

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

**Zusammenhang subjektiver psychischer Beanspruchung und
objektiver Herzschlagfrequenzvariabilitätsmessungen – unter
besonderer Berücksichtigung ausgewählter Berufsgruppen und
selten verwendeter HRV-Parameter**

D i s s e r t a t i o n

zur Erlangung des Doktorgrades

Dr. med.

(doctor medicinae)

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

vorgelegt von Janosch Jens Rother
aus Magdeburg
Magdeburg 2022

Bibliographische Beschreibung

Rother, Janosch Jens:

Zusammenhang subjektiver psychischer Beanspruchung und objektiver Herzschlagfrequenzvariabilitätsmessungen – unter besonderer Berücksichtigung ausgewählter Berufsgruppen und selten verwendeter HRV-Parameter. - 2022 - 103 Bl., 10 Abb., 20 Tab., 7 Anl.

Kurzreferat

Die Suche nach objektiven Beanspruchungsparametern psychischer Belastung und Frühindikatoren psychischer Gesundheit in der arbeitsmedizinischen Forschung nimmt durch die Zunahme psychischer Belastung, die Transformationen der Arbeitswelt und die immerwährende Bestrebung zur Verbesserung des Arbeitsschutzes einen zunehmend größeren Stellenwert ein. Die vorliegende Studie untersucht den Zusammenhang von Ergebnissen einer Fragebogenerhebung zu psychischer Gesundheit (subjektive Beanspruchung) und der Herzschlagfrequenzvariabilität (HRV) (objektive Beanspruchung). Hierzu beantworteten die Probandinnen im Durchschnittsalter von $43,2 \pm 11,6$ Jahren standardisierte Fragebögen (General-Health-Questionnaire, Maslach-Burnout-Inventar) und trugen ein 24-Stunden-EKG-Gerät für die nachfolgende HRV-Analyse. Die Auswertung der Daten zeigte, dass kein Zusammenhang zwischen der subjektiven und objektiven Beanspruchung bestand. Bei Betrachtung hinsichtlich der drei Berufsgruppen konnte festgestellt werden, dass die Erzieherinnen, Arzthelferinnen und Bankangestellten sich zwar allgemein subjektiv nicht unterschiedlich stark belastet fühlten, aber insbesondere die Bankangestellten eine über den Tag und die Nacht verteilt geringere HRV hatten. In einem einstündigen Messzeitraum während der Arbeit boten sie allerdings wiederum eine höhere HRV als die Vergleichsgruppen, d. h. geringere Beanspruchung. Bezüglich der seltener verwendeten HRV-Parameter konnte gezeigt werden, dass diese mit den etablierten Parametern zwar korrelieren, aber durchaus unterschiedlich in verschiedenen Aufnahmezeiträumen und -settings reagieren und somit ein großes Potential für weitere Untersuchungen haben.

Schlüsselwörter

Psychische Belastung – Psychische Beanspruchung – Burnout – Psychische Gesundheit – Herzschlagfrequenzvariabilität – Stressindex

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	IV
Tabellenverzeichnis.....	V
Abkürzungsverzeichnis.....	VI
1 Einleitung.....	1
1.1 Definition psychische Belastung und Beanspruchung.....	3
1.2 Ausgewählte Modelle und Konzepte zur Klärung des Zusammenhanges psychischer Belastung und Gesundheit.....	3
1.2.1 Belastungs-Beanspruchungs-Konzept.....	4
1.2.2 Job-Demand-Control (-Support)-Modell.....	5
1.2.3 Job-Demands-Resources-Modell.....	6
1.2.4 Modell beruflicher Gratifikationskrisen.....	7
1.3 Beanspruchungsfolgen.....	8
1.4 Herzschlagfrequenzvariabilität als objektiver Beanspruchungsparameter.....	12
1.4.1 Historische Entwicklung der HRV-Forschung.....	12
1.4.2 Das Reizbildungs- und Reizleitungssystem des Herzens.....	14
1.4.3 Das vegetative Nervensystem.....	14
1.4.4 Herzschlagfrequenzvariabilität als physiologisches Phänomen.....	15
1.4.5 Herzschlagfrequenzvariabilitätsanalyse.....	18
1.4.6 Herzschlagfrequenzvariabilität zur Ermittlung berufsbedingter Beanspruchung.....	21
1.5 Zielstellung und Arbeitshypothesen.....	23
2 Methodik.....	24
2.1 Studiendesign.....	24
2.2 Probanden.....	24
2.3 Erfassung soziodemographischer und gesundheitsbezogener Daten.....	25
2.4 Erfassung der Belastungsfaktoren.....	25
2.5 Erfassung subjektiver Beanspruchungsdaten.....	26
2.5.1 General-Health-Questionnaire.....	26
2.5.2 Maslach-Burnout-Inventar.....	27
2.6 Erfassung objektiver Beanspruchungsdaten.....	28
2.7 Statistik.....	30
3 Ergebnisse.....	32
3.1 Soziodemographische Daten.....	32
3.2 Belastungsfaktoren.....	32
3.3 Subjektive Beanspruchung.....	33
3.3.1 Psychische Gesundheit.....	33
3.3.2 Burnout-Risiko.....	34
3.4 Objektive Beanspruchung.....	37
3.4.1 24 Stunden.....	37
3.4.2 Sechsstündiges Nachtfenster.....	38
3.4.3 Einstündiges Fenster am Tag.....	39
3.4.4 Vergleich zu alters- und geschlechtsabhängigen Normwerten.....	40
3.5 Zusammenhang subjektiver und objektiver Beanspruchungsparameter.....	40

3.5.1	Zusammenhang des ermittelten allgemeinen psychischen Gesundheitszustandes und der vegetativen Regulationsmechanismen.....	40
3.5.2	Zusammenhang zwischen dem ermittelten Burnout-Risiko und den vegetativen Regulationsmechanismen	41
3.5.3	Einfluss der soziodemografischen Parameter und subjektiven Beanspruchungsfaktoren auf die HRV-Parameter	43
3.5.4	Aussagekraft der seltenen HRV-Parameter im Vergleich zu den etablierten HRV-Parametern.....	46
4	Diskussion.....	48
5	Zusammenfassung.....	62
	Literaturverzeichnis	64
	Danksagung	78
	Ehrenerklärung.....	79
	Lebenslauf	80
A	Anhang	82
A.1	Vota der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg	83
A.2	Einwilligungserklärung	86
A.3	MIGA Fragebogen	88
A.4	Protokoll.....	91
A.5	Fragebogen zu Belastungsfaktoren und zur subjektiven Beanspruchung am Beispiel der Erzieherinnen	92
A.6	GHQ-12	94
A.7	MBI	95

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Mögliche Konstellationen der beiden Dimensionen des JDC Modells, Job Demands und Decision Latitude, sowie ihre möglichen Auswirkungen (nach Karasek (1979))	5
Abbildung 2: Effort-Reward-Imbalance-Modell (modifiziert nach Siegrist (1996))	7
Abbildung 3: Wechselwirkung zwischen psychischer Belastung am Arbeitsplatz und Beanspruchung sowie deren Folgen (modifiziert nach Nachreiner (2002))	9
Abbildung 4: Einflussfaktoren auf die HRV (modifiziert nach Böckelmann und Sammito (2016)).....	17
Abbildung 5: HRV-Spektrogramm	19
Abbildung 6: Ausprägung der psychischen Gesundheit der Probandinnen insgesamt und innerhalb der drei Berufsgruppen (GHQ Risikobewertung dichotom)	34
Abbildung 7: Ausprägung der Emotionalen Erschöpfung der Probandinnen insgesamt.....	35
Abbildung 8: Ausprägung des Zynismus der Probandinnen insgesamt	35
Abbildung 9: Ausprägung der Leistungsfähigkeit der Probandinnen insgesamt.....	36
Abbildung 10: Kategoriale Bewertung des Burnout-Risikos nach Kalimo et al. (2003).....	36

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Merkmale der Burnout-Symptome nach Hillert et al. (2004).....	11
Tabelle 2:	Bewertung der Burnout-Subskalen nach Maslach et al. (1986).....	27
Tabelle 3:	Klassifikation des Burnout-Gesamtscores nach Kalimo et al. (2003)	27
Tabelle 4:	Übersicht der untersuchten Parameter der Herzschlagfrequenzvariabilität	29
Tabelle 5:	Zusammensetzung der Berufsgruppen innerhalb der Gesamtstichprobe.....	32
Tabelle 6:	Vergleich der psychischen Gesundheit (GHQ-Summe) der Berufsgruppen und der Gesamtstichprobe.....	33
Tabelle 7:	Vergleich der drei Subskalen des MBI-Fragebogens und des Burnout- Risikos nach Kalimo et al. (2003) zwischen den drei Berufsgruppen	34
Tabelle 8:	Vergleich der HRV-Parameter der drei Berufsgruppen aus dem 24- Stunden-Zeitraum.....	37
Tabelle 9:	Vergleich der HRV-Parameter der drei Berufsgruppen aus dem sechsstündigen Nachtfenster.....	38
Tabelle 10:	Vergleich der HRV-Parameter der drei Berufsgruppen aus dem einstündigen Fenster am Tag	39
Tabelle 11:	Vergleich mit den alters- und geschlechtsabhängigen Normwerten der etablierten HRV-Parameter der drei Berufsgruppen.....	40
Tabelle 12:	Korrelationen der HRV-Parameter in unterschiedlichen Messzeiträumen mit der psychischen Gesundheit.....	41
Tabelle 13:	Korrelation der etablierten HRV-Parameter in unterschiedlichen Messzeiträumen mit dem Burnout-Risiko nach Kalimo und den drei Subskalen „Emotionale Erschöpfung“, „Zynismus“ und „Leistungsfähigkeit“	42
Tabelle 14:	Korrelationen der HRV-Parameter in unterschiedlichen Messzeiträumen mit dem Burnout-Risiko nach Kalimo und den drei Subskalen „Emotionale Erschöpfung“, „Zynismus“ und „Leistungsfähigkeit“	43
Tabelle 15:	Einfluss der soziodemografischen Parameter und der subjektiven Belastungsdaten auf die HRV-Parameter im 24-Stunden-Zeitraum	44
Tabelle 16:	Einfluss der soziodemografischen Parameter und der subjektiven Belastungsdaten auf die HRV-Parameter im sechsstündigen Nachtfenster ...	44
Tabelle 17:	Einfluss der soziodemografischen Parameter und der subjektiven Beanspruchungsdaten auf die HRV-Parameter im einstündigen Fenster am Tag	45
Tabelle 18:	Korrelationen der verwendeten HRV-Parameter mit ausgewählten etablierten Parametern aus der aktuellen Leitlinie im 24-Stunden- Zeitraum (Korrelationskoeffizient nach Pearson)	46
Tabelle 19:	Korrelationen der verwendeten HRV-Parameter mit ausgewählten etablierten Parametern aus der aktuellen Leitlinie im sechsstündigen Nachtfenster (Korrelationskoeffizient nach Pearson)	47
Tabelle 20:	Korrelationen der verwendeten HRV-Parameter mit ausgewählten etablierten Parametern aus der aktuellen Leitlinie im einstündigen Fenster am Tag (Korrelationskoeffizient nach Pearson)	47

Abkürzungsverzeichnis

AH	Arzthelferinnen
ARS	Autoregression
AU	Arbeitsunfähigkeit
AV-Block	atrioventrikulärer Block
BA	Bankangestellte
BKK	Betriebskrankenkasse
BMI	Body-Mass-Index [kg/m ²]
bzw.	beziehungsweise
CV	Coefficient of Variation (Variationskoeffizient)
DIMDI	Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information
DIN	Deutsches Institut für Normierung
E	Erzieherinnen
EE	Emotionale Erschöpfung
EKG	Elektrokardiogramm
EN	Europäische Norm
ERI	Effort-Reward-Imbalance(-Modell)
Fa.	Firma
FFT	Fast-Fourier-Transformation
GHQ(-12)	(12-Item) General-Health-Questionnaire
HF	High Frequency (Hochfrequenzbereich) [ms ²]
HRV	Heart Rate Variability (Herzschlagfrequenzvariabilität)
ICD-10	International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems (Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme)
ISO	International Organization for Standardisation
JDC	Job-Demand-Control(-Modell)
LF	Low Frequency (Niedrigfrequenzbereich) [ms ²]
(red.) LF	(reduzierte) Leistungsfähigkeit
MBI	Maslach-Burnout-Inventory
MIGA	Magdeburger database about influence of gender and age (in hearth rate variability study)
MW	Mittelwert
NN	Abstände zwischen zwei normalen aufeinanderfolgenden Herzschlägen [ms]
p	Signifikanzniveau
part.	partiell

pNN50	Anteil der Paare benachbarter NN-Intervalle der gesamten Aufnahme, die mehr als 50 ms voneinander abweichen [%]
RMSSD	Quadratwurzel des Mittelwertes der Summe aller quadrierten Differenzen zwischen benachbarten NN-Intervallen [ms]
RPAI	Adäquanzindex der Regulationsprozesse
RR-Intervall	Abstand zwischen zwei R-Zacken in der EKG-Ableitung (Synonym: NN-Intervall) [ms]
SD	Standardabweichung
SDNN	standard deviation of NN (Standardabweichung der NN-Intervalle im Messzeitbereich) [ms]
SI	Stressindex
Tri Index	Triangular-Index
u. a.	unter anderem
v. a.	vor allem
VBI	Index des vegetativen Gleichgewichts
VRI	Vegetativer Rhythmusindex
WHO	World Health Organisation (Weltgesundheitsorganisation)
z. B.	zum Beispiel
ZY	Zynismus

1 Einleitung

Die physischen Belastungen von Arbeitnehmern¹ haben sich in den letzten Jahrhunderten durch die aufeinanderfolgenden Industriellen Revolutionen kontinuierlich, erst durch den Einsatz von Maschinen und anschließend infolge einer weitest gehenden Automatisierung vieler Arbeitsschritte, reduziert. Gerade die sogenannten Industrien 3.0 und 4.0 sowie die fortschreitende Digitalisierung verlagerten einen großen Teil der Arbeitsplätze aus den Produktionshallen an die Schreibtische, Telefone und Computer (Frick 2017). Deshalb rückten in den letzten Jahren die psychischen Arbeitsbelastungen und die daraus resultierenden psychischen Beanspruchungen zunehmend in das Blickfeld der arbeitsmedizinischen und arbeitswissenschaftlichen Betrachtungen (Bauer 2016). Diese Belastungen sind allerdings deutlich schwerer zu fassen und teilweise auch vielschichtiger, da sich diese sowohl dem beruflichen als auch dem privaten Umfeld zuschreiben lassen. Die zunehmende Diagnostik und mediale Aufmerksamkeit an arbeitsbezogenen psychischen Erkrankungen als langfristige negative Beanspruchungsfolgen führten dazu, dass die Stigmatisierung solcher Erkrankungen in der Gesellschaft kontinuierlich abnimmt. Das hat die positive Folge, dass sich immer mehr Menschen dazu durchringen, sich mit ihren Problemen professionelle Unterstützung zu holen. Gleichzeitig entsteht aber auch der Eindruck, dass die Verbreitung psychischer Überlastungen ein geradezu pandemisches Ausmaß angenommen hat (Knieps und Pfaff 2019). Zahlreiche Studien haben jedoch gezeigt, dass die Inzidenz psychischer Erkrankungen seit mehr als einem Jahrzehnt stagniert oder teilweise sogar leicht rückläufig ist (Linden 2014; Knieps und Pfaff 2019). Trotzdem nehmen potentiell gefährdende Einflüsse am Arbeitsplatz weiter zu: Vielen Arbeitnehmern fehlt es durch Büroarbeitsplätze und Bildschirmtätigkeit an Abwechslung am Arbeitsplatz. Auch mangelnde Bewegung hat einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf die psychische Verfassung. Darüber hinaus findet Kommunikation am Arbeitsplatz immer mehr auf unpersönlichem digitalen Weg statt, teilweise nur noch per E-Mail oder SARS-CoV-2-pandemiebedingt nur in Online-Konferenzen. Arbeitnehmer können durch die Digitalisierung auf der ganzen Welt arbeiten, was Vorteile und Freiheiten bringen kann, allerdings auch mit einer gesteigerten Verfügbarkeit für den Arbeitgeber und Kollegen einhergeht. Diese arbeitsbezogene erweiterte Erreichbarkeit, sowohl im beruflichen als auch privaten Kontext, nimmt eine immer größere Rolle als psychischer Belastungsfaktor ein (Minow und Swart 2019). E-Mails werden auch vor dem Schlafengehen im Bett oder im Urlaub gesichtet und beantwortet, berufliche Anrufe werden im Feierabendverkehr getätigt und Kunden können einen jederzeit telefonisch

¹ Im Interesse einer besseren Lesbarkeit wird nicht ausdrücklich in geschlechtsspezifische Personenbezeichnungen differenziert. Die gewählte männliche Form schließt eine adäquate weibliche Form gleichberechtigt ein.

erreichen. Und auch das Home-Office wird Arbeitnehmer wie Arbeitgeber vor völlig neue Herausforderungen stellen, die nicht nur, aber vor allem sozialer und psychischer Natur sein werden (Backhaus et al. 2020). Als große Schlagworte lassen sich zusammenfassend Informationsüberflutung, Zeitdruck, Arbeitsintensität, Eigenverantwortung, Multitasking mit häufigen Unterbrechungen im Arbeitsablauf und zeitlicher Entgrenzung und soziale Isolation nennen (Böckelmann 2018; Sonntag und Feldmann 2018). Die Auswirkungen all dieser Veränderungen sind auf den einzelnen Menschen völlig unterschiedlich. Der eine freut sich über die gewonnenen Freiheiten und die neue Flexibilität durch das Homeoffice, der andere leidet unter der ständigen Erreichbarkeit, der gleichzeitigen sozialen Isolation von Kunden und Kollegen und der zunehmenden Vermischung von Berufs- und Privatleben. All diese erhöhten Anforderungen im Beruf und die gesteigerten psychischen Belastungen am Arbeitsplatz führen zu negativen gesundheitlichen Folgen, die in einer Arbeitsunfähigkeit (AU) münden können.

Im BKK Gesundheitsreport 2019 (Knieps und Pfaff 2019) wird aufgezeigt, dass für 5,5 % der AU-Fälle und 15,7 % der AU-Tage eine psychische Störung ursächlich war. Daraus wird deutlich, dass es sich bei dieser Diagnosehauptgruppe zwar nicht um die häufigste in Bezug auf die AU-Fälle handelt (30,3 % Atemwegserkrankungen; 15,6 % Muskel- und Skeletterkrankungen; 10,6 % Infektionen), sie aber durch besonders lange Ausfallzeiten gekennzeichnet ist. Unter den BKK-Mitgliedern ist die Diagnosehauptgruppe der psychischen Störungen nach den Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems und der Atemwege verantwortlich für die dritthäufigsten AU-Tage je 100 Beschäftigte (291 AU-Tage je 100 beschäftigte Mitglieder). Im Vergleich allein zum Vorjahr 2017 handelt es sich dabei um eine Steigerung von 5,4 %. Durchschnittlich kam es zu 37,0 AU-Tagen pro AU-Fall der Hauptdiagnosegruppe psychische Störungen. Damit liegt diese an Platz eins der AU-Tage je Fall, noch vor den Neubildungen (30,9 Tage/Fall) und den Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems (21,1 Tage/Fall). Zu den häufigsten Diagnosen dieser Gruppe zählten die Depressive Episode (F32), Reaktionen auf schwere Belastungen und Anpassungsstörungen (F43), rezidivierende depressive Störung (F33) und andere neurotische Störungen (F48). Die Gruppe der weiblichen BKK-Mitglieder kam auf deutlich höhere Fehlzeiten aufgrund psychischer Störungen (3650 AU-Tage/1000 Beschäftigte) als die Vergleichsgruppe der Männer (2325 AU-Tage/1000 Beschäftigte). Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass mehr als neun von zehn AU-Fällen (92,7 %) bzw. AU-Tage (92,1 %) dieser Diagnosehauptgruppe auf affektive bzw. neurotische, Belastungs- und somatoforme Störungen zurückzuführen waren, von denen besonders häufig Frauen betroffen sind (Rennert et al. 2019). Im Jahr 2017 betrug der Ausfall an Bruttowertschöpfung in Deutschland aufgrund psychischer Störungen ca. 20 Milliarden Euro (Kuhn und Brettner 2019).

Hiervon getrennt zu betrachten ist das sogenannte Burnout-Syndrom, das im ICD-10 nicht als psychische Störung, sondern unter den Zusatzdiagnosen mit Z73.0 als „Probleme mit Bezug auf Schwierigkeiten bei der Lebensbewältigung“ verschlüsselt wird, im Sprachgebrauch aber

trotzdem meist den psychischen Störungen zugeordnet wird. Im Berichtsjahr 2018 kam es zu 3,0 AU-Fällen und 74 AU-Tagen je 1000 beschäftigte BKK-Mitglieder. Auch hier ist wie bei den Psychischen Störungen eine große Differenz zwischen den weiblichen und männlichen Mitgliedern zu erkennen. Im Vergleich zu den vorigen fünf Berichtsjahren sind die Zahlen der AU-Fälle und AU-Tage nahezu unverändert geblieben (Rennert et al. 2019).

1.1 Definition psychische Belastung und Beanspruchung

Das psychische Erleben der Belastung und die Einschätzung der Beanspruchung ist stark von dem einzelnen Individuum abhängig. Die Suche nach objektiven Parametern der psychischen Beanspruchung beschäftigt die Arbeitsphysiologen seit den letzten 20-30 Jahren. Um die Belastung und Gefährdung von Arbeitnehmern an ihren Arbeitsplätzen abschätzen zu können, müssen Gefährdungsbeurteilungen entsprechend des Arbeitsschutzgesetzes (ArbSchG) durchgeführt werden. Diese bauen auf dem Belastungs-Beanspruchungs-Konzept von Rohmert und Rutenfranz (1975) auf (s. Kapitel 1.2.1). Die DIN-Norm DIN EN ISO 10075-1 beschreibt psychische Belastung als „die Gesamtheit aller erfassbaren Einflüsse, die von außen auf den Menschen zukommen und psychisch auf ihn einwirken“. Davon abzugrenzen ist die psychische Beanspruchung als „die unmittelbare (nicht langfristige) Auswirkung der psychischen Belastung im Individuum in Abhängigkeit von seinen jeweiligen überdauernden und augenblicklichen Voraussetzungen, einschließlich der individuellen Bewältigungsstrategien“ (DIN EN ISO 10075-1:2018-01). Zu diesen Voraussetzungen zählen insbesondere die körperliche Konstitution, das Alter und der Allgemeinzustand, aber auch Fähigkeiten, Fertigkeiten und Begabungen (Joiko et al. 2010). Diese Merkmale können übergeordnet in habituelle, also andauernde, und situative Merkmale unterteilt werden (Scheuch 2014). Es wird also zwischen der objektiv erfassbaren Arbeitsbelastung und der interindividuell sehr unterschiedlichen subjektiven und objektiven Beanspruchung unterschieden. Aber auch intraindividuell kann eine gleiche Belastung durch wechselnde Rahmenbedingungen (z. B. Gesundheitszustand, Training, Schlafmangel) im zeitlichen Verlauf eine völlig andere Beanspruchung für das Individuum bedeuten.

1.2 Ausgewählte Modelle und Konzepte zur Klärung des Zusammenhanges psychischer Belastung und Gesundheit

Zur Erklärung der Entstehung von psychischer Belastung und Stress, insbesondere am Arbeitsplatz, wurden verschiedene Konzepte entwickelt, die unterschiedliche Schwerpunkte setzen, letztlich jedoch alle miteinander vereinbar sind. Gerade weil die psychische Fehlbelastung nicht unmittelbar mess- und beobachtbar ist, werden solche Konzepte nicht nur im wissenschaftlichen Bereich, sondern auch in der arbeitsmedizinischen Betreuung angewandt, um

zum Beispiel Gefährdungsbeurteilungen zu erstellen und Präventionskonzepte auszuarbeiten (Böckelmann und Seibt 2011). Vier dieser Konzepte sollen im Nachfolgenden genauer beschrieben werden.

1.2.1 Belastungs-Beanspruchungs-Konzept

Das klassische Belastungs-Beanspruchungs-Konzept von Rohmert und Rutenfranz (1975) geht von einer linearen Kausalitätskette aus, bei der eine Belastung auf ein Individuum trifft, das mit seinen individuellen Voraussetzungen und Fähigkeiten auf diese Belastung reagiert und sie als Beanspruchung wahrnimmt. Vereinfacht kann man sagen: Die Belastung ist die Ursache, die Beanspruchung ist die Wirkung. Der Begriff Belastung ist in diesem Zusammenhang weder negativ noch positiv zu bewerten. Die individuelle Beanspruchung lässt sich wiederum ggf. in solche Kategorien einordnen. Neben der psychischen Belastung kann das Individuum auch einer physischen, psychosozialen oder einer Belastung durch Umweltfaktoren ausgesetzt sein. Es handelt sich bei einer Belastung immer um eine Mischform aus zwei oder mehr dieser Formen (Scheuch 2008). Dementsprechend kann z. B. die psychische Belastung nie vollständig isoliert betrachtet und untersucht werden.

Auch wenn das Belastungs-Beanspruchungs-Konzept in den letzten 50 Jahren eine breite Akzeptanz gefunden hat, werden auch immer wieder kritische Stimmen laut, die es mit seinem Ursache-Wirkungs-Prinzip als zu statisch und eindimensional bezeichnen. Aus diesem Grund schlagen Scheuch und Schröder (1990) ein erweitertes, integratives Belastungs-Beanspruchungs-Bewältigungskonzept vor, das den modernen Entwicklungen und Erkenntnissen Rechnung trägt. In diesem wird der Mensch nicht ausschließlich als ein auf eine Belastung reagierendes Individuum betrachtet, sondern als agierendes und veränderndes Lebewesen in den Prozess integriert. Die lineare Kausalitätskette aus dem ursprünglichen Belastungs-Beanspruchungs-Konzept wird also um die Möglichkeit der gegenseitigen Wechselwirkung und Rückkopplung zwischen den Ebenen ergänzt. Diese werden umso stärker, je weniger die bisherigen individuellen Voraussetzungen und Fähigkeiten des Menschen auf die Belastung abgestimmt sind. So löst eine Belastung nicht nur eine Beanspruchung aus, sondern führt über eine zu hohe oder zu geringe Beanspruchung auch zu reaktiven und adaptiven Prozessen beim Individuum, die sowohl auf psychischer, als auch somatischer Ebene ablaufen. Durch diese wird wiederum die Beanspruchung direkt beeinflusst und im zeitlichen Verlauf auf die Belastung rückgekoppelt. Das Individuum nutzt also einen Regelkreis, um seine individuellen Voraussetzungen und Fähigkeiten den aktuellen Belastungen anzupassen und somit sowohl seinen psychischen als auch seinen somatischen Zustand in einem homöostatischen Gleichgewicht zu halten (Scheuch 2008).

Aus dem von Rohmert und Rutenfranz (1975) entwickelten Konzept zur Beurteilung von Belastung und Beanspruchung geht hervor, dass die Beanspruchung der Probanden durch ihre

individuellen Merkmale und Fähigkeiten, aber auch durch situative Ressourcen und Einschränkungen, subjektiv und individuell, aber – insbesondere im erweiterten Konzept von Scheuch (2008) – im zeitlichen Verlauf auch veränderlich ist. Diese Eigenschaften machen die objektive Einschätzung innerhalb der arbeitsphysiologischen Forschung, aber vor allem auch in der praktischen Arbeitsmedizin, zum Beispiel im Rahmen von Gefährdungsbeurteilungen, besonders schwierig. Um die Beanspruchung, insbesondere die psychische Beanspruchung, messbar zu machen, bräuchte es standardisierte Interviews der Probanden. Aufgrund der fehlenden Praktikabilität solcher aufwendigen Interviews im arbeitsmedizinischen und arbeitswissenschaftlichen Alltag wird für diesen Zweck eine Vielzahl von standardisierten Fragebögen verwendet (Böckelmann und Seibt 2011).

1.2.2 Job-Demand-Control (-Support)-Modell

Das bis heute am meisten untersuchte und einflussreichste Konzept zur Beschreibung der Zusammenhänge zwischen Arbeit und psychischer Gesundheit ist das Job-Demand-Control-Modell von Karasek (1979) (Gebele 2009). Nach diesem Modell wird das psychische Wohlbefinden durch das Gleichgewicht der beiden Dimensionen „Anforderung“ (*job demands*) und „Kontrolle“ über den Arbeitsprozess (*control/decision latitude*) bestimmt.

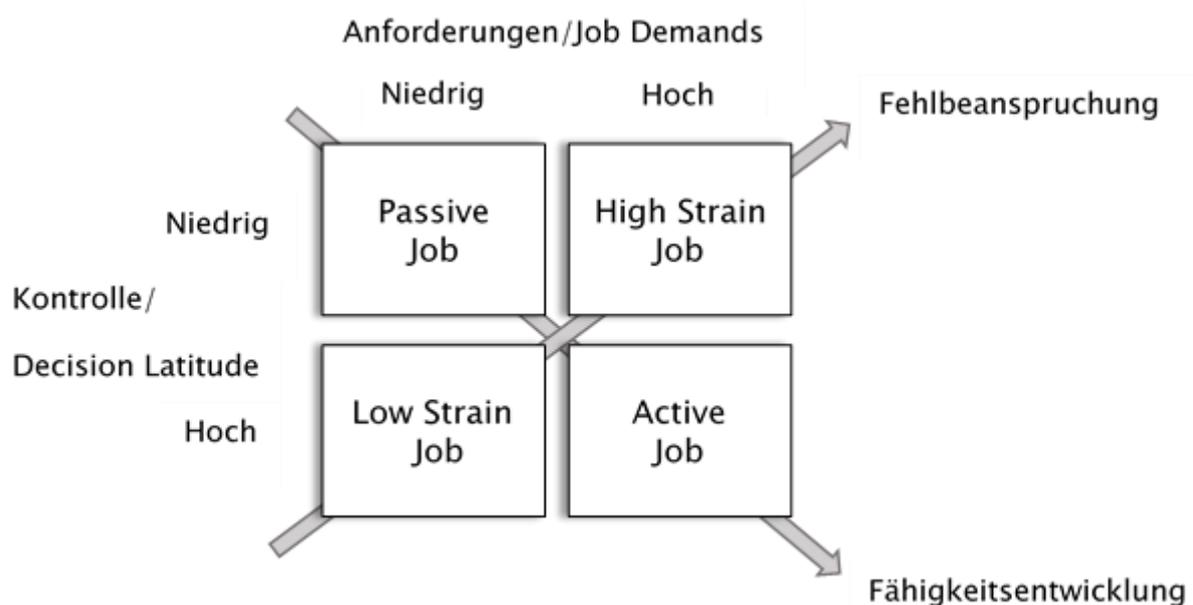


Abbildung 1: Mögliche Konstellationen der beiden Dimensionen des JDC Modells, Job Demands und Decision Latitude, sowie ihre möglichen Auswirkungen (nach Karasek (1979))

Hat ein Arbeitnehmer z. B. eine hohe Anforderung durch Akkordarbeit am Fließband, aber nur eine geringe Kontrolle infolge der Vorgabe der Arbeitsgeschwindigkeit durch das Fließband, führt dies zu einem geringen Wohlbefinden in Bezug auf die Arbeit. Diese Annahme wird auch als Strain-Hypothese bezeichnet. Die daraus folgende Buffer-Hypothese besagt folglich, dass

ein hohes Maß an Kontrolle die hohe Anforderung abmildern kann (Abbildung 1). So haben z. B. viele selbständige Berufstätige zwar hohe Anforderungen, gleichzeitig aber ein Maximum an Kontrolle über ihren Arbeitstag, was trotz der hohen Anforderung in einem höheren Wohlbefinden resultiert.

Johnson und Hall (1988) erweiterten das Job-Demand-Control-Modell durch die Dimension der sozialen Unterstützung (*social support*) durch Vorgesetzte und andere Mitarbeiter. Sie sahen in dieser Dimension eine weitere wesentliche Komponente zur Risikosenkung von Fehlbelastungen am Arbeitsplatz. Demnach sind vor allem Arbeitsumfelder mit einer hohen Anforderung und einer gleichzeitigen geringen Kontrolle und geringen sozialen Unterstützung psychisch und gesundheitlich besonders gefährdend und können u. a. Ängste, Erschöpfung, Depression und auch somatische Erkrankungen wie z. B. des Herz-Kreislauf-Systems zur Folge haben (Theorell et al. 1990; Schnall et al. 1994). Solche Jobs werden auch als Iso-Strain Jobs bezeichnet, die dahinterstehende Erweiterung der Strain-Hypothese als Iso-Strain-Hypothese (van der Doef und Maes 1999). Auch Theorell et al. (1990) übernahmen später diese Dimension als theoretische Erweiterung des bisherigen Modells. In der Literatur findet sich inzwischen häufig die Bezeichnung des Job-Demand-Control-Support-Modells (Johnson und Hall 1988; Gebele 2009).

Karasek (1979) geht auch gezielt auf den Begriff des Stresses ein. Dieser entstehe aus der Anforderung heraus, die das Individuum in einen aktivierten bzw. sogar motivierten Zustand versetze und wird auch als Handlungsenergie bezeichnet. Somit konnotiert er den Begriff Stress, wie im englischen Sprachraum üblich, weder positiv noch negativ, sondern per se neutral. Fehle es dem Individuum jedoch an Handlungsmöglichkeiten bzw. Kontrolle, könne diese Handlungsenergie nicht zur Bewältigung der Anforderung genutzt werden und manifestiere sich im schädlichen job strain (Karasek 1979; Gebele 2009). Diese Begriffserklärung deckt sich auch mit den heute häufig verwendeten Begriffen des Eu- und Distresses, die auf das Konzept von Selye (1936) zurückgehen.

1.2.3 Job-Demands-Resources-Modell

Das Ziel des Job-Demands-Resources-Modell (J-D-R-Modell), oder übersetzt Arbeitsanforderungen-Arbeitsressourcen-Modell, von Demerouti und Kollegen (Demerouti et al. 2000; Demerouti et al. 2001) ist die Verbindung von bestehenden Job-Design-Theorien (z. B. von Hackman und Oldham (1980)), die häufig die Rolle von konkreten Belastungssituationen und Anforderungen übersehen, und Belastungs- und Stresstheorien (z. B. von Selye (1976)), die teils das positive Potential von arbeitsbezogenen Ressourcen nicht ausreichend betrachten. Im Kern versucht es, die Wechselwirkungen von Arbeitsengagement und der Entstehung des Burnout-Syndroms zu erklären (Demerouti und Nachreiner 2019). Das Arbeitsengagement wird dabei als direkte Antipode zur Entstehung eines Burnout-Syndroms gesehen. Es wird vor

allein durch Arbeitsressourcen positiv beeinflusst, unter denen positive Faktoren wie z. B. Unterstützung des Arbeitgebers, Autonomie, Entscheidungsspielraum, Belohnung und Feedback zusammengefasst werden. Meist negativ werde es hingegen von Arbeitsanforderungen beeinflusst, zu denen beispielsweise psychische Belastungen wie hoher zeitlicher Druck oder anspruchsvolle soziale Beziehungen im Zusammenhang mit der Arbeit, eine belastende Arbeitsumgebung, z. B. durch Lärm oder chemische Stoffe, und physische Belastungen zählen. Kommt es zu einer länger andauernden Zunahme der Arbeitsanforderungen, ohne eine Zunahme oder in Kombination mit einer Abnahme der Arbeitsressourcen, kann dies die Entstehung eines Burnout-Syndroms begünstigen oder sogar triggern (Demerouti und Nachreiner 2019). Bei genauerer Betrachtung lassen sich viele Parallelen zum Job-Demand-Control-Support-Modell (siehe 1.2.2) und dem Modell beruflicher Gratifikationskrisen (siehe 1.2.4) erkennen.

1.2.4 Modell beruflicher Gratifikationskrisen

Das Modell beruflicher Gratifikationskrisen nach Siegrist (1996a), oder auch Effort-Reward-Imbalance-Modell (ERI-Modell), ist ein weiteres Modell zur Beschreibung von Zusammenhängen zwischen psychosozialen Belastungen am Arbeitsplatz und dadurch entstehenden psychischen Gesundheitsproblemen. Als Grundlage für dieses Modell dient die angenommene Austauschbeziehung zwischen Arbeitgeber und Arbeitnehmer, in der die erbrachte berufliche Leistung des Arbeitnehmers entsprechend durch den Arbeitgeber vergütet wird. Im Wesentlichen werden also die beiden Dimensionen „berufliche Verausgabung“ (Effort) und „Belohnung“ (Reward) betrachtet.

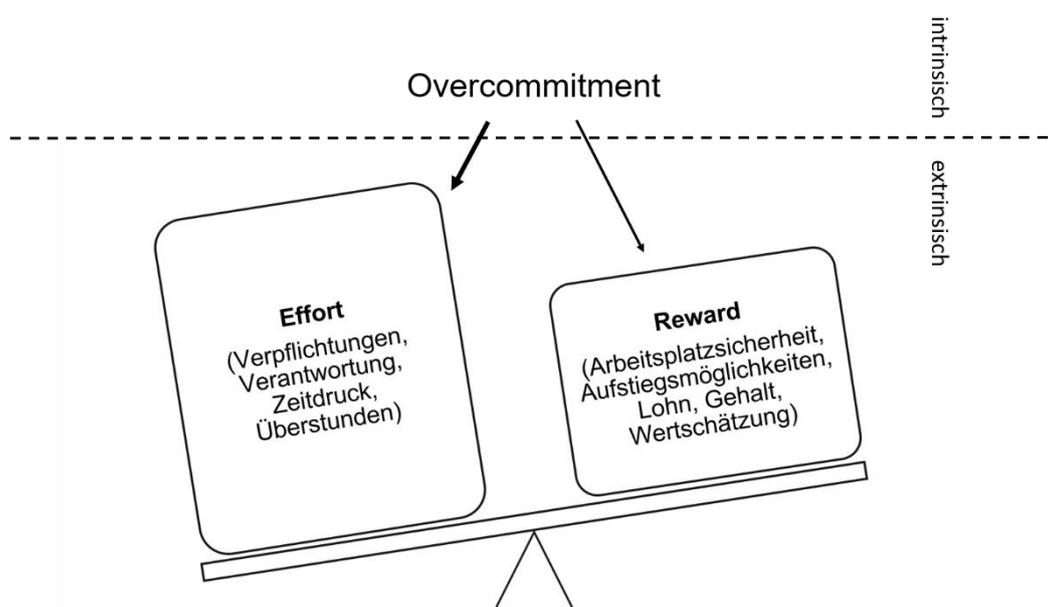


Abbildung 2: Effort-Reward-Imbalance-Modell (modifiziert nach Siegrist (1996))

Nimmt der Arbeitnehmer eine hohe Verausgabung bei gleichzeitig geringer Belohnung wahr, kommt es über einen längeren Zeitraum zu einem Ungleichgewicht zwischen den beiden Dimensionen (Abbildung 2), das als berufliche Gratifikationskrise bezeichnet wird. Zur Verausgabung werden sowohl berufliche Anforderungen wie Verpflichtungen, Verantwortung und Zeitdruck, aber z. B. auch Überstunden gezählt. Als Belohnung werden vom Arbeitnehmer nicht nur monetäre Mittel, sondern auch Faktoren wie Wertschätzung durch Vorgesetzte und Kollegen, Arbeitsplatzsicherheit und Aufstiegsmöglichkeiten wahrgenommen (Böhringer 2009; Seiboth 2015). Ein weiterer Faktor, der in dieses Modell mit einfließt, ist der unabhängige Faktor der übersteigerten Verausgabungsneigung, dem Overcommitment. Das Overcommitment stellt im Gegensatz zu den extrinsischen Faktoren Effort und Reward den intrinsischen Faktor in diesem Modell dar, der das Gleichgewicht bei einer überhöhten individuellen Verausgabungsbereitschaft zusätzlich dauerhaft verschieben und so zu einer beruflichen Gratifikationskrise führen kann, die wiederum gesundheitliche Beeinträchtigungen zur Folge haben kann (Siegrist 1996b; Darius et al. 2021d).

1.3 Beanspruchungsfolgen

Die Beanspruchung eines Individuums durch eine Belastung, z. B. einer Arbeitsanforderung, hat immer auch Folgen für das Individuum. Diese werden allgemein als Beanspruchungsfolgen bezeichnet. Beanspruchungsfolgen können sich sowohl positiv, z. B. in Form von Anregung, Aktivierung, Arbeitsfreude, Flow oder Lernen, aber auch negativ, z. B. in Form von Stress, gestörter Erholungsprozesse, Ermüdung, Burnout und psychischen Störungen, zeigen (Richter und Hacker 2017; Kästner et al. 2019). Neben den aufgezählten psychischen Beanspruchungsfolgen gibt es aber auch eine Reihe von somatischen Beanspruchungsfolgen, die entweder direkt aus einer physischen Beanspruchung resultieren (z. B. muskuloskelettale Beschwerden, Augenbeschwerden bei Bildschirmarbeit), oder als psychosomatische Beanspruchungsfolgen zu werten sind (z. B. Kopfschmerzen, Bluthochdruck, Magen-Darm-Beschwerden). Des Weiteren lassen sich die Beanspruchungsfolgen, wie in Abbildung 3 dargestellt, in kurzfristige und langfristige Beanspruchungsfolgen unterteilen. Zu den kurzfristigen Beanspruchungsfolgen zählen z. B. psychische Ermüdung, Stress- und Monotoniezustände. Halten diese über einen längeren Zeitraum an oder wiederholen sich in genügend kurzen Abständen, gehen sie in langfristige Beanspruchungsfolgen über, zu denen v. a. psychische Beeinträchtigungen wie Angststörungen, Depression und Burnout zählen (Böckelmann und Seibt 2011). Negative Beanspruchungsfolgen entstehen vor allem dann, wenn die Arbeitsaufgabe und/oder die Ausführungsbedingungen nicht mit den individuellen Fähigkeiten und Voraussetzungen des Individuums übereinstimmen, also eine Fehlbeanspruchung vorliegt. Diese kann sowohl durch eine subjektive Überforderung als auch eine Unterforderung bedingt sein (Richter und Hacker 2017).

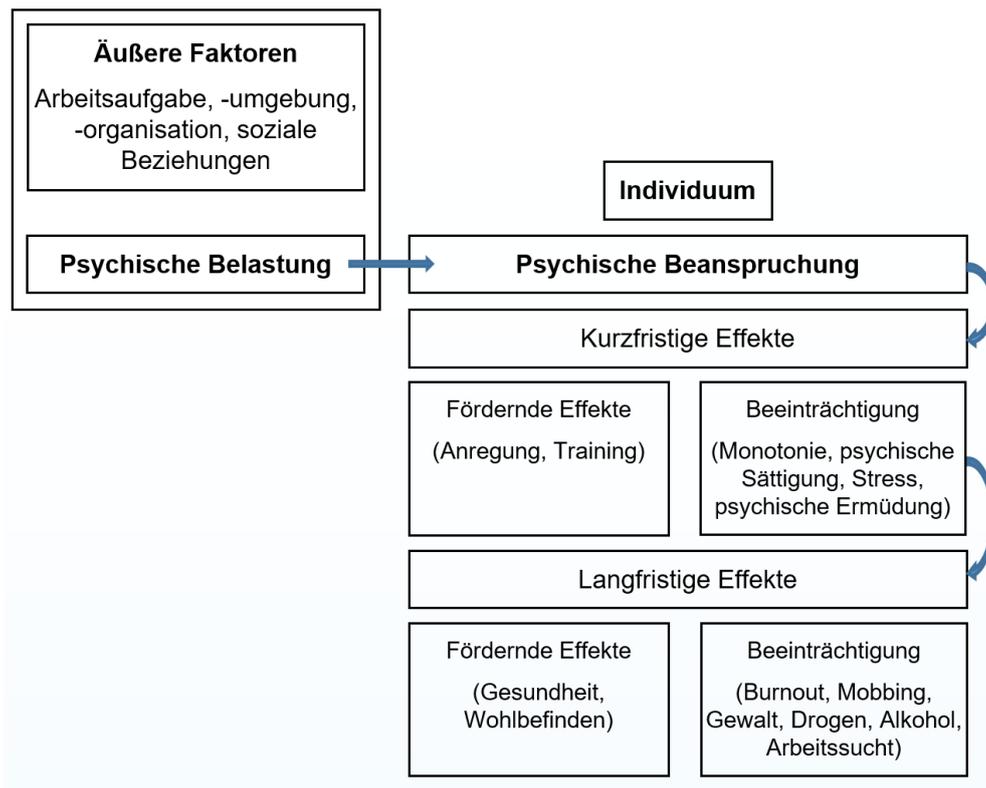


Abbildung 3: Wechselwirkung zwischen psychischer Belastung am Arbeitsplatz und Beanspruchung sowie deren Folgen (modifiziert nach Nachreiner (2002))

Heute gibt es zu fast jeder Berufsgruppe Studien, die deren Belastungsfaktoren, Beanspruchung und Beanspruchungsfolgen untersuchen. Als besonders belastete Berufsgruppe gelten unter anderem Erzieherinnen und Erzieher² in Kindergärten. Jakob und Klewer (2013) eruierten, dass für Erzieherinnen vor allem eine ungünstige Körperhaltung, eine hohe Lärmexposition und ein steigender Termindruck besonders beanspruchend seien. Von den Probandinnen gaben 71 % an, in der überwiegenden Zeit während der letzten 12 Monate unter Nacken- und Schulterschmerzen zu leiden, 46 % gaben im genannten Zeitraum eine erhöhte Reizbarkeit und Nervosität an und 41 % klagten über Schlaflosigkeit bzw. Schlafstörungen.

Seitz et al. (2015) haben die psychophysische Belastung und Beanspruchung von Arzthelferinnen und Medizinischen Fachangestellten untersucht. Als Hauptbelastungsfaktoren konnten unter anderem eine zu hohe Patientenzahl, ein steigender Dokumentationsaufwand, eine große Erwartungshaltung durch die Patienten und ein zu geringes Gehalt identifiziert werden. Im Ergebnis zeigten fast die Hälfte der untersuchten Probandinnen gesundheitsgefährdende

² Aufgrund des immer noch überwiegenden Frauenanteils in Erziehungsberufen wird im weiteren Text zur besseren Lesbarkeit ausschließlich die weibliche Form genutzt. Diese schließt aber, falls nicht anders beschrieben, eine adäquate männliche Form gleichberechtigt ein.

arbeitsbezogene Verhaltens- und Erlebensmuster. Unter diesen waren wiederum fast dreiviertel mit einigen Burnout-Symptomen auszumachen und 5,3 % zeigten sogar ein Burnout-Risiko. Auch bei Angestellten im Finanzsektor zeichnet sich laut Lohmann-Haislah (2012) eine Zunahme der beruflich bedingten Beanspruchung ab, die überwiegend den psychischen Fehlbeanspruchungen zuzuordnen sind (Wonneberger et al. 2020). Gut die Hälfte (53 %) der für den „Stressreport Deutschland 2012“ befragten Angestellten aus diesem Bereich berichteten eine Stresszunahme in den letzten zwei Jahren. Als psychisch besonders belastend gab die Mehrheit an, verschiedene Arbeiten gleichzeitig zu betreuen (63 %), einen starken Termin- und Zeitdruck zu haben (56 %) und bei der Arbeit gestört zu werden (53 %) (Lohmann-Haislah 2012).

Burnout

Als eine besondere langfristige Beanspruchungsfolge soll nachfolgend das Burnout genauer betrachtet werden. Bei dem Begriff des Burnouts handelt es sich im eigentlichen Sinn nicht um eine Krankheit. Es ist eher als eine unspezifische Symptomsammlung zu sehen (Bschor und Grüner 2014). Nach Hamann et al. (2013) handelt es sich vordergründig um ein Problem der Lebensbewältigung. Dies spiegelt sich auch in der aktuellen ICD-10 wider, durch die dieses Syndrom in der Gruppe der „Probleme mit Bezug auf Schwierigkeiten bei der Lebensbewältigung“ unter dem Code Z.73.0 als „Ausgebranntsein“ verschlüsselt werden kann. Als Beschreibung findet sich dort auch der Begriff des „Burnout“ und der „Zustand der totalen Erschöpfung“ (DIMDI - ICD-10-WHO 2020). In der am 1. Januar 2022 in Kraft getretenen ICD-11 wird das Burnout-Syndrom erstmals als eigene Diagnose verschlüsselt. Und es wird auch darauf hingewiesen, dass sich dieses ausschließlich auf den beruflichen Kontext bezieht und andere Bereiche des Lebens als Ursache ausgeschlossen werden (WHO 2022). Freudenberger (1974), der als einer der ersten Wissenschaftler den Begriff des Burnout nutzte, erkannte schon einen Zusammenhang zwischen der Entwicklung eines Burnouts und der Beschäftigung in einem sozialen Beruf. Vor allem Menschen mit hohen Erwartungen an sich selbst und andere, die eine hohe Arbeitsleistung erbringen wollen und stabile Grundsätze verfolgen, seien nach ihm besonders häufig von einem Burnout betroffen. Außerdem teilte er die Entstehung eines Burnout-Syndroms in insgesamt 12 Stadien ein. Diese beginnen mit dem Zwang, sich beweisen zu wollen, einem verstärkten Einsatz und der subtilen Vernachlässigung eigener Bedürfnisse. Im weiteren Verlauf werden Konflikte und Bedürfnisse verdrängt, eigene Werte umgedeutet und Probleme zunehmend geleugnet. Schließlich kommt es zu einem Rückzug, beobachtbaren Verhaltensänderungen, einer Depersonalisation und abschließend zu innerer Leere, Depression, einer chronischen Erschöpfung und somit zum Vollbild des Burnouts (Freudenberger und North 1992). Maslach und Jackson (1981) fügten diesen ersten Erkennt-

nissen das aus drei Subskalen bestehende Konstrukt aus „emotionaler Erschöpfung“, „Zynismus“ und „reduzierter Leistungsfähigkeit“ hinzu. Auf dessen Grundlage arbeitet auch das von Maslach und Jackson (1981) entwickelte Maslach-Burnout-Inventar (MBI), das bis heute weltweit am meisten eingesetzte Inventar zur Abschätzung von Burnout und Burnout-Risiko (Williamson et al. 2018).

Tabelle 1: Merkmale der Burnout-Symptome nach Hillert et al. (2004)

Psychisch-mentale Merkmale	Körperliche Merkmale	Verhaltensmerkmale	Merkmale der veränderten Einstellung
Erschöpfung	Kopfschmerzen	Hyperaktivität	Demoralisierung
Innere Leere	Übelkeit	Nervöses Verhalten	Langeweile
Mangel an Energie und Aktivität	Muskelschmerzen	Erhöhter Konsum von Anregungsmitteln	Verlust der Arbeitsmotivation
Versagensgefühle	Rückenschmerzen	Verhaltensausbrüche	„Dienst nach Vorschrift“
Verminderte Selbstwertschätzung	Sensomotorische Symptome	Rückzug von sozialen Kontakten	Geringe Arbeitsmoral
Angst und Hilflosigkeit	Sexuelle Probleme	Abnehmendes Engagement	Fortschreitende enthumanisierende Einstellung
Verringerte Frustrationstoleranz	Schlaflosigkeit	Probleme im Familienleben	Gleichgültigkeit
Reizbarkeit	Appetitlosigkeit	Erhöhte Fehlzeiten	Zynismus
Vergesslichkeit	Schwindel		Gefühllosigkeit
Entscheidungsschwierigkeiten	Beschwerden im Magen-Darm-Trakt		Distanziertheit
Aggression	Hypertonie		

Zum sogenannten Burnout-Syndrom können vor allem chronische und psychische Belastungen (Thinschmidt et al. 2014), oft im Zusammenhang mit einem übermäßigen Arbeitsengagement, führen (Bschor und Grüner 2014). Mit zunehmendem Lebensalter steigt bei Frauen die Inzidenz von Burnout an (Ahola et al. 2008). Auf Grund des Fehlens einer klaren Definition und wegen Symptomüberschneidungen mit ähnlichen psychischen Erkrankungen wie der Depression ist die Diagnose und differentialdiagnostische Abgrenzung dieses Syndroms besonders komplex. Daher ist eine umfangreiche Anamnese unabdingbar (Hamann et al. 2013; Bianchi et al. 2015). Buser et al. (2011) beschreiben das Burnout-Syndrom z. B. als „(...) ein[en] schleichend beginnend[en] oder abrupt einsetzenden Erschöpfungszustand körperlicher, geistiger oder gefühlsmäßiger Art, in Beruf, Freizeit, Partnerschaft und Familie, der durch lang andauernde Überforderung entstanden ist und sich oft in Aversion, Ekel und Fluchtgedanken, Zynismus, Negativismus, Gereiztheit und Schuldgefühl zeigt.“ In der Literatur werden neben psychischen und sozialen auch körperliche Symptome beschrieben (Seiboth 2015). Bschor und Grüner (2014) sprechen von 130 Symptomen, die neben der Erschöpfung des Patienten

zur Diagnosestellung führen können. In der Tabelle 1 werden einige dieser Merkmale nach Hillert et al. (2004) dargestellt.

Viele Ärzte, Wissenschaftler und Psychotherapeuten kritisieren immer wieder die uneinheitliche Definition und Verwendung des Begriffs Burnout (Korczak et al. 2010; Kaschka et al. 2011). Nach Bschor und Grüner (2014) verbergen sich hinter dem Begriff des Burnouts teilweise auch ernsthafte, behandlungswürdige Erkrankungen wie schwere Depressionen und Suchtkrankheiten. Das liege daran, dass die Verwendung des Begriffs „Burnout“ der Entstigmatisierung und Akzeptanzförderung diene. Dieses Vorgehen sei aus therapeutischer Sicht aber problematisch, da dadurch eine externalisierende Schuldzuweisung vorgenommen werde. Eine Therapie könne aber nur Verhalten und Erleben des Patienten beeinflussen, kaum aber die Arbeitssituation direkt verändern.

1.4 Herzschlagfrequenzvariabilität als objektiver Beanspruchungsparameter

Für die Objektivierung der Beanspruchungsfolgen wird die Herzschlagfrequenzvariabilität bzw. die Herzratenvariabilität (HRV) genutzt. Die HRV beschreibt die minimalen zeitlichen Schwankungen zwischen aufeinanderfolgenden Herzschlägen, die meist mittels EKG-Ableitungen gemessen werden. Anschließend kann die HRV durch verschiedenste mathematische Formeln berechnet und beschrieben werden. Die HRV wird vorrangig dazu verwendet, Rückschlüsse auf die Funktion und Beanspruchung des autonomen Nervensystems und dessen Anpassungsmöglichkeiten zu ziehen, da es direkt an der Steuerung der Herzfunktion beteiligt ist. Somit lassen sich Informationen über den somatischen, psychischen und psychosomatischen Zustand des menschlichen Körpers indirekt über einfache EKG-Untersuchungen sammeln. Heute ist die HRV-Analyse eine fest etablierte Untersuchung in allen Bereichen der arbeitsphysiologischen Forschung, der Arbeitsmedizin, den Sportwissenschaften, der Schmerzmedizin und vielen weiteren Disziplinen der Medizin.

1.4.1 Historische Entwicklung der HRV-Forschung

Sicher ohne schon an ein vegetatives Nervensystem zu denken, war es der griechische Arzt und Anatom Herophilos (ca. 335 – ca. 280 v. Chr.), der als erster den Puls schriftlich beschrieb. Außerdem entdeckte er den unterschiedlichen Aufbau von Venen und Arterien und beschrieb die rhythmische Kontraktion letzterer (Bedford 1951; Bay und Bay 2010). Auf seine Entdeckungen konnte dann der Mediziner und Wissenschaftler Galenos von Pergamon (131 – 200 n. Chr.) aufbauen, der insgesamt 18 Bücher über den Puls und darin in acht Abhandlungen diesen als erster als diagnostisches und prognostisches Mittel für Erkrankungen beschrieb (Bedford 1951; Boylan 2007). Schnell wurde klar, dass nicht nur das Frequenzprofil an sich - mit maximaler und minimaler Frequenz - Aussagen über die gesamtheitliche Gesundheit und

das Vegetativum des Individuums liefert, sondern noch viel detailliertere Informationen in den zeitlichen Schwankungen zwischen den einzelnen Herzaktionen liegen. Schon der chinesische Arzt Wang Shu-Ho (180-270 n. Chr.) beschrieb in seinem im 3. Jh. n. Chr. veröffentlichten Standardwerk zur Pulsdiagnostik in der traditionellen chinesischen Medizin die Schwankungen des Pulses als prognostisches Mittel für die Gesamtgesundheit und das Überleben eines Patienten: „Wenn der Herzschlag so regelmäßig wie das Klopfen des Spechts oder das Tröpfeln des Regens auf dem Dach wird, wird der Patient innerhalb von vier Tagen sterben.“ (Lohninger 2017). Auch wenn dieses Zitat im ersten Moment recht bildlich und einleuchtend erscheint, hat Mockenhaupt (2018) mit vergleichenden Analysen der Regelmäßigkeit von humanen Herzschlägen und Tonaufnahmen von Spechten und Regen die Plausibilität und Wissenschaftlichkeit dieses Zitates in Frage gestellt. Der englische Landpfarrer, Physiologe und Physiker Stephen Hales (1677 – 1761), der als der Begründer der modernen Physiologie gilt, entdeckte bei invasiven Blutdruckmessungen am Pferd die atemabhängigen Schwankungen von Blutdruck und Herzschlagfrequenz (Hales 1733). Bei Inspiration nimmt diese zu und bei Expiration ab. Dieses Phänomen wird bis heute als Respiratorische Sinusarrhythmie (RSA) bezeichnet. Mit der Erfindung des Kymographen führte der Physiologe Carl Ludwig (1816 – 1895) die Untersuchungen auf dem Gebiet der Kreislaufphysiologie fort (Ludwig 1847).

Mit den ersten Messungen der Änderungen des elektrischen Feldes des Herzens durch Willem Einthoven (1860 -1927) (Einthoven 1895) und der daraus resultierenden Standardisierung der EKG-Untersuchung stand ein valides Messverfahren zur Verfügung, mit dem diese Schwankungen millisekundengenau nachgewiesen und genauer untersucht werden konnten. Mit der Entwicklung kleiner tragbarer EKGs durch Norman „Jeff“ Holter (1914 – 1983) wurde in den 1960er Jahren auch die Aufzeichnung über längere Zeiträume wie z. B. 24 Stunden möglich (Holter 1961), was maßgeblich für die Untersuchung sehr langer periodischer Schwankungen wurde. Durch das Hinzuziehen mathematischer Verfahren und Funktionen, wie der Spektralanalyse, und die effektivere Datenauswertung durch aufkommende Computersysteme in den 1970er Jahren rückten auch periodische Schwankungen zwischen wenigen Sekunden bis über mehrere Stunden vermehrt in das Blickfeld der Forschung und Diagnostik. Die Erkenntnisse aus den Frequenzanalysen ermöglichten einen völlig neuen Blick auf die Herzschlagfrequenzvariabilität und deren Bedeutung für die Arbeitsmedizin, die arbeitsphysiologische Forschung und nicht zuletzt die Sportwissenschaften (Billman 2011; Hottenrott et al. 2018). Im Rahmen der bemannten Weltraumfahrt begannen Forscher der ehemaligen Sowjetunion schon in den 1960er Jahren die HRV als objektiven Beanspruchungsparameter in Stresssituationen, insbesondere von Kosmonauten, zu untersuchen (Baevsky und Chernikova 2017). Erst in den 1980er Jahren gelang die HRV auch ins das Blickfeld westeuropäischer und US-amerikanischer Forscher (Baevsky 2002; Grässler 2018). Heute ist die HRV-Analyse vor-

nehmlich ein fester Bestandteil der arbeitswissenschaftlichen und sportmedizinischen Forschung (Sammito und Böckelmann 2017a). Doch auch in der kardiologischen, schmerzmedizinischen und arbeitsmedizinischen Diagnostik nimmt sie eine immer größere Rolle ein (Böckelmann 2012; Hottenrott et al. 2020), denn die Technik ist in Form von EKG-Geräten flächendeckend vorhanden und muss theoretisch nur um die entsprechende Analysesoftware ergänzt werden.

1.4.2 Das Reizbildungs- und Reizleitungssystem des Herzens

Die Herzschlagfrequenz wird durch das Reizbildungs- und Reizleitungssystem des Herzens bestimmt. Als oberster Taktgeber fungiert eine ca. 3 x 10 mm große Ansammlung von spezialisierten Herzmuskelzellen, die sich in der Wand des rechten Vorhofes an der Mündung der Vena cava superior befindet und als Sinusknoten bezeichnet wird. Diese Zellen haben selbstdepolarisierende Eigenschaften und können somit eine Depolarisation der umliegenden Herzmuskelzellen der Vorhöfe auslösen. Diese Depolarisation pflanzt sich über den rechten und linken Vorhof fort, löst eine Kontraktion der beiden Vorhöfe aus und gelangt schließlich zum AV-Knoten. Dieser ist in der Lage, die fortlaufende Depolarisation vor Übergang auf die Ventrikel zu bremsen bzw. die Überleitung für eine maximal effektive Herzaktion zu verzögern. Da die Ventilebene des Herzens nicht elektrisch leitend ist, muss die Erregungsausbreitung den Weg über den AV-Knoten und das sich anschließende His-Bündel nehmen. Vom sehr schnell leitenden His-Bündel zweigen sich die zwei ebenfalls schnell leitenden Tawara-Schenkel und die anschließenden Purkinje-Fasern als Teil des Reizleitungssystems ab. Von der Herzspitze wird das Myokard dann durch die langsameren, aber ebenfalls elektrisch leitenden Herzmuskelfasern vollständig erregt, was dann zur Kontraktion der beiden Ventrikel führt (Pape et al. 2014).

1.4.3 Das vegetative Nervensystem

Arbeitet der Sinusknoten denerviert, also völlig isoliert von physiologischen Einflüssen wie vegetativen oder hormonellen Signalen, dann generiert er einen konstanten, intrinsischen Eigenrhythmus von ca. 100-120 Schlägen pro Minute (Scheld und Gulbins 2010). Für eine energetisch und situativ sinnvolle Herz-Kreislaufaktivität ist es aber unabdingbar, dass die Herzschlagfrequenz und der Blutdruck modulierbar sind. Diese Modulation erfolgt primär über vegetative, also sympathische und parasympathische Einflüsse auf den Sinusknoten, den AV-Knoten und das Myokard der Vorhöfe und Ventrikel. Sympathikus und Parasympathikus sind Teil des autonomen (oder auch vegetativen) Nervensystems. Dieses verarbeitet die meist unbewusst bleibenden Afferenzen aus allen Teilen und Organen des Körpers zentral im Hypothalamus, dem limbischen System und der Formatio reticularis. Über seine Efferenzen Sympathikus und Parasympathikus steuert es die Organfunktionen in der Peripherie zur Aufrechterhaltung der Homöostase und der situationsgerechten Anpassung der Körperfunktionen, wie

zum Beispiel auch das Herzkreislaufsystem. Im Allgemeinen wie auch speziell am Herzen hat der Sympathikus einen aktivierenden Einfluss auf alle Körperfunktionen, die im Sinne von „fight and flight“ agieren, den Körper also auf eine Stressreaktion vorbereiten. Auf das Herz hat der Sympathikus über die Modulation der Sinusknotenaktivität vor allem eine positiv chronotrope Wirkung (Steigerung der Frequenz) und über die Modulation des AV-Knotens eine positiv dromotrope Wirkung (Steigerung der Reizleitungsgeschwindigkeit). Zusätzlich hat vor allem der Sympathikus aber auch positiv inotrope (erhöhte Kontraktionskraft) und bathmotrope Einflüsse (Beeinflussung der Reizschwelle). Gleichzeitig hemmt der Sympathikus Körper- und Organfunktionen, die in einer solchen Stresssituation nachrangig sind, wie z. B. alle Aktivitäten des Verdauungssystems. Der Parasympathikus hat hingegen in vielen Bereichen gegensätzliche Einflüsse und wird deshalb oft mit „rest and digest“ zusammengefasst. So wird z. B. die Verdauungsaktivität gesteigert und die Skelettmuskulatur in ihrer Aktivität heruntergefahren. Dementsprechend gegensätzlich sind auch die Modulationen am Erregungsbildungs- und Erregungsleitungssystem des Herzens (Trepel 2015).

Die parasympathischen Efferenzen zum Herzen verlaufen beidseits im N. Vagus, dem X. Hirnnerven, und versorgen bevorzugt die Vorhöfe mit dem Sinus- und dem AV-Knoten (Pape et al. 2014). Sowohl das erste als auch das zweite parasympathische Neuron nutzen Acetylcholin als Transmitter. Sie werden im Plexus cardiacus, der um die Aorta herum positioniert ist, verschaltet. Die sympathischen Efferenzen entspringen den Seitenhörnern des Rückenmarks auf Höhe Th 1-5. Die Signalübertragung vom ersten Neuron auf das zweite Neuron wird ebenfalls über Acetylcholin vermittelt und wird in allen Zervikalganglien und den oberen Thorakalganglien realisiert. Das zweite Neuron erreicht das Herz dann ebenfalls über den aortenumschließenden Plexus cardiacus, nutzt als Transmitter allerdings Noradrenalin (Kandel et al. 2013). Die sympathischen postganglionären Fasern versorgen, im Gegensatz zu den parasympathischen Fasern, das Vorhof- und Ventrikelmyokard gleichmäßig (Pape et al. 2014).

1.4.4 Herzschlagfrequenzvariabilität als physiologisches Phänomen

Das vegetative Nervensystem ist ein extrem kompliziertes und vielschichtiges Konstrukt zur Steuerung einer Vielzahl von Körperfunktionen, das sich vor allem an äußere Bedingungen und Anforderungen an den Körper anpasst und selbst moduliert. Durch seine Komplexität ist es in seiner Aktivität schwer messbar und somit auch schwer greifbar (Ziemssen und Reichmann 2011). Trotzdem eröffnet das vegetative Nervensystem als globales und regulatorisches System Wissenschaftlern und Klinikern ein unglaublich großes Potential, einen objektiven Einblick in das Stress- und Regenerationserleben von Probanden und Patienten zu erlangen. Als Zugang zu diesem komplexen System entdeckte man die Herzschlagfrequenz, die kostengünstig und ohne invasive Maßnahmen zu untersuchen ist. Nicht nur die Herzschlagfrequenz

an sich, sondern vielmehr die zeitliche Variabilität zwischen den einzelnen Herzschlägen, ausgedrückt als NN-Intervalle (Normal-to-Normal-beat, auch als RR-Intervall (R-Zacke zu R-Zacke im EKG) bezeichnet) in Millisekunden, birgt einen großen Informationsgehalt über die Aktivitäten der verschiedenen Regelkreisläufe des Probanden. Diese Variabilität wird allgemein als Herzschlagfrequenzvariabilität oder Herzratenvariabilität benannt. Um diese zu beschreiben, existiert „eine Vielzahl von mathematisch berechneten Parametern, welche die Varianz, Rhythmik oder Komplexität einer Zeitreihe von aufeinander folgenden Herzaktionen – den sog. NN-Intervallen“ – nutzt (Sammito et al. 2016b). Allgemein kann gesagt werden, dass, je geringer das Stress-Level und die Herzschlagfrequenz an sich sind, umso größer die HRV ist (Järvelin-Pasanen et al. 2018). Eckoldt et al. (1980) zeigten in experimentellen Studien, dass sich durch Blockade der parasympathischen Efferenzen durch Atropin die Herzschlagfrequenz steigern lässt, die kurzfristige Variabilität (Sinusarrhythmie) jedoch abnimmt. Umgekehrt führte die Blockade der sympathischen Efferenzen durch Propanolol jedoch nur zu einer Senkung der Herzschlagfrequenz, nicht jedoch zu einer Steigerung der kurzfristigen Variabilität. Dementsprechend wird also die kurzfristige Variabilität vor allem von parasympathischen Efferenzen bestimmt. Die Wirkung des Sympathikus auf die HRV tritt hingegen deutlich verzögert auf, wodurch dieser eher für Schwankungen im mittleren Zeitbereich sorgt. Ein wichtiger Grund hierfür liegt vermutlich in den unterschiedlichen Eigenschaften der jeweiligen Transmitter. Für die Frequenzregulierung zwischen zwei Herzschlägen ist vor allem die Freisetzung und die Eliminationszeit der Neurotransmitter von Bedeutung. Noradrenalin wird zum einen deutlich langsamer in den synaptischen Spalt freigesetzt als Acetylcholin. Außerdem wird es zu etwa 70 % an der präsynaptischen Endplatte wiederaufgenommen und verliert erst dadurch seine Wirkung an der postsynaptischen Endplatte. Acetylcholin wird wiederum direkt im synaptischen Spalt enzymatisch gespalten und dadurch schneller deaktiviert. Somit ist die Informationsübertragung des Parasympathikus deutlich weniger verzögert und direkter als die des Sympathikus (Levy et al. 1993; Silbernagl und Despopoulos 2012). Ein weiterer Grund könnte auch in der unterschiedlichen Myelinisierung der efferenten Fasern liegen. Während Vagusfasern stark durch Myelinscheiden isoliert sind, ist dies bei Sympathikusfasern nicht der Fall, was in einer zehnmal geringeren Leitungsgeschwindigkeit resultiert (Eckberg und Fritsch 1993; Esperer 1995).

In zahlreichen Untersuchungen zeigte sich außerdem, dass sich gesunde Probanden in übergeordnete Gruppen von Vagotonikern (niedrigere Herzschlagfrequenz, höhere absolute Sinusarrhythmie) und Sympathotonikern (höhere Herzschlagfrequenz und geringere absolute Sinusarrhythmie) einteilen lassen (Pfister 1990; Pfister und Hartmann 1991). Laube et al. (1984) ermittelten, dass Probanden aus der Gruppe der Vagotoniker nach einer physischen Belastung signifikant schneller ihr kardiales Ausgangsniveau erreichen als Probanden aus der Gruppe der Sympathotoniker. Böckelmann (1994) konnte zeigen, dass Probanden aus der

Gruppe der Vagotoniker während einer geistigen Belastung nicht nur eine deutlich größere absolute Sinusarrhythmie im Vergleich zu den Sympathotonikern aufweisen, sondern dass diese über einen Belastungszeitraum von 60 Minuten auch größeren Schwankungen unterliegt, was auf eine kontinuierliche und effektivere Anpassung der vegetativen Regulationsmechanismen bei dieser Gruppe hindeutet.

Um die HRV zu ermitteln, werden mittels EKG-Ableitungen Aufnahmen der elektrischen Herzaktivität erstellt. In diesen werden später die NN-Intervalle gemessen, aus denen dann die HRV-Parameter berechnet werden. Um möglichst lange EKG-Aufnahmen zu erhalten, kommen meist kleine und tragbare Holter-Geräte zum Einsatz (Holter 1961). Pulsuhren oder -Gurte sowie Pulsoximeter eignen sich für die Forschung und Klinik in den meisten Fällen nicht, da zum einen nicht jede Herzaktion auch einen Puls nach sich ziehen muss und zum anderen die Auflösung einer Pulswelle deutlich geringer ist als zum Beispiel die einer R-Zacke im EKG (Wallén et al. 2012; Sammito und Böckelmann 2016b). Eine Messung auf der Ebene von Millisekunden ist so also an Hand des peripheren Pulses nicht zuverlässig möglich und sollte nur in Ausnahmefällen stattfinden, wenn die Verwendung eines EKGs nicht möglich ist (Sammito und Böckelmann 2015b).

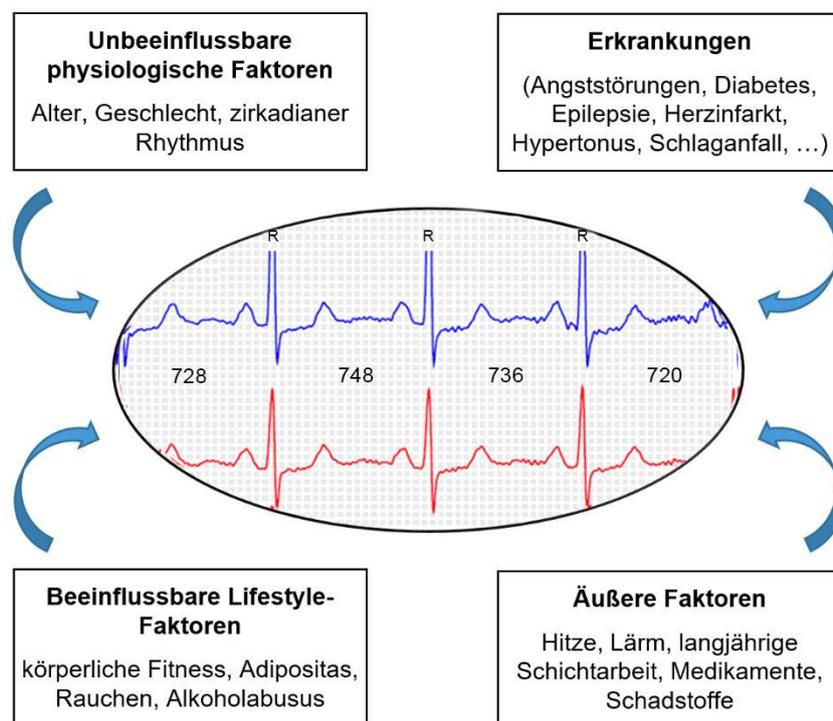


Abbildung 4: Einflussfaktoren auf die HRV (modifiziert nach Böckelmann und Sammito (2016))

Zu den weiteren Qualitätskriterien einer HRV-Analyse zählt, dass Extrasystolen nicht in die Berechnungen mit einfließen, da diese unabhängig vom Sinusknoten und damit auch unab-

hängig vom vegetativen Nervensystem entstehen und somit eine höhere Variabilität suggerieren würden (Salo et al. 2001; Sammito und Böckelmann 2014). Sammito et al. (2016b) empfehlen, ab einem Anteil von 1 % Extrasystolen an der Gesamtheit der aufgezeichneten Herzschläge von einer HRV-Analyse abzusehen. Dies betrifft also vor allem Probanden und Patienten mit manifesten Herzrhythmusstörungen. Im Rahmen der Auswertung von HRV-Parametern muss außerdem der Einfluss des Geschlechtes berücksichtigt werden. Insbesondere bei vergleichenden Untersuchungen im Rahmen von Studien sollte dieser Faktor beachtet und Geschlechtergruppen getrennt miteinander verglichen werden (Koenig und Thayer 2016). Ein besonderes Augenmerk sollte schon bei der Planung auf den Untersuchungszeitraum gelegt werden. Die HRV unterliegt im Rahmen einer zirkadianen Rhythmik einer starken Schwankung im Tagesverlauf (Massin et al. 2000; Bilan et al. 2005; Boudreau et al. 2012; Riganello et al. 2019). Je nach Untersuchungsziel sollten der Aufnahmezeitraum und die Aufnahmedauer im Vorhinein geklärt werden (Böckelmann und Sammito 2020). Längere Aufnahmen sind weniger anfällig für tageszeit- und aktivitätsabhängige Schwankungen. Nachts steigt die HRV im Vergleich zum Tag an und erreicht in der zweiten Nachthälfte ihr Maximum (Sammito et al. 2016a). Weitere Einflussfaktoren auf die HRV sind zusammenfassend in der Abbildung 4 dargestellt.

1.4.5 Herzschlagfrequenzvariabilitätsanalyse

Die etablierten mathematischen Berechnungen der HRV unterteilen sich in zeitbezogene, frequenzbezogene und nichtlineare Analysen, mit denen jeweils verschiedene Parameter ermittelt werden (Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology 1996; Sassi et al. 2015; Sammito et al. 2021).

Die zeitbezogenen Parameter werden in rein statistische und geometrische Parameter unterteilt. Die statistischen Parameter bewerten im Wesentlichen die Varianz der NN-Intervalle, während die geometrischen Parameter anhand von Dreieckskonstruktionen am HRV-Balkendiagramm ermittelt werden (Billman 2011). Zu den am häufigsten verwendeten statistischen HRV-Parametern zählen MeanNN (durchschnittliche Dauer aller NN-Intervalle), SDNN (Standard Deviation of NN, Standardabweichung der Dauer aller NN-Intervalle), RMSSD (Root Mean Square of Successive Differences, Quadratwurzel aus dem arithmetischen Mittel der quadrierten Differenzen zwischen benachbarten NN-Intervallen), pNN50 (Proportion of NN50 divided by total number of NN, Anteil aufeinanderfolgender NN-Intervalle mit einer Abweichung > 50 ms) und CV (Coefficient of Variation, Variationskoeffizient) (Sammito et al. 2021). Unter den geometrischen Parametern finden besonders häufig der Triangular Index (Integral der Dichteverteilung) und der TINN (Triangular Interpolation of NN Interval Histogramm, Trianguläre Interpolation des Histogramms aller NN-Intervalle) Anwendung. Soll die Gesamtvariabilität der NN-Intervalle betrachtet werden, eignen sich vor allem SDNN und CV. Ist eher die Aktivität

des Parasympathikus von Interesse, wird die Verwendung von RMSSD empfohlen (Böckelmann und Sammito 2016). Da mit steigender Aufnahmedauer auch die durch zeitbezogene Parameter ermittelte HRV steigt, ist es entscheidend, nur Daten gleicher Aufnahmedauer bzw. ähnlicher NN-Intervallzahl miteinander zu vergleichen (Sammito und Böckelmann 2015a). Zur Ermittlung der frequenzbezogenen Parameter werden die NN-Intervalle in frequenzabhängige Oszillationen überführt. Dadurch lassen sich die rhythmischen Änderungen in Amplitude und Frequenz aufspalten und anschließend grafisch darstellen. Dazu wird auf der x-Achse die Frequenz in mHz und auf der y-Achse die Amplitude bzw. Power in ms^2 aufgetragen. Aus der Darstellung dieser Frequenzkurve lassen sich dann Informationen über die Aktivität der verschiedenen physiologischen Regelsysteme ableiten. Um die Aktivität der Regelsysteme auch im zeitlichen Verlauf darzustellen, lässt sich die Frequenzkurve in ein HRV-Spektrogramm überführen. Hierzu wird die Gesamtaufnahme in Fünf-Minuten-Abschnitte zerlegt, für die jeweils eine Frequenzkurve berechnet wird. Die Amplitude wird dann farblich kodiert (von grau (keine Aktivität) über gelb, orange, rot zu blau (sehr hohe Aktivität)) (Eller-Berndl 2015). Wie in Abbildung 5 beispielhaft dargestellt, wird auf der x-Achse des Spektrogramms die Zeit und auf der y-Achse die Frequenz aufgetragen.

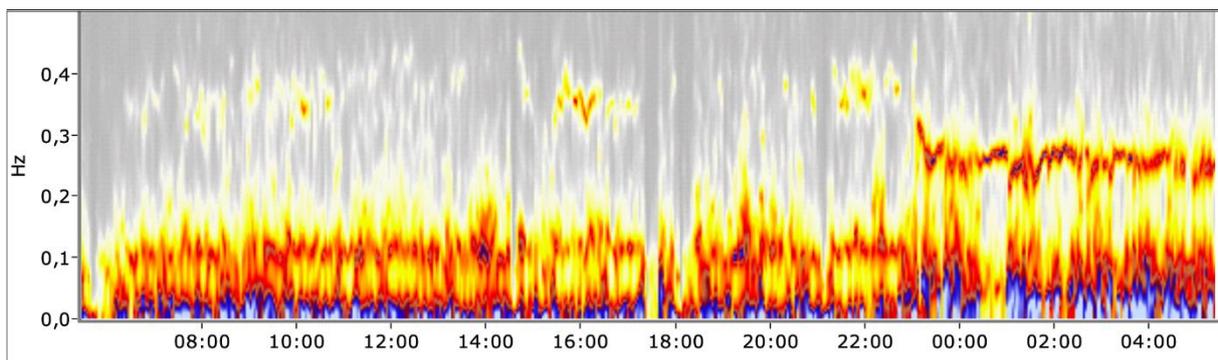


Abbildung 5: HRV-Spektrogramm

Am häufigsten werden für die Spektralanalyse die Verfahren der Autoregression (AR) und der schnellen Fourier-Transformation (Fast Fourier Transformation = FFT) verwendet. Es gibt allerdings auch noch weitere Verfahren wie die Trigonometric regressive spectral analysis, die jeweils unterschiedliche mathematische Vorteile aufweisen (Rüdiger et al. 1998).

Die kontinuierlichen Frequenzen werden in verschiedene Frequenzbänder unterteilt, denen sich die an der HRV beteiligten physiologischen Regelsysteme zuordnen lassen. Das Band, das die höchsten Frequenzen mit 0,15 – 0,40 Hz zusammenfasst, ist das High Frequency (HF)-Band. Dieser Frequenzbereich wird parasympathischen Einflüssen zugeordnet (Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology 1996). Er spiegelt die schnelle Adaptation der Herzschlagfrequenz an die

Atmung wider, die auch als respiratorische Sinusarrhythmie (RSA = Respiratory Sinus Arrhythmia) bezeichnet wird (Böckelmann und Sammito 2016). Der nächste Frequenzbereich enthält die Frequenzen 0,04-0,15 Hz und wird als Low Frequency (LF)-Band bezeichnet. In diesem Band lassen sich sowohl parasympathische als auch sympathische Einflüsse finden. Hier spiegeln sich vor allem baroreflexvermittelte Schwankungen des arteriellen Blutdrucks (Traube-Hering-Mayer-Wellen) wider (Billman 2013). Insgesamt dominiert wahrscheinlich der Anteil des Parasympathikus (Randall et al. 1991; Billman 2013; Böckelmann und Sammito 2016). Häufig wird der Quotient LF/HF verwendet, um die sympatho-vagale Balance zu beschreiben. Auch wenn der Quotient tatsächlich bei zunehmender Aktivität des Sympathikus steigt, suggeriert dieser, dass sich eine klare Trennung zwischen Sympathikus und Parasympathikus im Frequenzspektrum vornehmen ließe. Diese klare Zuordnung ist allerdings nicht möglich (Billman 2013; Böckelmann und Sammito 2016). Der sich anschließende Frequenzbereich umfasst die Frequenzen zwischen 0,003 – 0,04 Hz. Dieses Frequenzband wird auch als Very Low Frequency (VLF)-Band bezeichnet und steht vermutlich mit der Vasomotorik, der Thermoregulation, dem Atemmuster und hormonellen Einflüssen wie dem Renin-Angiotensin-System in Verbindung (Taylor et al. 1998; Lohninger 2017). Bernardi et al. (1996) wiesen allerdings auch einen großen Einfluss von körperlicher Aktivität auf die Frequenzen unter 0,03 Hz nach. Auf Grund der Zykluslänge von 25 Sekunden bis zu mehreren Minuten sollte das VLF-Band nur bei Langzeitvariabilitätsmessungen betrachtet werden (Lohninger 2017). Gleiches gilt für das vierte Frequenzband mit allen Frequenzen unter 0,003 Hz. Diese Frequenzen werden als Ultra Low Frequency (ULF)-Band zusammengefasst und spiegeln durch ihre extreme Zykluslänge den tageszeitlichen Rhythmus wider. Die genauen Mechanismen hinter diesen Langzeitoszillationen sind noch nicht ausreichend erforscht. Allerdings stehen wahrscheinlich Einflüsse der thermoregulatorischen, humoralen und circadianen Systeme dahinter (Lohninger 2017).

Zu den nicht linearen Methoden der HRV-Analyse gehören die Darstellung der NN-Intervalle in einem Poincaré-Plot (= Scatterplot oder Lorenz-Plot) und die trendbereinigende Fluktuationsanalyse (DFA). Im Poincaré-Plot wird jedem NN-Intervall das nachfolgende NN-Intervall als Funktionswert zugeordnet. Es entsteht eine Punktwolke, die entweder visuell nach ihrer charakteristischen Form beurteilt oder nach einer Ellipsenmodellierung auch durch Parameter beschrieben werden kann. Häufig verwendet werden die Parameter SD1 (kurzfristige Variabilität, Parasympathikus) und SD2 (langfristige Variabilität) (Lohninger 2017). Bei der DFA handelt es sich um ein quantitatives Verfahren, mit dem die zufällige Variabilität von der durch physiologische Regelprozesse bedingte Variabilität getrennt werden kann (Sammito und Böckelmann 2015a). Wichtige Parameter der DFA sind Alpha 1 und Alpha 2 (Sammito und Böckelmann 2016b).

Neben diesen etablierten und teilweise sehr gut untersuchten Parametern gibt es auch noch eine Reihe weiterer Parameter, die zumindest im aktuellen wissenschaftlichen Geschehen der

westeuropäischen und US-amerikanischen Forschung kaum eine Rolle spielen. Einer dieser Parameter, der besonders durch den russischen Weltraummediziner Prof. R. M. Baevsky geprägt wurde, ist der sogenannte „(An-)Spannungsindex“ oder „Stressindex“ (SI). Dieser reflektiert vor allem die sympathische Aktivität des vegetativen Nervensystems und steigt sowohl bei psychischem, als auch physischen Stress bis auf das 20-fache seines Referenzwertes an (Baevsky 1999). Des Weiteren sind aus dieser Kategorie der Adäquanzindex der Regulationsprozesse (RPAI), der Vegetative Rhythmusindex (VRI), der Index des vegetativen Gleichgewichts (VBI) und der Coefficient of Variation (CV) zu nennen. Diese Parameter werden von den Daten der Varianzanalyse abgeleitet - zählen also somit im engeren Sinne ebenfalls zu den zeitbezogenen Parametern - und sollen innerhalb dieser Studie besonders in den Fokus gerückt und auf ihre Zuverlässigkeit und Aussagekraft in Bezug auf die psychische Gesundheit hin untersucht werden. Die genauen mathematischen Beschreibungen werden im Abschnitt 2.6 vorgenommen.

1.4.6 Herzschlagfrequenzvariabilität zur Ermittlung berufsbedingter Beanspruchung

Studien, die berufsbedingte Beanspruchung und die individuelle Arbeitsbelastung von Probanden untersuchen wollen, nutzen zur objektiven Messung dieser häufig eine Auswahl von HRV-Parametern und orientieren sich bei der Einordnung der Belastung am Job-Demand-Control (-Support)-Modell von Karasek (1979) (siehe 1.2.2) (Togo und Takahashi 2009). Collins et al. (2005) zeigten an einer großen Gruppe von Probanden aus unterschiedlichen Industriesektoren, die sie in Gruppen von hoch belasteten und niedrig belasteten Berufen einteilten, dass eine hohe berufliche Belastung und ein geringer Entscheidungsspielraum mit einer Abnahme der HRV im HF-Bereich und Erhöhung des LF/HF-Quotienten verbunden ist. Auch Järvelin-Pasanen et al. (2018) zeigten, dass beruflich bedingter Stress mit einer reduzierten HRV, insbesondere im Bereich der parasympathisch beeinflussten Frequenzbändern, einhergeht. Van Amelsvoort et al. (2000) verglichen die berufliche Beanspruchung zwischen Schichtarbeitern und Arbeitern, deren Arbeitszeit ausschließlich tagsüber liegt. Allgemein hatten auch hier Probanden mit hoher Belastung und geringem Entscheidungsspielraum, aber auch solche mit geringer Belastung und wenig Entscheidungsspielraum und solche mit hoher Belastung und hohem Entscheidungsspielraum eine erhöhte normalized LF. Im Vergleich der Gruppen der Schichtarbeiter und den Probanden, die ausschließlich tagsüber arbeiteten, zeigten die Schichtarbeiter während der Schlafphasen signifikant geringere SDNNi-Werte, was darauf hindeuten könnte, dass die Regenerationsfähigkeit bei Schichtarbeitern durch den gestörten zirkadianen Rhythmus eingeschränkt ist. Und auch Übersichtsarbeiten wie von Jarczok et al. (2013) liefern Hinweise dazu, dass ungünstige psychosoziale Arbeitsbedingungen mit einer

schlechteren Funktion des autonomen Nervensystems, die ebenfalls mittels HRV-Parameter bestimmt wurde, assoziiert sind.

Besonders zuverlässig sind HRV-Messungen im beruflichen Umfeld, wenn sie in relativ standardisierten Umgebungen stattfinden, die sich repetitiv messen lassen und so eine gute intra- und interindividuelle Vergleichbarkeit ermöglichen. Prädestiniert hierfür sind beispielsweise chirurgisch tätige Ärzte, weil diese während ihrer Operationen besonders belastet sind und sich die operative Tätigkeit klar von der restlichen Arbeitstätigkeit abgrenzen lässt. Thielmann und Boeckelmann (2016) konnten in ihrem Literaturüberblick zeigen, dass die HRV der Operateure während der operativen Tätigkeit deutlich abnimmt. Außerdem war diese Abnahme bei den ersten Operateuren deutlicher als bei den Assistenten und auch unerfahrenere Operateure zeigten eine geringere HRV im Vergleich zu ihren erfahreneren Kollegen.

Andere Studien konnten solche Zusammenhänge jedoch nicht immer widerspiegeln. Riese et al. (2004) konnten beispielsweise keinen Effekt der beruflichen Belastung auf den RMSSD bei Krankenschwestern nachweisen. Kang et al. (2004) untersuchten männliche Werftarbeiter und konnten auch bei diesen keine signifikanten Unterschiede zwischen hoch- und niedrigbelasteten Probanden bezüglich einer Vielzahl von HRV-Parametern während einer Ruhephase nachweisen (Togo und Takahashi 2009).

Ähnlich verhält es sich mit dem Zusammenhang zwischen dem Burnout-Syndrom – das als langfristige Beanspruchungsfolge von beruflicher Belastung gesehen wird – und der HRV. Thielmann et al. (2021a) konnten beispielsweise keine Assoziation zwischen gesundheitsbeeinträchtigenden Ausprägungen der drei Subskalen des Burnout-Syndroms mit einer niedrigeren HRV nachweisen. Auch die Übersichtsarbeit von Loeff et al. (2018) zeigte zwar einen positiven Zusammenhang zwischen Arbeitsstress und Herzfrequenz und eine negative Assoziation zwischen Arbeitsstress und HRV, konnte aber keine eindeutige Schlussfolgerung in Bezug auf Burnout und eine möglicherweise erniedrigte HRV nachweisen. Lo et al. (2020) konnten zwar Korrelationen zwischen einigen Items ihrer Burnout-Fragebögen und einigen HRV-Parameter nachweisen, aber auch bei Ihnen ergaben sich nach Korrektur aller möglichen Störfaktoren keine Zusammenhänge zwischen dem verwendeten occupational burnout inventory und den betrachteten HRV-Parametern.

Diese Ergebnisse zeigen erneut, dass sowohl die psychische als auch die physische Arbeitsbelastung einen Einfluss auf die HRV haben, es zum Teil aber sehr schwierig sein kann, die Ergebnisse unterschiedlicher Studien, die mit unterschiedlichen HRV-Parametern, Rechenmodellen, Messzeiträumen und nicht zuletzt verschiedenen Berufs-, Alters- und Geschlechtsgruppen arbeiten, zu vergleichen. Hier sind in Zukunft weitere Untersuchungen gefragt, die eine Auswahl und Empfehlung von HRV-Parametern und Voraussetzungen schaffen, die eine möglichst einfache, aber trotzdem zuverlässige Untersuchung der beruflichen Beanspruchung von Probanden ermöglicht.

1.5 Zielstellung und Arbeitshypothesen

Die vorliegende Arbeit hat das Ziel zu untersuchen, inwieweit die Aussagen zu subjektiv eingeschätzten Beanspruchungsfolgen einer psychischen Belastung in Berufsgruppen aus dem Sozial- und Dienstleistungssektor mit hohem Kundenkontakt (Arzthelferinnen, Kindergärtnerinnen und Bankangestellte) mit der objektiv anhand von HRV-Parametern ermittelten Beanspruchung übereinstimmen. Besonders in den Fokus wurde hierfür eine Auswahl an HRV-Parametern gerückt, die teilweise schon lange bekannt sind, derzeit aber im deutschsprachigen Raum kaum Anwendung in der HRV-Forschung finden. Aus dem aktuellen Literaturstand ableitend wurden folgende Hypothesen aufgestellt und überprüft:

- H1: Die subjektiv eingeschätzte psychische Gesundheit ist in den Berufsgruppen aus dem Sozialektor eingeschränkter als im Dienstleistungssektor mit hohem Kundenkontakt.
- H2: Das Burnout-Risiko ist in den Berufsgruppen aus dem Sozialektor höher als in dem Dienstleistungssektor mit hohem Kundenkontakt.
- H3: Die psychische Belastung in den Berufsgruppen aus dem Sozial- und aus dem Dienstleistungssektor mit hohem Kundenkontakt spiegelt sich in einer reduzierten HRV gleichermaßen wider.
- H4: Eine subjektiv eingeschränkte psychische Gesundheit ist mit einer reduzierten HRV assoziiert.
- H5: Ein erhöhtes Burnout-Risiko steht in Zusammenhang mit einer reduzierten HRV.
- H6: Die Faktoren Alter, Berufsgruppe, GHQ-Summe und Burnout-Risiko beeinflussen mit einem starken Effekt die HRV.
- H7: Die hier genutzten seltenen HRV-Parameter korrelieren mit den etablierten Parametern der aktuellen Leitlinie.

2 Methodik

2.1 Studiendesign

Die Daten für die vorliegende Studie stammen von insgesamt drei Querschnittsstudien des Bereichs Arbeitsmedizin mit vergleichbarem Design, die an drei verschiedenen Berufsgruppen durchgeführt worden sind. Für diese lagen jeweils positive Vota der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg vor: Die Studie zu Bankangestellten (Reg.-Nr. 63/13), die Studie zu Arzthelferinnen (Reg.-Nr. 67/13) sowie die Studie zu Erzieherinnen (Reg.-Nr. 40/17) sind positiv bewertet worden. Die entsprechenden Vota der Ethikkommission sind im Anhang 1 aufgeführt. Die ursprünglich gewonnenen Rohdaten wurden im Rahmen dieser Promotion neu aufbereitet, berechnet und ausgewertet.

Zur Datenerfassung wurden die jeweiligen Probanden entweder an ihren Arbeitsplätzen besucht oder sie kamen in die Räumlichkeiten des Bereiches Arbeitsmedizin der Medizinischen Fakultät an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg. Nach der Begrüßung des Probanden wurde dieser über den folgenden Untersuchungsablauf aufgeklärt und ihm die Einwilligungserklärung (Beispiel für die Erzieherinnen-Studie im Anhang 2) zur Teilnahme an der Studie zum Unterschreiben vorgelegt. Den Probanden wurde ein Langzeit-EKG für 24 Stunden angelegt. Außerdem wurden Fragebögen zur Erhebung allgemeiner soziodemographischer und gesundheitsbezogener Daten und subjektiver Beanspruchungsdaten ausgehändigt (Anhang 3), die zusammen mit dem Langzeit-EKG-Gerät am nächsten Tag ausgefüllt abgegeben werden sollten. In einem gemeinsamen Auswertungsgespräch, das ca. 1-2 Wochen nach dem ersten Treffen stattfand, bzw. in einer für den Probanden individuell erstellten Broschüre wurden die Ergebnisse des Langzeit-EKGs und der Fragebögen besprochen und Vorschläge zur individuellen Prävention unterbreitet.

2.2 Probanden

Das in dieser Studie untersuchte Probandenkollektiv wurde aus drei verschiedenen Studien mit identischem Design rekrutiert. Die Probanden waren in drei verschiedenen Berufsgruppen beschäftigt und arbeiteten als Erzieherinnen, Arzthelferinnen oder Bankangestellte. Die folgenden Kriterien führten zum Ausschluss der Probanden aus der Studie:

- Vorhofflimmern/ -flattern
- > 1 % supraventrikuläre oder ventrikuläre Extrasystolen (Sammito et al. 2016b)
- AV-Block II° oder III°
- regelmäßige Einnahme relevanter, die Herzschlagfrequenz beeinflussender Medikamente (z. B. Betablocker) oder leistungssteigernder Substanzen
- Hypertonus und sonstige kardiologische Vorerkrankungen (Sammito und Böckelmann 2016a)

- momentane außergewöhnliche körperliche und/oder psychoemotionale Belastung
- Schichtarbeit mit Nachtschichten

Auf Grund eines starken Ungleichgewichts zwischen der Anzahl der weiblichen und männlichen Probanden wurden für die nachfolgenden Untersuchungen außerdem die männlichen Probanden ausgeschlossen. Dies ist unter der Annahme sinnvoll, dass gerade die Herzschlagfrequenzvariabilität, die hier als objektives Beanspruchungskriterium genutzt wird, geschlechterspezifisch ist (Umetani et al. 1998; Voss et al. 2015; Sammito 2016a). Somit wurden insgesamt 315 Probandinnen eingeschlossen, die ein Durchschnittsalter von $43,2 \pm 11,6$ Jahren (Median 45 Jahre, Spannweite 22 – 66 Jahre) hatten. Aus der Gruppe der Erzieherinnen wurden 191 Probandinnen eingeschlossen, aus der Gruppe der Arzthelferinnen 49 und aus der Gruppe der Bankangestellten 75. Die Teilnahme an der Studie wurde nicht monetär vergütet.

2.3 Erfassung soziodemographischer und gesundheitsbezogener Daten

Zur Erfassung der soziodemografischen und gesundheitsbezogenen Daten wurde ein Fragebogen der MIGA-Heart-Study verwendet (Anhang 3). Neben allgemeinen Informationen wie Körpergröße und Gewicht zur Berechnung des BMI wurden auch Informationen zu den Einflussfaktoren auf die HRV wie relevante Vorerkrankungen (z. B. arterielle Hypertonie, Durchblutungsstörungen, Diabetes mellitus und psychiatrische Erkrankungen) abgefragt. Außerdem wurden auch Informationen zu aktuellem oder ehemaligem Tabakkonsum und dem Trinkverhalten von Kaffee oder Tee sowie von Alkohol eingeholt. Abschließend wurde das sportliche Verhalten der Probandinnen über die regelmäßigen Sporteinheiten pro Woche abgeschätzt. Diese Daten wurden auch zur genaueren Beschreibung der Kohorte verwendet. Außerdem ließen sich mögliche Einflüsse auf die ermittelten HRV-Daten vermeiden.

2.4 Erfassung der Belastungsfaktoren

Zur besseren Einschätzung der beruflichen Belastungsfaktoren wurden diese anhand berufsgruppenadaptierter, spezifischer Fragebögen ermittelt. Im Anhang A.5 befindet sich beispielhaft der Fragebogen für die Erzieherinnen, der sich an der „Prüfliste zur Erfassung vorwiegend psychischer Belastungen bei Erzieherinnen“ von Rudow (2001) orientiert. Dieser fragt verschiedene Items aus den Bereichen „Kinder und Gruppe“, „Team“, „Leitung“, „Träger“, „Arbeitsaufgaben und Organisation“, „Arbeitsumwelt“, „räumlich-technische Ausstattung“ und „körperliche Anforderungen“ ab indem die Probandinnen zuerst zwischen „trifft ... zu“ mit „ja“ oder „nein“ auswählen und dann die Stärke der empfundenen Belastung („nicht“ – „kaum“ – „mittel“ – „stark“) angeben konnten.

2.5 Erfassung subjektiver Beanspruchungsdaten

Um die subjektive psychische Beanspruchung der Probandinnen ermitteln zu können, wurden standardisierte und etablierte Fragebögen verwendet. Dazu gehörten das Maslach-Burnout-Inventar (MBI) und der General-Health-Questionnaire (GHQ-12).

2.5.1 General-Health-Questionnaire

Der General-Health-Questionnaire (GHQ) ist ein häufig verwendeter Fragebogen zum Screening von psychiatrischen Erkrankungen in der Primärversorgung, der erstmals 1972 von David P. Goldberg publiziert wurde (Goldberg 1972). Er steht in verschiedenen Versionen mit unterschiedlicher Anzahl der Fragen zur Verfügung. Für diese Studie wurde der GHQ-12 mit insgesamt zwölf Fragen verwendet, der im direkten Vergleich mit dem GHQ-28 mit 28 Fragen genauso robuste Ergebnisse zur psychischen Gesundheit liefert (Goldberg et al. 1997), allerdings durch den geringeren Fragenumfang schneller und einfacher zu erheben ist. Der Fragebogen lag den Probandinnen in einer deutschen Übersetzung nach Linden et al. (1996) vor. Die Fragen konnten jeweils vierstufig beantwortet werden („besser als üblich“ – „so wie üblich“ – „schlechter als üblich“ – „viel schlechter als üblich“). Es erfolgte eine Selbsteinschätzung des aktuellen gesundheitlichen Zustandes der vergangenen vier Wochen im Vergleich zum gewöhnlichen Gesundheitszustand. Die anschließende Auswertung des GHQ-12 kann nach zwei verschiedenen Methoden erfolgen: Zum einem dem Likert-Scoring (Antwortskalierung 0-1-2-3; Punkteverteilung von 0 bis 36) (Goldberg et al. 1997) und zum anderen nach dem dichotomen GHQ-Scoring (Antwortskalierung 0-0-1-1; Punkteverteilung von 0 bis 12), das von Goldberg vor allem empfohlen wird (Goldberg et al. 1997). In dieser Arbeit wurden beide Auswertungsmethoden verwendet. Zur Einschätzung der Schwere der psychischen Beeinträchtigung wurden die Punktwerte der einzelnen Antworten zu einer GHQ-Summe (mögliche Punktzahl von 0 bis 36) addiert. Je höher die Punktzahl, desto stärker die Beeinträchtigung der psychischen Gesundheit. Zur Unterscheidung zwischen stabiler und beeinträchtigter psychischer Gesundheit wurde die dichotome Auswertungsmethode genutzt. Der Grenzwert, ab dem man von einer Beeinträchtigung der psychischen Gesundheit ausgeht, ist abhängig von populationspezifischen Faktoren (Üstün und Sartorius 1995; Goldberg et al. 1997; Goldberg et al. 1998). In Anlehnung an Üstün und Sartorius (1995), Linden et al. (1996) und Seibt et al. (2012) wurde in dieser Arbeit ein Cut-off-Wert von ≥ 5 Punkten gewählt. Probandinnen mit fünf oder mehr Punkten wurden dementsprechend der Gruppe mit beeinträchtigter psychischer Gesundheit zugeordnet, die Probandinnen mit weniger als fünf Punkten der Gruppe mit stabiler psychischer Gesundheit.

2.5.2 Maslach-Burnout-Inventar

Zur Abschätzung des Burnout-Risikos als negative langfristige Beanspruchungsfolge der Probandinnen wurde das Maslach-Burnout-Inventary – General Survey (MBI-GS) (Maslach et al. 1986; Schaufeli et al. 1997) in einer deutschen Übersetzung verwendet. Es umfasst insgesamt drei Subskalen: „Emotionale Erschöpfung“ (EE), „Zynismus“ (ZY) und „Leistungsfähigkeit“ (LF). Die Items des Fragebogens sind in Form von Aussagen gestaltet, die die mögliche Gefühlslage oder Einstellung der Probandin ausdrücken (Maslach und Jackson 1981). Er fragt nach der Häufigkeit der in den 16 Items beschriebenen Gefühle in den letzten vier Wochen bezogen auf die Arbeit. Dabei kann die Probandin auf einer siebenstufigen Likert-Skala von „nie“ (0) über „einige Male pro Jahr“ (1) – „einmal im Monat“ (2) – „mehrmals pro Monat“ (3) – „einmal in der Woche“ (4) – „mehrmals in der Woche“ (5) bis „täglich“ (6) wählen. In der Auswertung wird für jede Subskala der Mittelwert gebildet. Mit steigenden Werten der Subskalen EE und ZY bzw. sinkenden Werten für die Subskala LF steigt auch das Risiko für ein Burnout-Syndrom. Anhand einer nordamerikanischen Stichprobe ($n = 3727$) haben Maslach und Jackson die einzelnen MBI-GS-Punktwerte in drei Bewertungskategorien zusammengefasst (Tabelle 2):

Tabelle 2: Bewertung der Burnout-Subskalen nach Maslach et al. (1986)

Burnout-Subskalen	gering	durchschnittlich	hoch
Emotionale Erschöpfung	$\leq 2,0$	2,01 – 3,19	$\geq 3,2$
Zynismus	$\leq 1,0$	1,01 – 2,19	$\geq 2,2$
Leistungsfähigkeit	$\leq 4,0$	4,01 – 4,99	$\geq 5,0$

Um auch eine Gesamtaussage zum individuellen Burnout-Risiko der Probandinnen machen zu können, erfolgte eine Umkodierung der Leistungsfähigkeit zur Variablen „reduzierte Leistungsfähigkeit“ (red. LF) und die Gewichtung der Subskalen nach Kalimo et al. (2003):

$$\text{Burnout} - \text{Risiko} = (0,4 * EE) + (0,3 * ZY) + (0,3 * \text{red. LF})$$

Tabelle 3: Klassifikation des Burnout-Gesamtscores nach Kalimo et al. (2003)

Punktzahl	Klassifikation	Symptommhäufigkeit
0 - 1,49	kein Burnout	ein paar Mal im Jahr
1,50 – 3,49	einige Burnout-Symptome	ein Paar Mal im Monat
3,50 – 6,00	Burnout-Risiko	mehrmals pro Woche oder täglich

Bei einem Punktwert unter 1,49 besteht kein Risiko, ein Burnout-Syndrom zu entwickeln. Zwischen einem Wert von 1,5 bis 3,49 sind einige Burnout-Symptome mehrmals im Monat vorhanden. Liegt der errechnete Wert über 3,5 Punkten, ist das Risiko hoch, ein Burnout-Syndrom zu entwickeln (Tabelle 3).

2.6 Erfassung objektiver Beanspruchungsdaten

Zur Erfassung der objektiven Beanspruchungsdaten wurde die Herzschlagfrequenzvariabilität (HRV) verwendet. Diese gibt eine globale Auskunft über die Sympathikus- und Parasympathikusaktivität und das damit zusammenhängende Stress- bzw. Beanspruchungslevel des Probanden. Zur Erfassung des dazu benötigten Langzeit-Elektrokardiogramms (EKG) bzw. der NN-Abstände trugen die Probandinnen das Holtersystem *MT-101* (Fa. Schiller, Schweiz). Das Gerät entspricht den Qualitätskriterien zur Erfassung von Kardiointervallen für die HRV-Bestimmung (Sammito et al. 2015) und besitzt eine Abtastfrequenz von 1000 Hz. Über jeweils vier Klebeelektroden (*Blue Sensor Holter Elektrode*), die nach den Herstellerempfehlungen an den Probandinnen angebracht wurden, konnte so über den entsprechenden Zeitraum ein 2-Kanal-EKG aufgezeichnet werden.

Die Probandinnen wurden darauf hingewiesen, das Gerät nach Möglichkeit 24 h lang ununterbrochen zu tragen und übermäßige körperliche Belastung wie das Treiben von Sport zu vermeiden sowie Duschen bzw. Baden zu unterlassen.

Während der Aufnahmezeit sollten die Probandinnen ihren Tagesablauf in einer zur Verfügung gestellten Tabelle (Anhang 4) genau protokollieren. Durch die dabei gesammelten Informationen war es im Nachhinein möglich, Anstiege im Frequenzprofil der Probandin einer entsprechenden Aktivität zuordnen zu können.

In der anschließenden Analyse wurde das EKG zunächst in die Software Medilog Darwin2 (Fa. Schiller, Schweiz) importiert und auf seine Aufzeichnungsqualität und mögliche Ausschlusskriterien kontrolliert.

Durch Bewegungen der Probandinnen oder durch technische Fehler entstandene Artefakte, die ein automatisches Erkennen der R-Zacken durch die Software verhinderten, wurden nach Möglichkeit manuell nachbearbeitet. Dabei wurden die R-Zacken in der Software ausgewählt und gekennzeichnet. Abschnitte, in denen keine Zuordnung der R-Zacken möglich war, wurden aus der Gesamtaufnahme herausgeschnitten. Aus diesen Daten wurde eine Text-Datei (.txt) mit den zeitlichen NN-Abständen in Millisekunden (ms) erstellt, die anschließend in das Programm Kubios 2.0 (Biomedical Analysis and Medical Imaging Group, University of Kuopio, Finland) eingelesen wurde. Dort folgte die weitere Verarbeitung der NN-Intervalle. Zunächst erfolgte über den gesamten Aufnahmezeitraum eine Artefaktbereinigung und die Anwendung eines Filters. Dazu wurden die Standardeinstellungen in Kubios 2.0 (Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology

1996; Tarvainen et al. 2017) mit den Anpassungen nach Sammito (2016b) angewendet. Anschließend wurden die jeweiligen Untersuchungszeiträume von 24 h, 6 h und 1 h gewählt. Das 6 h-Zeitfenster wurde auf den Zeitraum des Schlafens gelegt. Dieser Zeitraum ist insbesondere interessant, weil er die höchste Standardisierung der Messbedingungen aufweist und Aussagen über die nächtliche Regeneration und die Qualität des Schlafes sowie über die Aktivität des Vagotonus erlaubt. Standardmäßig wurde hier in Anlehnung an Sammito (2016a) die Zeit zwischen 23:00 und 5:00 Uhr angenommen. War im Protokoll des Probanden oder im Frequenzprofil eindeutig zu erkennen, dass dieser Zeitraum bei dem betrachteten Probanden deutlich abwich, wurde der 6 h-Zeitraum dementsprechend manuell in die tatsächliche Schlafphase verschoben, jedoch nicht nach 01:00 Uhr. Für Probanden, die nach 01:00 Uhr zu Bett gegangen sind oder weniger als 6 h geruht haben, wurde kein 6 h-Nachtfenster berechnet. Bei dem 1 h-Zeitfenster am Tage sollte eine typische Stunde im Arbeitsalltag abgebildet werden. Standardmäßig wurde hier der Zeitraum zwischen 10:00 und 11:00 Uhr verwendet, um auch einen Einfluss der zirkadianen Rhythmik des Probanden zu berücksichtigen. Ließ sich im Protokoll eine körperliche Aktivität oder im entsprechenden Frequenzprofil eine Erhöhung der Herzschlagfrequenz erkennen (z. B. auf Grund von Fahrradfahren zur Arbeit) oder wurde die Aufnahme erst in diesem Zeitraum gestartet bzw. beendet, wurde der Zeitraum manuell auf 9:00 bis 10:00 Uhr oder auf 11:00 bis 12:00 Uhr verschoben. Die abschließende Berechnung der HRV-Parameter erfolgte für die drei gewählten Zeiträume separat (24 h, 6 h, 1 h). Die Auswahl der zu untersuchenden HRV-Parameter wurde mit Orientierung an der aktuellen Leitlinie aus dem Zeitbereich, Frequenzbereich und nichtlinearen Bereich getroffen (siehe auch Kapitel 1.4.5). Die Tabelle 4 stellt diese verwendeten Parameter dar.

Tabelle 4: Übersicht der untersuchten Parameter der Herzschlagfrequenzvariabilität

Zeitbereich	Frequenzbereich	Nichtlinearer Bereich
<i>Statistische Parameter:</i>	<i>FFT-Spektrum:</i>	<i>Poincaré Plot:</i>
SDNN [ms]	LF/HF	SD1 [ms]
RMSSD [ms]	<i>ARS-Spektrum:</i>	SD2 [ms]
pNN50 [%]	LF/HF	
<i>Geometrische Parameter:</i>		
Triangular-Index		

Die Parameter Stressindex (SI), Adäquanzindex der Regulationsprozesse (RPAI), Vegetativer Rhythmusindex (VRI), Index des vegetativen Gleichgewichts (VBI) und Variationskoeffizient (CV) wurden – nach der Anwendung des Filters und der Auswahl der zu betrachtenden Zeitfenster in Kubios – in Excel 2016 (Fa. Microsoft) berechnet. Hierzu wurden folgende Formeln verwendet:

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

$$RPAI = \frac{AMo}{Mo}$$

$$VRI = \frac{1}{Mo * MxDMn}$$

$$VBI = \frac{AMo}{MxDMn}$$

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

wobei Mo den Modalwert (häufigste gemessene Dauer eines NN-Intervalls), AMo die Amplitude des Modalwertes (prozentualer Anteil der dem Modalwert entsprechenden NN-Intervalle an allen gemessenen NN-Intervallen), $MxDMn$ die Variationsbreite der NN-Intervalle (Differenz zwischen dem maximalen und minimalen gemessenen NN-Intervall) und $Mean RR$ die durchschnittliche Dauer aller NN-Intervalle darstellt (Sammito und Böckelmann 2016b; Baevsky und Chernikova 2017).

2.7 Statistik

Die Sammlung und statistische Auswertung der Daten erfolgte mit dem Analyse- und Statistikprogramm IBM SPSS Statistics 26 (IBM, Armonk, NY, USA). Das Signifikanzniveau α wurde auf 5 % festgelegt. Ein p-Wert < 0,05 wurde demnach als signifikant betrachtet. Folgende Signifikanzniveaus wurden darüber hinaus definiert und in den jeweiligen Tabellen mit einem, zwei oder drei Sternchen (*) gekennzeichnet:

- signifikanter Unterschied ($p < 0,05$) *
- sehr signifikanter Unterschied ($p < 0,01$) **
- hoch signifikanter Unterschied ($p < 0,001$) ***

Als erster Schritt der Auswertung wurden die Daten deskriptiv beschrieben. Hierzu wurden die Mittelwerte und Standardabweichungen (in Tabellen als $MW \pm SD$ angegeben) und die Mediane mit der Spannweite (in Tabellen als Range bezeichnet) bestimmt.

Auf eine vorliegende Normalverteilung wurde mittels Histogramm und Normalverteilungsplots sowie mit dem Kolmogorov-Smirnow-Anpassungstest geprüft.

Auf Unterschiede hinsichtlich abhängiger Variablen zwischen den verschiedenen Berufsgruppen wurde bei vorliegender Normalverteilung und Intervallskalierung mittels einfaktorieller Varianzanalyse (ANOVA) getestet. Waren die Voraussetzungen für eine einfaktorielle Varianzanalyse nicht gegeben, wurde auf den Kruskal-Wallis-Test ausgewichen. Bei festgestellten Unterschieden zwischen den Berufsgruppen wurden paarweise Vergleiche mit Bonferroni-Korrektur angeschlossen.

Bei diskreten abhängigen Variablen wurde der Chi-Quadrat-Test verwendet. Waren einer Kategorie weniger als fünf Probanden zugeordnet, wurde statt des Chi-Quadrat-Tests der Exakte Test nach Fisher genutzt.

Um Zusammenhänge – z. B. zwischen der subjektiven Belastung und HRV-Parametern – zu bestimmen, wurde bei normalverteilten Daten die Korrelation nach Pearson geprüft. Lag keine Normalverteilung vor, wurde die Rangkorrelationsanalyse nach Spearman verwendet.

Die Stärke der Korrelationen wurden wie folgt interpretiert:

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

Zur Vermeidung einer α -Fehlerkumulierung wurden jeweils Korrekturen mittels Bonferroni-Holm-Korrektur durchgeführt.

Für die Bewertung des Einflusses des Burnout-Risikos bzw. der psychischen Gesundheit sowie einiger soziodemografischer Daten auf die HRV-Parameter (abhängige Variablen im Vergleich) wurde nach dem allgemeinen linearen Modell eine Kovarianzanalyse durchgeführt. Die Effektstärken werden als partielles Eta-Quadrat angegeben. Zur Interpretation der Ergebnisse wurden die Grenzen für die Größe des Effekts nach Cohen (1988) festgelegt:

- kleiner Effekt ($\eta^2 < 0,06$)
- mittelgradiger Effekt ($0,06 \leq \eta^2 \leq 0,14$)
- großer Effekt ($\eta^2 > 0,14$)

3 Ergebnisse

3.1 Soziodemographische Daten

Das in dieser Studie untersuchte Probandenkollektiv war in drei verschiedenen Berufsgruppen beschäftigt. In diesen Berufsgruppen befanden sich jeweils Probandinnen, die entweder als Erzieherinnen, als Arzthelferinnen oder Bankangestellte gearbeitet haben. Insgesamt wurden 315 Probandinnen eingeschlossen, die ein Durchschnittsalter von $43,2 \pm 11,6$ Jahren (Median 45 Jahre, Spannweite 22 – 66 Jahre) hatten. Die Tabelle 5 schlüsselt die Anzahl der Probandinnen und das jeweilige Durchschnittsalter getrennt nach Berufsgruppen auf. Um die drei Berufsgruppen als einheitliche Stichprobe in den nachfolgenden Betrachtungen zu untersuchen, wurden sie auf mögliche Unterschiede in den soziodemografischen und gesundheitsrelevanten Angaben kontrolliert.

Tabelle 5: Zusammensetzung der Berufsgruppen innerhalb der Gesamtstichprobe

	Gesamt (n = 315)	Erzieherinnen (n = 191)	Arzthelferinnen (n = 49)	Bankangestellte (n = 75)	Signifikanz
	MW \pm SD Median (Range)	MW \pm SD Median (Range)	MW \pm SD Median (Range)	MW \pm SD Median (Range)	$\rho_{\text{KRUSKAL-}}WALLIS$
Alter [Jahre]	43,2 \pm 11,6 45 (22-66)	43,4 \pm 12,5 46 (22-66)	41,9 \pm 10,2 42 (22-61)	43,6 \pm 9,8 43 (23-61)	0,694
BMI [kg/m²]	25,8 \pm 5,1 24,6 (17,0-47,7)	25,8 \pm 5,1 25,0 (17,8-47,7)	25,6 \pm 6,3 23,4 (17,0-40,3)	25,6 \pm 4,4 24,5 (18,8-39,7)	0,679
Sport [Mal/Woche]	2,1 \pm 1,0 2 (0-7)	2,1 \pm 1,1 2 (0-7)	2,0 \pm 0,9 2 (1-4)	2,0 \pm 0,8 2 (1-4)	0,799
Sport [Jahre]	8,4 \pm 9,5 5 (0-60)	8,4 \pm 10,3 4,5 (0,5-60)	4,5 \pm 5,8 3 (0-25)	10,0 \pm 9,1 5 (0,1-35)	0,151
packyears	8,4 \pm 7,5 6,5 (0,0-40,5)	7,1 \pm 4,8 6,0 (0,0-20,0)	6,4 \pm 4,0 5,9 (1,2-16,2)	11,8 \pm 11,2 7,9 (0,7-40,5)	0,365

Nach der BMI-Klassifikation der WHO (2000) waren die Probandinnen über die drei Berufsgruppen hinweg durchschnittlich leicht übergewichtig (Präadipositas: 25 kg/m^2 - $29,9 \text{ kg/m}^2$), wobei die Maximalwerte bis zu $47,7 \text{ kg/m}^2$ reichen. Die sportliche Aktivität der Probandinnen lag bei durchschnittlich 2,1 sportlichen Aktivitäten pro Woche seit 8,4 Jahren. Auch hier gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Berufsgruppen. Zu ihrem Raucherstatus gaben die Probandinnen durchschnittlich 8,4 packyears an.

3.2 Belastungsfaktoren

Mithilfe berufsgruppenadaptierter Fragebögen wurden die spezifischen Belastungsfaktoren der hier untersuchten Berufsgruppen erfragt. Hauptbelastungsfaktoren bei den Erzieherinnen

waren quantitativ in erster Linie zu viele Arbeitsaufgaben (96 %), ein hoher Lärmpegel in Gruppenräumen (95 %), die hohe Kinderzahl in den Gruppen (91 %), kein Arbeiten mit einzelnen Kindern möglich (88 %), die stimmliche Belastung (87 %) und der Zeitdruck (80 %). Weitere Details hierzu sind bei Darius et al. (2021c) nachzulesen.

Arzthelferinnen gaben als Belastungsfaktoren am häufigsten eine hohe Patientenzahl (97,7 %) und den steigenden Dokumentationsaufwand (86,4 %) an. Als weitere wichtige Belastungsfaktoren wurden ein zu geringes Gehalt, eine große Erwartungshaltung der Patienten (je 77,3 %) sowie Probleme mit dem Verhalten der Patienten (65,9 %) genannt. Detaillierter werden die Belastungsfaktoren der hier untersuchten Arzthelferinnen in Seitz et al. (2015) beschrieben.

Von den Bankangestellten wurden als Hauptbelastungsfaktoren meist eine erhöhte Datenpflege und steigende Anforderungen an PC-Kenntnisse (je 80,0 %), schlechte Kommunikationsstrukturen (74,4 %), Druck von oben (72,3 %) sowie die Belastung durch Zielvorgaben (66,7 %) berichtet. Die teilnehmenden Bankangestellten arbeiteten in verschiedenen Abteilungen (u. a. in der Kundenbetreuung von Privat-, Gewerbe- oder Firmenkunden und als Sachbearbeiter in verschiedenen Bereichen) und waren in unterschiedlichen Hierarchieebenen tätig (17 leitende, 73 nichtleitende Bankangestellte). Detailliertere Informationen zu den Belastungsfaktoren der hier untersuchten Bankangestellten lassen sich in Wernecke et al. (2020) nachlesen.

3.3 Subjektive Beanspruchung

3.3.1 Psychische Gesundheit

In die Auswertung des 12-Item General-Health-Questionnaire (Goldberg 1972; Goldberg 1978), mit dem der allgemeine psychische Gesundheitsstatus der Probandinnen abgefragt wurde, gingen insgesamt 313 Probandinnen ein. Zwei Probandinnen gaben den Fragebogen nicht vollständig ausgefüllt zurück. Im GHQ können zwischen null und 36 Punkten erreicht werden. Die Verteilung der erreichten Punktwerte für die psychische Gesundheit der Probandinnen lag zwischen einem und 33 Punkten. Diese Werte waren in den drei Berufsgruppen vergleichbar ($P_{\text{KRUSKAL-WALLIS}} = 0,842$) und lagen im Durchschnitt bei zwölf Punkten (Tabelle 6).

Tabelle 6: Vergleich der psychischen Gesundheit (GHQ-Summe) der Berufsgruppen und der Gesamtstichprobe

	Gesamt (n = 313)	Erzieherinnen (n = 189)	Arzthelferinnen (n = 49)	Bankangestellte (n = 75)	Signifikanz
	MW ± SD Median (Range)	MW ± SD Median (Range)	MW ± SD Median (Range)	MW ± SD Median (Range)	$P_{\text{KRUSKAL-WALLIS}}$
GHQ-Summe [Punkte]	12,2 ± 5,4 11 (1-33)	12,4 ± 5,6 11 (4-33)	12,4 ± 6,1 10 (5-31)	11,4 ± 4,1 11 (1-27)	0,842

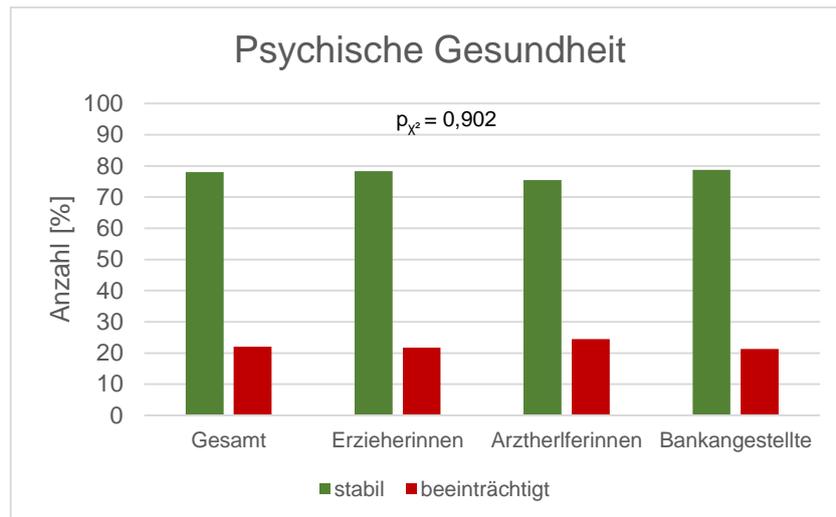


Abbildung 6: Ausprägung der psychischen Gesundheit der Probandinnen insgesamt und innerhalb der drei Berufsgruppen (GHQ Risikobewertung dichotom)

Unter Verwendung des Cut-off-Wertes von ≥ 5 Punkten in der dichotomen Auswertung des GHQ-Scorings (Üstün und Sartorius 1995) erhielten 244 (78 %) ein unauffälliges Ergebnis, bei 69 Probandinnen (22 %) ergaben sich psychische Probleme in der Befragung (Abbildung 6).

3.3.2 Burnout-Risiko

In die Berechnung des Burnout-Risikos nach Kalimo aus dem Maslach-Burnout-Inventar gingen insgesamt 307 Probandinnen ein. Acht Probandinnen füllten den Fragebogen nicht bzw. nur unvollständig aus.

Tabelle 7: Vergleich der drei Subskalen des MBI-Fragebogens und des Burnout-Risikos nach Kalimo et al. (2003) zwischen den drei Berufsgruppen

	Gesamt (n = 307)	Erzieherin- nen (n = 184)	Arzthelferin- nen (n = 49)	Bankange- stellte (n = 74)	Signifikanz	
	MW \pm SD Median (Range)	MW \pm SD Median (Range)	MW \pm SD Median (Range)	MW \pm SD Median (Range)	$P_{\text{KRUSKAL-WALLIS}}$	$P_{\text{BONFER-RONI}}$
EE [Punkte]	2,1 \pm 1,3 1,8 (0,0-5,8)	2,1 \pm 1,3 1,8 (0,0-5,4)	2,2 \pm 1,3 2,2 (0,2-5,2)	2,0 \pm 1,3 1,8 (0,2-5,8)	0,754	
ZY [Punkte]	0,9 \pm 1,1 0,6 (0,0-5,6)	0,9 \pm 1,0 0,4 (0,0-4,2)	0,9 \pm 1,1 0,4 (0,0-4,0)	1,1 \pm 1,2 0,7 (0,0-5,6)	0,327	
LF [Punkte]	5,1 \pm 0,9 5,2 (1,7-6,0)	5,0 \pm 0,9 5,2 (1,7-6,0)	5,3 \pm 0,7 5,5 (2,3-6,0)	5,1 \pm 0,8 5,3 (2,7-6,0)	0,042*	E – AH: 0,043*
Burnout-Risiko (Gesamtscore)	1,4 \pm 0,9 1,2 (0,0-4,7)	1,4 \pm 0,9 1,2 (0,0-4,3)	1,3 \pm 0,8 1,2 (0,1-3,9)	1,4 \pm 0,9 1,2 (0,1-4,7)	0,912	

Die Emotionale Erschöpfung zeigte in der Gesamtstichprobe und bei den Erzieherinnen, wie auch den Arzthelferinnen einen durchschnittlichen Grad der Ausbildung (2,01 – 3,19). Beim

Zynismus lagen die Gesamtstichprobe, die Erzieherinnen und Arzthelferinnen in einem geringen Bereich ($\leq 1,00$), nicht aber die Bankangestellten. Die Leistungsfähigkeit war jedoch in allen Gruppen sehr hoch ausgeprägt ($\geq 5,00$). Bezüglich des Gesamtscores zur Abschätzung des Burnout-Risikos lagen alle Gruppen durchschnittlich im Bereich „kein Burnout“ ($< 1,49$). Laut Kruskal-Wallis-Test unterscheiden sich die drei Berufsgruppen lediglich innerhalb der Subskala Leistungsfähigkeit ($p_{\text{Kruskal-Wallis}}=0,042$). Der angeschlossene paarweise Vergleich mit Bonferroni-Korrektur zeigt, dass die Erzieherinnen diese bei sich geringer einschätzen als die Arzthelferinnen das für sich tun ($p_{\text{BONFERRONI}}=0,043$). Im Gesamtscore unterscheiden sich die Berufsgruppen hingegen nicht (Tabelle 7). Die Abbildung 7, Abbildung 8 und Abbildung 9 stellen die Verteilung der Probandinnen innerhalb der drei Subskalen dar.

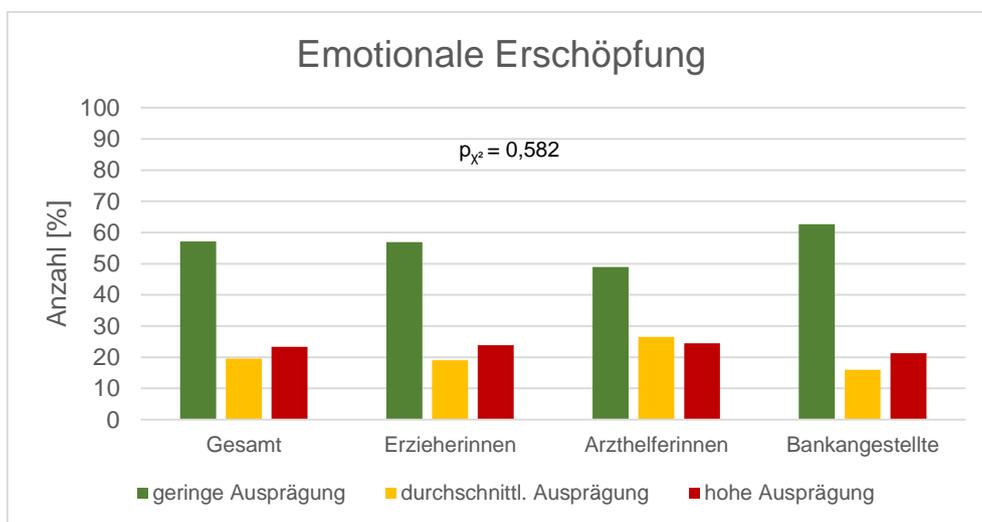


Abbildung 7: Ausprägung der Emotionalen Erschöpfung der Probandinnen insgesamt und innerhalb der drei Berufsgruppen

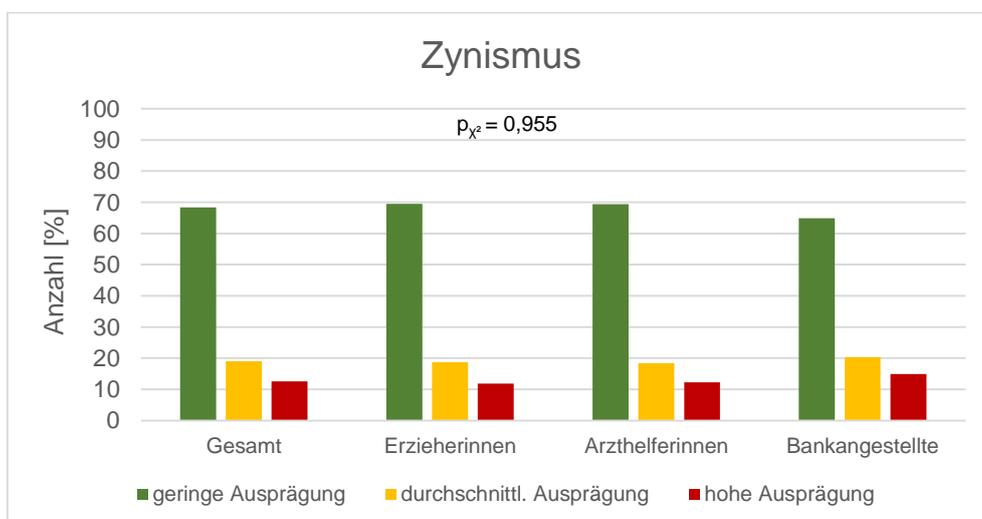


Abbildung 8: Ausprägung des Zynismus der Probandinnen insgesamt und innerhalb der drei Berufsgruppen

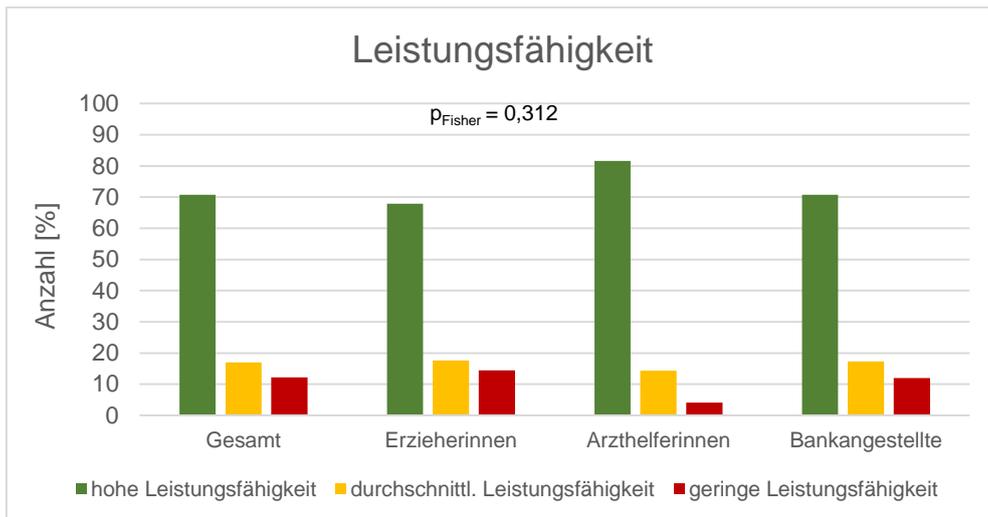


Abbildung 9: Ausprägung der Leistungsfähigkeit der Probandinnen insgesamt und innerhalb der drei Berufsgruppen

Bei 185 (60 %) der Probandinnen der Gesamtstichprobe ergab sich nach der Klassifikation nach Kalimo et al. (2003) das Ergebnis „kein Burnout“. Bei ihnen traten nur wenige Symptome ein paarmal im Jahr auf (Abbildung 10).

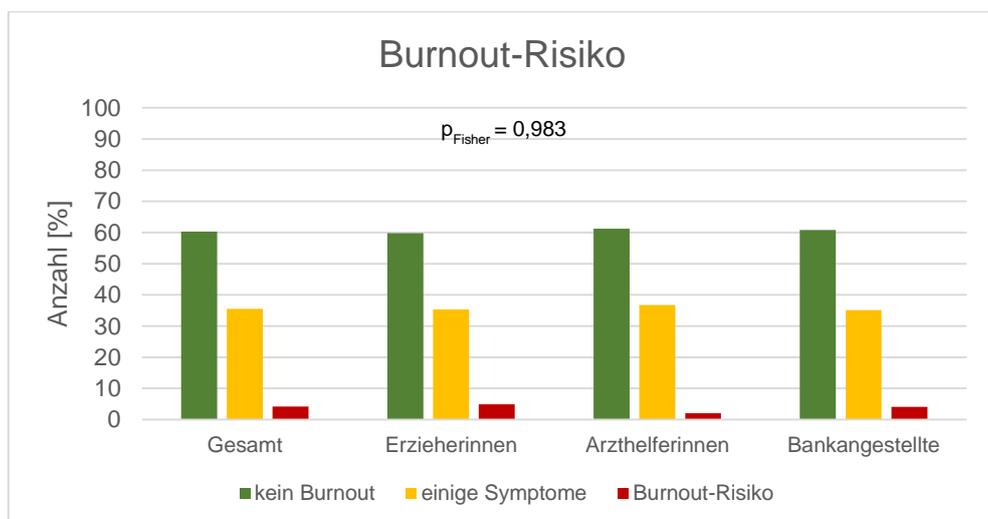


Abbildung 10: Kategoriale Bewertung des Burnout-Risikos nach Kalimo et al. (2003)

Insgesamt 109 (36 %) Probandinnen zeigten laut gegebener Antwort im Fragebogen mehrmals im Monat einige Symptome und bei 13 Probandinnen (4 %) ergab sich laut Auswertung der Antworten sogar ein hohes Burnout-Risiko. Die drei Berufsgruppen unterscheiden sich hinsichtlich dieser Verteilung nicht voneinander.

3.4 Objektive Beanspruchung

3.4.1 24 Stunden

Die Tabelle 8 stellt die berechneten HRV-Parameter über den gesamten Aufnahmezeitraum von 24 Stunden dar.

Tabelle 8: Vergleich der HRV-Parameter der drei Berufsgruppen aus dem 24-Stunden-Zeitraum

	Gesamt (n = 292)	Erzieherinnen (n = 168)	Arzthelferinnen (n = 49)	Bankangestellte (n = 75)	Signifikanz	
	MW \pm SD Median (Range)	P _{ANOVA}	P _{BONFER- RONI}			
SDNN [ms]	136,7 \pm 33,5 133,2 (65,2-255,1)	139,3 \pm 34,0 135,4 (65,2-255,1)	140,3 \pm 31,8 138,1 (70,6-230,3)	128,6 \pm 32,6 124,5 (65,5-240,3)	0,049*	E-BA: 0,062
RMSSD [ms]	34,1 \pm 15,0 30,6 (11,3-111,5)	33,4 \pm 14,5 29,2 (13,6-111,5)	36,2 \pm 16,4 32,8 (13,9-89,9)	34,2 \pm 15,1 31,7 (11,3-79,3)	0,495	
pNN50 [%]	9,7 \pm 8,1 7,5 (0,2-44,0)	9,6 \pm 7,8 7,0 (0,4-44,0)	11,0 \pm 9,1 9,4 (0,3-40,4)	9,1 \pm 8,1 7,6 (0,2-39,7)	0,425	
Tri Index	38,3 \pm 9,6 37,2 (17,8-76,7)	39,0 \pm 9,1 38,5 (19,7-63,4)	38,7 \pm 9,2 39,0 (19,8-76,7)	36,3 \pm 10,7 34,8 (17,8-68,7)	0,123	
LF/HF (FFT)	2,60 \pm 1,48 2,27 (0,28-10,00)	2,59 \pm 1,53 2,29 (0,28-10,00)	2,52 \pm 1,27 2,30 (0,28-5,96)	2,67 \pm 1,49 2,26 (0,62-6,81)	0,867	
LF/HF (ARS)	2,19 \pm 1,52 1,95 (0,35-20,90)	2,24 \pm 1,80 1,95 (0,46-20,90)	2,09 \pm 0,81 2,09 (0,35-4,12)	2,12 \pm 1,14 1,77 (0,48-5,44)	0,754	
SD1 [ms]	24,7 \pm 15,1 21,7 (8,0-207,0)	24,7 \pm 17,5 20,7 (6,9-207,0)	25,6 \pm 11,6 23,2 (9,8-63,5)	24,2 \pm 10,7 22,4 (8,0-56,1)	0,869	
SD2 [ms]	191,1 \pm 48,2 185,9 (1,4-352,1)	194,5 \pm 49,8 190,5 (1,4-352,1)	196,5 \pm 44,5 193,6 (99,3-321,3)	180,0 \pm 45,7 171,5 (91,9-336,2)	0,066	
SI $\left[\frac{\%}{\text{ms}^2}\right]$	0,32 \pm 0,13 0,30 (0,06-1,01)	0,31 \pm 0,12 0,29 (0,06-0,68)	0,30 \pm 0,14 0,27 (0,15-0,82)	0,37 \pm 0,15 0,35 (0,10-1,01)	0,002**	BA-AH: 0,025* BA-E: 0,002**
RPAI $\left[\frac{\%}{\text{ms}}\right]$	0,60 \pm 0,17 0,58 (0,21-1,06)	0,58 \pm 0,17 0,57 (0,21-1,06)	0,57 \pm 0,16 0,53 (0,35-1,01)	0,67 \pm 0,16 0,64 (0,24-1,05)	<0,001***	BA-AH: 0,004** BA-E: 0,002**
VRI $\left[\frac{1}{\text{ms}^2}\right]$	1,46 \pm 0,41 1,44 (0,31-2,88)	1,48 \pm 0,40 1,45 (0,31-2,88)	1,44 \pm 0,37 1,40 (0,61-2,64)	1,43 \pm 0,44 1,38 (0,39-2,61)	0,609	
VBI $\left[\frac{\%}{\text{ms}}\right]$	0,48 \pm 0,23 0,43 (0,07-1,49)	0,45 \pm 0,21 0,40 (0,07-0,97)	0,46 \pm 0,23 0,36 (0,20-1,06)	0,57 \pm 0,23 0,55 (0,13-1,49)	<0,001***	BA-AH: 0,016* BA-E: <0,001***
CV	17,9 \pm 3,8 17,4 (9,7-30,2)	18,4 \pm 3,9 18,3 (9,7-30,2)	17,9 \pm 3,7 17,6 (11,9-27,1)	16,6 \pm 3,0 16,5 (10,8-25,9)	0,003*	BA-E: 0,002**

Für einige Parameter ergaben sich über den gesamten Aufnahmezeitraum signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen. Insbesondere beim Stressindex, dem Adäquanzindex der Regulationsprozesse und dem Index der vegetativen Balance erreichten die Bankangestellten höhere Werte im Vergleich zu den Arzthelferinnen, beim Variationskoeffizienten niedrigere Werte als die Erzieherinnen. Diese Parameter gehören alle zu den seltener verwendeten HRV-Parametern.

3.4.2 Sechsstündiges Nachtfenster

Die Tabelle 9 stellt die berechneten HRV-Parameter des sechsstündigen Nachtfensters dar.

Tabelle 9: Vergleich der HRV-Parameter der drei Berufsgruppen aus dem sechsstündigen Nachtfenster

	Gesamt (n = 292)	Erzieherinnen (n = 168)	Arzthelferinnen (n = 49)	Bankangestellte (n = 75)	Signifikanz	
	MW ± SD Median (Range)	MW ± SD Median (Range)	MW ± SD Median (Range)	MW ± SD Median (Range)	pANOVA	pBONFER- RONI
SDNN [ms]	89,9 ± 25,1 86,6 (30,0-183,4)	89,4 ± 24,2 86,2 (46,9-183,4)	98,0 ± 27,6 94,3 (30-176,2)	85,3 ± 24,3 82,8 (40,1-171,8)	0,021*	BA-AH: 0,018*
RMSSD [ms]	42,6 ± 23,7 36,6 (9,2-172,9)	42,9 ± 24,4 36,2 (10,3-172,9)	47,6 ± 25,5 41,8 (11,8-145,2)	38,6 ± 20,2 33,4 (9,2-108,4)	0,119	
pNN50 [%]	16,9 ± 15,9 11,6 (0,0-77,1)	17,2 ± 16,1 11,4 (0,0-77,1)	20,7 ± 17,1 16,2 (0,1-66,7)	13,3 ± 13,7 8,2 (0,1-67,2)	0,040*	BA-AH: 0,038*
Tri Index	21,7 ± 7,0 20,7 (6,5-49,2)	21,7 ± 7,0 20,9 (9,2-46,9)	24,2 ± 7,5 22,7 (10,9-49,2)	19,9 ± 6,1 19,0 (6,5-34,1)	0,003**	BA-AH: 0,002**
LF/HF (FFT)	2,29 ± 1,62 1,83 (0,10-11,43)	2,22 ± 1,56 1,72 (0,10-8,47)	2,39 ± 1,54 2,24 (0,27-7,34)	2,38 ± 1,81 1,94 (0,26-11,43)	0,694	
LF/HF (ARS)	1,80 ± 1,13 1,50 (0,26-6,20)	1,79 ± 1,18 1,47 (0,26-6,15)	1,85 ± 0,96 1,56 (0,28-4,12)	1,81 ± 1,14 1,58 (0,29-6,20)	0,955	
SD1 [ms]	30,1 ± 16,8 25,8 (6,5-122,3)	30,3 ± 17,3 25,6 (7,3-122,3)	33,7 ± 18,0 29,6 (8,3-102,7)	27,3 ± 14,20 23,6 (6,5-76,6)	0,117	
SD2 [ms]	123,3 ± 32,9 119,5 (55,8-248,3)	122,3 ± 31,5 119,2 (64,9-228,7)	135,6 ± 34,6 131,0 (75,7-248,3)	117,0 ± 32,9 114,0 (55,8-236,6)	0,008**	E-AH: 0,036* BA-AH: 0,007**
SI [$\frac{\%}{ms^2}$]	0,38 ± 0,15 0,36 (0,07-1,13)	0,38 ± 0,15 0,35 (0,07-1,08)	0,35 ± 0,09 0,37 (0,19-0,56)	0,42 ± 0,19 0,38 (0,12-1,13)	0,027*	BA-AH: 0,033*
RPAI [$\frac{\%}{ms}$]	0,57 ± 0,12 0,57 (0,28-0,99)	0,57 ± 0,13 0,56 (0,28-0,99)	0,55 ± 0,09 0,58 (0,35-0,73)	0,60 ± 0,12 0,59 (0,31-0,96)	0,143	
VRI [$\frac{1}{ms^2}$]	1,46 ± 0,48 1,37 (0,33-3,48)	1,43 ± 0,42 1,36 (0,33-3,02)	1,43 ± 0,52 1,34 (0,74-3,48)	1,57 ± 0,56 1,44 (0,39-3,40)	0,099	
VBI [$\frac{\%}{ms}$]	0,70 ± 0,24 0,67 (0,12-1,75)	0,69 ± 0,24 0,66 (0,12-1,62)	0,65 ± 0,16 0,65 (0,33-0,95)	0,75 ± 0,28 0,70 (0,35-1,75)	0,051	
CV	10,15 ± 2,62 9,86 (4,36-20,89)	10,41 ± 2,87 9,90 (5,63-20,89)	10,42 ± 2,19 10,41 (6,22-15,37)	9,37 ± 2,12 9,40 (4,36-16,18)	0,014*	BA-E: 0,015*

Auch über das sechsstündige Nachtfenster ergaben sich einige signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Berufsgruppen. Die Bankangestellten erreichten im SDNN, dem pNN50

und dem Triangular-Index geringere Werte und damit eine geringere HRV als die Arzthelferinnen. Beim SD2 haben sowohl die Bankangestellten als auch die Erzieherinnen einen geringeren Wert erzielt als die Arzthelferinnen. Und auch unter den seltener verwendeten HRV-Parametern lässt sich diese Tendenz teilweise erkennen. Im Stressindex erreichten die Bankangestellten höhere Werte, beim Variationskoeffizienten geringere Werte als die Arzthelferinnen.

3.4.3 Einstündiges Fenster am Tag

Die Tabelle 10 stellt die berechneten HRV-Parameter des einstündigen Fensters am Tag dar.

Tabelle 10: Vergleich der HRV-Parameter der drei Berufsgruppen aus dem einstündigen Fenster am Tag

	Gesamt (n = 292)	Erzieherinnen (n = 168)	Arzthelferinnen (n = 49)	Bankangestellte (n = 75)	Signifikanz	
	MW \pm SD Median (Range)	MW \pm SD Median (Range)	MW \pm SD Median (Range)	MW \pm SD Median (Range)	P _{ANOVA}	P _{BONFER- RONI}
SDNN [ms]	73,1 \pm 20,3 73,2 (29,4-147,6)	73,6 \pm 19,5 74,2 (29,4-130,2)	70,2 \pm 18,7 72,2 (44,3-139,9)	73,8 \pm 23,0 70,9 (30,3-147,6)	0,553	
RMSSD [ms]	29,1 \pm 13,5 26,1 (7,7-119,0)	27,2 \pm 10,7 25,5 (7,7-65,8)	29,2 \pm 15,5 25,8 (14,4-119,0)	33,2 \pm 16,4 29,8 (10,9-94,8)	0,007**	BA-E: 0,005**
pNN50 [%]	8,0 \pm 8,7 5,2 (0,0-63,7)	7,2 \pm 6,6 5,3 (0,0-35,6)	7,3 \pm 9,9 4,8 (0,4-63,7)	10,1 \pm 11,2 5,9 (0,1-53,8)	0,046*	BA-E: 0,047*
Tri Index	20,0 \pm 5,7 19,9 (7,0-47,0)	20,3 \pm 5,6 20,3 (7,0-38,0)	20,0 \pm 5,0 19,8 (10,7-33,1)	19,3 \pm 6,4 18,5 (9,0-47,0)	0,445	
LF/HF (FFT)	4,56 \pm 2,66 4,08 (0,36-13,72)	5,07 \pm 2,72 4,70 (0,36-13,72)	4,15 \pm 1,97 3,73 (0,63-10,71)	3,74 \pm 2,70 2,82 (0,50-12,34)	0,001**	BA-E: 0,001**
LF/HF (ARS)	3,93 \pm 2,19 3,61 (0,01-11,19)	4,33 \pm 2,18 3,99 (0,01-9,92)	3,62 \pm 1,59 3,58 (0,69-9,32)	3,29 \pm 2,36 2,72 (0,45-11,19)	0,002**	BA-E: 0,002**
SD1 [ms]	20,6 \pm 9,6 18,4 (5,5-84,2)	19,2 \pm 7,6 18,0 (5,5-46,5)	20,7 \pm 11,0 18,2 (10,2-84,2)	23,5 \pm 11,6 21,1 (7,7-67,0)	0,006**	BA-E: 0,005**
SD2 [ms]	101,1 \pm 27,9 101,4 (40,6-201,2)	102,2 \pm 27,2 103,3 (40,6-181,8)	96,9 \pm 25,0 99,5 (60,7-179,1)	101,5 \pm 31,3 98,2 (41,9-201,2)	0,510	
SI [$\frac{\%}{ms^2}$]	0,74 \pm 0,27 0,73 (0,20-1,74)	0,72 \pm 0,25 0,73 (0,20-1,42)	0,78 \pm 0,29 0,72 (0,25-1,66)	0,75 \pm 0,30 0,72 (0,27-1,74)	0,412	
RPAI [$\frac{\%}{ms}$]	0,71 \pm 0,17 0,71 (0,27-1,35)	0,70 \pm 0,18 0,70 (0,27-1,20)	0,71 \pm 0,19 0,68 (0,40-1,35)	0,74 \pm 0,16 0,74 (0,44-1,11)	0,261	
VRI [$\frac{1}{ms^2}$]	2,96 \pm 0,91 2,87 (0,97-6,30)	3,08 \pm 0,89 2,94 (1,01-5,99)	3,02 \pm 0,83 2,96 (1,33-4,82)	2,65 \pm 0,92 2,54 (0,97-6,30)	0,003**	BA-E: 0,002**
VBI [$\frac{\%}{ms}$]	1,06 \pm 0,38 1,04 (0,25-2,28)	0,99 \pm 0,36 0,98 (0,25-2,21)	1,12 \pm 0,42 1,05 (0,37-2,03)	1,15 \pm 0,38 1,13 (0,41-2,28)	0,006**	BA-E: 0,011*
CV	10,17 \pm 2,53 10,01 (4,08-19,40)	10,64 \pm 2,57 10,48 (4,45-17,13)	9,61 \pm 2,28 9,94 (5,93-16,74)	9,52 \pm 2,40 9,39 (4,08-19,40)	0,002**	BA-E: 0,004** AH-E: 0,038*

Im einstündigen Messzeitraum erreichten die Bankangestellten durchschnittlich höhere Werte beim RMSSD und dem SD1 und geringere Werte beim Quotienten LF/HF im Vergleich zu den

Erzieherinnen. Bei den weniger häufig verwendeten HRV-Parametern erzielten die Bankangestellten geringere Werte im Vegetativen Rhythmusindex und dem Variationskoeffizienten, aber höhere Werte beim Index der vegetativen Balance im Vergleich zu den Erzieherinnen. Beim Variationskoeffizienten erreichten auch die Arzthelferinnen einen durchschnittlich geringeren Wert als die Erzieherinnen.

3.4.4 Vergleich zu alters- und geschlechtsabhängigen Normwerten

Um die Ergebnisse der HRV-Parameter qualitativ einzuordnen, wurden diese auf ihre Normwertigkeit untersucht. Hierzu wurden die alters- und geschlechtsabhängigen Normwerte von Sammito und Böckelmann (2017b) herangezogen. Es wurden hierfür nur die 24-h-Messungen berücksichtigt, da es bisher keine vergleichbaren Normwerte für die anderen beiden Messzeiträume gibt. In Tabelle 11 sind diese Normwerte für die Berufsgruppen und die Gesamtzahl der Probandinnen dargestellt. Außerdem wurde untersucht, ob es bezüglich der Normwertigkeit der HRV-Parameter der Berufsgruppen Unterschiede gibt.

Tabelle 11: Vergleich mit den alters- und geschlechtsabhängigen Normwerten der etablierten HRV-Parameter der drei Berufsgruppen

		Erzieherinnen	Arzthelferinnen	Bankangestellte	Gesamt	Signifikanz
		Angaben in Prozent				p_{χ^2}
SDNN	Normbereich erniedrigt	96,9 3,1	95,9 4,1	94,7 5,3	96,1 3,9	0,637
RMSSD	Normbereich erniedrigt	91,3 8,7	95,9 4,1	90,7 9,3	91,9 8,1	0,578
LF/HF (FFT)	Normbereich erhöht	94,4 5,6	98,0 2,0	93,3 6,7	94,7 5,3	0,623

Die drei Berufsgruppen zeigten keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Normwertigkeit ihrer Mitglieder. Der Parameter SDNN war bei insgesamt 3,9 % der Probandinnen unterhalb des Normbereiches. Bei der RMSSD zeigten 8,1 % und im Quotienten der vegetativen Balance 5,3 % der Probandinnen auffällig Werte (Tabelle 11).

3.5 Zusammenhang subjektiver und objektiver Beanspruchungsparameter

3.5.1 Zusammenhang des ermittelten allgemeinen psychischen Gesundheitszustandes und der vegetativen Regulationsmechanismen

Um einen möglichen Zusammenhang zwischen der ermittelten psychischen Gesundheit und der Herzschlagfrequenzvariabilität zu finden, wurde eine Korrelationsanalyse nach Spearman durchgeführt. Hierzu wurde die GHQ-Summe verwendet. Zwar empfiehlt Goldberg selbst die Verwendung der dichotomen Auswertung (Goldberg et al. 1997), diese Empfehlung ist aber

eher mit Blick auf die Diagnostik sinnvoll. Zur Untersuchung auf Korrelationen wurde deshalb hier der feiner abgestufte GHQ-Summenscore verwendet.

Tabelle 12: Korrelationen der HRV-Parameter in unterschiedlichen Messzeiträumen mit der psychischen Gesundheit

	GHQ-Summe					
	24 h		6 h nachts		1 h	
	ρ	p	ρ	p	ρ	p
SDNN	0,091	0,122	-0,026	0,662	0,033	0,584
RMSSD	0,007	0,909	-0,018	0,757	-0,022	0,721
pNN50	0,005	0,932	-0,017	0,774	-0,028	0,647
Tri Index	0,155	0,009**	-0,030	0,615	0,015	0,807
LF/HF (FFT)	0,061	0,303	0,005	0,929	0,088	0,146
LF/HF (ARS)	0,044	0,458	-0,002	0,971	0,102	0,090
SD1	-0,004	0,942	-0,019	0,748	-0,020	0,737
SD2	0,107	0,072	-0,021	0,722	0,038	0,530
SI	0,020	0,741	0,026	0,666	0,044	0,464
RPAI	-0,035	0,563	-0,021	0,729	0,069	0,253
VRI	-0,014	0,822	-0,003	0,960	-0,021	0,729
VBI	0,022	0,708	0,064	0,290	0,043	0,480
CV	0,016	0,786	-0,022	0,718	0,034	0,578

Anmerkung: ρ = Korrelationskoeffizient nach Spearman

Bei den ausgewählten etablierten Parametern ergab sich lediglich eine sehr schwache Korrelation zwischen dem Triangular Index über 24 h und der GHQ-Summe (Tabelle 12).

Um zu überprüfen, ob die ausgewählten seltener verwendeten HRV-Parameter stärker mit dem ermittelten allgemeinen psychischen Gesundheitszustand korrelieren, wurde die Korrelationsanalyse auch mit diesen Parametern durchgeführt. Hier lassen sich keine Korrelationen mit dem ermittelten allgemeinen psychischen Gesundheitszustand nachweisen.

3.5.2 Zusammenhang zwischen dem ermittelten Burnout-Risiko und den vegetativen Regulationsmechanismen

Um einen möglichen Zusammenhang zwischen dem ermittelten Burnout-Risiko nach Kalimo et al. (2003) und der Herzschlagfrequenzvariabilität zu finden, wurde eine Korrelationsanalyse nach Spearman durchgeführt. Bei Betrachtung der etablierten Parameter lassen sich über keinen der Messzeiträume Korrelationen mit dem ermittelten Burnout-Risiko nachweisen. Lediglich die Parameter SDNN und SD2 lassen im Zeitraum von 6 h in der Nacht einen schwachen,

und auch nur tendenziellen Zusammenhang mit der Skala der emotionalen Erschöpfung vermuten ($p = 0,056$ bzw. $0,055$) (Tabelle 13).

Tabelle 13: Korrelation der etablierten HRV-Parameter in unterschiedlichen Messzeiträumen mit dem Burnout-Risiko nach Kalimo und den drei Subskalen „Emotionale Erschöpfung“, „Zynismus“ und „Leistungsfähigkeit“

		Emotionale Erschöpfung		Zynismus		Leistungsfähigkeit		Burnout-Risiko (Gesamtscore)	
		ρ	p	ρ	p	ρ	p	ρ	p
SDNN	24 h	-0,022	0,706	0,037	0,531	-0,034	0,566	-0,005	0,929
	6 h nachts	-0,113	0,056	-0,076	0,201	0,022	0,716	-0,100	0,095
	1 h	-0,028	0,643	0,018	0,767	-0,048	0,429	0,006	0,922
RMSSD	24 h	-0,062	0,293	-0,049	0,410	-0,038	0,571	-0,042	0,476
	6 h nachts	-0,097	0,104	-0,079	0,186	-0,027	0,649	-0,076	0,204
	1 h	-0,053	0,379	-0,003	0,958	-0,053	0,376	-0,021	0,731
pNN50	24 h	-0,051	0,384	-0,050	0,398	-0,050	0,402	-0,034	0,567
	6 h nachts	-0,098	0,100	-0,083	0,164	-0,038	0,527	-0,076	0,206
	1 h	-0,057	0,346	-0,018	0,764	-0,056	0,356	-0,024	0,688
Tri Index	24 h	0,053	0,366	0,107	0,070	-0,049	0,407	0,087	0,141
	6 h nachts	-0,091	0,127	-0,076	0,204	-0,030	0,614	-0,068	0,258
	1 h	-0,029	0,626	-0,017	0,773	-0,043	0,481	-0,010	0,865
LF/HF (FFT)	24 h	0,095	0,109	0,068	0,254	-0,023	0,702	0,085	0,150
	6 h nachts	0,092	0,122	0,050	0,403	-0,021	0,723	0,087	0,145
	1 h	0,074	0,217	0,052	0,394	-0,016	0,789	0,076	0,213
LF/HF (ARS)	24 h	0,087	0,141	0,042	0,482	-0,032	0,592	0,079	0,185
	6 h nachts	0,082	0,168	0,053	0,375	-0,013	0,830	0,079	0,189
	1 h	0,075	0,213	0,062	0,303	-0,010	0,871	0,072	0,232
SD1	24 h	-0,073	0,216	-0,057	0,339	-0,028	0,635	-0,053	0,369
	6 h nachts	-0,097	0,104	-0,079	0,186	-0,027	0,654	-0,076	0,203
	1 h	-0,053	0,383	<0,001	0,997	-0,053	0,381	-0,020	0,746
SD2	24 h	-0,010	0,869	0,044	0,454	-0,041	0,494	0,005	0,938
	6 h nachts	-0,114	0,055	-0,074	0,218	0,034	0,572	-0,105	0,080
	1 h	-0,024	0,694	0,020	0,746	-0,047	0,437	0,010	0,874

Anmerkung: ρ = Korrelationskoeffizient nach Spearman

Um zu überprüfen, ob die weniger häufig verwendeten HRV-Parameter mit dem ermittelten Burnout-Risiko korrelieren, wurde die Korrelationsanalyse auch mit diesen Parametern durchgeführt (Tabelle 14).

Tabelle 14: Korrelationen der HRV-Parameter in unterschiedlichen Messzeiträumen mit dem Burnout-Risiko nach Kalimo und den drei Subskalen „Emotionale Erschöpfung“, „Zynismus“ und „Leistungsfähigkeit“

		Emotionale Erschöpfung		Zynismus		Leistungsfähigkeit		Burnout-Risiko (Gesamtscore)	
		ρ	p	ρ	p	ρ	p	ρ	p
SI	24 h	0,077	0,197	0,001	0,984	0,050	0,406	0,044	0,467
	6 h nachts	0,059	0,324	0,002	0,977	-0,004	0,951	0,051	0,400
	1 h	0,027	0,648	-0,037	0,541	0,078	0,199	-0,033	0,585
RPAI	24 h	0,036	0,552	-0,019	0,749	0,082	0,170	0,002	0,978
	6 h nachts	0,039	0,523	-0,040	0,513	0,024	0,692	0,021	0,732
	1 h	0,008	0,891	-0,012	0,847	0,023	0,702	-0,025	0,678
VRI	24 h	-0,018	0,759	-0,024	0,690	-0,054	0,366	0,006	0,916
	6 h nachts	0,026	0,666	0,020	0,740	-0,014	0,814	0,044	0,469
	1 h	-0,019	0,753	-0,060	0,326	0,034	0,577	-0,033	0,588
VBI	24 h	0,098	0,102	0,015	0,807	0,066	0,272	0,051	0,393
	6 h nachts	0,096	0,112	-0,008	0,895	0,004	0,952	0,060	0,324
	1 h	0,052	0,388	-0,026	0,666	0,104	0,086	-0,030	0,615
CV	24 h	-0,090	0,131	-0,026	0,671	-0,045	0,450	-0,064	0,287
	6 h nachts	-0,054	0,366	-0,060	0,323	-0,012	0,839	-0,039	0,517
	1 h	-0,067	0,267	0,007	0,906	-0,076	0,205	-0,008	0,889

Anmerkung: ρ = Korrelationskoeffizient nach Spearman

Für keinen der untersuchten Parameter oder Messzeiträume ergab sich eine signifikante Korrelation mit dem Burnout-Risiko (Tabelle 14).

3.5.3 Einfluss der soziodemografischen Parameter und subjektiven Beanspruchungsfaktoren auf die HRV-Parameter

Um mögliche weitere Zusammenhänge zwischen den soziodemografischen und subjektiven Beanspruchungsdaten mit den HRV-Daten der Probanden aufzudecken, wurde der Einfluss sowohl der soziodemografischen Daten (Alter und Berufsgruppe) als auch der subjektiven Beanspruchungsdaten (GHQ-Risiko und MBI-Kalimo) der Probanden auf die HRV-Parameter mittels allgemeinen linearen Modells berechnet. Die Effektstärken wurden als partielles Eta-Quadrat (partielles η^2) angegeben. In hellem Grün sind die kleinen Effektstärken gekennzeichnet, mit zunehmend intensiverem Grün die mittelgradigen und großen Effektstärken.

Tabelle 15: Einfluss der soziodemografischen Parameter und der subjektiven Belastungsdaten auf die HRV-Parameter im 24-Stunden-Zeitraum

Abhängige Variable	Modell	Alter		Berufsgruppe		GHQ-Summe		Burnout-Risiko (Gesamtscore)	
		Korr. R ²	p	part. η ²	p	part. η ²	p	part. η ²	p
SDNN	0,048	0,003**	0,032	0,109	0,016	0,059	0,013	0,260	0,005
RMSSD	0,126	<0,001***	0,130	0,504	0,005	0,272	0,004	0,197	0,006
pNN50	0,063	<0,001***	0,075	0,656	0,003	0,563	0,001	0,651	0,001
Tri Index	0,015	0,225	0,005	0,176	0,012	0,135	0,008	0,997	<0,001
LF/HF (FFT)	0,028	0,001**	0,037	0,894	0,001	0,388	0,003	0,740	<0,001
LF/HF (ARS)	0,002	0,031*	0,017	0,715	0,002	0,957	<0,001	0,659	0,001
SD1	0,054	<0,001***	0,056	0,960	<0,001	0,748	<0,001	0,114	0,009
SD2	0,046	0,004**	0,030	0,145	0,014	0,044*	0,015	0,370	0,003
Stressindex	0,048	0,015*	0,022	0,005**	0,039	0,727	<0,001	0,560	0,001
RPAI	0,056	0,047*	0,015	<0,001***	0,057	0,790	<0,001	0,962	<0,001
VRI	-0,002	0,079	0,011	0,661	0,003	0,592	0,001	0,531	0,001
VBI	0,087	<0,001***	0,052	0,001**	0,049	0,889	<0,001	0,606	0,001
CV	0,166	<0,001***	0,135	0,006**	0,037	0,083	0,011	0,182	0,007

Tabelle 16: Einfluss der soziodemografischen Parameter und der subjektiven Belastungsdaten auf die HRV-Parameter im sechsständigen Nachtfenster

Abhängige Variable	Modell	Alter		Berufsgruppe		GHQ-Summe		Burnout-Risiko (Gesamtscore)	
		Korr. R ²	p	part. η ²	p	part. η ²	p	part. η ²	p
SDNN	0,074	<0,001***	0,055	0,037*	0,024	0,360	0,003	0,160	0,007
RMSSD	0,171	<0,001***	0,165	0,214	0,011	0,351	0,003	0,237	0,005
pNN50	0,209	<0,001***	0,196	0,070	0,019	0,260	0,005	0,227	0,005
Tri Index	0,076	<0,001***	0,049	0,004**	0,040	0,890	<0,001	0,617	0,001
LF/HF (FFT)	0,056	<0,001***	0,068	0,657	0,003	0,839	<0,001	0,736	<0,001
LF/HF (ARS)	0,030	0,001**	0,046	0,899	0,001	0,708	0,001	0,846	<0,001
SD1	0,171	<0,001***	0,165	0,212	0,011	0,352	0,003	0,237	0,005
SD2	0,072	<0,001***	0,044	0,014*	0,031	0,277	0,004	0,125	0,009
Stressindex	0,020	0,118	0,009	0,037*	0,025	0,739	<0,001	0,544	0,001
RPAI	0,001	0,579	0,001	0,161	0,014	0,672	0,001	0,392	0,003
VRI	<0,001	0,713	0,001	0,114	0,016	0,634	0,001	0,689	0,001
VBI	0,032	0,009**	0,025	0,077	0,019	0,827	<0,001	0,505	0,002
CV	0,095	<0,001***	0,081	0,015*	0,031	0,938	<0,001	0,809	<0,001

Tabelle 17: Einfluss der soziodemografischen Parameter und der subjektiven Beanspruchungsdaten auf die HRV-Parameter im einstündigen Fenster am Tag

Abhängige Variable	Modell	Alter		Berufsgruppe		GHQ-Summe		Burnout-Risiko (Gesamtscore)	
		Korr. R ²	p	part. η ²	p	part. η ²	p	part. η ²	p
SDNN	0,041	<0,001***	0,046	0,393	0,007	0,181	0,007	0,575	0,001
RMSSD	0,066	0,001**	0,041	0,002**	0,045	0,193	0,006	0,371	0,003
pNN50	0,066	<0,001***	0,056	0,014*	0,032	0,304	0,004	0,569	0,001
Tri Index	0,031	0,001**	0,042	0,635	0,003	0,765	<0,001	0,821	<0,001
LF/HF (FFT)	0,040	0,204	0,006	0,002**	0,048	0,399	0,003	0,954	<0,001
LF/HF (ARS)	0,036	0,482	0,002	0,004**	0,041	0,173	0,007	0,872	<0,001
SD1	0,066	0,001**	0,040	0,002**	0,046	0,190	0,006	0,375	0,003
SD2	0,039	0,001**	0,044	0,403	0,007	0,200	0,006	0,613	0,001
Stressindex	-0,001	0,125	0,009	0,445	0,006	0,395	0,003	0,642	0,001
RPAI	0,003	0,919	<0,001	0,179	0,013	0,101	0,010	0,442	0,002
VRI	0,027	0,752	<0,001	0,003**	0,043	0,528	0,001	0,882	<0,001
VBI	0,062	0,001**	0,044	0,010*	0,034	0,315	0,004	0,568	0,001
CV	0,166	<0,001***	0,135	0,002**	0,044	0,161	0,007	0,562	0,001

Es zeigt sich, dass besonders der Einfluss des Alters relativ groß auf die betrachteten HRV-Parameter ist. Im Messzeitraum über sechs Stunden nachts lässt sich dieser auf alle etablierten Parameter nachweisen. Im gleichen Zeitraum fällt die Beeinflussung auf die weniger häufig verwendeten Parameter dagegen deutlich geringer aus. Lediglich auf VBI und CV lässt sich diese überhaupt belegen.

Im 24 Stunden-Messzeitraum hat das Alter unter den etablierten Parametern lediglich auf den Triangular Index keinen Einfluss. Unter den weniger häufig verwendeten Parametern hat das Alter neben CV und VBI auch eine Wirkung auf den Stressindex, die allerdings sehr gering ausfällt. Über den einstündigen Messzeitraum lassen sich zwar ebenfalls Einflüsse des Alters auf die verschiedenen Parameter nachweisen, diese sind im Vergleich zu den längeren Messzeiträumen allerdings nur noch sehr gering ausgeprägt.

Die Berufsgruppe zeigt ebenfalls eine Wirkung auf die HRV. Im 6-stündigen nächtlichen Messzeitraum werden von dieser SDNN, Triangular Index, SD2, Stressindex und CV beeinflusst. Im einstündigen Messzeitraum werden dagegen RMSSD, pNN50, LF/HF (FFT), LF/HF (ARS), SD1, VRI, VBI und CV beeinflusst. Über den gesamten Zeitraum von 24 Stunden ist dagegen keiner der etablierten Parameter von der Berufsgruppe abhängig, unter den weniger häufig verwendeten Parametern der Stressindex, RPAI, VBI und CV.

Die subjektiv ermittelten Beanspruchungsdaten zeigen dagegen kaum einen Einfluss auf die HRV-Parameter beider Gruppen. Lediglich die GHQ-Summe hat über einen Messzeitraum von 24 Stunden eine Wirkung auf den Parameter SD2. Das ermittelte Burnout-Risiko zeigte in keinem der Messzeiträume einen Einfluss auf die betrachteten HRV-Parameter.

3.5.4 Aussagekraft der seltenen HRV-Parameter im Vergleich zu den etablierten HRV-Parametern

Um zu untersuchen, in wie weit die hier betrachteten HRV-Parameter, die nicht Bestandteil der aktuellen Leitlinie sind, mit den etablierten Parametern korrelieren, wurde für die unterschiedlichen Untersuchungszeiträume eine Korrelationsanalyse nach Pearson durchgeführt (Tabelle 18, Tabelle 19, Tabelle 20). Sehr geringe Korrelationen wurden nicht gesondert farblich gekennzeichnet. Geringe Korrelationen sind in hellem Grün gekennzeichnet, mittlere Korrelationen und hohe Korrelationen wurden in zunehmend intensiverem Grün farblich hervorgehoben.

Tabelle 18: Korrelationen der verwendeten HRV-Parameter mit ausgewählten etablierten Parametern aus der aktuellen Leitlinie im 24-Stunden-Zeitraum (Korrelationskoeffizient nach Pearson)

	SI	RPAI	VRI	VBI	CV
SDNN	-0,690***	-0,459***	-0,517***	-0,581***	0,886***
RMSSD	-0,521***	-0,258***	-0,548***	-0,407***	0,480***
pNN50	-0,534***	-0,309***	-0,500***	-0,429***	0,493***
Tri Index	-0,529***	-0,367***	-0,527***	-0,380***	0,583***
LF/HF (FFT)	0,301***	0,158**	0,254***	0,268***	-0,294***
LF/HF (ARS)	0,337***	0,182**	0,259***	0,299**	-0,330***
SD1	-0,518***	-0,256**	-0,541***	-0,406***	0,485***
SD2	-0,684***	-0,456***	-0,511*	-0,576***	0,880***

Alle etablierten zeitbezogenen, frequenzbezogenen, nichtlinearen und der geometrische Parameter korrelieren über 24 h signifikant mit den gegenübergestellten Parametern. Über die verschiedenen Parameter hinweg korrelieren vor allem der Stressindex (SI) und der Vegetative Rhythmusindex (VRI) vergleichsweise hoch mit den etablierten Parametern. Der Variationskoeffizient korreliert auffällig hoch mit dem SDNN und SD2. Am geringsten fallen die Korrelationen dagegen parameterübergreifend mit dem LF/HF-Quotienten aus.

Tabelle 19: Korrelationen der verwendeten HRV-Parameter mit ausgewählten etablierten Parametern aus der aktuellen Leitlinie im sechsständigen Nachtfenster (Korrelationskoeffizient nach Pearson)

	SI	RPAI	VRI	VBI	CV
SDNN	-0,631***	-0,352***	-0,713***	-0,517***	0,778***
RMSSD	-0,682***	-0,436***	-0,693***	-0,592***	0,586***
pNN50	-0,652***	-0,427***	-0,668***	-0,559***	0,571***
Tri Index	-0,520***	-0,290***	-0,597***	-0,425***	0,671***
LF/HF (FFT)	0,370***	0,258***	0,283***	0,341***	-0,260***
LF/HF (ARS)	0,357***	0,252***	0,271***	0,325***	-0,274***
SD1	-0,682***	-0,435***	-0,693***	-0,592***	0,586***
SD2	-0,612***	-0,334***	-0,702***	-0,498***	0,781***

In der nächtlichen Aufnahme korrelieren ebenfalls alle betrachteten Parameter signifikant mit den Vergleichsparametern (Tabelle 19). Wie auch im 24-stündigen Messzeitraum korrelieren besonders der Stressindex (SI) und der Vegetative Rhythmusindex vergleichsweise hoch mit den etablierten Parametern. Besonders hoch sind die Korrelationen zwischen VRI und CV mit jeweils SDNN und SD2. Der VBI korreliert in der nächtlichen Aufnahme etwas höher mit den etablierten Parametern als im 24-stündigen Aufnahmezeitraum.

Tabelle 20: Korrelationen der verwendeten HRV-Parameter mit ausgewählten etablierten Parametern aus der aktuellen Leitlinie im einständigen Fenster am Tag (Korrelationskoeffizient nach Pearson)

	SI	RPAI	VRI	VBI	CV
SDNN	-0,634***	-0,297***	-0,707***	-0,481***	0,864***
RMSSD	-0,623***	-0,287***	-0,754***	-0,446***	0,466***
pNN50	-0,601***	-0,296***	-0,688***	-0,449***	0,513***
Tri Index	-0,572***	-0,312***	-0,585***	-0,437***	0,803***
LF/HF (FFT)	0,325***	0,128	0,475***	0,175	-0,128
LF/HF (ARS)	0,353***	0,164	0,493***	0,198	-0,127
SD1	-0,624***	-0,290***	-0,752***	-0,447***	0,462***
SD2	-0,622***	-0,294***	-0,687***	-0,475***	0,872***

In der einständigen Aufnahme korrelieren alle zeitbezogenen und nichtlinearen etablierten Parameter mit den Vergleichsparametern. Bei dem Quotienten der vegetativen Balance ergaben sich bei beiden Berechnungsmethoden lediglich Korrelationen mit dem Stressindex und dem Vegetativen Rhythmusindex. Wie schon im nächtlichen Aufnahmezeitraum sind die Korrelationen zwischen VRI und CV mit jeweils SDNN und SD2 besonders hoch. Hinzu kommen hier aber ebenfalls die Korrelation zwischen VRI und RMSSD und CV und Triangular Index (Tabelle 20).

Insgesamt korrelieren über alle Aufnahmezeiträume hinweg die Parameter SI, VRI und CV am stärksten mit den etablierten Parametern.

4 Diskussion

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Zusammenhänge subjektiver psychischer Beanspruchung und Herzschlagfrequenzvariabilitätsmessungen als objektive Beanspruchungsparameter näher zu untersuchen und dabei neben lang etablierten HRV-Parametern auch seltener verwendete HRV-Parameter in die Betrachtung mit einzubeziehen. Insgesamt flossen in die Untersuchung Daten von 315 Probandinnen mit einem Durchschnittsalter von $43,2 \pm 11,6$ Jahren aus drei verschiedenen Berufsgruppen ein: Erzieherinnen, Bankangestellte und Arzthelferinnen. Diese wurden auf ihre Vergleichbarkeit hinsichtlich psychischer Gesundheit, Burnout-Risiko und der Herzschlagfrequenzvariabilität untersucht. Zur Einschätzung der subjektiven allgemeinen psychischen Gesundheit und eines möglichen Burnout-Risikos als Folge langanhaltender psychischer Beanspruchung der Probandinnen wurden zwei verschiedene Fragebögen verwendet. Bei dem ersten Fragebogen handelt es sich um den General-Health-Questionnaire (GHQ-12), der einen anerkannten Test zur Ermittlung der psychischen Gesundheit, zum Beispiel in der Primärversorgung, darstellt. Der zweite Fragebogen ist das Maslach-Burnout-Inventar (MBI), das gezielt Risikofaktoren und erste Symptome des sogenannten Burnout-Syndroms abfragt.

Nachfolgend werden die zuvor aufgestellten Hypothesen aus dem Kapitel 1.5 diskutiert.

H1: Die subjektiv eingeschätzte psychische Gesundheit ist in den Berufsgruppen aus dem Sozialsektor eingeschränkter als im Dienstleistungssektor mit hohem Kundenkontakt.

Zur Untersuchung der psychischen Gesundheit der Probandinnen wurde der 12-Item General-Health-Questionnaire (Goldberg 1972; Goldberg 1978) verwendet. Mittels der Durchführung eines Kruskal-Wallis-Tests konnte gezeigt werden, dass sich die Probandinnen der verschiedenen Berufsgruppen im Durchschnitt nicht signifikant unterschiedlich in Hinblick auf ihre psychische Gesundheit einschätzten. Auch mittels Chi-Quadrat-Test ließen sich keine Abhängigkeiten zwischen dem Ergebnis des GHQ und der Berufsgruppe der Probandinnen nachweisen.

Die Hypothese 1 kann somit nicht angenommen werden.

Für die Gruppe der sozialen Berufe geht man allgemein häufig von einem höheren Maß an psychischer Überlastung (overload) im Vergleich zu vielen anderen Berufen aus (Hasselhorn und Nübling 2004). Erzieherinnen geben vor allem täglichen Lärm, die Größe der Kindergruppen in Kombination mit Personalmangel, fehlenden Möglichkeiten zur Entspannung im Verlauf

des Arbeitstages, Zeitdruck und eine hohe Verantwortung in verschiedenen Studien übergreifend als die psychischen Hauptbelastungsfaktoren an (Rudow 2017; Čecho et al. 2019; Darius et al. 2021c). Hinzu kommen physische Einflüsse - zum Beispiel die intensive Belastung der eigenen Stimme, häufiges Bücken, teilweise langes Stehen und das Heben und Tragen von Kindern - die indirekt ebenfalls Einfluss auf die psychische Gesundheit haben (Rudow 2004a). Die hier fehlenden Unterschiede hinsichtlich der psychischen Gesundheit lassen sich möglicherweise aber durch das Job-Demand-Control-Modell (Karasek 1979) erklären. Im Gegensatz zu Arzthelferinnen und vor allem Bankangestellten, die während ihrer Arbeit stark an festgelegte Abläufe und vorgefertigte Computermasken gebunden sind, haben Erzieherinnen relativ große Spielräume im Umgang mit den Kindern. Diese Entscheidungs- und Gestaltungsspielräume wirken nach Karasek (1979) und Johnson und Hall (1988), ebenso wie die gegenseitige Unterstützung im Kollegium, ausgleichend zu starken Belastungen und resultieren in einer geringeren Beanspruchung. Thielmann et al. (2021b) konnten außerdem – ebenfalls anhand des GHQ-12 – nachweisen, dass deutsche Bankangestellte im Vergleich zu ukrainischen Kollegen eine signifikant höhere Beeinträchtigung der psychischen Gesundheit aufweisen. Dies könnte ein erster Hinweis auf eine im internationalen Vergleich überdurchschnittlich hohe psychische Belastung deutscher Bankangestellten sein und sollte durch weitere Untersuchungen in anderen Ländern kontrolliert werden.

H2: Das Burnout-Risiko ist in den Berufsgruppen aus dem Sozialsektor höher als in dem Dienstleistungssektor mit hohem Kundenkontakt.

Um die langfristige psychische Beanspruchung der Probanden in Form des Burnout-Risikos zu untersuchen, wurde das Maslach-Burnout-Inventar verwendet, das als standardisierter Fragebogen verschiedene Risikofaktoren und Symptome eines drohenden sogenannten Burnout-Syndroms abfragt. Zur weiteren Betrachtung und Klassifikation wurde der MBI-Score nach Kalimo et al. (2003) berechnet, um eine Vergleichbarkeit zwischen den einzelnen Probanden herstellen zu können.

Im Berufsgruppenvergleich ließen sich mittels Kruskal-Wallis-Test keine signifikanten Unterschiede im MBI-Score und den Subskalen „Emotionale Erschöpfung“ und „Zynismus“ feststellen. Lediglich innerhalb der Subskala „Leistungsfähigkeit“ schätzten sich die Arzthelferinnen als etwas leistungsfähiger als die Erzieherinnen ein. Mittels Chi-Quadrat-Test bzw. Exaktem Test nach Fisher ließen sich weder zwischen dem MBI-Score, noch zwischen den Subskalen und der Berufsgruppe der Probandinnen Abhängigkeiten nachweisen.

Die Hypothese 2 kann somit nicht angenommen werden.

Inbesondere Angehörige von Berufsgruppen mit einer großen sozialen Komponente (sog. „High-Touch“-Berufe), wie zum Beispiel Lehrer, Erzieherinnen, Sozialarbeiter und Pflegekräfte, sind für ein hohes Maß an psychischer Erschöpfung im Zusammenhang mit der beruflichen Tätigkeit prädestiniert (Hasselhorn und Nübling 2004), die sich in einem Burnout-Syndrom manifestieren kann. Gründe hierfür werden – zum Beispiel im Vergleich zu Industriearbeitern – vor allem in der höheren Investition von emotionaler Energie in den Gegenstand der Arbeit gesehen. Auch im Dienstleistungssektor, wie bei den in dieser Studie untersuchten Bankangestellten, fällt diese durch meist nur kurze Kontakte geringer aus. Außerdem bilden Personen in Sozialberufen oft mit dem Klienten eine Allianz, wodurch die Kontrolle über den Gegenstand der Arbeit geringer als zum Beispiel in der Industrieproduktion ausfällt. Der Erfolg der Arbeit hängt meist direkt vom persönlichen emotionalen Engagement ab und bei Misserfolgen oder Rückschlägen wird dieses Investment häufig in Frage gestellt (Ducharme et al. 2008; Pfaff und Driller 2010). Und auch mangelnde Karrierechancen (Martin und Schinke 1998) und damit einhergehend fehlende Herausforderungen (Himle et al. 1986) spielen im sozialen Sektor eine große Rolle. Folgen durch die beschriebene Diskrepanz zwischen Anforderungen und Ressourcen, wie sie das JDR-Modell (siehe 1.2.3) beschreibt, können ein chronisches Gefühl emotionaler Erschöpfung und weitere Symptome sein, die sich unter dem Begriff des Burnout-Syndroms summieren lassen. Unter Erzieherinnen geht man in der Literatur von schätzungsweise 10 % Betroffenen aus (Rudow 2004b; Seibt et al. 2005), gefährdet seien sogar bis zu 50 % (Hozo et al. 2015). Auch in dieser Studie wurden mithilfe des MBI fünf Prozent der Erzieherinnen in der Kategorie Burnout-Risiko klassifiziert. Die Arzthelferinnen kamen auf zwei Prozent und die Bankangestellten auf vier Prozent der Probandinnen, die ein Burnout-Risiko aufwiesen. Studien, die andere Berufsgruppen untersuchten, kamen je nach Altersgruppe vergleichsweise auf 0 - 2 % bei Referendaren (Darius et al. 2021b), 0 - 9,4 % bei Lehrkräften (Thielmann et al. 2013; Darius et al. 2016; Tymbota et al. 2017), 0 - 19 % bei Rettungsdienstmitarbeitern (Bergmüller et al. 2018), 3,1 % bei Notärzten (Darius et al. 2021a) und 0 - 2,4 % bei Bankangestellten (Iakymenko et al. 2015; Wernecke et al. 2020). Statistisch konnte zwischen den in dieser Studie untersuchten Berufsgruppen aber kein Unterschied ermittelt werden. Der – wenn auch nur leichte – Unterschied innerhalb der Subskala „Leistungsfähigkeit“ war in dieser Studie der einzige Hinweis auf eine besonders hohe Belastung der Erzieherinnen im Berufsgruppenvergleich. Die besonders große soziale Komponente, die als hauptursächlich für die hohe Prävalenz des Burnout-Syndroms in dieser Berufsgruppe gesehen wird, ist zwar ebenfalls bei den Arzthelferinnen vorhanden, es darf aber wahrscheinlich davon ausgegangen werden, dass die langjährige und intensive Beziehung zwischen Erzieherinnen und ihren Schützlingen eine stärkere und vor allem beanspruchendere soziale Komponente darstellt als die soziale Beziehung zwischen einer Arzthelferin und einem Patienten

in der ambulanten Versorgung, die durchaus auch Ähnlichkeiten mit denen von Dienstleistungsberufen hat. Dass die Bankangestellten trotz einer fehlenden intensiven sozialen Komponente, wie sie in Erziehungs- oder Gesundheitsberufen zu finden ist, nicht signifikant geringer von einem Burnout-Syndrom gefährdet sind, kann in anderen stressinduzierenden Faktoren ihres Arbeitsplatzes begründet liegen. Insbesondere die ermittelten Belastungsfaktoren „schlechte Kommunikationsstrukturen“, „Druck von oben“ und „Belastung durch Zielvorgaben“ könnten durch einen subjektiven Kontrollverlust über die eigene Tätigkeit führend bei der Entstehung eines Burnout-Syndroms sein (Jamal 1990; Vinokur-Kaplan et al. 1994). Stichwort ist hier die sogenannte Selbstwirksamkeit, die auch Korman et al. (2021) als einen der Hauptgründe festgestellt haben, weshalb Top-Manager und Führungskräfte mit hohem Entscheidungsspielraum signifikant seltener von einem Burnout-Syndrom bedroht sind als Angestellte auf niedrigeren Hierarchiestufen. Hier spielen auch andere Copingstrategien eine Rolle, die z. B. mit dem Differenziellen Stress Inventar (DSI) abgefragt werden können. Die DSI-Typen sind nachweislich mit dem durch das MBI ermittelten Burnout-Risiko assoziiert (Karlsen et al. 2021; Thielmann et al. 2022). Einen ähnlichen Zusammenhang konnten auch Darius et al. (2021e) zeigen, die für Erzieherinnen mit Burnout-Risiko signifikant schlechtere Stressverarbeitungsstrategien mittels Stressverarbeitungsbogen (SVF) ermittelten als für die Kolleginnen ohne Burnout-Risiko. Ob eine hohe Selbstwirksamkeit und effektive Copingstrategien die Gründe für die Spitzenposition oder durch diese erst bedingt sind, kann bisher wohl noch nicht abschließend beantwortet werden. Vorstellbar ist eine positive Spirale, in der z. B. eine hohe Selbstwirksamkeit zum Aufstieg in der Karriere und dieser wiederum zu einer steigenden Selbstwirksamkeit führt.

In zukünftigen Studien könnte auch der Zusammenhalt im Team und dessen Einfluss auf die psychische Gesundheit näher untersucht werden. Prosser et al. (1999) und Lloyd et al. (2002) konnten bereits Hinweise darauf finden, dass das Arbeiten in einem Team mit gegenseitiger Unterstützung einen protektiven Faktor im Zusammenhang mit einer Burnout-Entstehung darstellt, wie es allgemein auch das Job-Demand-Control-Support-Modell (siehe 1.2.2) beschreibt. Zu erwarten wäre, dass die gegenseitige soziale Unterstützung, an solch leistungs- und geschäftsabschlussorientierten Arbeitsplätzen wie in Banken, durch ein erhöhtes Konkurrenzdenken geringer ausfällt als an anderen Arbeitsplätzen und somit ebenfalls zur Entstehung eines möglichen Burnout-Syndroms beiträgt.

H3: Die psychische Belastung in den Berufsgruppen aus dem Sozial- und aus dem Dienstleistungssektor mit hohem Kundenkontakt spiegelt sich in der HRV gleichermaßen wider.

Im Rahmen der HRV-Messungen zeigte sich im 24-stündigen Aufnahmezeitraum, dass die Bankangestellten sowohl im Vergleich zu den Erzieherinnen, als auch den Arzthelferinnen signifikant schlechtere HRV-Werte bei den weniger etablierten Parametern SI, RPAI und VBI hatten. Der Parameter CV zeigte diesen Unterschied ebenfalls im Vergleich mit den Erzieherinnen. Auch im sechsstündigen Zeitraum lassen sich diese Unterschiede erkennen. Die Bankangestellten haben auch hier eine niedrigere HRV – nachweislich durch die Parameter SDNN, pNN50, Triangular Index, SD2 und SI – im Vergleich zu den Arzthelferinnen. Die Erzieherinnen haben ebenfalls schlechtere HRV-Werte im SD2 im Vergleich zu den Arzthelferinnen, aber leicht bessere Werte im CV im Vergleich zu den Bankangestellten. In Zusammenschau dieser beiden Aufnahmezeiträume lässt sich die Tendenz erkennen, dass die Arzthelferinnen die höchste HRV haben, gefolgt von den Erzieherinnen und schließlich den Bankangestellten. Besonders groß waren die Unterschiede zwischen den Berufsgruppen bei den seltener verwendeten HRV-Parameter SI, RPAI, VBI und CV.

Im einstündigen Messzeitraum haben hingegen die Bankangestellten im Vergleich zu den Erzieherinnen deutlich bessere HRV-Werte. Fünf von 13 betrachteten Parametern (RMSSD, pNN50, LF/HF, SD1 und VRI) ordnen den Erzieherinnen die geringsten und den Bankangestellten die höchsten HRV-Werte zu. Lediglich die Parameter VBI und CV fallen hier aus der Reihe und zeigen geringere HRV-Werte für die Bankangestellten an. Die anderen Parameter geben keine Hinweise auf Unterschiede zwischen den Berufsgruppen.

Daraus lässt sich schließen, dass die Bankangestellten, auch wenn sie sich subjektiv nicht als psychisch belasteter angesehen haben als die anderen beiden Berufsgruppen, über den Tag verteilt insgesamt eine objektiv höhere psychische Belastung haben. Interessanterweise lässt sich diese aber nur über die beiden längeren Aufnahmezeiträume nachweisen.

Im Vergleich der alters- und geschlechtsabhängigen Normwerte des SDNN, RMSSD und LF/HF (FFT) zwischen den Berufsgruppen ließen sich für den 24-stündigen Zeitraum diese Unterschiede tendenziell ebenfalls erkennen, signifikant waren sie allerdings nicht nachweisbar.

Die Hypothese 3 kann somit nur teilweise angenommen werden.

Die festgestellten, durchaus gravierenden Unterschiede zwischen den Berufsgruppen im Tagesverlauf könnten sich durch eine anders konstruierte Arbeitssituation erklären lassen: Wäh-

rend die Arbeitstätigkeit von Erzieherinnen und Arzthelferinnen nahezu auf den konkreten Arbeitsplatz beschränkt ist und bei Verlassen desselbigen zwangsweise unterbrochen wird, können Bankangestellte durch einen hohen Anteil an digitalen Tätigkeiten auch ungebunden vom Arbeitsplatz berufliche Dinge, wie zum Beispiel das Lesen und Beantworten von E-Mails, erledigen. Hinzu kommt ein höherer wirtschaftlicher Druck auf die Bankangestellten, der häufig durch Provisionen für erfolgreiche Geschäftsabschlüsse aufgebaut wird. Diese beiden Komponenten könnten dazu führen, dass die Betroffenen auch außerhalb ihrer Arbeitszeit über berufliche Dinge nachdenken und dementsprechend weniger regenerieren. Dadurch kann es dann auch zu einem Ungleichgewicht zwischen der „berufliche Verausgabung“ (Effort) und „Belohnung“ (Reward) kommen, das nach dem ERI-Modell schließlich zu einer beruflichen Gratifikationskrise mit wiederum gesundheitlichen Folgen führen kann. Die Übersichtsarbeit von Dias und Angélico (2018) zeigte, dass sportliche Aktivität das Risiko eines Burnout-Syndroms in dieser Berufsgruppe deutlich senkt. Auch dies ließe sich unter anderem damit erklären, dass die Probanden während dieser Aktivität keine Möglichkeit haben, sich mental mit beruflichen Fragestellungen zu beschäftigen und dadurch Zeit zur psychischen Regeneration gewinnen.

Die geringere HRV der Erzieherinnen und Arzthelferinnen während des einstündigen Zeitraumes im Vergleich zu den Bankangestellten könnte also bedeuten, dass diese Berufsgruppen während der eigentlichen Arbeitszeit einer höheren psychischen Beanspruchung ausgesetzt sind. Andererseits führen Bankangestellte vor allem im Vergleich zu Erzieherinnen zumeist sitzende Tätigkeiten aus. Bei diesen ist per se schon von einer höheren HRV auszugehen als bei körperlich aktiven Tätigkeiten. Hier liegt also eine Limitation der Studie vor.

Über den gesamten Tagesdurchschnitt und die Nacht können die Erzieherinnen und Arzthelferinnen ihr psychisches Stresslevel allerdings weiter senken als die Bankangestellten. Durch diese fehlende Regeneration haben diese in den längeren Aufnahmezeiträumen dementsprechend eine geringere HRV.

H4: Eine subjektiv eingeschränkte psychische Gesundheit ist mit einer reduzierten HRV assoziiert.

Um den Zusammenhang zwischen einer subjektiv eingeschränkten Gesundheit und einer verringerten HRV zu untersuchen, wurde eine Korrelationsanalyse zwischen der GHQ-Summe und verschiedenen HRV-Parametern über unterschiedliche Messzeiträume durchgeführt. Ließen sich hierbei, über verschiedene Alters- und Berufsgruppen hinweg, valide Korrelationen einiger HRV-Parameter mit der GHQ-Summe identifizieren, könnte man die beiden Verfahren der Befragung mittels standardisierten Fragebogens und der HRV-Analyse möglicherweise je

nach Fragestellung gegenseitig ersetzen bzw. deren Ergebnisse wechselseitig bestätigen oder spezifizieren.

In der Korrelationsanalyse konnten allerdings weder bei den etablierten Parametern noch den seltener verwendeten Parametern signifikante Zusammenhänge zwischen den beiden Untersuchungsverfahren ermittelt werden. Lediglich der geometrische Parameter Triangular Index zeigte eine sehr schwache Korrelation mit der ermittelten GHQ-Summe über den 24-stündigen Messzeitraum.

Die Hypothese 4 muss abgelehnt werden.

Angesichts einer Vielzahl vorausgehender Studien zum Thema psychischer Belastung und HRV hätte man bei einer größeren Anzahl der betrachteten HRV-Parameter eine Korrelation mit dem GHQ-12 erwarten können. Dorn et al. (2020) zeigten negative Auswirkungen von Aufmerksamkeitstests unterschiedlicher kognitiver Anforderungen auf die untersuchten HRV-Parameter. Duschek et al. (2009) konnten nachweisen, dass sich bei steigender visueller psychischer Beanspruchung zum Beispiel die respiratorische Sinusarrhythmie (RSA) und die Herzschlagfrequenzvariabilität im Mittelfrequenzband (MF) verringerten. Die Metaanalyse von Castaldo et al. (2015) betrachtete zwölf Studien, die jeweils mehrere HRV-Parameter während unterschiedlicher psychischer Belastungen untersuchten. Auch sie konnten zeigen, dass unter anderem SDNN, RMSSD und pNN50 bei zunehmender Belastung abnehmen. Bei dem Quotienten LF/HF zeigte sich bei den meisten betrachteten Studien erwartungsgemäß eine Zunahme. Allerdings wurden in allen diesen Studien HRV-Kurzzeitmessungen durchgeführt, die jeweils die vegetative Regulation vor, während und nach der psychischen Belastung abbilden. Anschließend wurden intraindividuelle Vergleiche angestellt. Bei der vorliegenden Studie handelte es sich allerdings um Langzeitmessungen mit interindividuellen Vergleichen. Auch der kürzeste Messzeitraum von einer Stunde, der während der jeweiligen Arbeitszeit gewählt wurde, spiegelt nicht unbedingt auch einen Messzeitraum mit außergewöhnlicher psychischer Belastung des Probanden wider. Vergleichende Aussagen sind daher schwierig, da die angesprochenen Studien vor allem die kurzfristige vegetative Regulation als Antwort auf eine akute psychische Belastungsreaktion und die darauffolgende Regenerationsphase betrachten. Eine Abnahme der HRV in solchen Belastungssituationen ist physiologisch und spricht genauso wie eine schnelle Gegenregulation nach Ende der Belastung für gesunde vegetative Regulationsmechanismen. Die vorliegende Studie untersucht allerdings eher die möglichen langfristigen Folgen andauernder psychischer Belastung auf die vegetative Regulation des Organismus. In diesem Kontext würde eine geringe HRV zum Beispiel für eine langfristige psychische Fehlbeanspruchung stehen. Wichtig ist also allgemein nicht nur der jeweilige betrachtete HRV-

Parameter, sondern vielmehr, womit dessen Wert verglichen wird und der Kontext, in dem dieser ermittelt wurde.

In der hier untersuchten Stichprobe zeigten 22 % der Probanden ein auffälliges Ergebnis im GHQ. Allerdings, je nach HRV-Parameter, wiesen nur rund vier bis acht Prozent der Probanden eine HRV außerhalb der angenommenen Normwerte auf. Außerdem wurden Probanden mit einer manifesten Erkrankung, die die HRV beeinflussen kann, zwar ausgeschlossen, es kann aber nicht ausgeschlossen werden, dass sich auch Probanden mit latenten oder bisher nicht diagnostizierten Erkrankungen in der untersuchten Gruppe befanden und die Analysen beeinflusst haben. Außerdem gibt es eine ganze Reihe weitere Einflussfaktoren auf die HRV, die deren Werte kurzfristig oder langfristig verändern können. Hierzu zählen vor allem zyklische Hormonschwankungen und Lifestyle-Faktoren wie körperliche Fitness, Nikotin-Abusus, Alkoholkonsum und Adipositas, die in dieser Studie nicht direkt in die Auswertung mit eingeflossen sind. In nachfolgenden Studien sollten diese in der Auswertung stärker in den Blickpunkt genommen werden.

Für die nicht nachweisbare Korrelation kann es auch noch weitere Gründe geben, die in den Testverfahren an sich liegen. Einerseits wurde der GHQ-12 zwar in verschiedenen Untersuchungen immer wieder erfolgreich auf seine Validität geprüft. So verglich Braun (2002) die hier verwendete Version des GHQ-12 zum Beispiel direkt mit dem als Goldstandard zur Erfassung von depressiven Störungen geltenden, rechnergestützten Interview DIA-X und konnte den GHQ-12 als valides Instrument in der Primärversorgung sowohl zum Nachweis depressiver Störungen, als auch des unterschweligen depressiven Syndroms bestätigen. Andererseits müssen die Probanden, damit dies funktioniert, auch bereit sein, ehrliche Angaben zu ihrem aktuellen psychischen Gesundheitszustand im GHQ-Fragebogen zu machen. Hier spielt vor allem der Self-Report-Bias eine entscheidende Rolle. Dieser bezeichnet die verfälschte Bewertung durch den Probanden auf Grund von verschiedenen Einflussfaktoren wie Persönlichkeitseigenschaften, soziale Erwünschtheit, negative Affektivität, Akquieszenz oder eine Tendenz zur Mitte (Frese und Zapf 1988; Ostry et al. 2001; Theorell und Hasselhorn 2005). So ließe sich zum Beispiel vermuten, dass einige Probandinnen mit dem Hintergrundwissen, an einer Studie teilzunehmen, die sich mit psychischer Beanspruchung bzw. Stress beschäftigt, tendenziell ihre psychische Beanspruchung bewusst oder unbewusst stärker herausstellten als dies tatsächlich der Fall ist. Andere Probandinnen könnten wiederum eine soziale Erwünschtheit wahrnehmen, die sie dazu verleitet, die eigene psychische Beanspruchung herunterzuspielen, um keine vermeintliche Schwäche zu zeigen. Diese Einflussfaktoren auf das Ergebnis der Untersuchung der subjektiven psychischen Beanspruchung bzw. der psychischen Gesundheit ließen sich in einem persönlichen Interview ggf. vermindern.

In der Studie von Braun (2002) wurden außerdem Patienten als Probanden untersucht, die an zufällig ausgewählten Tagen jeweils eine teilnehmende Hausarztpraxis aufsuchten und dementsprechend wahrscheinlich die Praxis mit einem konkreten gesundheitlichen Problem konsultierten. Zintl-Wiegand et al. (1988) zeigten, dass 21 % der hausärztlichen Patienten unter einer psychogenen Erkrankung leiden. Bei Braun (2002) lag die Gesamtprävalenz der mit dem DIA-X ermittelten depressiven Störungen und des unterschweligen depressiven Syndroms in der Subgruppe der Frauen sogar bei knapp 31 %. In der vorliegenden Studie wurden die Probanden allerdings am Arbeitsplatz akquiriert. Somit könnten die hier untersuchten Probandinnen gesünder gewesen sein als die Patienten von Braun (2002). Zudem ist der Altersdurchschnitt in dieser Studie deutlich geringer, da ältere Patienten regelmäßiger ihren Hausarzt aufsuchen als jüngere Patienten und dementsprechend bei dem von Braun (2002) verwendeten Auswahlverfahren überrepräsentativ im Vergleich zu der hier verwendeten Kohorte mit ausschließlich berufstätigen Probandinnen waren. Dementsprechend lässt sich der Anteil der Probanden, die sich sowohl allgemein als auch psychisch als gesund einschätzen, höher erwarten. Konkret fielen in der vorliegenden Studie nur 22 % der Probandinnen im GHQ-Scoring mit psychischen Problemen auf und machen damit einen deutlich geringeren Anteil der Gesamtkohorte aus.

Braun (2002) zeigte allerdings auch, dass die Sensitivität des GHQ-12 bei einem Cut-off-Wert von ≥ 5 Punkten nur bei 0,60 liegt. Somit könnte auch ein relativ großer Anteil von Probandinnen mit psychischen Problemen in den untersuchten Kohorten nicht erfasst worden sein, was ebenfalls ein Grund für fehlende Korrelationen zwischen der ermittelten psychischen Gesundheit und den HRV-Parametern sein kann.

H5: Ein erhöhtes Burnout-Risiko steht in Zusammenhang mit einer reduzierten HRV.

Um den Zusammenhang zwischen einem erhöhten Burnout-Risiko und einer verringerten HRV zu untersuchen, wurde eine Korrelationsanalyse zwischen den Subskalen Emotionale Erschöpfung, Zynismus, Leistungsfähigkeit, dem MBI-Score und verschiedenen HRV-Parametern über unterschiedliche Messzeiträume durchgeführt. Hierbei musste festgestellt werden, dass weder die etablierten, noch die seltener verwendeten HRV-Parameter mit einer der Subskalen oder dem MBI-Score korrelierten.

Die Hypothese 5 muss demnach abgelehnt werden.

Lennartsson et al. (2016) untersuchten ebenfalls den Zusammenhang zwischen Burnout und HRV. Sie verglichen 300-sekündige HRV-Aufnahmen von Patienten mit klinisch diagnostizier-

ten Burnout-Syndromen mit den Aufnahmen von Probanden mit niedrigem bzw. hohem Burnout-Score, aber ohne klinisch manifestes Burnout-Syndrom. Die berechneten HRV-Parameter der Burnout-Patienten waren in dieser Studie, mit Ausnahme des LF/HF-Quotienten, niedriger als in den Vergleichsgruppen. Die Probanden mit hohem Burnout-Score hatten höhere HRV-Werte als die Burnout-Patienten, aber geringere als die Probanden mit niedrigem Burnout-Score. Im Gegensatz zu dieser Studie konnten Lennartsson et al. (2016) also einen Zusammenhang zwischen Burnout und verminderten HRV-Werten nachweisen. Allerdings nutzen auch sie eine standardisierte Messumgebung und viel kürzere Messzeiträume. Wie auch schon im Rahmen der Hypothese 4 diskutiert, hat dies zur Folge, dass externe Einflussfaktoren und ein „Verwaschen“ der Ergebnisse durch wechselnde Aktivitäten über einen längeren Aufnahmezeitraum vermieden werden.

Nachdem die fehlende Standardisierbarkeit von HRV-Langzeitmessungen im Feldversuch auch schon im Rahmen der Hypothese 4 kritisch betrachtet wurde, muss die Frage gestellt werden, welche Aussagekraft diese Messungen über die objektive psychische Beanspruchung und deren Langzeitfolgen hat. Der Vorteil der HRV-Messungen, dass sie durch viele somatische und psychosomatische Faktoren beeinflusst werden und dadurch als globales Messinstrument verwendet werden können, scheint sich bei solch spezifischen Fragestellungen eher als ein Nachteil zu erweisen. Zu groß sind die interindividuellen Unterschiede der Probanden im Allgemeinen und Einflüsse während der EKG-Aufnahmen im Feldversuch, als dass verlässliche, vergleichende, interindividuelle Aussagen gemacht werden könnten.

Als hilfreich und sinnvoll stuften Jarczok et al. (2021) allerdings 24-stündige HRV-Messungen in Kombination mit einem Beratungsgespräch zur Förderung der Selbstwahrnehmung im Rahmen der Primärprävention von Arbeitnehmern und Führungskräften in der praktischen Arbeitsmedizin ein.

Bei der Betrachtung und Bewertung der Ergebnisse im Zusammenhang mit dem Burnout-Syndrom darf aber auch nicht unerwähnt bleiben, dass das hier verwendete Messinstrument, das MBI, zwar das am häufigsten verwendete Tool in der Burnout-Forschung darstellt, von einigen Wissenschaftlern aber durchaus auch kritisch betrachtet wird. So führt Burisch (2014) an, dass die Validität des MBI vornehmlich durch Selbstratings, aber kaum durch Peer Ratings untersucht wurde. In seiner eigenen Studie fielen die Validitäten ebenfalls enttäuschend aus (Burisch 1984). Da 90 % aller Burnout-Studien auf dem MBI basieren, stehe somit seiner Einschätzung nach die „Burnout-Forschung schon ganz unten größtenteils auf äußerst wackeliger Basis“ (Burisch 2014).

Zum Screening von Probanden auf ein bestehendes Burnout-Syndrom – oder erste Symptome dessen – existieren neben dem MBI noch einige weitere Fragebögen. Zu nennen ist hier vor allem das Tendium Measure (TM), das heute meist als Burnout Measure (BM) bezeichnet

wird (Pines et al. 1993; Burisch 2014). Allerdings wird dessen Trennschärfe zu anderen Erkrankungen wie Depression und psychosomatischen Beschwerden ebenfalls häufig in Frage gestellt (Enzmann et al. 1998; Schaufeli et al. 2001). Ein weiterer, aus Deutschland stammender Fragebogen ist das Oldenburg Burnout-Inventar (OLBI) von Ebbinghaus (1996). Dieses enthält die beiden Subskalen Emotionale Erschöpfung und Engagement, die sich im Job-Demands-Resources-Modell (siehe 1.2.3) in ähnlicher Form wiederfinden lassen (Demerouti et al. 2001). Zwar ist auch über dessen Validität bisher nur wenig bekannt (Burisch 2014), Demerouti et al. (2003) stellen aber die im Gegensatz zum MBI sowohl positiv als auch negativ formulierten Items als besonders heraus und schlagen vor, „die psychometrischen Eigenschaften des MBI-GS durch die Einbeziehung der positiv formulierten Items des OLBI zu erhöhen“ (Demerouti et al. 2003). Ein solcher, neuer Fragebogen müsste dann auf seine Validität, auch im direkten Vergleich mit dem MBI, überprüft werden und könnte dann gegebenenfalls für weitere Studien zum Zusammenhang von HRV und Burnout verwendet werden.

H6: Die Faktoren Alter, Berufsgruppe, GHQ-Summe und Burnout-Risiko beeinflussen mit einem starken Effekt die HRV.

Um mögliche Einflüsse soziodemografischer Faktoren und subjektiven Belastungsdaten auf die HRV-Daten der Probanden aufzudecken, wurde der Einfluss ausgewählter soziodemografischer Daten (Alter und Berufsgruppe) als auch der subjektiven Belastungsdaten (GHQ-Risiko, Emotionale Erschöpfung, Zynismus, Leistungsfähigkeit und MBI-Kalimo) der Probanden auf die HRV-Parameter mittels allgemeinen linearen Modells berechnet.

Einen besonders signifikanten Einfluss zeigte hier das Alter auf einige HRV-Parameter. Die Berufsgruppe zeigte vor allem auf den kürzesten Zeitraum von einer Stunde signifikante Einflüsse auf die Mehrheit der betrachteten HRV-Parameter, in der 24-stündigen Aufnahme allerdings nur auf die weniger häufig verwendeten Parameter, nicht aber auf die etablierten.

Die Untersuchung des Einflusses einer verringerten psychischen Gesundheit, gemessen anhand der GHQ-Summe, auf die Herzschlagfrequenzvariabilität konnte lediglich über den Messzeitraum von 24 Stunden einen Einfluss auf SDNN und SD2 nachweisen. Dieser ist zwar als plausibel anzusehen, da SDNN und SD2 beide die Langzeitvariabilität der Herzschlagfrequenz messen, allerdings fällt der Einfluss auf beide Parameter nur sehr gering aus. Mit den seltener verwendeten Parametern ließen sich keine Korrelationen feststellen.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse der Untersuchung des Einflusses eines erhöhten Burnout-Risikos und der jeweiligen Subskalen des MBI auf die ausgewählten HRV-Parameter lässt sich weder ein Einfluss des Gesamt-Score noch einer der Subskalen erkennen, weder auf die etablierten, noch auf die selten verwendeten Parameter.

Die Hypothese 6 kann dementsprechend nur bedingt angenommen werden.

Der große Einfluss des Alters der Probandinnen ist durch eine Vielzahl anderer Untersuchungen bereits häufig beschrieben worden. Allerdings reagieren nicht alle HRV-Parameter gleichermaßen auf ein steigendes Alter. Reardon und Malik (1996) konnten beispielsweise eine Abnahme der HRV bei über 70-jährigen Probanden anhand des Triangular Index nachweisen, nicht aber der RMSSD. In dieser Studie war aber der Einfluss des Alters auf den RMSSD hochsignifikant nachweisbar und besonders stark in den beiden längeren Aufnahmezeiträumen. Der Einfluss des Triangular Index konnte wiederum nur im nächtlichen und einstündigen Zeitraum schwach nachgewiesen werden, im 24-stündigen Zeitraum war er gar nicht vorhanden. Schwachstelle der Studie von Reardon und Malik (1996) ist, dass nur zwei Altersgruppen, nämlich <70 und >70 Jahre differenziert wurden. Andere Studien untersuchten den Einfluss des Alters in differenzierteren Altersgruppen und konnten so das unterschiedliche Verhalten diverser HRV-Parameter bei steigendem Alter nachweisen. So konnten Umetani et al. (1998) beispielsweise zeigen, dass der SDNN bis zur zehnten Lebensdekade nur 40 % seines Ausgangswertes verliert, während pNN50 und RMSSD sich bereits in der sechsten Lebensdekade bei 24 % bzw. 47 % ihres Ausgangswertes stabilisierten. Diese Untersuchungen zeigen einmal mehr auf, wie unterschiedlich die verschiedenen existierenden HRV-Parameter hinsichtlich dessen sind, was sie messen und von welchen weiteren Variablen sie abhängig sind. Hier ist weiterhin ein detaillierter Forschungsbedarf vorhanden, um praxisnahe Empfehlungen für die spezifischen Anwendungsfelder der verschiedenen HRV-Parameter aufstellen zu können.

Dass die Berufsgruppe innerhalb des kürzesten Aufnahmezeitraums einen größeren Einfluss auf die HRV-Parameter hatte als in den anderen Parametern ist insofern plausibel, als dass dieser Zeitraum während der aktiven Arbeitszeit gewählt wurde und diese natürlich maßgeblich durch die Berufsgruppe gestaltet ist, während die Gestaltung der Freizeit und insbesondere des Schlafes, die von den anderen beiden Messzeiträumen abgedeckt waren, vermutlich relativ unabhängig von der Berufsgruppe sind. Dies deckt sich auch mit den Erkenntnissen aus der Diskussion der Hypothese 3, in der festgestellt werden konnte, dass die Bankangestellten im einstündigen Messfensters während der Arbeitszeit relativ weniger beansprucht waren als die Erzieherinnen.

H7: Die hier genutzten seltenen HRV-Parameter korrelieren mit den etablierten Parametern der aktuellen Leitlinie.

Neben einer Auswahl an etablierten HRV-Parametern, die sich auch in der aktuellen Leitlinie wiederfinden lassen, wurden in dieser Arbeit auch fünf weitere Parameter in die Betrachtung mit einbezogen, die zumindest in der HRV-Forschung der westlichen Welt bisher nur wenig

Beachtung gefunden haben. Dazu zählen die Parameter Stressindex (SI), Adäquanzindex der Regulationsprozesse (RPAI), Vegetativer Rhythmusindex (VRI), Index des vegetativen Gleichgewichts (VBI) und Variationskoeffizient (CV). Um eine Aussage über die Vergleichbarkeit der zu betrachtenden HRV-Parameter machen zu können, wurde eine Korrelationsanalyse zwischen den Parametern jeweils über die drei verschiedenen Messzeiträume von 24 Stunden, sechs Stunden nachts und eine Stunde tagsüber durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Analyse zeigen, dass alle der fünf Parameter vor allem über einen 24-stündigen und einen nächtlichen Aufnahmezeitraum signifikant mit den etablierten Parametern korrelieren. Im einstündigen Messzeitraum ist dies mit Ausnahme des Quotienten LF/HF, wenn auch in weniger starkem Ausmaß, ebenfalls der Fall.

Die Hypothese 7 kann also angenommen werden.

Dass die HRV innerhalb des 24-stündigen und nächtlichen 6-stündigen Aufnahmezeitraumes korreliert, zeigten auch Sammito et al. (2013), die 24-Stunden-EKG-Aufnahmen mit sechsstündigen Nachtaufnahmen verglichen haben. Sie konnten schlussfolgern, dass auf Grund der hochsignifikanten Korrelation der berechneten HRV-Parameter beider Aufnahmezeiträume in vielen Fällen ein sechsständiger Messzeitraum ausreichend und ressourcensparend ist. Weitergehend korrelieren die HRV-Parameter in der vorliegenden Studie über den nächtlichen Zeitraum etwas stärker als über den 24-stündigen Zeitraum. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass die fehlende Aktivität der Probanden und die Minimierung der externen Einflüsse während der Nacht zu einer gewissen Standardisierung der Aufnahmebedingungen führen. Besonders stark fällt diese Korrelation für den SI, den VRI und den CV aus. Relativ gering fielen die Korrelationen aller Parameter mit dem Quotienten LF/HF aus. Dies steht im Einklang mit den Erkenntnissen und der Einschätzung von Billman (2013), der die Hypothese von Pagani et al. (1984; 1986), dass LF/HF die sympatho-vagale-Balance beschreiben kann, grundsätzlich in Frage stellt.

Der Stressindex wird aktuell vor allem in einer Vielzahl von Lifestyleprodukten eingesetzt, die die HRV dazu nutzen, das vermeintliche Stresslevel des Benutzers darzustellen. Die Untersuchung der Korrelationen zwischen den weniger häufig verwendeten und den etablierten Parametern zeigte, dass der Stressindex über alle Aufnahmezeiträume hinweg auf einem mittleren Niveau mit den etablierten Parametern korreliert. Man könnte ihn dementsprechend als einen Universalparameter sehen, der tatsächlich besonders gut für einen solchen Zweck geeignet ist, da Laien bzw. private Anwender mit einer größeren Anzahl an Parametern mit Sicherheit überfordert wären. Der VRI und der CV lieferten vor allem in den kurzen Messzeiträumen noch höhere Korrelationen mit den etablierten Parametern. Sie wären also in einem solchen Anwendungsbereich als eine mögliche Alternative für den SI denkbar. Zu beachten ist allerdings,

dass hier ausschließlich Messzeiträume von einer Stunde und mehr betrachtet wurden. Die benannten Geräte nutzen allerdings lediglich Aufnahmedauern von einigen Sekunden bis wenigen Minuten. Außerdem berechnen einige dieser Geräte die HRV nicht anhand einer millisekundengenauen EKG-Linie, sondern ungenaueren Pulswellen. Hier herrscht also noch weiterer Forschungsbedarf, ob die genannten Parameter auch für einen solch kurze Aufnahmezeiträume und die verwendeten Aufnahmearten sinnvoll einsetzbar sind.

Zu den bisher nicht genannten Limitationen der Studie zählt unter anderem die fehlende Angabe zu den Rücklaufquoten der Fragebögen. Außerdem wurden auch Probanden in die Studie mit einbezogen, für die nicht alle untersuchten Daten komplett vorlagen, weil sie z. B. nicht alle Fragebögen vollständig bearbeitet hatten oder das EKG nicht für den gesamten 24-stündigen Messzeitraum trugen. Außerdem war die Protokollierung der Aktivitäten zum Teil sehr lückenhaft, wodurch eine sichere Zuordnung von Frequenzänderungen nicht immer möglich war.

5 Zusammenfassung

Durch den Wandel der Arbeitswelt, weg von körperlich schwerer Arbeit hin zu Büro-, Dienstleistungs- und mehr sozialen Berufen, aber auch durch besseren Arbeitsschutz verschiebt sich seit Jahrzehnten der Fokus der arbeitsphysiologischen und arbeitsmedizinischen Forschung. Immer wichtiger wird das Assessment von psychischer Beanspruchung, die Untersuchung psychischer Gesundheit und die Prävention von psychischen Erkrankungen und deren somatischen Folgeerkrankungen wie z. B. arterieller Hypertonie und Magenerkrankungen. Diese Forschungsfelder verlangen aber auch nach neuen Methoden, die die Komplexität der menschlichen Psyche fassen und zuverlässig darstellen können. Neben einer großen Zahl verschiedenster Fragebögen existieren auch einige Messmethoden, die das Ziel haben, die psychische Gesundheit bzw. die psychische Beanspruchung objektiv beurteilen zu können. Zu diesen gehört auch die Messung der Herzschlagfrequenzvariabilität (HRV), die mithilfe kleinster zeitlicher Schwankungen zwischen den einzelnen Herzschlägen die Aktivität und Regulation des vegetativen Nervensystems und damit das Beanspruchungs- und Stresslevel von Probanden messbar machen kann.

Die vorliegende Studie hat zum Ziel, die Zusammenhänge von subjektiv beantworteten Fragebögen zu psychischer Gesundheit (GHQ-12) und Burnout-Symptomen (MBI) und objektiven HRV-Daten genauer zu analysieren. Zur Untersuchung dieser wurden 315 Probandinnen mit einem Durchschnittsalter von $43,2 \pm 11,6$ Jahren aus drei Berufsgruppen mit unterschiedlichen Anforderungsprofilen (Erzieherinnen, Arzthelferinnen, Bankangestellte) rekrutiert, die die entsprechenden Fragebögen ausgefüllt und ein EKG-Holtersystem zur Aufzeichnung eines 24-Stunden-EKGs getragen haben. Aus den aufgezeichneten EKGs wurde schließlich für drei verschiedene Zeiträume (24 Stunden, sechs Stunden nachts, eine Stunde tagsüber) eine Auswahl von HRV-Parametern berechnet. Neben etablierten Parametern aus der aktuellen AWMF-S2k-Leitlinie zu HRV-Messungen wurde auch eine Auswahl von fünf bisher weniger häufig verwendeten Parametern in die Betrachtungen mit einbezogen. Auch der Einfluss von Alter und Berufsgruppe wurde mit untersucht.

Hinsichtlich der psychischen Gesundheit unterschieden sich die drei Berufsgruppen nicht voneinander. Insgesamt 22 % der Probandinnen zeigten eine beeinträchtigte psychische Gesundheit. Auch bezüglich des ermittelten Burnout-Risikos unterschieden sich die Berufsgruppen nicht voneinander. Unter den Probandinnen gaben 36 % erste Burnout-Symptome an und für vier Prozent besteht sogar ein hohes Burnout-Risiko.

Mit Blick auf die ermittelten HRV-Parameter ließen sich dagegen einige Unterschiede zwischen den untersuchten Gruppen ausmachen. Die Bankangestellten hatten in den Messzeiträumen von 24 und sechs Stunden im Vergleich zu den anderen beiden Berufsgruppen einige signifikant geringere HRV-Werte. Auffällig ist, dass die bisher weniger häufig verwendeten

HRV-Parameter wie SI, RPAI und VBI im 24-stündigen Messzeitraum (mit Ausnahme des SDNN) diese Unterschiede eher zeigten als die etablierten Parameter, die diese Unterschiede – vermutlich auf Grund einer höheren Standardisierung der Messbedingungen im Schlaf – dafür im nächtlichen sechsstündigen Aufnahmezeitraum (mit Ausnahme des SI und CV) eher detektieren konnten. Im einstündigen Aufnahmezeitraum wendete sich dieses Bild allerdings komplett. Hier zeigten die Bankangestellten im Vergleich zu den Erzieherinnen eine signifikant höhere HRV, die sowohl durch einige etablierte als auch einige bisher seltener verwendete Parameter deutlich wurde. Diese Unterschiede lassen sich womöglich durch eine geringere Belastung der Bankangestellten während der konkreten Arbeitszeit erklären, die allerdings im Vergleich zu den Erzieherinnen auch in der eigentlich arbeitsfreien Zeit aufrechterhalten wird und dadurch eine Regeneration verhindert.

Ein Zusammenhang zwischen den Ergebnissen des GHQ-12 und den ermittelten HRV-Parametern konnte nicht nachgewiesen werden. Gleiches gilt für die ermittelten Burnout-Scores. Bestätigt hat sich dies auch bei der Untersuchung, welche Faktoren einen Einfluss auf die HRV haben. Während ein Einfluss des Alters und teilweise auch der Berufsgruppe auf die HRV-Parameter nachweisbar war, hatte die ermittelte psychische Gesundheit nur auf zwei Parameter einen schwachen, das Burnout-Risiko hingegen gar keinen Einfluss. Grund hierfür mögen die unzähligen Einflussfaktoren auf die HRV sein, die sich in einem solchen Feldversuch unmöglich alle kontrollieren oder eliminieren lassen. Zusätzlich könnte die Befragung der Probanden mit direktem Bezug auf den Arbeitsplatz auch einen Self-Report-Bias induziert haben, der die Ergebnisse der Fragebögen verfälscht hat.

Abschließend wurde die Korrelation zwischen den etablierten und den weniger häufig verwendeten Parametern genauer untersucht. Es konnte nachgewiesen werden, dass diese über alle Messzeiträume – mit Ausnahme des Quotienten LF/HF im einstündigen Zeitraum – vorhanden war. Besonders hoch stellte sie sich – vermutlich auch hier wieder aufgrund einer gewissen Standardisierung der Messbedingungen – im sechsstündigen nächtlichen, aber auch im 24-stündigen Zeitraum dar.

Diese Studie zeigt somit, wie schwierig die Interpretation und Einordnung von HRV-Messungen ist, die in Feldversuchen ermittelt werden. Außerdem bestätigt sie, wie unterschiedlich die Aussagen verschiedener HRV-Parameter in unterschiedlichen Aufnahmezeiträumen und -settings sein können. Nicht zuletzt sollte sie dazu animieren, den Blick ebenfalls auf HRV-Parameter zu lenken, die aktuell eher selten im Mittelpunkt der Forschung stehen.

Literaturverzeichnis

- 1 Ahola, K.; Honkonen, T.; Virtanen, M.; Aromaa, A.; Lönnqvist, J.: Burnout in relation to age in the adult working population. *Journal of occupational health* 4, S. 362–365 (2008)
- 2 Backhaus, N.; Wöhrmann, A.; Tisch, A.: BAuA-Arbeitszeitbefragung: Telearbeit in Deutschland (2020)
- 3 Baevsky, R.M.: Die Methodik der Analyse der Herzfrequenzvariabilität. (Verfahren aus Weltraummedizin) (1999)
- 4 Baevsky, R.M.: Analysis of Heart Rate Variability in Space Medicine. *Human Physiology* 28, S. 202–213 (2002)
- 5 Baevsky, R.M.; Chernikova, A.G.: Heart rate variability analysis: physiological foundations and main methods. *Cardiometry* 10, S. 66–76 (2017)
- 6 Bauer, J.: Psychische Belastungen am Arbeitsplatz. *Zbl Arbeitsmed* 1, S. 47–49 (2016)
- 7 Bay, N.S.-Y.; Bay, B.-H.: Greek anatomist herophilus: the father of anatomy. *Anatomy & cell biology* 4, S. 280–283 (2010)
- 8 Bedford, D.E.: The ancient art of feeling the pulse. *British heart journal* 4, S. 423–437 (1951)
- 9 Bergmüller, A.; Zavgorodnii, I.; Zavgorodnia, N.; Kapustnik, V.; Boeckelmann, I.: Relationship between Burnout Syndrome and Personality Characteristics in Emergency Ambulance Crew. *Neuroscience and Behavioral Physiology* (2018)
- 10 Bernardi, L.; Valle, F.; Coco, M.; Calciati, A.; Sleight, P.: Physical activity influences heart rate variability and very-low-frequency components in Holter electrocardiograms. *Cardiovasc Res* 2, S. 234–237 (1996)
- 11 Bianchi, R.; Schonfeld, I.S.; Laurent, E.: Burnout-depression overlap: a review. *Clinical psychology review*, S. 28–41 (2015)
- 12 Bilan, A.; Witczak, A.; Palusiński, R.; Myśliński, W.; Hanzlik, J.: Circadian rhythm of spectral indices of heart rate variability in healthy subjects. *Journal of Electrocardiology* 3, S. 239–243 (2005)
- 13 Billman, G.E.: Heart rate variability - a historical perspective. *Frontiers in physiology*, S. 86 (2011)
- 14 Billman, G.E.: The LF/HF ratio does not accurately measure cardiac sympatho-vagal balance. *Frontiers in physiology*, S. 26 (2013)
- 15 Böckelmann, I.: Ermittlung der Beanspruchung bei geistiger Tätigkeit am Bildschirmarbeitsplatz mit Hilfe des psychophysiologischen Testsystems COMBITEST 4. Dissertation. Otto-von-Guericke-Universität, Magdeburg. Bereich Arbeitsmedizin (1994)
- 16 Böckelmann, I.: Analyse der Herzfrequenzvariabilität (HRV) — praktische Relevanz. *Zbl Arbeitsmed* 5, S. 275–279 (2012)
- 17 Böckelmann, I.: Auswirkungen neuer Arbeitswelten auf die Menschen. Betrachtung aus arbeitsmedizinischer Sicht. *Arbeitsmedizin, Sozialmedizin, Umweltmedizin: ASU* 5, S. 308–311 (2018)

- 18 Böckelmann, I.; Sammito, S.: Herzfrequenzvariabilität. In: S. Letzel und D. Nowak (Hg.): Handbuch der Arbeitsmedizin. 42. Ergänzungslieferung. Heidelberg: ecomed, S. 1–31 (2016)
- 19 Böckelmann, I.; Sammito, S.: Herzfrequenzvariabilitätsanalyse in der betriebsärztlichen Praxis. *Zbl Arbeitsmed* 6, S. 269–277 (2020)
- 20 Böckelmann, I.; Seibt, R.: Methoden zur Indikation vorwiegend psychischer Berufsbelastung und Beanspruchung. Möglichkeiten für die betriebliche Praxis. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft: ZfA* 3, S. 205–221 (2011)
- 21 Böhringer, S.: Selbst-Wertschätzung im Lehrerberuf als neues Konzept im Rahmen des Effort-Reward-Imbalance Modells. Die Entwicklung und Validierung einer Skala zur beruflichen Selbst-Wertschätzung. Inaugural-Dissertation. Philipps-Universität, Marburg. Institut für Medizinische Psychologie (2009)
- 22 Boudreau, P.; Yeh, W.H.; Dumont, G.A.; Boivin, D.B.: A circadian rhythm in heart rate variability contributes to the increased cardiac sympathovagal response to awakening in the morning. *Chronobiology international* 6, S. 757–768 (2012)
- 23 Boylan, M.: Galen: on blood, the pulse, and the arteries. *Journal of the history of biology* 2, S. 207–230 (2007)
- 24 Braun, S.: Erfassung depressiver Störungen in der Primäerversorgung: Validität des Brief Patient Health Questionnaire (B-PHQ) und des General Health Questionnaire (GHQ-12). Dissertation. Ludwig-Maximilians-Universität, München. Klinik und Poliklinik für Psychiatrie und Psychotherapie (2002)
- 25 Bschor, T.; Grüner, S.: Psychiatrie fast. 6h-Crashkurs. 4. Aufl. Bruckmeier. Grünwald (2014)
- 26 Burisch, M.: Approaches to personality inventory construction: A comparison of merits. *American Psychologist* 3, S. 214–227 (1984)
- 27 Burisch, M.: Das Burnout-Syndrom Springer Berlin Heidelberg. Berlin, Heidelberg (2014)
- 28 Castaldo, R.; Melillo, P.; Bracale, U.; Caserta, M.; Triassi, M.; Pecchia, L.: Acute mental stress assessment via short term HRV analysis in healthy adults: A systematic review with meta-analysis. *Biomedical Signal Processing and Control*, S. 370–377 (2015)
- 29 Čecho, R.; Švihrová, V.; Čecho, D.; Novák, M.; Hudečková, H.: Exposure to Mental Load and Psychosocial Risks in Kindergarten Teachers. *Zdravstveno varstvo* 3, S. 120–128 (2019)
- 30 Cohen, J.: *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. 2. ed. Erlbaum. Hillsdale, NJ (1988)
- 31 Collins, S.M.; Karasek, R.A.; Costas, K.: Job strain and autonomic indices of cardiovascular disease risk. *American journal of industrial medicine* 3, S. 182–193 (2005)
- 32 Darius, S.; Balkaner, B.; Böckelmann, I.: Psychische Beeinträchtigungen infolge erhöhter Belastungen bei Notärzten. *Notfall Rettungsmed* 2, S. 143–149 (2021a)
- 33 Darius, S.; Bunzel, K.; Ehms-Ciechanowicz, E.; Böckelmann, I.: Psychische Gesundheit bei Referendaren. *Präv Gesundheitsf* 3, S. 215–224 (2021b)

- 34 Darius, S.; Hohmann, C.B.; Siegel, L.; Böckelmann, I. (2021c): Belastungsfaktoren und deren Auswirkungen auf die psychische Gesundheit bei Erzieherinnen in Kindertagesstätten. In: Das Soziale in Medizin und Gesellschaft – Aktuelle Megatrends fordern uns heraus. 56. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Sozialmedizin und Prävention (DGSMP). Leipzig, digital, 9/22/2021 - 9/24/2021: Georg Thieme Verlag KG (Das Gesundheitswesen)
- 35 Darius, S.; Hohmann, C.B.; Siegel, L.; Böckelmann, I.: Beurteilung psychischer Beanspruchung bei Kindergartenerzieherinnen mit unterschiedlichem Overcommitment. *Psychiatrische Praxis* (2021d)
- 36 Darius, S.; Hohmann, C.B.; Siegel, L.; Böckelmann, I.: Zusammenhang zwischen dem Burnout-Risiko und individuellen Stressverarbeitungsstrategien bei Kindergartenerzieherinnen. *Psychotherapie, Psychosomatik, medizinische Psychologie* 6, S. 230–236 (2021e)
- 37 Darius, S.; Seiboth, F.; Bunzel, K.; Seibt, R.; Böckelmann, I.: Belastungsfaktoren und Burnout-Risiko bei Lehrkräften unterschiedlichen Alters. *ASU Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed*, S. 353–359 (2016)
- 38 Demerouti, E.; Bakker, A.B.; Nachreiner, F.; Schaufeli, W.B.: A model of burnout and life satisfaction amongst nurses. *Journal of advanced nursing* 2, S. 454–464 (2000)
- 39 Demerouti, E.; Bakker, A.B.; Nachreiner, F.; Schaufeli, W.B.: The job demands-resources model of burnout. *Journal of Applied Psychology* 3, S. 499–512 (2001)
- 40 Demerouti, E.; Bakker, A.B.; Vardakou, I.; Kantas, A.: The Convergent Validity of Two Burnout Instruments. *European Journal of Psychological Assessment* 1, S. 12–23 (2003)
- 41 Demerouti, E.; Nachreiner, F.: Zum Arbeitsanforderungen-Arbeitsressourcen-Modell von Burnout und Arbeitsengagement – Stand der Forschung. *Z. Arb. Wiss.* 2, S. 119–130 (2019)
- 42 Dias, F.S.; Angélico, A.P.: Burnout Syndrome in Bank Employees: A Literature Review. *Temas Psicol.* 1, S. 31–46 (2018)
- 43 DIMDI - ICD-10-WHO. Version 2019. Online verfügbar unter <https://www.dimdi.de/static/de/klassifikationen/icd/icd-10-who/kode-suche/htmlamtl2019/block-z70-z76.htm>, zuletzt aktualisiert am 10.04.2020, zuletzt geprüft am 10.04.2020 (2020)
- 44 Dorn, A.; Minow, A.; Darius, S.; Böckelmann, I.: Auswirkungen von Aufmerksamkeits-tests unterschiedlicher kognitiver Anforderungen auf die Auslenkung der HRV-Parameter. *Zbl Arbeitsmed* 3, S. 99–108 (2020)
- 45 Ducharme, L.J.; Knudsen, H.K.; Roman, P.M.: EMOTIONAL EXHAUSTION AND TURNOVER INTENTION IN HUMAN SERVICE OCCUPATIONS: THE PROTECTIVE ROLE OF COWORKER SUPPORT. *Sociological Spectrum* 1, S. 81–104 (2008)
- 46 Duschek, S.; Muckenthaler, M.; Werner, N.; Del Paso, G.A. R.: Relationships between features of autonomic cardiovascular control and cognitive performance. *Biological psychology* 2, S. 110–117 (2009)
- 47 Ebbinghaus, M.: Erfassung von Burnout. Diplomarbeit. Universität Oldenburg, Oldenburg. *Arbeits- und Organisationspsychologie* (1996)

- 48 Eckberg, D.L.; Fritsch, J.M.: How should human baroreflexes be tested? *News in physiological sciences : an international journal of physiology produced jointly by the International Union of Physiological Sciences and the American Physiological Society*, S. 7–12 (1993)
- 49 Eckoldt, K.; Pfeifer, B.; Schubert, E.: Sympathetic and Parasympathetic Innervation of the Heart at Rest and Work in Man as Judged by Heart Rate and Sinus-Arrhythmia. In: Hans-Peter Koepchen, S. M. Hilton und A. Trzebski (Hg.): *Central interaction between respiratory and cardiovascular control systems. Proceedings of a satellite symposium*. Berlin: Springer, S. 216–223 (1980)
- 50 Einthoven, W.: Ueber die Form des menschlichen Electrocardiogramms. *Pflüger, Arch.* 3-4, S. 101–123 (1895)
- 51 Eller-Berndl, D.: *Herzratenvariabilität*. 2. Aufl. Verl.-Haus der Ärzte. Wien (2015)
- 52 Enzmann, D.; Schaufeli, W.B.; Janssen, P.; Rozeman, A.: Dimensionality and validity of the Burnout Measure. *Journal of Occupational and Organizational Psychology* 4, S. 331–351 (1998)
- 53 DIN EN ISO 10075-1:2018-01, 2018-01: Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung - Teil 1: Allgemeine Aspekte und Konzepte und Begriffe (ISO_10075-1:2017); Deutsche Fassung EN_ISO_10075-1:2017
- 54 Esperer, H.-D.: Analyse der Herzfrequenzvariabilität mittels Langzeit-EKG. *Herzschr Elektrohys* 6, S. 172–194 (1995)
- 55 Frese, M.; Zapf, D.: Methodological issues in the study of work stress. C.L. Cooper, & R. Payne. *Causes, coping and consequences of stress at work*, S. 375–411 (1988)
- 56 Freudenberger, H.J.: Staff Burn-Out. *Journal of Social Issues* 1, S. 159–165 (1974)
- 57 Freudenberger, H.J.; North, G.: *Burn-out bei Frauen. Über das Gefühl des Ausgebranntseins* Krüger. Frankfurt (Main) (1992)
- 58 Frick, T.W.: *Von Industrie 1.0 bis 4.0 - Industrie im Wandel der Zeit*. Online verfügbar unter <https://industrie-wegweiser.de/von-industrie-1-0-bis-4-0-industrie-im-wandel-der-zeit/>, zuletzt aktualisiert am 19.04.2018+00:00, zuletzt geprüft am 01.04.2020 (2017)
- 59 Gebele, N.: *Arbeit und Gesundheit: Zur objektiven Erfassung von Tätigkeitsmerkmalen nach dem Job Demand-Control Modell*. Dissertation. Philipps-Universität, Marburg. Fachbereich Psychologie (2009)
- 60 Goldberg, D.P.: *The detection of psychiatric illness by questionnaire. A technique for the identification and assessment of non-psychotic psychiatric illness* Oxford Univ. Press (Maudsley monographs, 21). London (1972)
- 61 Goldberg, D.P.: *Manual of the General Health Questionnaire* NFER-Nelson. Windsor, UK (1978)
- 62 Goldberg, D.P.; Gater, R.; Sartorius, N.; Ustun, T.B.; 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. *Psychological medicine* 1, S. 191–197 (1997)
- 63 Goldberg, D.P.; Oldehinkel, T.; Ormel, J.: Why GHQ threshold varies from one place to another. *Psychological medicine* 4, S. 915–921 (1998)

- 64 Grässler, B.: Untersuchung physiologischer und kognitiv-mentaler Leistungsdeterminanten zur Bestimmung der physischen und kognitiven Leistungsfähigkeit von Senioren. Dissertation. Otto-von-Guericke-Universität, Magdeburg. Fakultät für Humanwissenschaften (2018)
- 65 Hackman, J.Richard; Oldham, G.R.: Work redesign Addison-Wesley (Addison-Wesley series on organization development). Reading, Mass. (1980)
- 66 Hales, S.: Statical Essays: Containing Hæmastaticks. Or, An Account of some Hydraulic and Hydrostatical Experiments made on the Blood and Blood-Vessels of Animals ... Wo which is added, An Appendix, Containing Observations and Experiments relating to several Subjects in the first Volume W. Innys and R. Manby; T. Woodward (Statical essays, 2). London (1733)
- 67 Hamann, J.; Parchmann, A.; Mendel, R.; Bühner, M.; Reichhart, T.; Kissling, W.: Verständnis des Begriffs Burnout in Psychiatrie und Psychotherapie. *Der Nervenarzt* 7, S. 838–843 (2013)
- 68 Hasselhorn, H.M.; Nübling, M.: Arbeitsbedingte psychische Erschöpfung bei Erwerbstätigen in Deutschland. *Arbeitsmedizin Sozialmedizin Umweltmedizin*, S. 568–576 (2004)
- 69 Hillert, A.; Schmitz, E.; Christ, O. (Hg.): Psychosomatische Erkrankungen bei Lehrerinnen und Lehrern. Ursachen, Folgen, Lösungen. Stuttgart Schattauer. Online verfügbar unter <http://www.socialnet.de/rezensionen/isbn.php?isbn=978-3-7945-2259-0> (2004)
- 70 Himle, D.P.; Jayaratne, S.; Thyness, P.: Predictors of job satisfaction, burnout and turnover among social workers in Norway and the USA: a cross-cultural study. *International Social Work* 4, S. 323–334 (1986)
- 71 Holter, N.J.: New method for heart studies. Continuous electrocardiography of active subjects over long periods is now practical. *Science (New York, N.Y.)* 3486, S. 1214–1220 (1961)
- 72 Hottenrott, K.; Böckelmann, I.; Schmidt, H. (Hg.): Herzfrequenzvariabilität: Anwendungen in Forschung und Praxis. 8. Internationales Symposium Herzfrequenzvariabilität am 14. November 2020 in Halle (Saale) (2020)
- 73 Hottenrott, K.; Ketelhut, S.; Böckelmann, I.; Schmidt, H. (Hg.): Herzfrequenzvariabilität: Methoden und Anwendungen in Sportwissenschaft, Arbeits- und Intensivmedizin sowie Kardiologie. 7. Internationales HRV-Symposium am 04. März 2017 in Halle (Saale). Internationales HRV-Symposium. Hamburg Feldhaus Edition Czwalina (Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, Band 270) (2018)
- 74 Hozo, E.R.; Sucic, G.; Zaja, I.: Burnout Syndrome Among Educators in Pre-school Institutions. *Mater Sociomed* 6, S. 399–403 (2015)
- 75 Iakymenko, M.; Thielmann, B.; Zavgorodnij, I.; Bessert, K.; Hintzenstern, J. von; Kapustnik, W.; Böckelmann, I.: Burnout-Symptomatik bei Bankangestellten in leitenden Positionen. *Zbl Arbeitsmed* 2, S. 78–86 (2015)
- 76 Jakob, N.; Klewer, J.: Analyse der Belastungen und Beanspruchungen von Erziehern in Kindertageseinrichtungen. *HBScience* 3, S. 100–105 (2013)
- 77 Jamal, M.: Relationship of Job Stress and Type-A Behavior to Employees' Job Satisfaction, Organizational Commitment, Psychosomatic Health Problems, and Turnover Motivation. *Human Relations* 8, S. 727–738 (1990)

- 78 Jarczok, M.N.; Buckley, T.; Guendel, H.O.; Boeckelmann, I.; Mauss, D.; Thayer, J.F.; Balint, E.M.: 24 h-Heart Rate Variability as a Communication Tool for a Personalized Psychosomatic Consultation in Occupational Health. *Front. Neurosci.*, S. 31 (2021)
- 79 Jarczok, M.N.; Jarczok, M.; Mauss, D.; Koenig, J.; Li, J.; Herr, R.M.; Thayer, J.F.: Autonomic nervous system activity and workplace stressors--a systematic review. *Neuroscience and biobehavioral reviews* 8, S. 1810–1823 (2013)
- 80 Järvelin-Pasanen, S.; Sinikallio, S.; Tarvainen, M.P.: Heart rate variability and occupational stress—systematic review. *Industrial Health* 6, S. 500–511 (2018)
- 81 Johnson, J.V.; Hall, E.M.: Job strain, work place social support, and cardiovascular disease: a cross-sectional study of a random sample of the Swedish working population. *American journal of public health* 10, S. 1336–1342 (1988)
- 82 Joiko, K.; Schmauder, M.; Wolff, G.: *Psychische Belastung und Beanspruchung im Berufsleben. Erkennen - gestalten.* 5. Aufl. BAuA. Dortmund (2010)
- 83 Kalimo, R.; Pahkin, K.; Mutanen, P.; Topipinen-Tanner, S.: Staying well or burning out at work: Work characteristics and personal resources as long-term predictors. *Work & Stress* 2, S. 109–122 (2003)
- 84 Kandel, E. R.; Schwartz, J. H.; Jessell, T.; Siegelbaum, S. A.; Hudspeth, A. J.; Mack, S. (Hg.): *Principles of neural science.* Fifth edition. New York, Lisbon, London McGraw-Hill Medical (2013)
- 85 Kang, M.G.; Koh, S.B.; Cha, B.S.; Park, J.K.; Woo, J.M.; Chang, S.J.: Association between job stress on heart rate variability and metabolic syndrome in shipyard male workers. *Yonsei medical journal* 5, S. 838–846 (2004)
- 86 Karasek, R.A.: Job Demands, Job Decision Latitude, and Mental Strain: Implications for Job Redesign. *Administrative Science Quarterly* 2, S. 285 (1979)
- 87 Karlsen, H.R.; Böckelmann, I.; Thielmann, B.: Subjective and objective demands on different types of differential stress inventory. *Int Arch Occup Environ Health* 5, S. 855–866 (2021)
- 88 Kaschka, W.P.; Korczak, D.; Broich, K.: Burnout: a fashionable diagnosis. *Deutsches Arzteblatt international* 46, S. 781–787 (2011)
- 89 Kästner, T.; Schweden, F.; Rau, R.: Der Verlauf kurzfristiger Beanspruchungsfolgen und ihre vermittelnde Rolle für den Zusammenhang zwischen Arbeitsintensität und Erholung – Eine Tagebuchstudie. *Z. Arb. Wiss.*, S. 1–12 (2019)
- 90 Knieps, F.; Pfaff, H. (Hg.): *Psychische Gesundheit und Arbeit. Zahlen, Daten, Fakten.* Berlin MWV Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft (BKK Gesundheitsreport, 2019) (2019)
- 91 Koenig, J.; Thayer, J.F.: Sex differences in healthy human heart rate variability: A meta-analysis. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, S. 288–310 (2016)
- 92 Korczak, D.; Huber, B.; Kister, C.: Differential diagnostic of the burnout syndrome. *GMS Health Technology Assessment* (2010)
- 93 Korman, J.V.; van Quaquebeke, N.; Tröster, C.: Managers are Less Burned-Out at the Top: the Roles of Sense of Power and Self-Efficacy at Different Hierarchy Levels. *J Bus Psychol*, S. 1–21 (2021)

-
- 94 Kuhn, J.; Brettner, J.: Psyche und Arbeitswelt. *Nervenheilkunde* 07, S. 459–465 (2019)
- 95 Laube, W.; Eckoldt, K.; Schubert, E.; Krockner, B.: Das Verhalten der Herzschlagfrequenz und Sinusarrhythmie bei untrainierten Schülern und Schülerinnen der Altersklassen 13, 15 und 16 vor, während und nach einer standardisierten Fahrradergometerbelastung. *Dt. Gesundh.-Wesen* 22, S. 880 (1984)
- 96 Lennartsson, A.-K.; Jonsdottir, I.; Sjörs, A.: Low heart rate variability in patients with clinical burnout. *International journal of psychophysiology: official journal of the International Organization of Psychophysiology*, S. 171–178 (2016)
- 97 Levy, M.N.; Yang, T.; Wallick, D.W.: Assessment of beat-by-beat control of heart rate by the autonomic nervous system: molecular biology techniques are necessary, but not sufficient. *Journal of cardiovascular electrophysiology* 2, S. 183–193 (1993)
- 98 Linden, M.: Nehmen Psychische Störungen zu? *Rehabilitation (Stuttg)* 2, S. 131–132 (2014)
- 99 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). *Der Nervenarzt* 3, S. 205–215 (1996)
- 100 Lloyd, C.; King, R.; Chenoweth, L.: Social work, stress and burnout: A review. *Journal of Mental Health* 3, S. 255–265 (2002)
- 101 Lo, E.-W.V.; Wei, Y.-H.; Hwang, B.-F.: Association between occupational burnout and heart rate variability: A pilot study in a high-tech company in Taiwan. *Medicine* 2, 1-11 (2020)
- 102 Lohmann-Haislah, A. (Hg.): *Stressreport Deutschland 2012. Psychische Anforderungen, Ressourcen und Befinden*. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Dortmund Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Stressreport Deutschland, 2012) (2012)
- 103 Lohninger, A. (Hg.): *Herzratenvariabilität. Das HRV-Praxis-Lehrbuch*. Wien facultas (2017)
- 104 Loeff, P.C. de; Cornet, L.J. M.; Embregts, P.J. C. M.; Nijman, H.L. I.; Didden, H.C. M.: Associations of sympathetic and parasympathetic activity in job stress and burnout: A systematic review. *PLoS one* 10, e0205741 (2018)
- 105 Ludwig, C.: Beiträge zur Kenntniss des Einflusses der Respirationsbewegungen auf den Blutlauf im Aortensysteme. *Archiv für Anatomie, Physiologie, und wissenschaftliche Medicin*, S. 302 (1847)
- 106 Martin, U.; Schinke, S.P.: Organizational and individual factors influencing job satisfaction and burnout of mental health workers. *Social Work in Health Care* 2, S. 51–62 (1998)
- 107 Maslach, C.; Jackson, S.E.: The measurement of experienced burnout. *Journal of Occupational Behaviour* 2, S. 99–113 (1981)
- 108 Maslach, C.; Jackson, S.E.; Schwab, R.L.: *Maslach burnout inventory. Manual ; with a special supplement "Burnout in education" ; [MBI. 2. ed. Consulting Psychologists Press. Palo Alto, Calif. (1986)*

- 109 Massin, M.M.; Maeyns, K.; Withofs, N.; Ravet, F.; Gérard, P.: Circadian rhythm of heart rate and heart rate variability. *Archives of disease in childhood* 2, S. 179–182 (2000)
- 110 Minow, A.; Swart, E.: Arbeitsbezogene erweiterte Erreichbarkeit. *Zbl Arbeitsmed* 1, S. 11–15 (2019)
- 111 Mockenhaupt, J.: Von Spechten, Regentropfen und Herzschrägen: vergleichende Analyse periodischer Signale. In: Kuno Hottenrott, Sascha Ketelhut, Irina Böckelmann und Hendrik Schmidt (Hg.): *Herzfrequenzvariabilität: Methoden und Anwendungen in Sportwissenschaft, Arbeits- und Intensivmedizin sowie Kardiologie*. 7. Internationales HRV-Symposium am 04. März 2017 in Halle (Saale), Bd. 270. Hamburg: Feldhaus Edition Czwalina (Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, Band 270), S. 43–50 (2018)
- 112 Nachreiner, F.: Über einige aktuelle Probleme der Erfassung, Messung und Beurteilung der psychischen Belastung und Beanspruchung. *Z. Arb. Wiss.*, S. 10–21 (2002)
- 113 Ostry, A.S.; Marion, S.A.; Demers, P.A.; Hershler, R.; Kelly, S.; Teschke, K.; Hertzman, C.: Measuring psychosocial job strain with the job content questionnaire using experienced job evaluators. *American journal of industrial medicine* 4, S. 397–401 (2001)
- 114 Pagani, M.; Lombardi, F.; Guzzetti, S.; Rimoldi, O.; Furlan, R.; Pizzinelli, P. et al.: Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympatho-vagal interaction in man and conscious dog. *Circulation research* 2, S. 178–193 (1986)
- 115 Pagani, M.; Lombardi, F.; Guzzetti, S.; Sandrone, G.; Rimoldi, O.; Malfatto, G. et al.: Power spectral density of heart rate variability as an index of sympatho-vagal interaction in normal and hypertensive subjects. *Journal of hypertension. Supplement : official journal of the International Society of Hypertension* 3, S383-5 (1984)
- 116 Pape, H.-C.; Klinker, R.; Brenner, B.; Silbernagl, S.: *Physiologie*. 7., vollst. überarb. und erw. Aufl. Georg Thieme Verlag KG. s.l. (2014)
- 117 Pfaff, H.; Driller, E. (2010): Warum Sozialberufe häufiger psychisch erkranken. *Psychische Erkrankungen: Betriebliche Ursachen und Maßnahmen*. IBGF. Köln, 17.11.2010
- 118 Pfister, E.: Die Bestimmung der dynamischen Dauerleistungsfähigkeit Jugendlicher beim Einsatz unterschiedlicher Muskelmassen zur Begründung von Grenzwerten der physischen Belastbarkeit im 16. bis 18. Lebensjahr. *Habilitationsschrift*. Med. Akademie Magdeburg, Magdeburg (1990)
- 119 Pfister, E.; Hartmann, B.: Vegetative cardiovascular control in the range of endurance limit for dynamic muscle work. *Pfügers Arch. Europ. J. of Physiology* 419, S. 86 (1991)
- 120 Pines, A.M.; Aronson, E.; Kafry, D.: *Ausgebrannt. Vom Überdruß zur Selbstentfaltung*. 8. Aufl. Klett-Cotta. Stuttgart (1993)
- 121 Prosser, D.; Johnson, S.; Kuipers, E.; Dunn, G.; Szmukler, G.; Reid, Y. et al.: Mental health, "burnout" and job satisfaction in a longitudinal study of mental health staff. *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol* 6, S. 295–300 (1999)
- 122 Randall, D.C.; Brown, D.R.; Raisch, R.M.; Yingling, J.D.; Randall, W.C.: SA nodal parasympathectomy delineates autonomic control of heart rate power spectrum. *The American journal of physiology* 3 Pt 2, H985-8 (1991)

- 123 Reardon, M.; Malik, M.: Changes in heart rate variability with age. *Pacing and clinical electrophysiology : PACE* 11 Pt 2, S. 1863–1866 (1996)
- 124 Rennert, D.; Kliner, K.; Richter, M.: Arbeitsunfähigkeit. In: Franz Knieps und Holger Pfaff (Hg.): *Psychische Gesundheit und Arbeit. Zahlen, Daten, Fakten*. Berlin: MWV Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft (BKK Gesundheitsreport, 2019), S. 55–150 (2019)
- 125 Richter, P.; Hacker, W.: *Belastung und Beanspruchung. Stress, Ermüdung und Burnout im Arbeitsleben*. 5. Auflage Asanger Verlag. Kröning (2017)
- 126 Riese, H.; van Doornen, L.J. P.; Houtman, I.L. D.; Geus, E.J. C. de: Job strain in relation to ambulatory blood pressure, heart rate, and heart rate variability among female nurses. *Scandinavian journal of work, environment & health* 6, S. 477–485 (2004)
- 127 Riganello, F.; Prada, V.; Soddu, A.; Di Perri, C.; Sannita, W.G.: Circadian Rhythms and Measures of CNS/Autonomic Interaction. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 13 (2019)
- 128 Rohmert, W.; Rutenfranz, J.: *Arbeitswissenschaftliche Beurteilung der Belastung und Beanspruchung an unterschiedlichen industriellen Arbeitsplätzen* (1975)
- 129 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. *Computer Methods and Programs in Biomedicine* 1, S. 1–15 (1998)
- 130 Rudow, B.: *Die Entwicklung einer Prüfliste zur Erfassung vorwiegend psychischer Belastungen bei Erzieherinnen (PBE)- ein Beitrag zum Arbeits- und Gesundheitsschutz: Forschungsbericht im Auftrag der GEW Baden-Württemberg und der Johannes Löchner Stiftung*. Stuttgart/Heddesheim (2001)
- 131 Rudow, B.: *Arbeitsbedingungen für Erzieher/innen. Hohe psychische Belastungen*. Bildung & Wissenschaft, S. 6–13 (2004a)
- 132 Rudow, B.: *Belastungen und der Arbeits- und Gesundheitsschutz bei Erzieherinnen*. Mannheim & Mühlhausen (2004b)
- 133 Rudow, B.: *Beruf Erzieherin/Erzieher – mehr als Spielen und Basteln. Arbeits- und organisationspsychologische Aspekte : ein Fach- und Lehrbuch* Waxmann Verlag (Waxmann-E-Books Sozialpädagogik & Pädagogik der frühen Kindheit). Münster (2017)
- 134 Salo, M.A.; Huikuri, H.V.; Seppänen, T.: Ectopic beats in heart rate variability analysis: effects of editing on time and frequency domain measures. *Annals of noninvasive electrocardiology : the official journal of the International Society for Holter and Noninvasive Electrocardiology, Inc* 1, S. 5–17 (2001)
- 135 Sammito, S.: *Alters- und geschlechtsabhängige Referenzwerte für die Herzfrequenzvariabilität*. Habilitationsschrift. Otto-von-Guericke-Universität, Magdeburg. Bereich Arbeitsmedizin (2016a)
- 136 Sammito, S.: *Benutzeranweisung für Kubios 2.0*. Bereich Arbeitsmedizin der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg (2016b)
- 137 Sammito, S.; Böckelmann, I.: Einfluss von Extrasystolen auf die Herzfrequenzvariabilitätsmessungen im Rahmen von 24h-Messungen. In: Kuno Hottenrott, Thomas Gron-

- wald und Hendrik Schmidt (Hg.): Herzfrequenzvariabilität - Grundlagen, Methoden, Anwendungen. 6. Internationales HRV-Symposium am 2. November 2013 in Halle (Saale), Bd. 233. Hamburg: Feldhaus Edotion Czwalina (Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, Bd. 233), S. 82–86 (2014)
- 138 Sammito, S.; Böckelmann, I.: Analyse der Herzfrequenzvariabilität. Mathematische Basis und praktische Anwendung. Herz, S. 76–84 (2015a)
- 139 Sammito, S.; Böckelmann, I.: Validation of a Non-Transmitting Memory Belt for Measuring Heart Rate Variability. J J Physiology 1 (2015b)
- 140 Sammito, S.; Böckelmann, I.: Factors influencing heart rate variability. ICFJ, S. 18–22 (2016a)
- 141 Sammito, S.; Böckelmann, I.: Möglichkeiten und Einschränkungen der Herzfrequenzmessung und der Analyse der Herzfrequenzvariabilität mittels mobiler Messgeräte: Eine systematische Literaturübersicht. Herzschrittmachertherapie & Elektrophysiologie 1, S. 38–45 (2016b)
- 142 Sammito, S.; Böckelmann, I.: Alters- und geschlechterbezogene Referenzwerte für den Einsatz der Herzfrequenzvariabilität in der Bewegungstherapie. B & G 06, S. 268–275 (2017a)
- 143 Sammito, S.; Böckelmann, I.: New reference values of heart rate variability during ordinary daily activity. Heart rhythm 2, S. 304–307 (2017b)
- 144 Sammito, S.; Sammito, W.; Böckelmann, I.: The circadian rhythm of heart rate variability. Biological Rhythm Research 5, S. 717–730 (2016a)
- 145 Sammito, S.; Thielmann, B.; Klussmann, A.; Deußen, A.; Braumann, K.-M.; Böckelmann, I.: Nutzung der Herzschlagfrequenz und der Herzfrequenzvariabilität in der Arbeitsmedizin und der Arbeitswissenschaft. S2k-Leitlinie. Hg. v. Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V. (DGAUM). AWMF online. Online verfügbar unter https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/002-042l_S2k_Nutzung-Herzschlagfrequenz-Herzfrequenzvariabilitaet-Arbeitsmedizin-Arbeitswissenschaft_2022-03_1.pdf, zuletzt aktualisiert am 09.03.2022, zuletzt geprüft am 22.03.2022 (2021)
- 146 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. ASUI 06 (2015)
- 147 Sammito, S.; Thielmann, B.; Seibt, R.; Klussmann, A.; Weippert, M.; Böckelmann, I.: Nutzung der Herzschlagfrequenz und der Herzfrequenzvariabilität in der Arbeitsmedizin und der Arbeitswissenschaft. ASU Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed 51, S. 123–141 (2016b)
- 148 Sammito, W.; Sammito, S.; Böckelmann, I.: Herzratenvariabilität aus 24h-EKG vs. 6h-Nachtmessung - Ergebnisse einer Pilotstudie. Eine Sonderpublikation von DGAUM, ÖGA, SGARM und ASU, S. 140 (2013)
- 149 Sassi, R.; Cerutti, S.; Lombardi, F.; Malik, M.; Huikuri, H.V.; Peng, C.-K. et al.: Advances in heart rate variability signal analysis: joint position statement by the e-Cardiology ESC Working Group and the European Heart Rhythm Association co-endorsed by the Asia Pacific Heart Rhythm Society. Europace : European pacing, arrhythmias, and cardiac electrophysiology : journal of the working groups on cardiac pacing, arrhythmias, and cardiac cellular electrophysiology of the European Society of Cardiology 9, S. 1341–1353 (2015)

- 150 Schaufeli, W.B.; Bakker, A.B.; Hoogduin, K.; Schaap, C.; Kladler, A.: On the clinical validity of the maslach burnout inventory and the burnout measure. *Psychology & Health* 5, S. 565–582 (2001)
- 151 Schaufeli, W.B.; Leiter, M.P.; Maslach, C.; Jackson, S.E.: Maslach Burnout Inventory - General Survey. In: Christina Maslach, Susan E. Jackson und Michael P. Leiter (Hg.): Maslach burnout inventory manual. 3. ed., [Nachdr.]. Palo Alto, Calif.: Consulting Psychologists Press (1997)
- 152 Scheld, H.H.; Gulbins, H.: Chirurgie bei tachykarden Rhythmusstörungen und Herzschrittmachertherapie. In: Gerhard Ziemer und Axel Haverich (Hg.): Herzchirurgie. Die Eingriffe am Herzen und an den herznahen Gefäßen. 3., völlig neu bearb. Aufl. Berlin: Springer Medizin, S. 727–773 (2010)
- 153 Scheuch, K.: Arbeitsphysiologie. In: Gerhard Triebig, Michael Kentner und Rainer Schiele (Hg.): Arbeitsmedizin. Handbuch für Theorie und Praxis; mit Literatur-CD-ROM. 2., vollst. Neubearb. Aufl. Stuttgart: Gentner, S. 413–458 (2008)
- 154 Scheuch, K.: Arbeitsphysiologie. In: Gerhard Triebig (Hg.): Arbeitsmedizin. Handbuch für Theorie und Praxis. 4., vollst. überarb. Aufl. Stuttgart: Gentner (2014)
- 155 Scheuch, K.; Schröder, H.: Mensch unter Belastung. Stress als ein humanwissenschaftliches Integrationskonzept Dt. Verl. der Wiss. Berlin (1990)
- 156 Schnall, P.L.; Landsbergis, P.A.; Baker, D.: Job Strain and Cardiovascular Disease. *Annu. Rev. Public Health* 1, S. 381–411 (1994)
- 157 Seiboth, F.: Psychische Belastung und Gesundheit von Lehrkräften im Raum Magdeburg: Ein Altersgruppenvergleich. Dissertation. Otto-von-Guericke-Universität, Magdeburg. Bereich Arbeitsmedizin (2015)
- 158 Seibt, R.; Khan, A.; Thinschmidt, M.; Dutschke, D.; Weidhaas, J.: Gesundheitsförderung und Arbeitsfähigkeit in Kindertagesstätten. Einfluss gesundheitsförderlicher Maßnahmen auf die Arbeitsfähigkeit von Beschäftigten in Kindertagesstätten und Beiträge zur Netzbildung; [Abschlussbericht zum Projekt "Netzwerk für gesunde Beschäftigte in Kindertagesstätten" - INQA-Projekt F 44-03 Wirtschaftsverl. NW Verl. für Neue Wiss (Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin Forschung, 1049). Bremerhaven (2005)
- 159 Seibt, R.; Matz, A.; Hegewald, J.; Spitzer, S.: Working conditions of female part-time and full-time teachers in relation to health status. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 6, S. 675–687 (2012)
- 160 Seitz, V.; Böckelmann, I.; Thielmann, B.: Psychophysische Belastungen und Beanspruchungen bei Arzthelferinnen und Medizinischen Fachangestellten - eine Pilotstudie. In: Sibylle Hildenbrand und Monika A. Rieger (Hg.): Dokumentation der 55. Jahrestagung der DGAUM 2015. 55. Wissenschaftliche Jahrestagung 2015, 18.-20. März 2015 in München. Aachen: Geschäftsstelle der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V, S. 626–628 (2015)
- 161 Selye, H.: A Syndrome produced by Diverse Nocuous Agents. *Nature* 3479, S. 32 (1936)
- 162 Selye, H.: The stress of life McGraw-Hill Book Company (McGraw-Hill Paperbacks). New York, Toronto, London (1976)

- 163 Siegrist, J.: Adverse health effects of high-effort/low-reward conditions. *Journal of occupational health psychology* 1, S. 27–41 (1996a)
- 164 Siegrist, J.: Soziale Krisen und Gesundheit. Eine Theorie der Gesundheitsförderung am Beispiel von Herz-Kreislauf-Risiken Hogrefe Verl. für Psychologie (Reihe Gesundheitspsychologie, 5). Göttingen (1996b)
- 165 Silbernagl, S.; Despopoulos, A.: Taschenatlas Physiologie. 8., überarb. und erw. Aufl. Thieme. Stuttgart (2012)
- 166 Sonntag, K.; Feldmann, E.: Objektive Erfassung psychischer Belastung am Arbeitsplatz – Anwendung des Verfahrens GPB in der Produktion. *Z. Arb. Wiss.* 4, S. 319–325 (2018)
- 167 Tarvainen, M.P.; Lipponen, J.; Niskanen, J.-P.; Ranta-aho, P.O.: Kubios HRV. USER'S GUIDE. University of Eastern Finland (2017)
- 168 Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology: Heart Rate Variability: Standards of Measurement, Physiology Interpretation, and Clinical use. *Circulation* 5, S. 1043–1065 (1996)
- 169 Taylor, J.A.; Carr, D.L.; Myers, C.W.; Eckberg, D.L.: Mechanisms underlying very-low-frequency RR-interval oscillations in humans. *Circulation* 6, S. 547–555 (1998)
- 170 Theorell, T.; Hasselhorn, H.M.: On cross-sectional questionnaire studies of relationships between psychosocial conditions at work and health--are they reliable? *Int Arch Occup Environ Health* 7, S. 517–522 (2005)
- 171 Theorell, T.; Karasek, R.A.; Eneroth, P.: Job strain variations in relation to plasma testosterone fluctuations in working men--a longitudinal study. *Journal of internal medicine* 1, S. 31–36 (1990)
- 172 Thielmann, B.; Boeckelmann, I.: Herzfrequenzvariabilität als Beanspruchungsindikator für psychische Belastungen bei Chirurgen – ein Literaturüberblick. *Zentralblatt für Chirurgie* 5, S. 577–582 (2016)
- 173 Thielmann, B.; Karlsen, H.R.; Darius, S.; Böckelmann, I.: Heart Rate Variability in Different Levels of Burnout - Cross-Sectional Study of Different Occupational Groups Heart Rate Variability and Burnout. *Journal of occupational and environmental medicine* (2021a)
- 174 Thielmann, B.; Seibt, R.; Spitzer, S.; Druschke, D.; Zavgorodnij, I.; Kapustnik, W. et al.: Analyse des Burnout-Risikos bei Lehrerinnen im deutsch-ukrainischen Vergleich. *Ergo-Med /Prakt. Arb. med.* 37, S. 24–31 (2013)
- 175 Thielmann, B.; Zavgorodnij, I.; Böckelmann, I.: Zusammenhang zwischen Stresserleben und Stressverhalten – gemessen mit dem Differenziellen Stress Inventar und Burnout-Symptomatik im MBI. *Psychiatrische Praxis* 1, S. 29–36 (2022)
- 176 Thielmann, B.; Zavgorodnij, I.; Zub, K.; Böckelmann, I.: The perception of stress, behavior in stressful situations and mental health of bank employees within a German-Ukrainian comparative study. *International journal of occupational medicine and environmental health* 35 (2021b)
- 177 Thinschmidt, M.; Deckert, S.; Then, F. S.; Seidler, A. (Hg.): Systematischer Review: Der Einfluss arbeitsbedingter psychosozialer Belastungsfaktoren auf die Entstehung psychi-

- scher Beeinträchtigungen und Erkrankungen. Forschung Projekt F 2264/Los 1. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Dortmund, Berlin, Dresden Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin baua (2014)
- 178 Togo, F.; Takahashi, M.: Heart rate variability in occupational health --a systematic review. *Industrial Health* 6, S. 589–602 (2009)
- 179 Trepel, M.: *Neuroanatomie. Struktur und Funktion*. 6. Aufl. Elsevier, Urban & Fischer. München (2015)
- 180 Tymbota, M.O.; Zavgorodnii, I.V.; Zavgorodnia, N.I.; Kapustnik, V.; Darius, S.; Boeckelmann, I.: Socio-psychological aspects of forming emotional burnout among high school teachers. *The New Armenian Medical Journal* 11, S. 63–71 (2017)
- 181 Umetani, K.; Singer, D.H.; McCraty, R.; Atkinson, M.: Twenty-Four Hour Time Domain Heart Rate Variability and Heart Rate: Relations to Age and Gender Over Nine Decades. *Journal of the American College of Cardiology* 3, S. 593–601 (1998)
- 182 Üstün, T. B.; Sartorius, N. (Hg.): *Mental illness in general health care. An international study*. Chichester Wiley. Online verfügbar unter <http://www.loc.gov/catdir/description/wiley037/94043206.html> (1995)
- 183 van Amelsvoort, L.G.; Schouten, E.G.; Maan, A.C.; Swenne, C.A.; Kok, F.J.: Occupational determinants of heart rate variability. *Int Arch Occup Environ Health* 4, S. 255–262 (2000)
- 184 van der Doef, M.; Maes, S.: The Job Demand-Control (-Support) Model and psychological well-being: A review of 20 years of empirical research. *Work & Stress* 2, S. 87–114 (1999)
- 185 Vinokur-Kaplan, D.; Jayaratne, S.; Chess, W.A.: Job satisfaction and retention of social workers in public agencies, non-profit agencies, and private practice: the impact of workplace conditions and motivators. *Administration in Social Work* 3, S. 93–121 (1994)
- 186 Voss, A.; Schroeder, R.; Heitmann, A.; Peters, A.; Perz, S.: Short-term heart rate variability--influence of gender and age in healthy subjects. *PLoS one* 3, e0118308 (2015)
- 187 Wallén, M.B.; Hasson, D.; Theorell, T.; Canlon, B.; Osika, W.: Possibilities and limitations of the Polar RS800 in measuring heart rate variability at rest. *European journal of applied physiology* 3, S. 1153–1165 (2012)
- 188 Wernecke, C.; Lux, A.; Böckelmann, I.; Thielmann, B.: Belastungsfaktoren, Overcommitment und Burnout-Risiko bei Bankangestellten unterschiedlichen Alters. *Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed* 55, S. 251–259 (2020)
- 189 WHO: *Obesity - Preventing and Managing the Global Epidemic. Report on a WHO Consultation* World Health Organization. Geneva (2000)
- 190 WHO: *ICD-11 - International Classification of Diseases for Mortality and Morbidity Statistics*. QD85 Burnout. Online verfügbar unter <https://icd.who.int/browse11/l-m/en#/http://id.who.int/icd/entity/129180281>, zuletzt aktualisiert am 23.01.2022, zuletzt geprüft am 23.01.2022 (2022)
- 191 Williamson, K.; Lank, P.M.; Cheema, N.; Hartman, N.; Lovell, E.O.: Comparing the Maslach Burnout Inventory to Other Well-Being Instruments in Emergency Medicine Residents. *Journal of graduate medical education* 5, S. 532–536 (2018)

- 192 Wonneberger, A.; Wernecke, C.; Lux, A.; Böckelmann, I.; Thielmann, B.: Subjektive Einschätzung psychischer Gesundheit bei Bankangestellten mit einem potenziell traumatisierenden Erlebnis am Arbeitsplatz. *Zbl Arbeitsmed* 3, S. 109–118 (2020)
- 193 Ziemssen, T.; Reichmann, H.: Cardiovascular autonomic testing in extrapyramidal disorders. *Journal of the neurological sciences* 1-2, S. 129–132 (2011)
- 194 Zintl-Wiegand, A.; Krumm, B.; Weyerer, S.; Dilling, H.: Psychiatric morbidity and referral rates in general practices: comparison of an industrial town and a rural area in West Germany. *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol* 1, S. 49–56 (1988)

Danksagung

Ganz herzlich möchte ich mich bei Frau Prof. Dr. med. habil. Irina Böckelmann für die Überlassung des Themas und die großzügige und stets freundliche Unterstützung bedanken. Ihr großer wissenschaftlicher Erfahrungs- und Wissensschatz hat wesentlich zur Entwicklung dieser Studie beigetragen.

Außerdem gilt mein Dank Frau Dr. Sabine Darius für ihre unermüdliche und sehr engagierte Betreuung während der gesamten Entstehungszeit dieser Arbeit. Ich weiß sehr zu schätzen, dass sie immer ein offenes Ohr für mich hatte, aufkommende Fragen sehr zeitnah mit mir besprochen hat und mir stets bei der Lösung von Problemen behilflich gewesen ist.

Bei Frau Dipl.-Math. Anke Lux, Mitarbeiterin im Institut für Biometrie und Medizinische Informatik der Medizinischen Fakultät Magdeburg, möchte ich mich für die statistische Beratung bedanken.

Vielen Dank auch allen Mitarbeitern des Bereichs Arbeitsmedizin der Medizinischen Fakultät Magdeburg, ohne die diese Arbeit so nicht möglich gewesen wäre.

Natürlich ist auch den zahlreichen Probandinnen und Probanden zu danken, die aktiv an dieser Studie teilgenommen haben.

Nicht zuletzt möchte ich mich bei meiner Familie bedanken, insbesondere bei meinen Eltern Drs. Jens und Jutta Rother für ihre Motivation, Unterstützung und Liebe. Dankeschön euch beiden!

Ehrenerklärung

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

Zusammenhang subjektiver psychischer Beanspruchung und objektiver Herzschlagfrequenzvariabilitätsmessungen – unter besonderer Berücksichtigung ausgewählter Berufsgruppen und selten verwendeter HRV-Parameter

im 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 zur Promotion eingereicht. Ich übertrage der Medizinischen Fakultät das Recht, weitere Kopien meiner Dissertation herzustellen und zu vertreiben.

Magdeburg, den 23.03.2022

Janosch Jens Rother

Lebenslauf

Der Lebenslauf ist in dieser Version aus Datenschutzgründen nicht enthalten.

Eigene Publikationen:

Rother, J.; Darius, S.; Sammito, S.; Böckelmann, I.: Vergleich und Korrelation ausgewählter HRV-Parameter. Symposium Arbeitsmedizin und Arbeitswissenschaft für Nachwuchswissenschaftler, 08.-10. November 2019 in Magdeburg, ISBN 978-3-00-063516-8, S. 29 (2019)

Rother J.; Darius S.; Sammito S.; Böckelmann I.: Vergleich und Korrelation ausgewählter HRV-Parameter. Poster 23. Symposium Arbeitsmedizin und Arbeitswissenschaft für Nachwuchswissenschaftler, 08.-10. November 2019 in Magdeburg (2019)

Rother, J.; Darius, S.; Sammito, S.; Böckelmann, I.: Vergleich und Korrelation ausgewählter HRV-Parameter. GfA, Dortmund (Hrsg.): Frühjahrskongress 2020, Berlin, Digitaler Wandel, digitale Arbeit, digitaler Mensch? Beitrag E.1.5 (2020)

Rother, J.; Darius, S.; Sammito, S.; Böckelmann, I.: Zusammenhänge der HRV-Parameter in unterschiedlichen Zeiträumen. Herz (eingereicht)

A Anhang

A.1 Vota der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

UNIVERSITÄTSKLINIKUM
MAGDEBURG A.Ö.R.



OTTO VON GUERICKE
UNIVERSITÄT
MAGDEBURG



MEDIZINISCHE
FAKULTÄT

Ethik-Kommission, Medizinische Fakultät / Universitätsklinikum, Leipziger Str. 44 Haus 28, 39120 Magdeburg

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

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

Datum
10.04.2017

Unser Zeichen: **40/17**

Belastungssituationen im Arbeitsalltag und deren Beanspruchungsfolgen bei Erzieherinnen und Erziehern in Sachsen-Anhalt

Sehr geehrte Frau Hohmann,
sehr geehrte Kolleginnen und Kollegen,

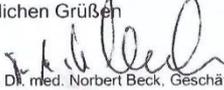
die Ethik-Kommission der Otto-von-Guericke-Universität an der Medizinischen Fakultät und am Universitätsklinikum Magdeburg hat die übergebenen Unterlagen zur o. g. Studie überprüft, in der letzten Kommissionssitzung eingehend erörtert und ist zu der Auffassung gekommen, dass gegen die Durchführung keine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

Die Verantwortlichkeit des jeweiligen Prüfungswissenschaftlers / behandelnden Prüf arztes 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

OTTO-VON-GUERICKE-UNIVERSITÄT MAGDEBURG
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



Universitätsklinikum • Leipziger Straße 44 • D-39120 Magdeburg

Frau Prof. Dr. Böckelmann, Frau Dr. Thielmann
Bereich Arbeitsmedizin, Haus 20/27
Universitätsklinikum Magdeburg A.ö.R.
Leipziger Str. 44
39120 Magdeburg

Tel.
(0391) 67/14314
67/14344

Fax
(0391) 67/14354
67/290185

eMail
norbert.beck@med.ovgu.de
ethikkommission@ovgu.de

Datum

15.05.2013

Unser Zeichen: **67/13**

Einfluss der Arbeitsbelastungen auf die psychische Gesundheit von Arzthelfer(n)-innen und medizinischen Fachangestellten – neue Wege in der Konzipierung der Präventionsprogramme

Sehr geehrte Frau Prof. Böckelmann, sehr geehrte Frau Dr. Thielmann,

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 Registrationsnummer 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

OTTO-VON-GUERICKE-UNIVERSITÄT MAGDEBURG
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



Universitätsklinikum • Leipziger Straße 44 • D-39120 Magdeburg

Frau Prof. Dr. Böckelmann, Frau Dr. Thielmann
 Bereich Arbeitsmedizin
 Universitätsklinikum Magdeburg A.ö.R.
 Leipziger Str. 44
 39120 Magdeburg

Tel.
 (0391) 67/14314
 67/14344

Fax
 (0391) 67/14354
 67/290185

eMail
 norbert.beck@med.ovgu.de
 ethikkommission@ovgu.de

Datum

15.05.2013

Unser Zeichen: **63/13**

Einfluss der Arbeitsbelastungen auf die psychische Gesundheit von Bankangestellten – neue Wege in der Konzipierung der Präventionsprogramme

Sehr geehrte Frau Prof. Dr. Böckelmann, sehr geehrte Frau Dr. Thielmann,

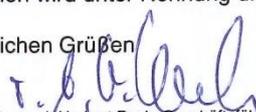
die Ethik-Kommission der Otto-von-Guericke-Universität an der Medizinischen Fakultät und am Universitätsklinikum Magdeburg hat die übergebenen Unterlagen zur o. g. Studie überprüft, in der letzten Kommissionssitzung eingehend erörtert und ist zu der Auffassung gekommen, dass gegen die Durchführung keine 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

A.2 Einwilligungserklärung



OTTO VON GUERICKE
UNIVERSITÄT
MAGDEBURG



MEDIZINISCHE
FAKULTÄT

Medizinische Fakultät Leipziger Str. 44 39120 Magdeburg

Probandenkennung:

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

EINWILLIGUNGSERKLÄRUNG

Hiermit erkläre ich meine freiwillige Teilnahme an der Untersuchung zur Studie

Magdeburger database about influence of gender and age in heart rate variability study (MIGA-Heart-Study)

Die Zielsetzung und die mir zugedachte Rolle im experimentellen Teil der Untersuchung wurden mir anhand des angehefteten Aufklärungsprotokolls (INFORMATION) erklärt und von mir verstanden. Insbesondere wurde ich auch über die bei der experimentellen Untersuchung zu erwartenden und für möglich gehaltenen Unannehmlichkeiten und Beeinträchtigungen der körperlichen Unversehrtheit oder Gesundheit aufgeklärt und werde im eigenen Interesse vor den Tests alle Erkrankungen und ärztliche Behandlungen angeben und Fragen in diesem Zusammenhang wahrheitsgemäß beantworten.

Diese Einwilligungserklärung gebe ich freiwillig und unter Umständen ab, die meine freie Entscheidung nicht beeinträchtigen. Ich wurde darüber belehrt, dass ich meine Einwilligung jederzeit widerrufen kann (auch während des Einsatzes als Proband), ohne hieraus Nachteile befürchten zu müssen. Ich bin bereit, mich vor, u. U. auch während des Einsatzes als Proband und auch danach den notwendigen ärztlichen Untersuchungen zu unterziehen.

Ich werde den Anordnungen des Versuchsleiters, die für die Testdurchführung erforderlich sind, Folge leisten. Es ist mir bekannt, dass ich jederzeit Fragen stellen und Antworten verweigern kann. Ich behalte mir das Recht vor, meine freiwillige Mitwirkung jederzeit zu beenden, ohne dass mir daraus Nachteile entstehen.

Ich bin damit einverstanden, dass im Rahmen des Forschungsvorhabens meine Daten einschließlich der Daten über Gesundheitszustand und Krankengeschichte, Geschlecht, Alter, Gewicht und Körpergröße aufgezeichnet und pseudonymisiert werden. Außerdem stimme ich zu, dass diese Daten zu wissenschaftlicher Auswertung im Bereich Arbeitsmedizin der Universität Magdeburg ausgewertet sowie zur möglichen Überprüfung der ordnungsgemäßen Durchführung der Studie an das zuständige Landesamt weitergegeben werden dürfen. Namen werden durch einen Code ersetzt.

Auch bin ich damit einverstanden, dass ein autorisierter und zur Verschwiegenheit verpflichteter Beauftragter des Landesamtes in meine beim Studienarzt vorhandenen personenbezogenen Einsicht nimmt, soweit dies für die Überprüfung der Studie notwendig ist.

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass die erfassten Daten aufgezeichnet und nur in anonymisierter Form zu wissenschaftlichen Zwecken verwendet werden. Über die Haftungsbestimmungen sowie über meine Obliegenheiten zur Wahrung meiner Ansprüche wurde ich unterrichtet.

Mit meiner Unterschrift bestätige ich weiter, dass ich diese schriftliche Aufklärung gelesen und verstanden habe und nach ausreichender Bedenkzeit mit meiner Teilnahme an der Untersuchung einverstanden bin.

Ich möchte über das Ergebnis des 24h-EKG informiert werden: ja nein

Name, Vorname:

Anschrift:

Geburtsdatum:

Datum:

Unterschrift: _____

Proband


Versuchsleiter

A.3 MIGA Fragebogen

Probandenkennung:



MEDIZINISCHE
FAKULTÄT

Version: 14.03.2016/2.0

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Postfach 4120, 39016 Magdeburg

BEREICH ARBEITSMEDIZIN

**Prof. Dr. med. habil.
Irina Böckelmann**

Leiterin

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
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

Fragebogen

Magdeburger database about influence of gender and age in
heart rate variability study (MIGA-Heart-Study)

Datum _____

Nacharbeit während Aufnahmezeitraum Ja Nein

Messwerte – nur vom Personal auszufüllen

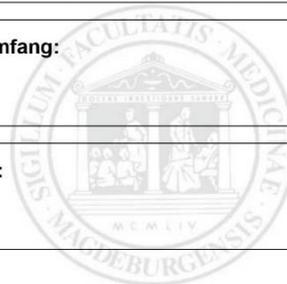
Ruheblutdruck

Taillenumfang:

Hüftumfang:

Gewicht:

Größe:



Allgemeine Angaben

1	Geschlecht männlich..... <input type="checkbox"/> weiblich <input type="checkbox"/>
2	Geburtsdatum (TT.MM.JJJJ)
3	Körpergröße (bitte schätzen) cm
4	Körpergewicht (bitte schätzen) kg
5	Arbeiten Sie aktuell im Schichtdienst? ja <input type="checkbox"/> seit wie vielen Jahren?: _____ nein <input type="checkbox"/>
6	Ist bei Ihnen ein <u>Diabetes mellitus</u> („Blutzucker“ / „Zuckerkrankheit“) bekannt? ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>
7	Wurde bei Ihnen eine <u>Koronare Herzkrankheit</u> („Verengung eines Herzgefäßes“) festgestellt? ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>
8	Haben Sie bereits einen <u>Herzinfarkt</u> erlitten? ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>
9	Wurde bei Ihnen während eines <u>Herzkatheters</u> ein Stent („Röhrchen“) in ein Herzgefäß eingesetzt? ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>
10	Leiden Sie an einem <u>Hypertonus</u> („Bluthochdruck“)? ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> Wenn ja, nehmen Sie aufgrund ihres Hypertonus („Bluthochdruck“) blutdrucksenkende Medikamente ein? ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> Welche? _____
11	Leiden Sie an sonstigen <u>Herzerkrankungen</u> ? ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>
12	Haben Sie einen <u>Schlaganfall</u> erlitten? ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>
13	Nehmen Sie derzeit <u>psychiatrische Medikamente</u> (z. B. wegen einer Depression) ein? ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>
14	Leiden Sie unter einer <u>Schilddrüsenerkrankungen</u> ? ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> Welche? _____ Sind ihre Schilddrüsenblutwerte im Normbereich? ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> Wann zuletzt geprüft? _____ (Jahr)
15	Leiden sie an Morbus <u>Parkinson</u> ? ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>
16	Leiden sie an <u>Epilepsie</u> ? ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>
17	Leiden sie an einer <u>chronisch obstruktiven Lungenerkrankungen (COPD)</u> ? ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>

18	Leiden sie an einer <u>chronischen Niereninsuffizienz</u> ?	ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>
19	Leiden sie regelmäßig an <u>Kopfschmerzen</u> ?	ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>
20	Für Frauen: Sind sie derzeit <u>Schwanger</u> ?	ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>
21	Rauchen Sie regelmäßig?	
	ehemalige Raucher..... <input type="checkbox"/> ▶ weiter mit Frage 22	
	Raucher <input type="checkbox"/> ▶ weiter mit Frage 23	
	Nichtraucher <input type="checkbox"/> ▶ weiter mit Frage 24	
22	Wenn Sie ehemaliger Raucher sind...	
	Seit wie vielen Jahren rauchen sie nicht mehr:	
	Jahre geraucht:	
	Zigaretten pro Tag: ▶ weiter mit Frage 24	
23	Wenn Sie Raucher sind...	
	Jahre geraucht:	
	Zigaretten pro Tag: ▶ weiter mit Frage 24	
24	Sind Sie aktuell sportlich aktiv?	
	Ja <input type="checkbox"/> ▶ weiter mit Frage 25	
	Nein..... <input type="checkbox"/> ▶ weiter mit Frage 27	
25	Wie häufig die Woche treiben Sie Sport?	
	Selten und unregelmäßig <input type="checkbox"/> ▶ weiter mit Frage 27	
	_____mal pro Woche (z.B. 3x/Woche oder 5x/Woche) ▶ weiter mit Frage 26	
26	Seit wie vielen Jahren treiben Sie kontinuierlich Sport?	
	Seit _____ Jahren..... <input type="checkbox"/> ▶ weiter mit Frage 27	
27	In welcher Berufsgruppe arbeiten Sie aktuell:	

--- Vielen Dank ---

A.5 Fragebogen zu Belastungsfaktoren und zur subjektiven Beanspruchung am Beispiel der Erzieherinnen

Mit diesem Fragebogen sollen Angaben zur Situation und den Arbeitsbedingungen an Ihrer Kindertagesstätte erfasst werden und wie diese auf Sie persönlich wirken. **Geben Sie bitte an, ob die folgenden Aspekte auf Ihre Situation bei der Arbeit zutreffend sind und wie stark Sie sich durch den jeweiligen Aspekt belastet fühlen:**

Kinder und Gruppe	trifft ... zu		belastet mich			
	nein	ja	nicht	kaum	mittel	stark
Es sind viele Kinder in der Gruppe.	<input type="checkbox"/>					
Die Arbeit mit dem einzelnen Kind ist kaum möglich.	<input type="checkbox"/>					
In der Gruppe gibt es Disziplinprobleme.	<input type="checkbox"/>					
Die Kinder zeigen Verhaltensauffälligkeiten.	<input type="checkbox"/>					
sonstigen Angaben: _____	<input type="checkbox"/>					
Team						
Bei Problemen erhält man Unterstützung durch Kolleginnen/Kollegen.	<input type="checkbox"/>					
Es findet effektive Teamarbeit statt.	<input type="checkbox"/>					
Es gibt Spannungen oder Konflikte im Team.	<input type="checkbox"/>					
Bei besonderen Problemen erhält man Unterstützung durch interne oder externe Fachkräfte.	<input type="checkbox"/>					
Leitung						
Es erfolgt eine leistungsgerechte Anerkennung und Kritik.	<input type="checkbox"/>					
Die Leitung unterstützt die Erzieherinnen/Erzieher bei Problemen.	<input type="checkbox"/>					
Die Leitung organisiert die tägliche Arbeit gut.	<input type="checkbox"/>					
Die Leitung geht mit Spannungen und Konflikten im Team konstruktiv um.	<input type="checkbox"/>					
Die Leitung geht mit Spannungen und Konflikten mit Eltern konstruktiv um.	<input type="checkbox"/>					
Träger						
Der Träger unterstützt die Arbeit der Kita.	<input type="checkbox"/>					
Der Träger engagiert sich für die Kita-Entwicklung.	<input type="checkbox"/>					
Es findet eine gute Zusammenarbeit mit dem Träger statt.	<input type="checkbox"/>					
Es steht genügend Personal zur Verfügung.	<input type="checkbox"/>					
Arbeitsaufgaben und Organisation						
Es sind viele Arbeitsaufgaben zu erfüllen.	<input type="checkbox"/>					
Bei Erfüllung der Aufgaben ist Zeitdruck gegeben.	<input type="checkbox"/>					
Zeit für Vor- und Nachbereitung der pädagogischen Arbeit ist gegeben.	<input type="checkbox"/>					
Die qualitätsgerechte Erfüllung der pädagogischen, Verwaltungs- und weiteren Aufgaben fällt schwer.	<input type="checkbox"/>					
Der Dienstplan wird allen Erzieherinnen/Erziehern gerecht.	<input type="checkbox"/>					
Entspannung oder Erholung während eines Arbeitstages sind kaum möglich.	<input type="checkbox"/>					
Arbeitsumwelt						
Die Luftverhältnisse (trockene Luft, Zugluft) sind schlecht.	<input type="checkbox"/>					
Die Lichtverhältnisse in den Räumen sind mangelhaft.	<input type="checkbox"/>					
Der Lärmpegel im Gruppenraum und in der Kita ist hoch.	<input type="checkbox"/>					
Das Kita-Gebäude ist im guten bautechnischen Zustand.	<input type="checkbox"/>					

Fortsetzung des Fragebogens zu Belastungen und Beanspruchung bei Erzieherinnen

Räumlich-technische Ausstattung	trifft ... zu		belastet mich			
	nein	ja	nicht	kaum	mittel	stark
Die Lärmschutzmaßnahmen für die Räume sind gut.	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
Die Gruppenräume sind mit Mobiliar und Spielmaterial gut ausgestattet.	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
Die Außenanlagen sind ausreichend groß und mit genügend Spielmaterial ausgestattet.	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
Es gibt genügend ergonomische Wickeltische sowie erwachsenengerechte Tische und Stühle.	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
Es steht ein Pausenraum oder eine Pausenecke zum „Abschalten“ zur Verfügung.	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
Körperliche Anforderungen						
Stimmliche Anspannungen durch häufiges, lautes Sprechen.	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
Heben, Tragen, Hilfestellungen oder Windeln von Kindern.	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
Ungünstige Haltungen beim Spielen und Basteln mit Kindern.	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
Häufiges Stehen und ungünstiges Sitzen.	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3

A.6 GHQ-12

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...			
... wegen Sorgen schlechter geschlafen?			
nein, gar nicht <input type="checkbox"/>	nicht schlechter als üblich <input type="checkbox"/>	schlechter als üblich <input type="checkbox"/>	viel schlechter als üblich <input type="checkbox"/>
... das Gefühl gehabt, dauernd unter Druck zu stehen?			
nein, gar nicht <input type="checkbox"/>	nicht mehr als üblich <input type="checkbox"/>	mehr als üblich <input type="checkbox"/>	viel mehr als üblich <input type="checkbox"/>
... sich auf das, was Sie gemacht haben, konzentrieren können?			
besser als üblich <input type="checkbox"/>	so wie üblich <input type="checkbox"/>	schlechter als üblich <input type="checkbox"/>	viel schlechter als üblich <input type="checkbox"/>
... das Gefühl gehabt, für etwas nützlich zu sein?			
mehr als üblich <input type="checkbox"/>	so wie üblich <input type="checkbox"/>	weniger als üblich <input type="checkbox"/>	viel weniger als üblich <input type="checkbox"/>
... das Gefühl gehabt, sich mit Ihren Problemen auseinander zu setzen?			
mehr als üblich <input type="checkbox"/>	so wie üblich <input type="checkbox"/>	weniger als üblich <input type="checkbox"/>	viel weniger als üblich <input type="checkbox"/>
... Schwierigkeiten gehabt, Entscheidungen zu treffen?			
nein, gar nicht <input type="checkbox"/>	so wie üblich <input type="checkbox"/>	schwerer als üblich <input type="checkbox"/>	viel schwerer als üblich <input type="checkbox"/>
... den Eindruck, dass Sie mit Ihren Schwierigkeiten nicht zu Rande gekommen sind?			
nein, gar nicht <input type="checkbox"/>	nicht schlechter als üblich <input type="checkbox"/>	schlechter als üblich <input type="checkbox"/>	viel schlechter als üblich <input type="checkbox"/>
... sich einigermaßen zufrieden gefühlt?			
mehr als üblich <input type="checkbox"/>	so wie üblich <input type="checkbox"/>	weniger als üblich <input type="checkbox"/>	viel weniger als üblich <input type="checkbox"/>
... Ihren Alltagsverpflichtungen mit Freude nachgehen können?			
mehr als üblich <input type="checkbox"/>	so wie üblich <input type="checkbox"/>	weniger als üblich <input type="checkbox"/>	viel weniger als üblich <input type="checkbox"/>
... sich unglücklich und deprimiert gefühlt?			
nein, gar nicht <input type="checkbox"/>	nicht mehr als üblich <input type="checkbox"/>	mehr als üblich <input type="checkbox"/>	viel mehr als üblich <input type="checkbox"/>
... einen Mangel an Selbstvertrauen gespürt?			
nein, gar nicht <input type="checkbox"/>	nicht mehr als üblich <input type="checkbox"/>	mehr als üblich <input type="checkbox"/>	viel mehr als üblich <input type="checkbox"/>
... sich wertlos gefühlt?			
nein, gar nicht <input type="checkbox"/>	nicht mehr als üblich <input type="checkbox"/>	mehr als üblich <input type="checkbox"/>	viel mehr als üblich <input type="checkbox"/>

A.7 MBI

Im Folgenden finden Sie einige Aussagen zu Gefühlen, die sich auf Ihre Arbeit beziehen. Bitte schildern Sie, wie **Ihr gesundheitliches Befinden** in den letzten vier Wochen war.

Bitte kreuzen Sie die zutreffende Antwort an!	nie	einige Male pro Jahr	einmal im Monat	mehrmals im Monat	einmal in der Woche	mehrmals in der Woche	täglich
	0	1	2	3	4	5	6
Ich fühle mich emotional leer in meiner Arbeit.	<input type="checkbox"/>						
Ich fühle mich am Ende des Arbeitstages verbraucht.	<input type="checkbox"/>						
Ich fühle mich müde, wenn ich morgens aufstehe und an meine Arbeit denke.	<input type="checkbox"/>						
Jeden Tag zu arbeiten, ist wirklich eine Belastung für mich.	<input type="checkbox"/>						
Ich kann die Probleme effektiv lösen, die in meiner Arbeit entstehen.	<input type="checkbox"/>						
Ich fühle mich durch meine Arbeit ausgebrannt.	<input type="checkbox"/>						
Ich glaube, dass ich einen wirkungsvollen Beitrag für diese Kita leiste.	<input type="checkbox"/>						
Seit ich in dieser Kita arbeite, habe ich weniger Interesse an meiner Arbeit.	<input type="checkbox"/>						
Ich habe die Begeisterung an meiner Arbeit verloren.	<input type="checkbox"/>						
Ich leiste meiner Meinung nach gute Arbeit.	<input type="checkbox"/>						
Ich fühle mich gut, wenn ich Arbeitsaufgaben vollendet habe.	<input type="checkbox"/>						
Ich habe viele nützliche Sachen in dieser Arbeit vollendet.	<input type="checkbox"/>						
Ich möchte nur meine Arbeit erledigen und ansonsten in Ruhe gelassen werden.	<input type="checkbox"/>						
Ich bin ziemlich zynisch darüber geworden, ob meine Arbeit zu irgendetwas nützt.	<input type="checkbox"/>						
Ich bezweifle die Bedeutung meiner Arbeit.	<input type="checkbox"/>						
Bei meiner Arbeit bin ich sicher, dass ich die Dinge effektiv erledige.	<input type="checkbox"/>						