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

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

3. Wann sind Sie während der letzten vier Wochen gewöhnlich morgens aufgestanden? — übliche Uhrzeit:

4. Wie viele Stunden haben Sie während der letzten vier Wochen pro Nacht tatsächlich geschlafen?
(das muss nicht mit der Anzahl der Stunden, die Sie im Bett verbracht haben, übereinstimmen) — effektive Schlafzeit (Stunden) pro Nacht:

5. Wie oft haben Sie während der letzten vier Wochen schlecht geschlafen, ...	während der letzten 4 Wochen gar nicht	weniger als 1x pro Woche	1 oder 2x pro Woche	3x oder häufiger pro Woche
a) ... weil Sie nicht innerhalb von 30 Minuten einschlafen konnten?	☐	☐	☐	☐
b) ... weil Sie mitten in der Nacht oder früh morgens aufgewacht sind?	☐	☐	☐	☐
c) ... weil Sie aufstehen mussten, um zur Toilette zu gehen?	☐	☐	☐	☐
d) ... weil Sie Beschwerden beim Atmen gehabt haben?	☐	☐	☐	☐
e) ... weil Sie husten mussten oder laut geschnarcht haben?	☐	☐	☐	☐
f) ... weil Ihnen zu kalt gewesen ist?	☐	☐	☐	☐
g) ... weil Ihnen zu warm gewesen ist?	☐	☐	☐	☐
h) ... weil Sie schlecht geträumt haben?	☐	☐	☐	☐
i) ... weil Sie Schmerzen gehabt haben?	☐	☐	☐	☐

8

j) … weil es zu laut gewesen ist? (Umgebungsgeräusche)	☐	☐	☐	☐
k) ... aus anderen Gründen?	☐	☐	☐	☐
Gründe bitte angeben:				

6. Wie würden Sie insgesamt die **Qualität Ihres Schlafes** beurteilen?

☐ sehr gut ☐ ziemlich gut ☐ ziemlich schlecht ☐ sehr schlecht

7. Wie oft haben Sie **Schlafmittel** eingenommen (vom Arzt verschriebene oder frei verkäufliche)?

☐ während der letzten 4 Wochen gar nicht ☐ einmal oder zweimal pro Woche
☐ weniger als einmal pro Woche ☐ dreimal oder häufiger pro Woche

8. Wie oft hatten Sie **Schwierigkeiten wach zu bleiben**, etwa beim Autofahren, beim Essen oder bei gesellschaftlichen Anlässen?

☐ während der letzten 4 Wochen gar nicht ☐ einmal oder zweimal pro Woche
☐ weniger als einmal pro Woche ☐ dreimal oder häufiger pro Woche

9. Hatten Sie Probleme mit **genügend Schwung** die üblichen Alltagsaufgaben zu erledigen?

☐ keine Probleme ☐ etwas Probleme
☐ kaum Probleme ☐ große Probleme

Falls Sie eine(n) Mitbewohner(in) / Partner(in) haben, fragen Sie ihn/sie bitte, ob und wie oft er/sie bei Ihnen Folgendes bemerkt hat:

Falls Sie eine(n) Mitbewohner(in) / Partner(in) haben, fragen Sie ihn/sie bitte, ob und wie oft er/sie bei Ihnen Folgendes bemerkt hat:	während der letzten 4 Wochen gar nicht	weniger als 1x pro Woche	1 oder 2x pro Woche	3x oder häufiger pro Woche
a) … lautes Schnarchen?	☐	☐	☐	☐
b) … lange Atempausen während des Schlafes?	☐	☐	☐	☐
c) … Zucken oder ruckartige Bewegungen der Beine während des Schlafes?	☐	☐	☐	☐
d) … nächtliche Phasen von Verwirrung oder Desorientierung während des Schlafes?	☐	☐	☐	☐
e) … andere Formen von Unruhe während des Schlafes?	☐	☐	☐	☐
Bitte diese nennen:				

Fragebogen zur Tagesschläfrigkeit (Epworth Sleepiness Scale)

Die folgende Frage bezieht sich auf Ihr **normales Alltagsleben – ebenfalls in den letzten vier Wochen**:

Für wie wahrscheinlich halten Sie es, dass Sie in einer der folgenden Situationen einnicken oder einschlafen würden, sich also nicht nur müde fühlen?

Auch wenn Sie in der letzten Zeit einige dieser Situationen nicht erlebt haben, versuchen Sie sich trotzdem vorzustellen, wie sich diese Situationen auf Sie ausgewirkt hätten.

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

0 = würde *niemals* „einnicken“
1 = *geringe* Wahrscheinlichkeit „einzunicken“
2 = *mittlere* Wahrscheinlichkeit „einzunicken“
3 = *hohe* Wahrscheinlichkeit „einzunicken“

Situation		Wahrscheinlichkeit einzunicken ist …			
		niemals	*gering*	*mittel*	*hoch*
…	im Sitzen lesend	0	1	2	3
…	beim Fernsehen	0	1	2	3
…	wenn Sie passiv (als Zuhörer) in der Öffentlichkeit sitzen (z. B. im Theater oder bei einem Vortrag)	0	1	2	3
…	als Beifahrer im Auto während einer einstündigen Fahrt ohne Pause	0	1	2	3
…	wenn Sie sich am Nachmittag hingelegt haben, um auszuruhen	0	1	2	3
…	wenn Sie sitzen und sich mit jemandem unterhalten	0	1	2	3
…	wenn Sie nach dem Mittagessen (ohne Alkohol) ruhig dasitzen	0	1	2	3
…	wenn Sie als Fahrer eines Autos verkehrsbedingt einige Minuten halten müssen	0	1	2	3

10

Fragebogen zur psychischen Belastung (Prüfliste Psychische Belastung)

*Bitte geben Sie für jede Frage an, ob das Merkmal auf Ihre Tätigkeit **eher zutrifft** oder **eher nicht zutrifft**. Beantworten Sie bitte alle Fragen und machen Sie bitte bei jeder Frage genau ein Kreuz.*

Arbeitstätigkeit	*Eher ja*	*Eher nein*
Wird die auszuführende Arbeit von Ihnen selbst vorbereitet, organisiert und geprüft?	☐	☐
Ist Ihre Tätigkeit abwechslungsreich?	☐	☐
Haben Sie die Möglichkeit, eine wechselnde Körperhaltung einzunehmen und / oder ausreichende Bewegung am Arbeitsplatz?	☐	☐
Erhalten Sie ausreichende Informationen zum eigenen Arbeitsbereich?	☐	☐
Entspricht Ihre Qualifikation den Anforderungen, die durch die Tätigkeit gestellt werden?	☐	☐
Ist die Aufgabe / Tätigkeit frei von erhöhter Verletzungs- und Erkrankungsgefahr?	☐	☐
Ist Ihre Aufgabe / Tätigkeit frei von ungünstigen Arbeitsumgebungsbedingungen (z. B. Lärm, Klima, Gerüche)?	☐	☐
Ist Ihre Aufgabe / Tätigkeit frei von erhöhten emotionalen Anforderungen (z. B. im Publikumsverkehr)?	☐	☐
Haben Sie Einfluss auf die Zeiteinteilung Ihrer Arbeit (z. B. Lage der Pausen, Arbeitstempo, Termine)?	☐	☐
Haben Sie Einfluss auf die Vorgehensweise bei Ihrer Arbeit (z. B. Wahl der Arbeitsmittel / -methoden)?	☐	☐
Erhalten Sie ausreichende Informationen zur Entwicklung der Dienststelle / des Betriebes?	☐	☐
Arbeitsorganisation	*Eher ja*	*Eher nein*
Ist ein kontinuierliches Arbeiten ohne häufige Störungen möglich?	☐	☐
Können Sie überwiegend ohne Zeit- bzw. Termindruck arbeiten?	☐	☐
Erhalten Sie ausreichende Rückmeldung (Anerkennung, Kritik, Beurteilung) über die eigene Leistung?	☐	☐
Gibt es für Sie klare Entscheidungsstrukturen?	☐	☐
Sind angeordnete Überstunden die Ausnahme?	☐	☐
Wird Ihnen im Falle von Überstunden zeitnah Freizeitausgleich gewährt?	☐	☐
Soziales	*Eher ja*	*Eher nein*
Bietet Ihre Tätigkeit die Möglichkeit zur Zusammenarbeit mit Kolleginnen / Kollegen?	☐	☐
Besteht ein positives soziales Klima?	☐	☐

11

Fragebogen zur psychischen Gesundheit (General Health Questionnaire)

Im Folgenden werden Sie gefragt, wie Sie sich in den *vergangenen 4 Wochen* gefühlt haben.
Kreuzen Sie bei jeder Frage die Antwort an, die Ihr *Empfinden am besten* beschreibt.

Haben Sie in den letzten 4 Wochen

1	… wegen Sorgen schlechter geschlafen?			
	nein, gar nicht ❑ 0	nicht schlechter als üblich ❑ 1	schlechter als üblich ❑ 2	viel schlechter als üblich ❑ 3
2	… das Gefühl gehabt, dauernd unter Druck zu stehen?			
	nein, gar nicht ❑ 0	nicht mehr als üblich ❑ 1	mehr als üblich ❑ 2	viel mehr als üblich ❑ 3
3	… sich auf das, was Sie gemacht haben, konzentrieren können?			
	besser als üblich ❑ 0	so wie üblich ❑ 1	schlechter als üblich ❑ 2	viel schlechter als üblich ❑ 3
4	… das Gefühl gehabt, für etwas nützlich zu sein?			
	mehr als üblich ❑ 0	so wie üblich ❑ 1	weniger als üblich ❑ 2	viel weniger als üblich ❑ 3
5	… das Gefühl gehabt, sich mit Ihren Problemen auseinander zu setzen?			
	mehr als üblich ❑ 0	so wie üblich ❑ 1	weniger als üblich ❑ 2	viel weniger als üblich ❑ 3
6	… Schwierigkeiten gehabt, Entscheidungen zu treffen?			
	nein, gar nicht ❑ 0	so wie üblich ❑ 1	schwerer als üblich ❑ 2	viel schwerer als üblich ❑ 3
7	… den Eindruck gehabt, dass Sie mit Ihren Schwierigkeiten nicht zu Rande gekommen sind?			
	nein, gar nicht ❑ 0	nicht schlechter als üblich ❑ 1	schlechter als üblich ❑ 2	viel schlechter als üblich ❑ 3
8	… sich einigermaßen zufrieden gefühlt?			
	mehr als üblich ❑ 0	so wie üblich ❑ 1	weniger als üblich ❑ 2	viel weniger als üblich ❑ 3
9	… Ihren Alltagsverpflichtungen mit Freude nachgehen können?			
	mehr als üblich ❑ 0	so wie üblich ❑ 1	weniger als üblich ❑ 2	viel weniger als üblich ❑ 3
10	… sich unglücklich und deprimiert gefühlt?			
	nein, gar nicht ❑ 0	nicht mehr als üblich ❑ 1	mehr als üblich ❑ 2	viel mehr als üblich ❑ 3
11	… einen Mangel an Selbstvertrauen gespürt?			
	nein, gar nicht ❑ 0	nicht mehr als üblich ❑ 1	mehr als üblich ❑ 2	viel mehr als üblich ❑ 3
12	… sich wertlos gefühlt?			
	nein, gar nicht ❑ 0	nicht mehr als üblich ❑ 1	mehr als üblich ❑ 2	viel mehr als üblich ❑ 3

12

Fragebogen zur psychischen Beanspruchung (Irritationsskala)

Bitte geben Sie an, wie sehr die folgenden Aussagen für Sie zutreffen oder wie sehr Sie diese ablehnen!

Bitte nur ein Kreuz in jede Zeile!	trifft überhaupt nicht zu	trifft größtenteils nicht zu	trifft wenig zu	trifft mittelmäßig zu	trifft etwas zu	trifft größtenteils zu	trifft fast völlig zu
1. Es fällt mir schwer, nach der Arbeit abzuschalten.	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5	❑6	❑7
2. Ich muss auch zu Hause an Schwierigkeiten bei der Arbeit denken.	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5	❑6	❑7
3. Wenn andere mich ansprechen, kommt es vor, dass ich mürrisch reagiere.	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5	❑6	❑7
4. Selbst im Urlaub muss ich manchmal an Probleme bei der Arbeit denken.	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5	❑6	❑7
5. Ich fühle mich ab und zu wie jemand, den man als Nervenbündel bezeichnet.	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5	❑6	❑7
6. Ich bin schnell verärgert.	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5	❑6	❑7
7. Ich reagiere gereizt, obwohl ich es gar nicht will.	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5	❑6	❑7
8. Wenn ich müde von der Arbeit nach Hause komme, bin ich ziemlich nervös.	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5	❑6	❑7

Eine letzte Bitte

Haben Sie Verbesserungsvorschläge?
Waren Fragen oder Antworten unklar? Wenn ja, welche und warum?

_____

_____

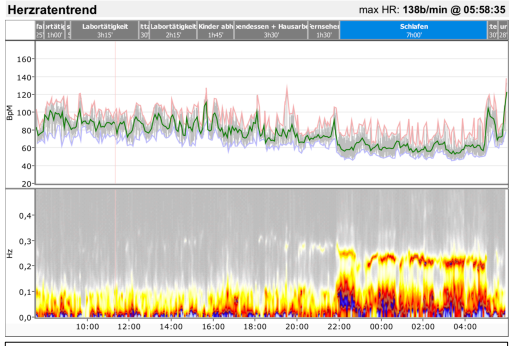
_____

Vielen Dank für die Beantwortung der Fragen

13

A.3 Beispiel-Auswertungen von 24-h-EKG und HRV-Analyse der Gesamtzeit (24 Stunden)

515025_K (36 Jahre, weiblich)



Gutes HRV-Spektrum, gutes Lebensfeuer. LF-Bereich über 0,1 Hz gut erkennbar. HF-Bereich im Schlaf stark ausgeprägt. Dynamik der Hf Tag-Schlaf sehr gut (24 bpm). Schwache Anzeichen von Müdigkeit ab ca. 20:00 Uhr (Fernsehen)

Patiententagebuch

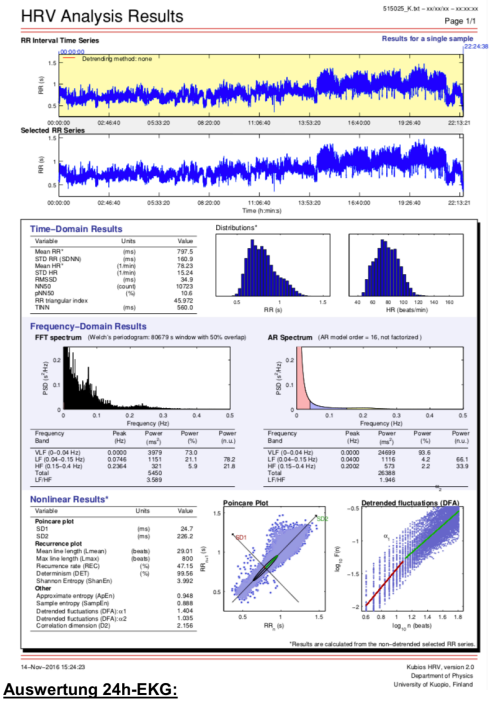
Zeit	Ereignis	Befinden	
07:34:20			Autofahren
08:00			Labortätigkeit
09:00			Frühstück
09:15			Labortätigkeit
12:30			Mittag
13:00			Labortätigkeit
15:15			Feierabend+Kinder abholen
17:00			Abendessen + Hausarbeit
20:30			Fernsehen
22:00	zZz		Schlafen: 22:00
05:00			Morgentoilette + Frühstück
05:30			**Fahrt zur Arbeit**

Allgemein

Schläge	101139
Ventrikuläre Schläge	3 (0,00%)
SV Schläge	101136 (100,00%)
Schrittmacher	0 (0,00%)
SB	0 (0,00%)
Kombinationsschlag	0 (0,00%)
AFib/AFL	0/0
AFib/AFL%	0%/0%
Signalstörung%	0,06%

Herzrate und HRV

Min. HR	44 @ 03:31:10
Max. HR	138 @ 05:58:35
Ø HR	78
Ø Herzrate Tag	84
Ø Herzrate Nacht	60
Schläge während Tachykardie	0 (130 bpm) 0%
Schläge während Bradykardie	0 (45 bpm) 0%
Längste Pause	--- @ ---
Längste QTc	21,6 sec / QTc: 491 msec @ 03:14



Ergebnisse in den Fragebögen:

PSQI = 4 Punkte (gut)
ESS = 1 Punkt (unauffällig)
GHQ-12 = 0 Punkte (stabil)
KI = 5 Punkte (unterdurchschnittlich)
EI = 6 Punkte (unterdurchschnittlich)
GI = 11 Punkte (unterdurchschnittlich)

Auswertung 24h-EKG:

Startzeit: **07:34:20** Gesamtdauer: **22:24:38**

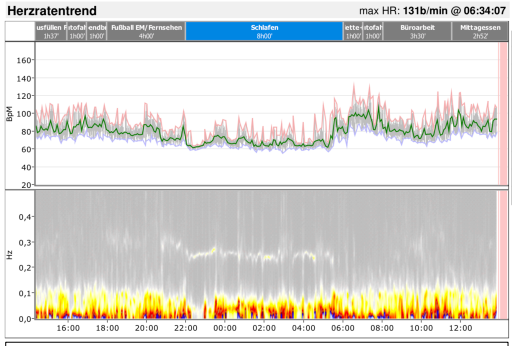
Gesamtschläge: **101139** Herzfrequenz (min/mittel/max): **44** / **78** / **138**

Anzahl SVES: **10** Anzahl VES: **3**

Beurteilung:

Durchgehender normofrequenter Sinusrhythmus, vereinzelte supraventrikuläre Extrasystolen mit kompensatorischen Pausen. Keine längeren Pausen > 2 Sekunden.
Insgesamt unauffälliges 24h-EKG.
Normale HRV-Parameter mit ausgeglichender sympatho-vagalen Balance bei insgesamt deutlicher Erholung in den Nachtstunden.

515045_K (47 Jahre, weiblich)



Etwas reduziertes HRV-Spektrum, etwas vermindertes Lebensfeuer. LF-Bereich über 0,1 Hz schwach erkennbar. HF-Bereich im Schlaf schwach ausgeprägt. Dynamik der Hf Tag-Schlaf schlecht (15 bpm). Schwache Anzeichen von Müdigkeit ab ca. 21:00 Uhr (Fernsehen)

Patiententagebuch

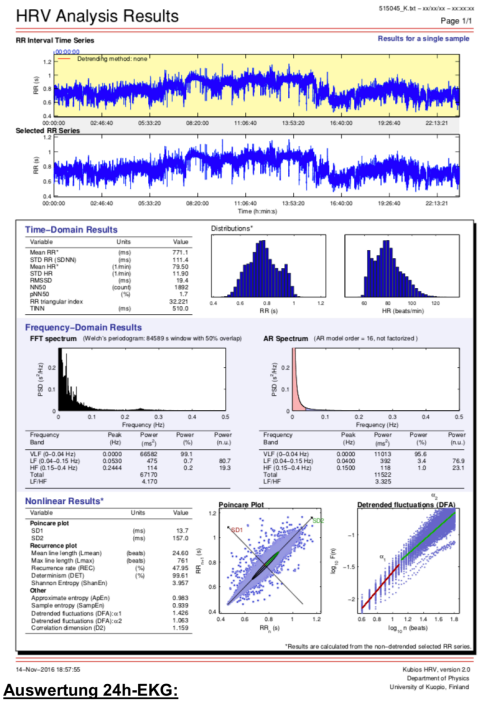
Zeit	Ereignis	Befinden	
14:22:19			ausfüllen FB
16:00			Autofahrt
17:00			Abendbrot
18:00			Fußball EM/Fernsehen
22:00	zZz		Schlafen: 22:00
06:00			Morgentoilette+Frühstück
07:00			Autofahrt
08:00			**Büroarbeit**
11:30			Mittagessen

Allgemein

Schläge	109680
Ventrikuläre Schläge	5 (0,00%)
SV Schläge	109675 (100,00%)
Schrittmacher	0 (0,00%)
SB	0 (0,00%)
Kombinationsschlag	0 (0,00%)
AFib/AFL	0/0
AFib/AFL%	0%/0%
Signalstörung%	1,94%

Herzrate und HRV

Min. HR	55 @ 02:56:09
Max. HR	131 @ 06:34:07
Ø HR	79
Ø Herzrate Tag	84
Ø Herzrate Nacht	69
Schläge während Tachykardie	11 (130 bpm) 0,0%
Schläge während Bradykardie	0 (45 bpm) 0%
Längste Pause	--- @ ---
Längste QTc	21,7 sec / QTc: 497 msec @ 09:31



Ergebnisse in den Fragebögen:

PSQI = 8 Punkte (schlecht)
ESS = 10 Punkte (unauffällig)
GHQ-12 = 0 Punkte (stabil)
KI = 14 Punkte (durchschnittlich)
EI = 10 Punkte (durchschnittlich)
GI = 24 Punkte (durchschnittlich)

Auswertung 24h-EKG:

Startzeit: **14:22:19** Gesamtdauer: **23:29:39**

Gesamtschläge: **109680** Herzfrequenz (min/mittel/max): **55** / **79** / **131**

Anzahl SVES: **1** Anzahl VES: **3**

Beurteilung:

Durchgehender normofrequenter Sinusrhythmus, sehr wenige Extrasystolen, keine höhergradigen Salven, keine längeren Pausen > 2 Sekunden.
Insgesamt unauffälliges 24h-EKG.

Noch normale HRV-Parameter in Zeit- und Frequenzbereich, insbesondere grenzwertig im Bereich RMSSD.

A.4 Tabellen der Ergebnisse der Varianzanalyse (Unterabschnitt 4.3.4)

Tab. 22:
Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12)-Bewertung für die Gesamtzeit (24 Stunden) für die Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Zeitbereich

		F-Wert	p-Wert	Partielles η^2
Mean HR	Einteilung Schlafgruppe	1,547	0,217	0,019
	GHQ-12-Bewertung	0,299	0,586	0,004
	Einteilung Schlafgruppe x GHQ-12-Bewertung	2,428	0,123	0,029
Mean RR	Einteilung Schlafgruppe	1,220	0,273	0,015
	GHQ-12-Bewertung	0,419	0,519	0,005
	Einteilung Schlafgruppe x GHQ-12-Bewertung	2,497	0,118	0,030
SDNN	Einteilung Schlafgruppe	0,048	0,827	0,001
	GHQ-12-Bewertung	0,849	0,360	0,010
	Einteilung Schlafgruppe x GHQ-12-Bewertung	1,816	0,182	0,022
RMSSD	Einteilung Schlafgruppe	0,000	0,994	0,000
	GHQ-12-Bewertung	0,549	0,461	0,007
	Einteilung Schlafgruppe x GHQ-12-Bewertung	1,773	0,187	0,022
pNN50	Einteilung Schlafgruppe	0,095	0,758	0,001
	GHQ-12-Bewertung	0,814	0,370	0,010
	Einteilung Schlafgruppe x GHQ-12-Bewertung	2,550	0,114	0,031
HRV Tri Index	Einteilung Schlafgruppe	0,459	0,500	0,006
	GHQ-12-Bewertung	0,464	0,498	0,006
	Einteilung Schlafgruppe x GHQ-12-Bewertung	1,112	0,295	0,014
TINN	Einteilung Schlafgruppe	0,106	0,745	0,001
	GHQ-12-Bewertung	1,373	0,245	0,017
	Einteilung Schlafgruppe x GHQ-12-Bewertung	0,000	0,996	0,000

Tab. 23:
Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12)-Bewertung für die Gesamtzeit (24 Stunden) für die Parameter der Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Frequenzbereich und dem nichtlinearen Bereich

		F-Wert	p-Wert	Partielles η^2
FFT LF nu	Einteilung Schlafgruppe	0,292	0,590	0,004
	GHQ-12-Bewertung	0,332	0,566	0,004
	Einteilung Schlafgruppe x GHQ-12-Bewertung	0,042	0,838	0,001
FFT HF nu	Einteilung Schlafgruppe	0,292	0,590	0,004
	GHQ-12-Bewertung	0,332	0,566	0,004
	Einteilung Schlafgruppe x GHQ-12-Bewertung	0,042	0,838	0,001
FFT LF/HF-Ratio	Einteilung Schlafgruppe	0,093	0,761	0,001
	GHQ-12-Bewertung	0,416	0,521	0,005
	Einteilung Schlafgruppe x GHQ-12-Bewertung	0,150	0,699	0,002
SD1	Einteilung Schlafgruppe	0,000	0,996	0,000
	GHQ-12-Bewertung	0,554	0,459	0,007
	Einteilung Schlafgruppe x GHQ-12-Bewertung	1,776	0,186	0,022
SD2	Einteilung Schlafgruppe	0,056	0,813	0,001
	GHQ-12-Bewertung	0,842	0,361	0,010
	Einteilung Schlafgruppe x GHQ-12-Bewertung	1,783	0,186	0,022
Alpha 1	Einteilung Schlafgruppe	0,037	0,849	0,000
	GHQ-12-Bewertung	0,001	0,974	0,000
	Einteilung Schlafgruppe x GHQ-12-Bewertung	0,300	0,585	0,004
Alpha 2	Einteilung Schlafgruppe	0,852	0,359	0,011
	GHQ-12-Bewertung	0,723	0,398	0,009
	Einteilung Schlafgruppe x GHQ-12-Bewertung	1,797	0,184	0,022

Tab. 24:
Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12)-Bewertung für die Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Zeitbereich, die nur für die Gesamtzeit (24 Stunden) bestimmt worden sind

		F-Wert	p-Wert	Partielles η^2
Max HR	Einteilung Schlafgruppe	0,697	0,406	0,009
	GHQ-12-Bewertung	0,129	0,721	0,002
	Einteilung Schlafgruppe x GHQ-12-Bewertung	0,012	0,913	0,000
Min HR	Einteilung Schlafgruppe	0,936	0,336	0,012
	GHQ-12-Bewertung	2,053	0,156	0,025
	Einteilung Schlafgruppe x GHQ-12-Bewertung	4,767	**0,032**	0,056
Dynamik A	Einteilung Schlafgruppe	0,247	0,620	0,003
	GHQ-12-Bewertung	0,071	0,790	0,001
	Einteilung Schlafgruppe x GHQ-12-Bewertung	0,047	0,829	0,001
Dynamik B	Einteilung Schlafgruppe	0,307	0,581	0,004
	GHQ-12-Bewertung	0,590	0,445	0,007
	Einteilung Schlafgruppe x GHQ-12-Bewertung	0,267	0,607	0,003
CV	Einteilung Schlafgruppe	0,024	0,877	0,000
	GHQ-12-Bewertung	0,698	0,406	0,009
	Einteilung Schlafgruppe x GHQ-12-Bewertung	0,860	0,357	0,011
SI	Einteilung Schlafgruppe	1,157	0,285	0,014
	GHQ-12-Bewertung	0,547	0,462	0,007
	Einteilung Schlafgruppe x GHQ-12-Bewertung	6,198	**0,015**	0,072

Signifikanz: $p < 0{,}05$ fett dargestellt

Tab. 25:
Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12)-Bewertung für das sechsstündige Nachtfenster für die Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Zeitbereich

		F-Wert	p-Wert	Partielles η^2
Mean HR	Einteilung Schlafgruppe	2,017	0,160	0,030
	GHQ-12-Bewertung	2,311	0,133	0,034
	Einteilung Schlafgruppe x GHQ-12-Bewertung	3,091	0,083	0,045
Mean RR	Einteilung Schlafgruppe	1,342	0,251	0,020
	GHQ-12-Bewertung	1,509	0,224	0,022
	Einteilung Schlafgruppe x GHQ-12-Bewertung	2,305	0,134	0,034
SDNN	Einteilung Schlafgruppe	0,937	0,337	0,014
	GHQ-12-Bewertung	2,174	0,145	0,032
	Einteilung Schlafgruppe x GHQ-12-Bewertung	4,563	**0,036**	0,065
RMSSD	Einteilung Schlafgruppe	0,020	0,888	0,000
	GHQ-12-Bewertung	1,231	0,271	0,018
	Einteilung Schlafgruppe x GHQ-12-Bewertung	1,932	0,169	0,028
pNN50	Einteilung Schlafgruppe	0,282	0,597	0,004
	GHQ-12-Bewertung	1,389	0,243	0,021
	Einteilung Schlafgruppe x GHQ-12-Bewertung	2,979	0,089	0,043
HRV Tri Index	Einteilung Schlafgruppe	0,458	0,501	0,007
	GHQ-12-Bewertung	1,730	0,193	0,026
	Einteilung Schlafgruppe x GHQ-12-Bewertung	3,618	0,062	0,052
TINN	Einteilung Schlafgruppe	0,202	0,654	0,003
	GHQ-12-Bewertung	0,434	0,512	0,007
	Einteilung Schlafgruppe x GHQ-12-Bewertung	0,176	0,676	0,003

Signifikanz: $p < 0{,}05$ fett dargestellt

Tab. 26:
Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12)-Bewertung für das sechsstündige Nachtfenster für die Parameter der Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Frequenzbereich und dem nichtlinearen Bereich

		F-Wert	p-Wert	Partielles η^2
FFT LF nu	Einteilung Schlafgruppe	0,093	0,761	0,001
	GHQ-12-Bewertung	0,003	0,955	0,000
	Einteilung Schlafgruppe x GHQ-12-Bewertung	0,047	0,829	0,001
FFT HF nu	Einteilung Schlafgruppe	0,093	0,761	0,001
	GHQ-12-Bewertung	0,003	0,955	0,000
	Einteilung Schlafgruppe x GHQ-12-Bewertung	0,047	0,829	0,001
FFT LF/HF-Ratio	Einteilung Schlafgruppe	0,268	0,606	0,004
	GHQ-12-Bewertung	0,042	0,839	0,001
	Einteilung Schlafgruppe x GHQ-12-Bewertung	0,137	0,712	0,002
SD1	Einteilung Schlafgruppe	0,020	0,888	0,000
	GHQ-12-Bewertung	1,226	0,272	0,018
	Einteilung Schlafgruppe x GHQ-12-Bewertung	1,938	0,169	0,029
SD2	Einteilung Schlafgruppe	1,124	0,293	0,017
	GHQ-12-Bewertung	2,200	0,143	0,032
	Einteilung Schlafgruppe x GHQ-12-Bewertung	4,756	**0,033**	0,067
Alpha 1	Einteilung Schlafgruppe	0,012	0,912	0,000
	GHQ-12-Bewertung	0,390	0,534	0,006
	Einteilung Schlafgruppe x GHQ-12-Bewertung	0,352	0,555	0,005
Alpha 2	Einteilung Schlafgruppe	0,058	0,810	0,001
	GHQ-12-Bewertung	1,085	0,301	0,016
	Einteilung Schlafgruppe x GHQ-12-Bewertung	0,305	0,583	0,005

Signifikanz: $p < 0{,}05$ fett dargestellt

Tab. 27:
Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach Kognitive Irritation (KI)-Bewertung der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) für die Gesamtzeit (24 Stunden) für die Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Zeitbereich

		F-Wert	p-Wert	Partielles η^2
Mean HR	Einteilung Schlafgruppe	0,003	0,959	0,000
	KI-Bewertung	0,386	0,681	0,010
	Einteilung Schlafgruppe x KI-Bewertung	1,148	0,323	0,029
Mean RR	Einteilung Schlafgruppe	0,029	0,865	0,000
	KI-Bewertung	0,125	0,882	0,003
	Einteilung Schlafgruppe x KI-Bewertung	1,067	0,349	0,027
SDNN	Einteilung Schlafgruppe	1,112	0,295	0,014
	KI-Bewertung	0,270	0,764	0,007
	Einteilung Schlafgruppe x KI-Bewertung	2,655	0,077	0,065
RMSSD	Einteilung Schlafgruppe	2,906	0,092	0,037
	KI-Bewertung	0,124	0,883	0,003
	Einteilung Schlafgruppe x KI-Bewertung	1,940	0,151	0,049
pNN50	Einteilung Schlafgruppe	3,132	0,081	0,040
	KI-Bewertung	0,011	0,989	0,000
	Einteilung Schlafgruppe x KI-Bewertung	2,282	0,109	0,057
HRV Tri Index	Einteilung Schlafgruppe	0,012	0,912	0,000
	KI-Bewertung	0,136	0,873	0,004
	Einteilung Schlafgruppe x KI-Bewertung	0,925	0,401	0,024
TINN	Einteilung Schlafgruppe	0,533	0,468	0,007
	KI-Bewertung	1,050	0,355	0,027
	Einteilung Schlafgruppe x KI-Bewertung	1,037	0,359	0,027

Tab. 28:
Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach Kognitive Irritation (KI)-Bewertung der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) für die Gesamtzeit (24 Stunden) für die Parameter der Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Frequenzbereich und dem nichtlinearen Bereich

		F-Wert	p-Wert	Partielles η^2
FFT LF nu	Einteilung Schlafgruppe	0,298	0,587	0,004
	KI-Bewertung	0,122	0,886	0,003
	Einteilung Schlafgruppe x KI-Bewertung	0,154	0,858	0,004
FFT HF nu	Einteilung Schlafgruppe	0,298	0,587	0,004
	KI-Bewertung	0,122	0,886	0,003
	Einteilung Schlafgruppe x KI-Bewertung	0,154	0,858	0,004
FFT LF/HF-Ratio	Einteilung Schlafgruppe	0,002	0,969	0,000
	KI-Bewertung	0,032	0,969	0,001
	Einteilung Schlafgruppe x KI-Bewertung	0,118	0,889	0,003
SD1	Einteilung Schlafgruppe	2,909	0,092	0,037
	KI-Bewertung	0,125	0,883	0,003
	Einteilung Schlafgruppe x KI-Bewertung	1,939	0,151	0,049
SD2	Einteilung Schlafgruppe	0,998	0,321	0,013
	KI-Bewertung	0,269	0,765	0,007
	Einteilung Schlafgruppe x KI-Bewertung	2,622	0,079	0,065
Alpha 1	Einteilung Schlafgruppe	0,595	0,443	0,008
	KI-Bewertung	0,092	0,912	0,002
	Einteilung Schlafgruppe x KI-Bewertung	0,302	0,740	0,008
Alpha 2	Einteilung Schlafgruppe	0,089	0,767	0,001
	KI-Bewertung	0,741	0,480	0,019
	Einteilung Schlafgruppe x KI-Bewertung	0,880	0,419	0,023

Tab. 29:
Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach Kognitive Irritation (KI)-Bewertung der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) für die Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Zeitbereich, die nur für die Gesamtzeit (24 Stunden) bestimmt worden sind

		F-Wert	p-Wert	Partielles η^2
Max HR	Einteilung Schlafgruppe	0,665	0,417	0,009
	KI-Bewertung	0,076	0,927	0,002
	Einteilung Schlafgruppe x KI-Bewertung	1,194	0,309	0,030
Min HR	Einteilung Schlafgruppe	1,604	0,209	0,021
	KI-Bewertung	0,431	0,652	0,011
	Einteilung Schlafgruppe x KI-Bewertung	4,517	**0,014**	0,106
Dynamik A	Einteilung Schlafgruppe	0,004	0,947	0,000
	KI-Bewertung	0,693	0,503	0,018
	Einteilung Schlafgruppe x KI-Bewertung	2,127	0,126	0,053
Dynamik B	Einteilung Schlafgruppe	1,347	0,249	0,017
	KI-Bewertung	0,036	0,965	0,001
	Einteilung Schlafgruppe x KI-Bewertung	1,723	0,185	0,043
CV	Einteilung Schlafgruppe	0,849	0,360	0,011
	KI-Bewertung	0,502	0,607	0,013
	Einteilung Schlafgruppe x KI-Bewertung	2,958	0,058	0,072
SI	Einteilung Schlafgruppe	1,296	0,259	0,017
	KI-Bewertung	1,112	0,334	0,028
	Einteilung Schlafgruppe x KI-Bewertung	2,450	0,093	0,061

Signifikanz: $p < 0{,}05$ fett dargestellt

Tab. 30:
Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach Kognitive Irritation (KI)-Bewertung der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) für das sechsstündige Nachtfenster für die Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Zeitbereich

		F-Wert	p-Wert	Partielles η^2
Mean HR	Einteilung Schlafgruppe	0,005	0,942	0,000
	KI-Bewertung	0,570	0,568	0,018
	Einteilung Schlafgruppe x KI-Bewertung	2,426	0,097	0,073
Mean RR	Einteilung Schlafgruppe	0,004	0,948	0,000
	KI-Bewertung	0,319	0,728	0,010
	Einteilung Schlafgruppe x KI-Bewertung	2,678	0,077	0,080
SDNN	Einteilung Schlafgruppe	0,371	0,544	0,006
	KI-Bewertung	0,376	0,688	0,012
	Einteilung Schlafgruppe x KI-Bewertung	5,701	**0,005**	0,155
RMSSD	Einteilung Schlafgruppe	1,455	0,232	0,023
	KI-Bewertung	0,520	0,597	0,017
	Einteilung Schlafgruppe x KI-Bewertung	3,532	**0,035**	0,102
pNN50	Einteilung Schlafgruppe	1,156	0,286	0,018
	KI-Bewertung	0,426	0,655	0,014
	Einteilung Schlafgruppe x KI-Bewertung	3,631	**0,032**	0,105
HRV Tri Index	Einteilung Schlafgruppe	0,681	0,412	0,011
	KI-Bewertung	0,164	0,849	0,005
	Einteilung Schlafgruppe x KI-Bewertung	4,512	**0,015**	0,127
TINN	Einteilung Schlafgruppe	0,295	0,589	0,005
	KI-Bewertung	1,233	0,298	0,038
	Einteilung Schlafgruppe x KI-Bewertung	0,963	0,387	0,030

Signifikanz: $p < 0{,}05$ fett dargestellt

Tab. 31:
Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach Kognitive Irritation (KI)-Bewertung der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) für das sechsstündige Nachtfenster für die Parameter der Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Frequenzbereich und dem nichtlinearen Bereich

		F-Wert	p-Wert	Partielles η^2
FFT LF nu	Einteilung Schlafgruppe	0,075	0,785	0,001
	KI-Bewertung	0,453	0,638	0,014
	Einteilung Schlafgruppe x KI-Bewertung	0,553	0,578	0,018
FFT HF nu	Einteilung Schlafgruppe	0,075	0,785	0,001
	KI-Bewertung	0,453	0,638	0,014
	Einteilung Schlafgruppe x KI-Bewertung	0,553	0,578	0,018
FFT LF/HF-Ratio	Einteilung Schlafgruppe	0,042	0,839	0,001
	KI-Bewertung	0,349	0,707	0,011
	Einteilung Schlafgruppe x KI-Bewertung	0,060	0,942	0,002
SD1	Einteilung Schlafgruppe	1,461	0,231	0,023
	KI-Bewertung	0,517	0,599	0,016
	Einteilung Schlafgruppe x KI-Bewertung	3,537	**0,035**	0,102
SD2	Einteilung Schlafgruppe	0,259	0,613	0,004
	KI-Bewertung	0,336	0,716	0,011
	Einteilung Schlafgruppe x KI-Bewertung	5,754	**0,005**	0,157
Alpha 1	Einteilung Schlafgruppe	0,326	0,570	0,005
	KI-Bewertung	0,259	0,773	0,008
	Einteilung Schlafgruppe x KI-Bewertung	0,401	0,671	0,013
Alpha 2	Einteilung Schlafgruppe	0,893	0,348	0,014
	KI-Bewertung	0,617	0,543	0,020
	Einteilung Schlafgruppe x KI-Bewertung	1,981	0,147	0,060

Signifikanz: $p < 0{,}05$ fett dargestellt

Tab. 32:
Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach Emotionale Irritation (EI)-Bewertung der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) für die Gesamtzeit (24 Stunden) für die Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Zeitbereich

		F-Wert	p-Wert	Partielles η^2
Mean HR	Einteilung Schlafgruppe	0,185	0,669	0,002
	EI-Bewertung	1,811	0,171	0,045
	Einteilung Schlafgruppe x EI-Bewertung	0,009	0,991	0,000
Mean RR	Einteilung Schlafgruppe	0,059	0,809	0,001
	EI-Bewertung	1,544	0,220	0,039
	Einteilung Schlafgruppe x EI-Bewertung	0,068	0,934	0,002
SDNN	Einteilung Schlafgruppe	0,566	0,454	0,007
	EI-Bewertung	0,142	0,868	0,004
	Einteilung Schlafgruppe x EI-Bewertung	1,486	0,233	0,038
RMSSD	Einteilung Schlafgruppe	1,183	0,280	0,015
	EI-Bewertung	0,260	0,772	0,007
	Einteilung Schlafgruppe x EI-Bewertung	1,066	0,349	0,027
pNN50	Einteilung Schlafgruppe	0,767	0,384	0,010
	EI-Bewertung	0,216	0,806	0,006
	Einteilung Schlafgruppe x EI-Bewertung	1,274	0,285	0,032
HRV Tri Index	Einteilung Schlafgruppe	0,027	0,870	0,000
	EI-Bewertung	0,022	0,978	0,001
	Einteilung Schlafgruppe x EI-Bewertung	0,616	0,543	0,016
TINN	Einteilung Schlafgruppe	0,399	0,530	0,005
	EI-Bewertung	0,182	0,834	0,005
	Einteilung Schlafgruppe x EI-Bewertung	0,850	0,431	0,022

Tab. 33:
Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach Emotionale Irritation (EI)-Bewertung der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) für die Gesamtzeit (24 Stunden) für die Parameter der Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Frequenzbereich und dem nichtlinearen Bereich

		F-Wert	p-Wert	Partielles η^2
FFT LF nu	Einteilung Schlafgruppe	0,162	0,689	0,002
	EI-Bewertung	0,241	0,786	0,006
	Einteilung Schlafgruppe x EI-Bewertung	1,061	0,351	0,027
FFT HF nu	Einteilung Schlafgruppe	0,162	0,689	0,002
	EI-Bewertung	0,241	0,786	0,006
	Einteilung Schlafgruppe x EI-Bewertung	1,061	0,351	0,027
FFT LF/HF-Ratio	Einteilung Schlafgruppe	0,046	0,831	0,001
	EI-Bewertung	0,220	0,803	0,006
	Einteilung Schlafgruppe x EI-Bewertung	0,586	0,559	0,015
SD1	Einteilung Schlafgruppe	1,181	0,280	0,015
	EI-Bewertung	0,263	0,770	0,007
	Einteilung Schlafgruppe x EI-Bewertung	1,068	0,349	0,027
SD2	Einteilung Schlafgruppe	0,516	0,475	0,007
	EI-Bewertung	0,132	0,876	0,003
	Einteilung Schlafgruppe x EI-Bewertung	1,471	0,236	0,037
Alpha 1	Einteilung Schlafgruppe	0,068	0,795	0,001
	EI-Bewertung	0,326	0,723	0,008
	Einteilung Schlafgruppe x EI-Bewertung	0,713	0,493	0,018
Alpha 2	Einteilung Schlafgruppe	0,079	0,780	0,001
	EI-Bewertung	0,576	0,564	0,015
	Einteilung Schlafgruppe x EI-Bewertung	2,067	0,134	0,052

Tab. 34:
Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach Emotionale Irritation (EI)-Bewertung der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) für die Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Zeitbereich, die nur für die Gesamtzeit (24 Stunden) bestimmt worden sind

		F-Wert	p-Wert	Partielles η^2
Max HR	Einteilung Schlafgruppe	2,373	0,128	0,030
	EI-Bewertung	1,102	0,337	0,028
	Einteilung Schlafgruppe x EI-Bewertung	0,350	0,706	0,009
Min HR	Einteilung Schlafgruppe	0,400	0,529	0,005
	EI-Bewertung	1,008	0,370	0,026
	Einteilung Schlafgruppe x EI-Bewertung	1,196	0,308	0,031
Dynamik A	Einteilung Schlafgruppe	0,221	0,640	0,003
	EI-Bewertung	1,051	0,355	0,027
	Einteilung Schlafgruppe x EI-Bewertung	1,278	0,284	0,033
Dynamik B	Einteilung Schlafgruppe	2,879	0,094	0,036
	EI-Bewertung	0,678	0,511	0,018
	Einteilung Schlafgruppe x EI-Bewertung	0,553	0,577	0,014
CV	Einteilung Schlafgruppe	0,814	0,370	0,011
	EI-Bewertung	0,269	0,765	0,007
	Einteilung Schlafgruppe x EI-Bewertung	2,012	0,141	0,050
SI	Einteilung Schlafgruppe	0,755	0,388	0,010
	EI-Bewertung	0,126	0,881	0,003
	Einteilung Schlafgruppe x EI-Bewertung	1,851	0,164	0,046

Tab. 35:
Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach Emotionale Irritation (EI)-Bewertung der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) für das sechsstündige Nachtfenster für die Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Zeitbereich

		F-Wert	p-Wert	Partielles η^2
Mean HR	Einteilung Schlafgruppe	0,063	0,803	0,001
	EI-Bewertung	1,721	0,187	0,053
	Einteilung Schlafgruppe x EI-Bewertung	0,906	0,409	0,028
Mean RR	Einteilung Schlafgruppe	0,007	0,932	0,000
	EI-Bewertung	1,205	0,307	0,037
	Einteilung Schlafgruppe x EI-Bewertung	1,199	0,308	0,037
SDNN	Einteilung Schlafgruppe	0,772	0,383	0,012
	EI-Bewertung	0,841	0,436	0,026
	Einteilung Schlafgruppe x EI-Bewertung	2,220	0,117	0,067
RMSSD	Einteilung Schlafgruppe	1,862	0,177	0,029
	EI-Bewertung	0,329	0,721	0,010
	Einteilung Schlafgruppe x EI-Bewertung	0,680	0,511	0,021
pNN50	Einteilung Schlafgruppe	1,084	0,302	0,017
	EI-Bewertung	0,320	0,727	0,010
	Einteilung Schlafgruppe x EI-Bewertung	1,041	0,359	0,033
HRV Tri Index	Einteilung Schlafgruppe	0,981	0,326	0,016
	EI-Bewertung	1,419	0,250	0,044
	Einteilung Schlafgruppe x EI-Bewertung	0,946	0,394	0,030
TINN	Einteilung Schlafgruppe	0,062	0,804	0,001
	EI-Bewertung	0,026	0,974	0,001
	Einteilung Schlafgruppe x EI-Bewertung	0,134	0,875	0,004

Tab. 36:
Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach Emotionale Irritation (EI)-Bewertung der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) für das sechsstündige Nachtfenster für die Parameter der Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Frequenzbereich und dem nichtlinearen Bereich

		F-Wert	p-Wert	Partielles η^2
FFT LF nu	Einteilung Schlafgruppe	0,889	0,349	0,014
	EI-Bewertung	0,519	0,598	0,016
	Einteilung Schlafgruppe x EI-Bewertung	0,369	0,693	0,012
FFT HF nu	Einteilung Schlafgruppe	0,889	0,349	0,014
	EI-Bewertung	0,519	0,598	0,016
	Einteilung Schlafgruppe x EI-Bewertung	0,369	0,693	0,012
FFT LF/HF-Ratio	Einteilung Schlafgruppe	0,519	0,474	0,008
	EI-Bewertung	0,820	0,445	0,026
	Einteilung Schlafgruppe x EI-Bewertung	1,127	0,330	0,035
SD1	Einteilung Schlafgruppe	1,860	0,178	0,029
	EI-Bewertung	0,329	0,721	0,011
	Einteilung Schlafgruppe x EI-Bewertung	0,682	0,509	0,022
SD2	Einteilung Schlafgruppe	0,608	0,439	0,010
	EI-Bewertung	0,922	0,403	0,029
	Einteilung Schlafgruppe x EI-Bewertung	2,459	0,094	0,073
Alpha 1	Einteilung Schlafgruppe	0,594	0,444	0,009
	EI-Bewertung	0,568	0,570	0,018
	Einteilung Schlafgruppe x EI-Bewertung	0,171	0,843	0,005
Alpha 2	Einteilung Schlafgruppe	1,438	0,235	0,023
	EI-Bewertung	1,074	0,348	0,033
	Einteilung Schlafgruppe x EI-Bewertung	2,993	0,057	0,088

Tab. 37:
Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach Gesamtindex (GI)-Bewertung der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) für die Gesamtzeit (24 Stunden) für die Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Zeitbereich

		F-Wert	p-Wert	Partielles η^2
Mean HR	Einteilung Schlafgruppe	1,520	0,221	0,020
	GI-Bewertung	2,957	0,058	0,072
	Einteilung Schlafgruppe x GI-Bewertung	1,576	0,214	0,040
Mean RR	Einteilung Schlafgruppe	0,899	0,346	0,012
	GI-Bewertung	2,736	0,071	0,067
	Einteilung Schlafgruppe x GI-Bewertung	1,966	0,147	0,049
SDNN	Einteilung Schlafgruppe	0,354	0,553	0,005
	GI-Bewertung	1,466	0,237	0,037
	Einteilung Schlafgruppe x GI-Bewertung	2,356	0,102	0,058
RMSSD	Einteilung Schlafgruppe	0,843	0,361	0,011
	GI-Bewertung	0,637	0,532	0,016
	Einteilung Schlafgruppe x GI-Bewertung	0,890	0,415	0,023
pNN50	Einteilung Schlafgruppe	0,416	0,521	0,005
	GI-Bewertung	0,668	0,516	0,017
	Einteilung Schlafgruppe x GI-Bewertung	1,370	0,260	0,035
HRV Tri Index	Einteilung Schlafgruppe	0,263	0,609	0,003
	GI-Bewertung	0,427	0,654	0,011
	Einteilung Schlafgruppe x GI-Bewertung	1,382	0,257	0,035
TINN	Einteilung Schlafgruppe	0,063	0,802	0,001
	GI-Bewertung	1,481	0,234	0,038
	Einteilung Schlafgruppe x GI-Bewertung	0,533	0,589	0,014

Tab. 38:
Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach Gesamtindex (GI)-Bewertung der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) für die Gesamtzeit (24 Stunden) für die Parameter der Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Frequenzbereich und dem nichtlinearen Bereich

		F-Wert	p-Wert	Partielles η^2
FFT LF nu	Einteilung Schlafgruppe	0,214	0,645	0,003
	GI-Bewertung	0,176	0,839	0,005
	Einteilung Schlafgruppe x GI-Bewertung	0,617	0,542	0,016
FFT HF nu	Einteilung Schlafgruppe	0,214	0,645	0,003
	GI-Bewertung	0,176	0,839	0,005
	Einteilung Schlafgruppe x GI-Bewertung	0,617	0,542	0,016
FFT LF/HF-Ratio	Einteilung Schlafgruppe	0,020	0,888	0,000
	GI-Bewertung	0,191	0,826	0,005
	Einteilung Schlafgruppe x GI-Bewertung	0,354	0,703	0,009
SD1	Einteilung Schlafgruppe	0,843	0,362	0,011
	GI-Bewertung	0,638	0,531	0,017
	Einteilung Schlafgruppe x GI-Bewertung	0,891	0,415	0,023
SD2	Einteilung Schlafgruppe	0,318	0,575	0,004
	GI-Bewertung	1,483	0,234	0,038
	Einteilung Schlafgruppe x GI-Bewertung	2,423	0,095	0,060
Alpha 1	Einteilung Schlafgruppe	0,010	0,920	0,000
	GI-Bewertung	0,246	0,783	0,006
	Einteilung Schlafgruppe x GI-Bewertung	0,546	0,581	0,014
Alpha 2	Einteilung Schlafgruppe	0,140	0,710	0,002
	GI-Bewertung	2,083	0,132	0,052
	Einteilung Schlafgruppe x GI-Bewertung	1,674	0,194	0,042

Tab. 39:
Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach Gesamtindex (GI)-Bewertung der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) für die Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Zeitbereich, die nur für die Gesamtzeit (24 Stunden) bestimmt worden sind

		F-Wert	p-Wert	Partielles η^2
Max HR	Einteilung Schlafgruppe	2,400	0,126	0,031
	GI-Bewertung	0,689	0,505	0,018
	Einteilung Schlafgruppe x GI-Bewertung	0,327	0,722	0,009
Min HR	Einteilung Schlafgruppe	0,000	0,994	0,000
	GI-Bewertung	3,436	**0,037**	0,083
	Einteilung Schlafgruppe x GI-Bewertung	3,479	**0,036**	0,084
Dynamik A	Einteilung Schlafgruppe	1,076	0,303	0,014
	GI-Bewertung	2,435	0,094	0,060
	Einteilung Schlafgruppe x GI-Bewertung	0,030	0,971	0,001
Dynamik B	Einteilung Schlafgruppe	2,314	0,132	0,030
	GI-Bewertung	0,261	0,771	0,007
	Einteilung Schlafgruppe x GI-Bewertung	0,150	0,861	0,004
CV	Einteilung Schlafgruppe	1,235	0,270	0,016
	GI-Bewertung	1,994	0,143	0,050
	Einteilung Schlafgruppe x GI-Bewertung	1,263	0,289	0,032
SI	Einteilung Schlafgruppe	0,053	0,818	0,001
	GI-Bewertung	1,350	0,265	0,034
	Einteilung Schlafgruppe x GI-Bewertung	2,399	0,098	0,059

Signifikanz: $p < 0{,}05$ fett dargestellt

Tab. 40:
Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach Gesamtindex (GI)-Bewertung der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) für das sechsstündige Nachtfenster für die Parameter der Herzschlagfrequenz (Hf) und Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Zeitbereich

		F-Wert	p-Wert	Partielles η^2
Mean HR	Einteilung Schlafgruppe	1,415	0,239	0,022
	GI-Bewertung	4,695	**0,013**	0,132
	Einteilung Schlafgruppe x GI-Bewertung	4,636	**0,013**	0,130
Mean RR	Einteilung Schlafgruppe	0,817	0,370	0,013
	GI-Bewertung	3,318	**0,043**	0,097
	Einteilung Schlafgruppe x GI-Bewertung	4,659	**0,013**	0,131
SDNN	Einteilung Schlafgruppe	0,491	0,486	0,008
	GI-Bewertung	1,651	0,200	0,051
	Einteilung Schlafgruppe x GI-Bewertung	2,113	0,129	0,064
RMSSD	Einteilung Schlafgruppe	1,225	0,273	0,019
	GI-Bewertung	0,798	0,455	0,025
	Einteilung Schlafgruppe x GI-Bewertung	1,016	0,368	0,032
pNN50	Einteilung Schlafgruppe	0,636	0,428	0,010
	GI-Bewertung	0,772	0,467	0,024
	Einteilung Schlafgruppe x GI-Bewertung	1,436	0,246	0,044
HRV Tri Index	Einteilung Schlafgruppe	0,978	0,327	0,016
	GI-Bewertung	1,752	0,182	0,054
	Einteilung Schlafgruppe x GI-Bewertung	1,107	0,337	0,034
TINN	Einteilung Schlafgruppe	0,115	0,736	0,002
	GI-Bewertung	0,897	0,413	0,028
	Einteilung Schlafgruppe x GI-Bewertung	1,281	0,285	0,040

Signifikanz: $p < 0{,}05$ fett dargestellt

Tab. 41:
Interaktionseffekte zwischen der Einteilung nach Schlafgruppe gemäß Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) und der Einteilung nach Gesamtindex (GI)-Bewertung der Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS) für das sechsstündige Nachtfenster für die Parameter der Herzratenvariabilität (HRV) aus dem Frequenzbereich und dem nichtlinearen Bereich

		F-Wert	p-Wert	Partielles η^2
FFT LF nu	Einteilung Schlafgruppe	0,612	0,437	0,010
	GI-Bewertung	0,217	0,806	0,007
	Einteilung Schlafgruppe x GI-Bewertung	0,070	0,933	0,002
FFT HF nu	Einteilung Schlafgruppe	0,612	0,437	0,010
	GI-Bewertung	0,217	0,806	0,007
	Einteilung Schlafgruppe x GI-Bewertung	0,070	0,933	0,002
FFT LF/HF-Ratio	Einteilung Schlafgruppe	0,673	0,415	0,011
	GI-Bewertung	0,460	0,634	0,015
	Einteilung Schlafgruppe x GI-Bewertung	0,482	0,620	0,015
SD1	Einteilung Schlafgruppe	1,223	0,273	0,019
	GI-Bewertung	0,799	0,455	0,025
	Einteilung Schlafgruppe x GI-Bewertung	1,018	0,367	0,032
SD2	Einteilung Schlafgruppe	0,385	0,537	0,006
	GI-Bewertung	1,790	0,176	0,055
	Einteilung Schlafgruppe x GI-Bewertung	2,236	0,115	0,067
Alpha 1	Einteilung Schlafgruppe	0,244	0,623	0,004
	GI-Bewertung	0,748	0,477	0,024
	Einteilung Schlafgruppe x GI-Bewertung	0,400	0,672	0,013
Alpha 2	Einteilung Schlafgruppe	0,837	0,364	0,013
	GI-Bewertung	0,423	0,657	0,013
	Einteilung Schlafgruppe x GI-Bewertung	0,783	0,461	0,025