

Aus dem Institut und Poliklinik für Arbeits- und Umweltmedizin
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München
Direktor: Prof. Dr. D. Nowak

Zusammenhang zwischen Stressempfindung, Stressverarbeitung und Herzfrequenzvari-
abilität bei Beschäftigten in der industriellen Produktion

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Joachim Strümpell

aus
Münster

2007

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. P. Angerer

Mitberichterstatter: Priv.-Doz. Dr. J. Engel

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter: Dr. med. M. Heinmüller

Dekan: Prof. Dr. med. D. Reinhardt

Tag der mündlichen Prüfung: 26. April 2007

Meinen Eltern

1	Einleitung	7
1.1	Stress am Arbeitsplatz	7
1.2	Zusammenhang zwischen belastenden Arbeitsbedingungen und nachfolgender körperlicher Erkrankung	8
1.3	Physiologie von Herzfrequenz und Herzfrequenzvariabilität	10
1.4	Auswertungsmöglichkeiten der HRV	10
1.5	Klinische Bedeutung der Herzfrequenzvariabilität	11
1.6	Zusammenhang zwischen biopsychosozialer Beanspruchung (Stress) und niedriger HRV	12
2	Zielsetzung	13
3	Material und Methoden	14
3.1	Studiendesign	14
3.2	Untersuchungskollektiv	15
3.3	Datenerhebung	17
3.3.1	Ablauf der Untersuchung	17
3.3.2	Anamnese und klinische Daten	18
3.3.3	Langzeit EKG	19
3.3.4	Parameter der Herzfrequenzvariabilität	19
3.3.4.1	SDNN (Standard deviation of N-N intervals)	20
3.3.4.2	RMSSD (Root mean square of successive differences)	20
3.3.4.3	LF („Low-Frequency“)	20
3.3.4.4	HF („High-Frequency“)	20
3.3.4.5	LF/HF	20
3.3.5	Arbeitsbedingungen, persönliche Reaktionsweise auf Stressbelastung und subjektiv wahrgenommene Stressbeanspruchung	21
3.3.5.1	Kurzfragebogen zur Arbeitsanalyse (KFZA)	21
3.3.5.2	Stressreaktivität (SRS)	22
3.3.5.3	Verausgabungsneigung (OC)	23
3.3.5.4	Verausgabungs-Belohnungs-Quotient (ERI)	23
3.3.5.5	Chronischer Stress (TICS)	24
3.4	Statistische Auswertung der Daten	25
4	Ergebnisse	26
4.1	Deskriptive Daten des Kollektivs	26

4.2	Belastungen des Kollektivs	29
4.3	Die HRV- und Stressparameter unseres Kollektivs	31
4.4	Korrelationen der Stress- und HRV-Variablen	34
4.4.1	Korrelationen der Stressvariablen und SDNN	34
4.4.2	Korrelationen der Stressvariablen mit RMSSD	35
4.4.3	Korrelationen der Stressvariablen mit IgLF/HF-Quotienten	36
4.4.4	Korrelationen der Stressvariablen mit der durchschnittlichen Herzfrequenz	37
4.5	Vergleich von Personen mit hoher und niedriger Stressreaktivität und -beanspruchung	38
4.6	Einflussgrößen der HRV	42
5	Diskussion	44
5.1	Zusammenfassung der Ergebnisse	44
5.2	Diskussion der Methodik	45
5.3	Diskussion der Ergebnisse	47
5.3.1	Deskriptive Daten	47
5.3.1.1	Geschlechterverhältnis	47
5.3.1.2	Alterverteilung	47
5.3.1.3	KFZA	47
5.3.2	Zusammenhänge der Stressparameter mit der Herzfrequenzvariabilität	48
5.3.2.1	Chronischer Stress (TICS)	48
5.3.2.2	Stressreaktivität (SRS)	48
5.3.2.3	Verausgabungs-Belohnungs-Quotient (ERI)	49
5.3.3	Zusammenhang der Herzfrequenzvariabilität und Rauchen	51
5.4	Andere berufliche Stressmodelle und die Auswirkungen auf die HRV	52
5.5	Bewertung der Ergebnisse im Vergleich mit den Ergebnissen anderer Studien	53
5.6	Beantwortung der initialen Fragestellung und Schlussfolgerungen	55
6	Zusammenfassung	56
7	Literaturverzeichnis	58
8	Danksagung	61
9	Lebenslauf	62

Abkürzungsverzeichnis

Fragebögen

ERI - Effort-Reward-Imbalance

TICS - Trierer Inventar zum chronischen Stress

SSCS - Screening Skala zum chronischen Stress

SRS - Stress-Reaktivitäts-Skala

OC - Overcommitment

Herzratenvariabilität

HRV - Heart rate variability

HF - High-Frequency

LF - Low-Frequency

SDNN - Standard deviation of N-N intervals

RMSSD - Root mean square of successive differences

BPM - Beats per Minute

Weiteres

BMI - Body Mass Index

LDL - Low density Lipoprotein

HDL - High Density Lipoprotein

MW - Mittelwert

SD - Standardabweichung

1 Einleitung

1.1 Stress am Arbeitsplatz

Innerhalb sich ständig verändernder wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Rahmenbedingungen haben sich Rationalisierungstendenzen, Anforderungsverdichtung, kurze Produktionszyklen, Konzentration von Unternehmen und allgemeiner Leistungs- und Zeitdruck innerhalb der letzten Jahre in vielen Betrieben wesentlich erhöht [1]. Dadurch kommt es zu einer zunehmenden gesundheitlichen, körperlichen wie seelischen Belastung der einzelnen Arbeitnehmer. Diese kann im Laufe der Jahre zu vermehrter Unzufriedenheit am Arbeitsplatz, erhöhten Arbeitsunfähigkeitszeiten, sinkender Produktivität und auch vermehrter vorzeitiger Berentung aufgrund meist funktioneller körperlicher und/oder (kardio)-vaskulärer Störungen führen [2].

Aufgrund des demographischen Wandels werden die Deutschen, wie die übrigen Europäer, immer älter, und sie werden immer weniger [3]. Zusammen mit dem Strukturwandel in Wirtschaft und Gesellschaft wird diese demographische Entwicklung massive Konsequenzen für die betriebliche Gesundheitspolitik mit sich bringen: Es wird insbesondere eine vorausschauende und präventivorientierte Personalpolitik notwendig werden, die gerade der Entwicklung älterer Erwerbstätiger zu einer Risikogruppe für chronische Krankheiten und vorzeitige Berentung entgegenwirkt [4]. Auch in der Luxemburger Deklaration zur betrieblichen Gesundheitsförderung in der Europäischen Union von 1997 wird daher die betriebliche Gesundheitsförderung als modernes Konzept des Arbeits- und Gesundheitsschutzes hervorgehoben [5].

Als Basis für eine gezielte Gesundheitsförderung ist es notwendig, äußere und individuelle Faktoren zu identifizieren, die zu gesundheitlicher Beeinträchtigungen führen können.

1.2 Zusammenhang zwischen belastenden Arbeitsbedingungen und nachfolgender körperlicher Erkrankung

Eine Vielzahl epidemiologischer Studien weist auf einen Zusammenhang zwischen psychosozialer Belastung am Arbeitsplatz und der Entwicklung chronisch-organischer, zum Beispiel kardiovaskulärer oder chronisch-schmerzhafter Erkrankungen hin [6] [7].

Eine Modellvorstellung, wie dieser Zusammenhang zustande kommt, wird mit dem Begriff „Allostatic Load“ beschrieben. Der von McEwen eingeführte Begriff der „Allostase“ beschreibt einen selbstregulierenden biologischen Prozess, in dessen Rahmen der menschliche Organismus auch auf tägliche, kleinere und repetitive Stressoren („day to day stressors“) adaptiert und aktiv die Homöostase der vielfältigen Organsysteme aufrechterhält [8]. Allostase unterstützt also kurzfristig die individuelle Bewältigung von Stress, hat aber längerfristige biologische Konsequenzen, die mit dem Begriff des „allostatic load“ (allostatische Belastung) bezeichnet werden. Damit ist der „Preis“ gemeint, den der Körper dafür zu bezahlen hat, dass er sich dauerhaft an widrige psychosoziale Belastungen oder physiologische Situationen anpassen muss.

Diese Veränderungen der Allostase mit biologischen Parametern zu erfassen, würde einen wichtigen Beitrag zur Früherkennung von Fehlbeanspruchungen leisten. Jedoch ist die Erhebung von objektiv biologischen Markern, die zum Beispiel Dysregulationen im Stresshormon-Stoffwechsel oder Veränderungen der autonom-vegetativen Funktionslage messen können, sehr aufwendig und kostspielig. Dennoch könnten so stressbedingte Veränderungen erkannt werden. In einer ersten diesbezüglichen Studie an 324 Arbeitnehmern eines großen Betriebes war insbesondere bei älteren Arbeitnehmern über 45 Jahre das subjektive Erleben von Stress am Arbeitsplatz mit signifikant erhöhten biologischen Indikatoren für eine bereits beeinträchtigte körperliche Gesundheit und mit einem erhöhten Risiko einer späteren körperlichen Erkrankung verbunden [2].

Viele Untersuchungen beschreiben, dass hohe psychosozialen Anforderungen am Arbeitsplatz zu einer Erhöhung der kardialen Mortalität führen [9].

Dieser Zusammenhang zwischen Stresseinflüssen und einem erhöhten Risiko einer koronaren Herzerkrankung wird beeinflusst durch eine Steigerung der Aktivität des Sympathikus auf das autonome Nervensystem [10]. Die Sympathisch-Parasympathische Balance

wird demnach durch chronisch psychosozialen Stress verändert [11]. Unter Stressbelastung steigt also die Aktivität des Sympathikus an.

Zur Beurteilung der beruflichen kardiovaskulären Beanspruchung von Arbeitnehmern wird die Messung der Herzfrequenzvariabilität empfohlen [12], da sie die autonome Funktion und neurovegetative Aktivität des Herzens widerspiegelt [13].

Ein gut untersuchtes Stressmodell wird mit dem Begriff „Gratifikationskrisenmodell“ bzw. „Effort-Reward-Imbalance“ beschrieben. Beim ERI werden die Arbeitsverausgabung des Beschäftigten und die erfahrene bzw. zu erwartende Belohnung (Bezahlung, Aufstiegschancen, Wertschätzung) anhand eines Fragebogens erfasst. Eine Vielzahl von Studien zeigte, dass ein Ungleichgewicht individueller Einsatzbereitschaft und Belohnung am Arbeitsplatz mit einer Erhöhung der kardialen Mortalität einhergeht [14].

Ebenfalls besteht ein Zusammenhang zwischen dem „Overcommitment“ (Überengagement), einem Messinstrument des ERI und erhöhter kardialer Mortalität [14].

Weitere Messinstrumente biopsychosozialer Beanspruchungen sind die „Stress-Reaktivitäts-Skala“ (SRS) und das Trierer Inventar zum chronischen Stress (TICS). Dort wird gezeigt, dass chronische Stressbelastung im Zusammenhang mit klinisch relevanter Beeinträchtigung der Gesundheit steht [15].

Der pathophysiologische Mechanismus zwischen Stresserleben und Einflüssen auf die Gesundheit basiert auf mindestens drei Ebenen. Zum einen wird Stress durch eine erhöhte Ausschüttung von Cortisol begleitet, zum anderen mit einer Steigerung der Aktivität der Plättchenfunktion. Zusätzlich wirkt Stress auf das vegetative Nervensystem im Sinne einer Steigerung der Sympathikusaktivität und Hemmung des Vagus [11].

1.3 Physiologie von Herzfrequenz und Herzfrequenzvariabilität

Unter Herzfrequenzvariabilität (“heart rate variability”, HRV) versteht man Schwankungen der Herzfrequenz von Schlag zu Schlag, die über Minuten oder Stunden beobachtet werden können [13]. Die Herzfrequenz wird unter anderem durch das autonome Nervensystem gesteuert. Der Parasympathikus bewirkt am Herzen eine Verlangsamung des Pulses (negative Chronotropie) und eine Verminderung der Pumpkraft (negative Inotropie). Außerdem verlangsamt er die Erregungsleitung vom Sinusknoten zum AV-Knoten und im AV-Knoten selbst (negative Dromotropie). Der Sympathikus wirkt bei der Regulation der Organtätigkeit antagonistisch. Bei körperlicher oder psychischer Belastung wird die Herzleistung durch die Einwirkung sympathischer Nervenfasern gesteigert (positive Chronotropie, Inotropie und Dromotropie).

Die HRV ist ein Maß der autonomen Funktion des Herzens, also der Einflüsse des sympathischen und parasympathischen Nervensystems [13].

1.4 Auswertungsmöglichkeiten der HRV

Die verschiedenen Parameter der Herzfrequenzvariabilität gliedern sich grob in zwei „Domaines“:

- Zeitbezogene Parameter („Time-Domaine“)
- Frequenzbezogene Parameter („Frequency-Domaine“)

Bei zeitbezogener Messung werden die Intervalle der Herzaktionen über die Zeit gemessen und daraus Mittelwerte, Standardabweichung und weitere Parameter ermittelt.

Bei frequenzbezogener Analyse werden Frequenzanalysen mit mathematisch-physikalischen Verfahren (Fast Fourier Transformation) durchgeführt. Die Fast Fourier Transformation ist ein mathematisches Verfahren zur Umwandlung zeitbezogener in frequenzbezogene Daten [13]. Dadurch ergeben sich Frequenzanteile, die eher dem Parasympathikus (High-Frequency), bzw. dem Sympathikus (Low-Frequency) zugeordnet werden [16].

1.5 Klinische Bedeutung der Herzfrequenzvariabilität

Eine Bedeutung der HRV in der Kardiologie besteht in der Risikostratifizierung bei kardialen Erkrankungen, insbesondere in der Bestimmung des Risikos für einen plötzlichen Herztod bei Patienten, die einen Herzinfarkt überlebt haben [17]. Eine Erhöhung der Aktivität des Sympathischen Nervensystems geht einher mit einer Erniedrigung der Herzfrequenzvariabilität. Diese Veränderung der autonomen Modulation bedeutet zum einen ein höheres Risiko für das Auftreten ventrikulärer Arrhythmien und zum anderen eine Erhöhung der kardialen Mortalität [18].

Patienten mit Depressionen besitzen ein erhöhtes Risiko eine koronare Herzkrankheit zu bekommen und daran zu versterben [19]. Gleichzeitig zeichnen sie sich durch eine verminderte HRV aus, was als ein Mechanismus des Zusammenhangs zwischen Depression und kardialer Mortalität diskutiert wird [20]. HRV wird in der Forschung seit langem eingesetzt, um die Auswirkungen psychischer oder auch anderer beruflicher Einflüsse auf die autonome Regulation zu bestimmen [21]. Die Bestimmung der HRV wird auch eingesetzt, um den Erfolg von Lebensstiländerungen wie Ernährung, Sport oder berufliche Stressreduktion zu evaluieren [22] [23].

Die Aktivierung des sympathischen Nervensystems bedeutet eine Erhöhung der Frequenzanteile des Low-Frequency Spektrums [13]. Dagegen bewirkt eine Aktivierung des Parasympathikus eine Zunahme der Frequenzanteile des High Frequency Spektrums. Die Aktivierung des sympathischen Nervensystems lässt sich durch den Quotienten aus Low Frequency und High Frequency ausdrücken. Dieser Parameter der Herzfrequenzvariabilität wird in der Literatur auch als Index der Sympathovagalen-Balance beschrieben [24].

1.6 Zusammenhang zwischen biopsychosozialer Beanspruchung (Stress) und niedriger HRV

Vorläufige Daten zeigen einen Zusammenhang zwischen biopsychosozialer Beanspruchung (Stress) und niedriger Herzfrequenzvariabilität [25]. Jedoch ist dieser Zusammenhang nicht bei allen Untersuchungen erkennbar.

Zur Frage, wie sich der subjektiv empfundene Stress auf das autonome Nervensystem auswirkt, gibt es eine Reihe von Untersuchungen. Der Rolle des Parasympathikus in der Erholungsphase nach Stresssituationen wird eine große Bedeutung zugemessen [26]. Es wird vermutet, dass chronischer Stress zu einer inadäquaten Erholungsphase führen kann und es damit durch eine Minderaktivierung des Parasympathischen Nervensystems zu einer Störung der sympathovagalen Balance kommt [27].

Die Frage, ob sich die individuelle Stressreaktivität in der HRV widerspiegelt, oder ob es sich um unabhängig voneinander vorkommende Phänomene handelt, sollte an einem Kollektiv von stark stressbelasteten Führungskräften im Produktionsbereich eines großen Automobilunternehmens ermittelt werden.

2 Zielsetzung

Die vorliegende Arbeit sollte untersuchen, ob einerseits ein Zusammenhang besteht zwischen subjektiv wahrgenommener Stressbeanspruchung bzw. der persönlichen Reaktionsweise auf Stress und der autonomen Kontrolle des Herzens andererseits, gemessen als Herzfrequenzvariabilität.

Als Kollektiv wurden Mitarbeiter der Produktion von schweren LKW's untersucht, die einer für die Industrie typischen hohen Stressbelastung ausgesetzt sind:

Rationalisierung, Modernisierung und Umstrukturierung führen zu hohem Arbeitsdruck, hinzu kommt eine hohe Personalverantwortung.

Die persönliche Reaktionsweise und die subjektiv wahrgenommene Stressbeanspruchung wurden durch validierte Fragebogeninstrumente gemessen;

Persönliche Reaktionsweise auf Stressbelastung (=Copingstrategien): Diese wurde durch die Stress-Reaktivitätsskala (SRS) und den Overcommitment-Test (OC) erfasst.

Subjektiv wahrgenommene Stressbeanspruchung: Die individuellen, emotionalen und kognitiven Reaktionen wurden mit dem Effort-Reward Questionnaire (ERI) und dem Trierer Inventar zum chronischen Stress (TICS) analysiert, wobei der TICS ein Zeitfenster der letzten drei Monate erfasst und der ERI keine zeitliche Begrenzung besitzt.

Im Einzelnen zielte die hier vorliegende Arbeit darauf ab, zur Klärung folgender Fragen beizutragen:

1. Gibt es einen Zusammenhang zwischen persönlicher Reaktionsweise auf Stressbelastung und Messwerten der Herzfrequenzvariabilität?
2. Gibt es einen Zusammenhang zwischen subjektiv wahrgenommener Stressbeanspruchung (=Beanspruchung) und Messwerten der Herzfrequenzvariabilität?

3 Material und Methoden

3.1 Studiendesign

Die vorliegende Arbeit ist Teil der größeren Studie „Prävention stressbedingter Gesundheitsschäden in einem Industriebetrieb -- eine randomisierte Interventionsstudie bei Männern mit erhöhtem Risiko“, die aus dem Förderschwerpunkt des BMBF zur Präventionsforschung gefördert wird und insgesamt 3 Jahre dauert.

Die gesamte Studie hat zum Ziel, den Einfluss eines gruppenbasierten Stresspräventionsprogramms auf die psychische und körperliche Gesundheit von Männern in einem Industrieunternehmen zu untersuchen. Zielgruppe sind Segmentleiter (Industriemeister), deren Stellvertreter und Gruppenführer, die sich durch hohe Verantwortung für Mitarbeiter und Produktion auszeichnen und unter einer hohen Arbeitsbelastung stehen. Die psychologischen und biologischen Messgrößen, die als Indikatoren für die Gesundheit verwendet werden, werden vor Beginn der Intervention, nach einem und nach zwei Jahren auf identische Weise untersucht. Die ersten Untersuchungen begannen im Januar 2006.

Die Untersuchung ist als randomisierte Interventionsstudie angelegt. Die Studienteilnahme ist zu jedem Zeitpunkt freiwillig. Ein positives Votum der Ethikkommission liegt vor.

Alle potentiellen Teilnehmer erhielten eine ausführliche Information bzw. Aufklärung über die Untersuchung. Nach dem anschließenden schriftlichen Einverständnis bekamen alle potentiellen Teilnehmer zum Zeitpunkt T1 (Januar bis Mai 2006) eine medizinische und psychologische Erstuntersuchung einschließlich eines Langzeit-EKGs. Anschließend wurde jeder der 174 Mitarbeiter, die die Einschlusskriterien erfüllten (s.u.) nach dem Zufallsprinzip einer der beiden Gruppen zugeteilt. Weitere 15 Personen erfüllten zwar die grundsätzlichen Bedingungen für die Teilnahme (Personalverantwortung, hoher Arbeitsdruck), stammten aber aus verschiedenen anderen Arbeitsbereichen (d.h. sie fielen nicht unter die drei Gruppen der Segmentleiter (Industriemeister), deren Stellvertreter und Gruppenführer) und wurden daher zwar untersucht, nicht aber in die randomisierte Untersuchung eingeschlossen.

Die Interventionsgruppe erhält zeitnah zum Studieneinschluss ein Stressbewältigungstraining über zwei Tage, gefolgt von zwei Auffrischungsseminaren, innerhalb des ersten Jah-

res. Die Kontroll-Wartegruppe erhält die identische Intervention erst nach der ersten Nachuntersuchung, T2, im zweiten Jahr des Projektes (d.h. nach der Nachuntersuchung Januar-Mai 2007). Die Intervention soll helfen, individuelle Stressreaktionen und chronischen Stress besser wahrzunehmen, die individuellen Stressbewältigungsfähigkeiten zu verbessern, sowie einen bewußteren Umgang mit Gefühlen, insbesondere mit Ärger und der Wahrnehmung körperlicher Anspannung bzw. der individuellen Entspannungsfähigkeit zu fördern. Die Hypothese ist, dass durch diese Intervention sich sowohl psychische als auch biologische Stressreaktionen günstig verändern.

Die vorliegende Arbeit ist eine Querschnittsstudie, die das Gesamtkollektiv, d.h. Interventions- und Kontrollgruppe sowie weitere vollständig untersuchte Personen, die nicht randomisiert wurden, vor Beginn der Intervention mit Hinblick auf die o.g. Fragestellungen untersucht. Das erweiterte Kollektiv wurde gewählt, da es für die hier zu bearbeitende Fragestellung günstig war, ein möglichst breites Spektrum an Arbeitsbelastungen und -beanspruchungen zu erfassen und eine möglichst hohe Fallzahl zu erreichen.

3.2 Untersuchungskollektiv

Das Untersuchungskollektiv arbeitet in einem großen Werk, in dem schwere LKW produziert werden.

Das Untersuchungskollektiv bildeten 189 in Personal- und Organisationsverantwortung stehende mittlere Führungskräfte in der Produktion. Diese sind primär als Segmentleiter (meistens Handwerks- oder Industriemeister), Segmentleiter-Stellvertreter, Schicht- und Gruppenführer tätig.

Ein Modulleiter entspricht einem Abteilungsleiter und hat Führungsverantwortung für ca. 300 Mitarbeiter. Ein Modulleiter ist zuständig für mehrere Segmente der Produktion. Ein Segmentleiter und deren Stellvertreter sind für ungefähr 50 bis 100 Mitarbeiter verantwortlich, abhängig von dem Segment. Diese sind zuständig für einen kompletten Produktionsabschnitt, z.B. Fahrerhaus. Gruppenführer haben für ungefähr acht bis 20 Mitarbeiter die Verantwortung. Diese sind primär an der Produktion beteiligt.

Typische Stresssituationen dieser mittleren Führungskräfte sind der hohe Arbeitsdruck, der sich u.a. durch Rationalisierung, zahlreiche Neuerungen und Umstrukturierungen, hohe Personalverantwortung u.v.m ergibt, dazu häufig auftauchende zusätzliche Probleme

wie Personalengpässe, hoher Krankenstand, technische und logistische Probleme direkt am Produktionsband sowie EDV-Ausfälle, welche die hohe Auslastung in der Produktion stark behindern.

Einschlusskriterien für die Teilnahme waren ein Mindestalter von 18 Jahren, ausreichende Deutschkenntnisse, um im weiteren Studienverlauf den Stressinterventions-Seminaren ausreichend folgen zu können, sowie die Bereitschaft das Präventionsprogramm vollständig und gemäß den Vorgaben der Studienleiter durchzuführen. Ausschlusskriterien waren eine zu erwartende Arbeitsunfähigkeit über 30 Tage pro Jahr in den folgenden zwei Jahren oder eine mangelnde Compliance, schwere körperliche oder psychische Erkrankungen und ein laufendes Berentungsverfahren.

Die Art und Weise der Rekrutierung der Studienteilnehmer wird hier kurz beschrieben, da so verständlich werden soll, welche Motivation die Studienteilnehmer haben:

Die Studie wurde nach Absprache mit Betriebsleitung und Betriebsrat im Rahmen eines quartalsmäßig stattfindenden Zusammenkommens aller Segmentleiter des Werkes Karlsfeld der Firma MAN von den Projektleitern sowie dem leitenden Betriebsarzt vorgestellt. Es wurde den Mitarbeitern verdeutlicht, dass die Beschäftigten die mögliche Teilnahme an der Studie als ein Angebot begreifen, das helfen soll, ihren beruflichen Alltag mit weniger Anspannung und geringerem emotionalen Aufwand zu bewältigen. Es wurde darauf hingewiesen, dass Stressabbau auch den Interessen der Arbeitgeber dient, weil er Reibungsverluste senkt, also Arbeitnehmer- und Arbeitgeberinteressen konvergieren. Dass die angebotene Intervention und die im Rahmen der Studie gewonnenen Daten kein Instrument der Betriebsleitung zur Kontrolle der Beschäftigten darstellt, wurde ausdrücklich klargestellt. Die Teilnahme war freiwillig. Die Teilnahme am Stressbewältigungsseminar erfolgt zu 100 % (= 10 Doppelstunden) innerhalb der regulären Arbeitszeit.

Tabelle 1: Darstellung des in Frage kommenden Kollektivs und des tatsächlich eingeschlossenen Kollektivs

Mitarbeiter, die an der Studie hätten teilnehmen können (ca. Angaben)		Mitarbeiter, die an der Studie teilnahmen		%	
Segmentleiter	100	Segmentleiter	65	Segmentleiter	65
Stellvertreter	100	Stellvertreter	32	Stellvertreter	32
Modulleiter	15	Modulleiter	11	Modulleiter	73,3

Die Zahl der Gesamtgruppe der Gruppenleiter im Werk lässt sich aus betrieblichen Gründen nicht festlegen. Daher kann der Anteil der Teilnehmer aus der Gesamtgruppe nicht genannt werden. Gleiches gilt für die „anderen Berufe“, z. B. EDV Spezialisten, Prozessplaner u.a.

3.3 Datenerhebung

3.3.1 Ablauf der Untersuchung

Die Datenerhebung fand statt von Januar 2006 bis Mai 2007 in den Räumen des betriebsärztlichen Dienstes des Produktionswerkes. Am ersten Tag der Untersuchung wurde der Studienteilnehmer noch einmal mit dem Ablauf der Studie vertraut gemacht. Daraufhin wurde der Proband durch eine Ärztin des Instituts- und der Poliklinik für Arbeits- und Umweltmedizin des Klinikum München Innenstadt internistisch untersucht und ihm ein 24-Stunden EKG angelegt. Anschließend wurden im Beisein eines Psychologen des Instituts für psychosomatische Medizin der TU-München die verschiedenen Testinstrumente der biopsychosozialen Beanspruchung bearbeitet. Am folgenden Tag wurde das 24-Stunden EKG wieder abgenommen und zusätzlich eine Blutabnahme durchgeführt. Nach einem weiteren Tag wurden die erhobenen Befunde mit dem Probanden eingehend besprochen.

3.3.2 Anamnese und klinische Daten

Die Datenerhebung der Probanden über ihre soziodemographische Situation und ihre kardiovaskulären Risikofaktoren erfolgte während der Eingangsuntersuchung durch eine Ärztin des Instituts- und der Poliklinik für Arbeits- und Umweltmedizin des Klinikum München Innenstadt.

Für die Definition und korrekte Erfassung der kardiovaskulären Risikofaktoren galten folgende Einteilungen:

- BMI: Die Errechnung des Body Mass Index (Körpergewicht [kg]/Körpergröße [m²]) erfolgte in der Erstuntersuchung durch Messung des Gewichts und der Größe der jeweiligen Probanden.
- Raucher: Als Raucher galt jeder Proband, der zur Zeit der Erstuntersuchung aktiv rauchte.
- Hypertoniker: Als Hypertoniker wurden Probanden eingestuft, die bei zwei Blutdruckmessungen im Rahmen der Erstuntersuchung in liegender Position Werte über 140/90 mmHg hatten.
- LDL und HDL: Es erfolgte bei den Probanden die Blutabnahme morgens, zwischen 7 Uhr und 9 Uhr, in den Räumen des Gesundheitsdienstes von MAN Karlsfeld. Die Probanden waren angewiesen seit dem Vorabend nüchtern zu bleiben. Die Bestimmung von HDL und LDL erfolgte im Lipidlabor des Klinikum Großhadern. Dort wurde eine Direktbestimmung durch das Testkit LDL bzw HDL der Firma WAKO durchgeführt.
- Diabetes mellitus: Die Erfassung erfolgte sowohl anamnestisch, als auch über die Bestimmung des nüchtern Blutzuckers und des HbA_{1c} im Rahmen der Erstuntersuchung.
- Familiäre Belastung: Als familiäre Belastung wurde gewertet, wenn ein kardiovaskuläres Ereignis der Mutter vor dem 65. Lebensjahr, bzw. bei dem Vater vor dem 55. Lebensjahr vorlag.
- Herz-/Kreislaufkrankung: Die Erfassung erfolgte anamnestisch im Rahmen der Erstuntersuchung.
- Sport: Als sportliche Betätigung wurden mäßige (Walken, Radfahren, Gartenarbeit etc.) bis sehr anstrengende körperliche Tätigkeiten gewertet.

- Obst: Dieser Wert beschreibt, wie viele Portionen (à 100-150 g) Obst und Gemüse der Proband durchschnittlich pro Tag zu sich nimmt.
- Fisch: Dieser Wert beschreibt, wie häufig der Proband pro Woche Fisch isst.

3.3.3 Langzeit EKG

Dazu wurde bei den Mitarbeitern ein 24-Stunden EKG aufgezeichnet, welches an einem normalen Arbeitstag angelegt wurde. Die Aufzeichnungsdauer variierte zwischen 24 und 18 Stunden.

Die Probanden bekamen am Tag der Erstuntersuchung ein kontinuierlich aufzeichnendes EKG-Gerät angelegt. Dies waren digitale Langzeit-EKG Recorder der Firma MEDILOG. Die Recorder (ARF4/12) hatten ein Gewicht von 100 bis 150 g und waren in der Ausübung der Arbeiten der einzelnen Mitarbeiter kein Hindernis. Die Aufzeichnungen während der 24 Stunden dienten der Erfassung der HRV unter alltäglichen Bedingungen. Die Auswertung der EKG's erfolgte am gleichen Tag. Zum einen durch persönliche Prüfung und Korrektur der EKGs, als auch über das Holter-System von MEDILOG-DARWIN. Standardwerte der zeitbezogenen und frequenzbezogenen Analyse der HRV wurden errechnet. Die autonome Kontrolle wird primär über das Verhältnis der Power im Niedrig- und Hochfrequenzbereich (normalisiert) bestimmt (LF/HF Quotient).

3.3.4 Parameter der Herzfrequenzvariabilität

Die Parameter der Herzfrequenzvariabilität setzen sich zum einen aus der „Time-Domain“, zum anderen aus der „Frequency-Domain“ zusammen. Zeitbezogene Parameter („Time-domain“) beschreiben die Schwankungsbreite verschiedener aufeinander folgender R-R-Abstände. Für die zeitbezogenen Größen der HRV konzentrierten wir uns auf die Parameter SDNN und RMSSD.

Die Frequency-Domain basiert auf der Spektralanalyse der Herzfrequenzen, nicht der R-R-Intervalle. Als gebräuchliche Analysemethode ist die Fourieranalyse in Form der Fast-Fourier Transformation (FFT) bekannt [28]. Die FFT ist ein mathematisches Verfahren zur Umwandlung zeitbezogener (Herzfrequenzabstände) in frequenzbezogene Daten [13]. Die frequenzbezogenen Größen („Frequency-domain“) waren die LF (low-frequency), HF (high-frequency), sowie der Quotient aus LF und HF.

3.3.4.1 SDNN (Standard deviation of N-N intervals)

Bei den zeitbezogenen Größen wird mittels elektrokardiographischer Aufzeichnungen jeder Abstand zwischen zwei aufeinander folgenden normalen R-Zacken (NN-Intervalle) vermessen. Die SDNN ist die Standardabweichung aller gemessenen NN-Intervalle. Je größer die SDNN, desto größer die Variabilität aller NN-Intervalle [13].

3.3.4.2 RMSSD (Root mean square of successive differences)

Die RMSSD misst ebenfalls alle NN-Intervalle. Der RMSSD-Wert repräsentiert die Quadratwurzel des quadratischen Mittelwertes der Summe aller Differenzen zwischen benachbarten NN-Intervallen [29]. Ein Ausdruck vermehrter parasympathischer Aktivität ist die Erhöhung von RMSSD. Die RMSSD ist insofern ein guter Kennparameter der HRV, als er nicht, wie die SDNN, vom Mittelwert einer Zeitperiode die Standardabweichung berechnet und damit auch Einflüssen dieser Zeitperiode unterliegt, sondern Schlag-zu-Schlag-Differenzen misst. Der RMSSD Wert hat eine hohe Korrelation zum HF-Wert der Frequency-Domain [30].

3.3.4.3 LF („Low-Frequency“)

Die Low-frequency ergibt sich aus Einflüssen des sympathischen und parasympathischen Nervensystems, sowie durch Baroreflexe. Der Frequenzbereich liegt bei 0,04 bis 0,15 Hz.

3.3.4.4 HF („High-Frequency“)

Die High-frequency wird durch Parasympathische Einflüsse und durch die respiratorische Ventilation moduliert. Der Frequenzbereich liegt bei 0,15 bis 0,40 Hz.

3.3.4.5 LF/HF

Der Quotient aus LF und HF spiegelt das Zusammenwirken des Sympathischen- und Parasympathischen Nervensystems auf die autonome Regulation des Herzens wider und wird als „Sympathovagale-Balance“ bezeichnet [31]. Hohe LF/HF Werte bedeuten ein Überwiegen des sympathischen, niedrige Werte ein Überwiegen des Parasympathikus.

Tabelle 2: Normwerte der Herzfrequenzvariabilität (aus Task Force of the European Society of Cardiology the North American Society of Pacing Electrophysiology)

Variable	Einheit	Normalwerte (M±SD) *
SDNN	ms	141±39
RMSSD	ms	27±12
LF	ms ²	1170±416
HF	ms ²	975±203

*Mittelwert (Standartabweichung)

3.3.5 Arbeitsbedingungen, persönliche Reaktionsweise auf Stressbelastung und subjektiv wahrgenommene Stressbeanspruchung

3.3.5.1 Kurzfragebogen zur Arbeitsanalyse (KFZA)

Die Ergebnisse des KFZA werden in dieser Arbeit nur verwendet, um die Arbeitsbelastungen des Kollektivs zu charakterisieren.

Dieser Fragebogen zur Arbeitsanalyse (KFZA) umfasst 26 Fragen zur subjektiven Arbeitsanalyse [32]: D.h. der Fragebogen beschreibt bestimmte Arbeitsbedingungen und der Befragte gibt an, in wie weit diese Bedingungen an seinem Arbeitsplatz zutreffen (z.B. "Ich kann mich auf meine KollegInnen verlassen, wenn es bei der Arbeit schwierig wird" oder „ An meinem Arbeitsplatz gibt es ungünstige Umgebungsbedingungen wie Lärm, Klima, Staub“). Das Screeninginstrument beschäftigt sich mit insgesamt 11 Dimensionen des Arbeitslebens. Diese sind Handlungsspielraum, Vielseitigkeit, Ganzheitlichkeit, Soziale Rückendeckung, Zusammenarbeit, qualitative Arbeitsbelastung, quantitative Arbeitsbelastung, Arbeitsunterbrechungen, Umgebungsbelastungen, Information und Mitsprache, sowie die betrieblichen Leistungen. Die Auswertung erfolgt über die Bildung von Mittelwerten. Der Test zeigt mit einem Cronbachs alpha von 0.80 eine gute Reliabilität.

Bewertung: Der Kurzfragebogen zur Arbeitsanalyse KFZA hat keinen Summenwert. Hier müssen jeweils die aufgelisteten Subskalen oder Dimensionen ausgewertet werden. Dieses Messinstrument besitzt auch keine Grenzwerte, jedoch berichten Prümper et al über Mittelwerte ihrer Stichprobe für die einzelnen KFZA-Subskalen, die mit den jeweiligen Werten in unserem Kollektiv verglichen werden können [32].

In der vorliegenden Arbeit wird eine zusätzliche alternative Auswertung des KFZA dargestellt, wie sie in einem von der EU geförderten Projekt zur betrieblichen Analyse von Arbeitsbedingungen verschiedener staatlicher Organisationen in Österreich angewandt wurde. (Impuls 2002). Hier erfolgte eine Einteilung der Mittelwerte in Stressfaktoren (Werte < 2,5), Entwicklungspotenzial (Werte zwischen 2,5 und 3,5) und Ressourcen (Werte > 3,5). Für diese Kategorisierung ist die Umkodierung der Skalen qualitative und quantitative Arbeitsbelastung, Arbeitsunterbrechungen und Umgebungsbelastung nötig (Impuls, 2002), so dass letztlich die geringe Ausprägung eines Stressors als Ressource, die fehlende Ausprägung einer Ressource als Stressor gewertet wird. In der Ergebnisdarstellung in der vorliegenden Arbeit lässt sich einerseits anhand der Mittelwerte erkennen, wie das untersuchte Kollektiv im Vergleich zur Normstichprobe steht, zum anderen wie die Arbeitsbedingungen aus arbeits- und organisationspsychologischer Sicht zu werten sind.

3.3.5.2 Stressreaktivität (SRS)

Die "Stress-Reaktivitäts-Skalen" (SRS) von Schulz et al. sind aus der Überarbeitung eines bisher nicht veröffentlichten Messinstrumentes zur Erfassung der Stressanfälligkeit (MESA) hervorgegangen. Dieser Fragebogen fragt nach Dauer und Ausmaß affektiver Reaktionen, die eine Person typischerweise in unterschiedlichen Stresssituationen zeigt, was den Fragebogen insbesondere für die Evaluation und Veränderungsmessung der Stressbewältigungskompetenz nützlich macht. Die SRS stellt den Zusammenhang zwischen Stressor und Stressreaktion her und ist ein Maß für die individuelle Stressanfälligkeit. Der SRS besteht aus 29 Items mit je drei Antwortmöglichkeiten, welche unterschiedliche Intensitätsgrade von Stressanfälligkeit formulieren. Jedes Item kann in einer der drei Ausprägungsstufen angekreuzt werden. Anhand der Addition der sechs Primärskalen (Stressreaktivität (1) bei Arbeitsüberlastung, (2) bei sozialen Konflikten, (3) bei sozialer Bewertung, (4) bei Misserfolg, (5) in der Vorbereitungsphase, (6) in der Post-Stress-Phase) kann ein Summenwert (generelle Stressreaktivität) berechnet werden. Für alle Subskalen bestehen Normtabellen. Die Autoren betonen, dass die zugrunde liegende Stich-

probe nicht repräsentativ ist und es daher keinen Cut-off Wert gibt, der "normale" von "pathologischer" Stressreaktivität trennen würde. Ein T-Wert von 70 kann jedoch mit ziemlicher Sicherheit als normabweichend angesehen werden (persönliche Mitteilung der Autoren, 2005). Cronbachs Alpha als Reabilitätsskoeffizient wird mit <80 angegeben.

Bewertung des SRS: Hohe SRS Summenwerte bedeuten eine hohe Stressanfälligkeit. Zur Einschätzung der Stressbewältigungskompetenz des Gesamtkollektivs wurde der mittlere Summenwert dem mittleren Summenwert des Vergleichskollektivs gegenübergestellt. Da dieses kein Normkollektiv im strengen Sinne ist, handelt es sich hier nur um einen Anhalt, wie das hier untersuchte Kollektiv auf Stress im Vergleich zu einem Querschnitt der Bevölkerung reagiert. Auch für weitere Berechnungen wurde der SRS-Summenwert verwendet.

3.3.5.3 Verausgabungsneigung (OC)

Der Overcommitment-Fragebogen besteht aus 6 Fragen und ist ein Messinstrument, das den Efford-Reward-Imbalance Questionnaire (s.u.) ergänzt. Der Overcommitment (Überengagement) misst die individuelle Neigung, sich für seinen Beruf zu verausgaben. Nach dem Gratifikationskrisenmodell haben Menschen mit hoher Verausgabungsneigung ein erhöhtes Risiko, in eine Gratifikationskrise zu geraten. Mit einem Cronbachs alpha-Wert von 0.76 hat der Test eine gute Reliabilität [33].

Bewertung: Hohe Werte bedeuten eine hohe Stressgefährdung. Es gibt keinen Normalbereich. Für diese Studie wurde in Anlehnung an Vrijkotte et al die gemessenen Werte in 3 Tertile eingeteilt. Personen mit Punktwerten im obersten Tertil wurden als „gefährdet für berufliche Verausgabung“ bezeichnet.

3.3.5.4 Verausgabungs-Belohnungs-Quotient (ERI)

Die Messung der beruflichen Gratifikationskrise erfolgt durch den Efford-Reward-Imbalance Questionnaire [34]. Dieser Fragebogen stellt das Verhältnis zwischen der Arbeitsverausgabung des Beschäftigten und der erfahrenen bzw. zu erwartenden Belohnung (Bezahlung, Aufstiegschancen, Arbeitsplatzsicherheit, Wertschätzung) dar. Der Fragebogen umfasst 17 Items. Durch die Bildung eines Quotienten aus den Summenwerten der beiden Skalen (Verausgabung und Belohnung) wird ein Maß für das Gleichgewicht zwi-

schen Verausgabung und Belohnung gewonnen („Effort Reward Ratio“) [27, 35]. Mit einem Cronbachs alpha-Wert von < 0.70 hat der Test eine gute Reliabilität [36].

Insgesamt ist der ERI ein häufig angewandtes und gut untersuchtes Testinstrument zur Messung der beruflichen Gratifikationskrise [14].

3.3.5.5 Chronischer Stress (TICS)

Das Trierer Inventar zum chronischen Stress (TICS) ist ein standardisierter Fragebogen, der der Diagnostik unterschiedlicher Formen von Stresserleben dient. Dem TICS liegen 9 verschiedene Formen von Stresserleben, die in sog. Stressskalen zusammengefasst werden, (Arbeitsüberlastung, Soziale Überlastung, Überforderung bei der Arbeit, Mangel an sozialer Anerkennung, Unzufriedenheit mit der Arbeit, soziale Spannungen, Leistungsdruck bei der Arbeit, Leistungsdruck bei der Kommunikation, Soziale Isolation). Der SSCS ist eine Zusammenfassung des TICS und stellt ein Globalmaß für erlebten chronischen Stress im Verlauf der letzten drei Monate dar. Die SSCS-Skala besteht aus 12 Items. Da die Neigung, auf Anforderungen mit Sorge zu reagieren unterschiedlich ist und sich auf jedes Stresserleben auswirkt, wird in dem Fragebogen zusätzlich die Besorgnisneigung einer Person erhoben. Die Auswertung erfolgt durch Aufsummieren der Itemwerte (0 bis 4) für jede Stressskala. Je höher der Wert, desto chronischer ist der Stress auf der jeweiligen Dimension [15]. Die Reliabilität nach dem Verfahren von Spearman-Brown wird mit $0.77 \leq r_{tt} \leq 0.90$ [15] dokumentiert.

Bewertung: Der Mittelwert der gemessenen TICS Werte des hier untersuchten Kollektivs wird verglichen mit dem TICS-Normwert: Mittelwert: 14,37 und SD 8,22. Hohe Werte spiegeln eine hohe Beanspruchung durch Stress in den vergangenen 3 Monaten wider.

[Aus Tabelle 6 aus Schulz et al. 2004: Handbuch zum TICS Verteilungskennwerte der TICS-Skalen, ausgehend von Skalensummenscores und Personenparametern. N = 604.]

3.4 Statistische Auswertung der Daten

Die Fragebögen über den psychosozialen Status der Probanden wurden nach Doppelein-gabe in das Statistikprogramm Excel übertragen. Zunächst wurde deskriptiv analysiert. Zu den Variablen der Herzfrequenzparameter (im einzelnen SDNN, RMSSD, LF/HF-Quotient und der durchschnittlichen Herzfrequenz) wurden Korrelationsprüfungen zu den Skalen der Psychosozialen Fragebögen erstellt. Für die Variablen wurden Mittelwerte und Standardabweichung ermittelt.

Zunächst wurden für alle Variablen die Normalverteilung mittels des Kolmogorow-Smirnov-Test sowie visuell anhand des Histogramms überprüft. Wenn Normalverteilung anzunehmen war, wurden Korrelationen mittels des Pearson Korrelationskoeffizienten er-rechnet, ansonsten mittels Spearman Rangkorrelation.

Ferner wurden Unterschiede zwischen Personen mit hoher und mit niedriger Stressbean-spruchung bzw. Stressreaktivität geprüft, in das Kollektiv anhand der Werte in diesen psychosozialen Variablen jeweils dichotomisiert wurde, das oberste Tertil wurde mit den beiden unteren hinsichtlich der HRV Variablen auf Mittelwertunterschiede verglichen (T-Test für unverbundene Stichproben). Zur Prüfung von Mittelwertunterschieden einer Va-riablen für mehrere Gruppen wurde die ANOVA Varianzanalyse durchgeführt.

4 Ergebnisse

4.1 Deskriptive Daten des Kollektivs

Tabelle 3: Darstellung des Kollektivs nach soziodemographischen Merkmalen

		n = 189	
		n	%
Alter (Jahre)	bis 29	17	9,0
	30 bis 39	65	34,4
	40 bis 49	77	40,7
	50 bis 59	29	15,3
	60 bis 69	1	0,5
Range:		24-60	
M (SD) *		41,1 (8,1)	
Geschlecht	♂	180	95,2
	♀	9	4,8
Familienstand	mit Partner	168	88,9
	ohne Partner	21	11,1
Höchster Schulabschluss	Hauptschule	104	55,5
	Realschule	35	18,5
	Fachhochschulreife	14	7,4
	Abitur/Hochschulr.	36	19,0
Finanzielle Probleme	Ja	14	8,7
	nein	147	91,3
Position bei MAN	Segmentleiter	64	33,9
	Stellvertreter	31	16,4
	Modulleiter	11	5,8
	Gruppenführer	50	26,5
	Andere	33	17,5
Durchschn. Wochenarbeitszeit (Std.)	M (SD)*	45,2 (4,8)	
Durchschn. Überstundenzahl pro Mon.	M (SD)*	2,04 (7,7)	
	keine Überstunden	150	85,2
Durchschn. Arbeitsausfall letztes Jahr (Tage)	M (SD)*	4,9 (11,0)	
Schichtarbeit	Nur früh	75	39,7
	Früh u. geleg. Spät	73	38,6
	Nur Spät	3	1,6
	Früh/Spät	34	18,0
	Früh/Spät/Nacht	4	2,1

*Mittelwert (Standartabweichung)

Das Geschlechterverhältnis war stark zugunsten der Männer verschoben: 95,2% der Studienteilnehmer waren männlich. Insgesamt lebten 88,9% in einer festen Partnerschaft. Der Altersdurchschnitt der Gesamtstichprobe lag bei 41,1 Jahren. 55,5% der Probanden haben als höchsten Schulabschluss die Hauptschule besucht. 33,9% der Mitarbeiter waren Segmentleiter, die durchschnittliche Wochenarbeitszeit lag bei 45, 2 Stunden, wobei 85,2% der Studienteilnehmer keine Überstunden abzuleisten hatten.

Tabelle 4: Darstellung des Kollektivs nach kardiovaskulären Risikofaktoren

		n = 189	
		n	%
BMI	<25 kg/m ²	44	23,3
	25-29 kg/m ²	96	50,8
	≥30 kg/m ²	49	25,9
Raucher	Nein, nie geraucht	68	36,0
	Nein, vor mehr als einem Jahr aufgehört	56	29,6
	Nein, in den letzten 12 Monaten aufgehört	10	5,3
	Ja	55	29,1
Hypertoniker (≥140/90 mmHg)	Nein	154	81,5
	Ja	35	18,5
Diabetes Mellitus	Nein	189	100
	Ja	0	0
LDL (mg/dl)	<100	20	10,6
	101-130	61	32,3
	131-160	57	30,2
	161-190	41	21,7
	>190	7	3,7
HDL (mg/dl)	>35	167	88,4
	<35	19	10,1
Familiäre Belastung	Ja	11	5,8
	nein	178	94,2
Herz-/Kreislaufkrankung laut Anamnese	Ja	25	13,2
	Nein	164	86,8
Sport (Std./Woche)	Kein	42	22,2
	Bis einschl. 1 Stunde	26	13,8
	>1 bis 3 Stunden	71	37,6
	über 3 Std.	50	26,5
Obst (Portion/Woche)	0-0,5	14	7,4
	1-2	119	63,0
	3-4	43	22,8
	>4	13	6,9
Fisch (Portion/Woche)	Kein Fisch	51	27,0
	0,5	30	15,9
	1	93	49,2
	>1	15	7,9

Bei der Betrachtung der kardiovaskulären Risikofaktoren unseres Gesamtkollektivs war am auffälligsten der hohe Anteil Übergewichtiger. 50,8% der Studienteilnehmer waren mit einem BMI zwischen 25-29 kg/m² übergewichtig, wobei 25,9% mit einem BMI über 30 kg/m² als deutlich adipös (Adipositas Grad 1-2) einzustufen waren. 18,5% hatten zum

Untersuchungszeitpunkt einen Blutdruck über 140/90 mmHg. Eine familiäre kardiovaskuläre Vorbelastung gab es bei 5,8% der Probanden und eine anamnestische Herz-/Kreislaufkrankung bei 13,2%.

4.2 Belastungen des Kollektivs

Tabelle 5: Die von den Probanden im KFZA Fragebogen dargestellten äußeren Arbeitsbelastungen

Skala	Mittelwert einer Normstichprobe*	Mittelwert unseres Kollektivs	Zielwert	Ressource für % der Mitarbeiter	Entwicklungspotential für % der Mitarbeiter	Stressbelastung für % der Mitarbeiter
Handlungsspielraum	3,84	3,70	>3,5	69,3	24,9	5,8
Vielseitigkeit	3,99	3,90	>3,5	70,9	27,5	1,6
Ganzheitlichkeit	4,04	3,63	>3,5	47,6	46,6	5,8
Soziale Rücken- deckung	4,08	3,78	>3,5	66,7	29,1	4,2
Zusammenarbeit	3,32	3,77	>3,5	64	34,9	1,1
Qualitative Arbeitsüberlastung	2,0	2,15	<2,5	61,7	33,5	4,8
Quantitative Arbeitsüberlastung	3,55	3,24	<2,5	14,3	57,6	28,0

Arbeitsunterbrechungen	2,68	2,81	<2,5	20,6	73,1	6,3
Umgebungsbelastungen	2,24	2,39	<2,5	49,7	37,5	12,7
Information und Mitsprache	2,96	3,46	>3,5	34,6	60,4	5,3
Betriebliche Leistungen	2,41	3,29	>3,5	28,6	64,6	6,9

*Kennwerte der einzelnen Skalen nach Prümper et al.

In Tabelle 5 sind die äußeren Arbeitsbelastungen unseres Kollektivs aufgelistet. Die Mittelwerte unseres Kollektivs können mit den Kennwerten der einzelnen Skalen nach Prümper et al. verglichen werden. Es wird deutlich, dass das dargestellte Kollektiv in seinen Subskalen kaum von den „Normwerten“ abweicht. Aus arbeitspsychologischer Sicht liegen die Mitarbeiter in den verschiedenen Dimensionen des KFZA im Mittelwert durchschnittlich über dem Zielwert von 3,5, d.h. die Mitarbeiter sehen die äußeren Arbeitsbedingungen mehrheitlich als Ressource an. In den Skalen qualitative- und quantitative Arbeitsbelastung, Arbeitsunterbrechung und Umgebungsbelastung ist wie in Kapitel 3.3.5.1 beschrieben eine Umkodierung nötig. Hier wird deutlich, dass insgesamt 28% die quantitative Arbeitsbelastung als Stressbelastung empfinden und 57,6% darin Entwicklungspotential sehen. Die qualitative Arbeitsbelastung ist hingegen nur bei 4,8% der Mitarbeiter ein Stressor.

4.3 Die HRV- und Stressparameter unseres Kollektivs

Tabelle 6: Darstellung der HRV-Parameter unseres Kollektivs

	MW	SD	Min	Max	Referenzwerte
SDNN (ms)	145,63	35,94	74,48	254,69	141±39
RMSSD (ms)	28,59	11,02	9,30	84,56	27±12
LF (ms)	863,27	387,16	161,87	1988,97	791±563*
HF (ms)	224,28	177,57	11,37	995,58	229±282*
LF/HF	5,46	3,32	1,26	24,78	4,61±2,3*
BPM	76,32	8,33	60,00	101,00	>100

*Diese Werte stammen von einer Studie von Bigger et al, die die Herzfrequenzvariabilität gesunder Personen mit Postinfarktpatienten verglich. Diese Normwerte wurden an 274 gesunden Studienteilnehmern ermittelt.

Die zeitbezogenen Herzfrequenzvariabilitätsparameter (SDNN und RMSSD) lagen mit ihren Mittelwerten von 145,63 bzw. 28,59 ms im Normbereich.

Die frequenzbezogenen Herzfrequenzparameter (LF, HF, LF/HF) waren schwierig mit Normwerten zu vergleichen, da die Länge der EKG-Aufzeichnung die Werte beeinflusst. Normwerte gibt es für fünf Minuten-EKG-Aufzeichnungen im Liegen. Eine Studie der Forschergruppe von Bigger et al, welche ebenfalls 24-Stunden-EKGs benutzte, gibt einen Mittelwert des LF/HF-Quotienten an, der an 274 gesunden Personen im Alter von 40 bis 69 Jahren ermittelt wurde [37]. Dieser Mittelwert liegt bei 4,61±282 ms. Je größer der Wert ist, desto größer ist die sympathische Aktivität. Ein niedriger Wert spiegelt ein Überwiegen des Parasympathikus wider. Mit einem Mittelwert von 5,46±3,32 ms lag unsere Probandengruppe in einem vergleichbaren Bereich. Auch die Werte von HF und LF waren in einem ähnlichen Bereich, wie der der gesunden Probandengruppe in der Untersuchung um Bigger et al [37].

Tabelle 7: Darstellung der Stressparameter „Stressreaktivität“ und „Stressbeanspruchung“ unseres Kollektivs

	MW	SD	Min	Max	Vergleichswerte/Normwerte	% von Personen über Grenzwert
Stressreaktivität (SRS), T-Wert	53,59	3,53	42	64	58,2*	2,6
Verausgabungs-Belohnungs-Quotient (ERI)	0,76	0,26	0,22	1,98	<0,50** 0,50-1,00** >1,00**	12,2 % 72,9 % 14,9 %
Chronischer Stress (TICS)	17,11	7,24	0,00	37,00	14,37***	62,2
Verausgabungsneigung (OC)	14,42	3,47	7	21	>16****	28,5

*Mittelwert der Vergleichsgruppe

**Werte zw. 0,50 und 1,00 deuten auf Ausgewogenheit zwischen Leistung und Belohnung hin; Werte unter 0,50 stehen für hohe Zufriedenheit, Werte über 1 zeigen ein Ungleichgewicht zwischen hoher Leistung und geringer Belohnung.

***Mittelwert der Normstichprobe (Normwert)

****[26]:“Overcommitment was dichotomized so that subjects in the upper tertile were considered high in overcommitment, and those in the other 2 tertiles were low in overcommitment“

Tabelle 6 stellt die psychosozialen Stressparameter unseres Kollektivs dar. Der Mittelwert unseres Kollektivs beim SRS lag unter dem der Vergleichsgruppe der Fragebogenautoren. Dies deutet im Mittel auf eine vergleichsweise hohe Stressbewältigungskompetenz des Kollektivs und eine geringe individuelle Stressanfälligkeit hin. Die Streuung der SRS-Werte zeigt aber auch, dass einige Personen des Kollektivs unter belastenden Situationen mit starker Beanspruchung reagieren.

Der ERI ergab einen Mittelwert von 0,76 und liegt in einem Bereich, der eine Ausgewogenheit zwischen Leistung und Belohnung darstellt. 72,9 % der Mitarbeiter erfahren bei

Ihrer Arbeit für ihre Leistung und Einsatz angemessene Belohnung. Nur 14,9 % der Probanden zeigen ein Ungleichgewicht zwischen „Effort“ und „Reward“.

Beim TICS lag der Mittelwert bei 17,11 und war damit deutlich über dem Grenzwert von 14,37. Demnach hatten die Studienteilnehmer häufig Sorgen, fühlten sich oft überlastet und überfordert. Der hohe Mittelwert des TICS sagt aus, dass die Probanden stärker als die Normalbevölkerung unter chronischem Stress leiden.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse des Overcommitment ist zu beachten, dass es keinen klaren Grenzwert gibt. Nach Vrijkotte et al haben die Personen ein gesteigertes Engagement, die nach Dichotomisierung im oberen Drittel des Kollektivs liegen [26]. Nach dieser Definition liegen in unserer Stichprobe 28,5% der Probanden über einem Wert von 16 und haben demnach eine Tendenz, sich beruflich, v.a. in belastenden Situationen zu verausgaben.

4.4 Korrelationen der Stress- und HRV-Variablen

Um die Korrelationen zwischen Stress- und HRV-Variablen zu errechnen, wurden die Variablen zuerst durch den Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest auf Normalverteilung geprüft. Wenn Normalverteilung anzunehmen war, wurden Korrelationen mittels des Pearson Korrelationskoeffizienten errechnet, ansonsten mittels Spearman Rangkorrelation.

4.4.1 Korrelationen der Stressvariablen und SDNN

Tabelle 8: Darstellung der Korrelation und Signifikanz der Stressparameter mit SDNN

	Pearson		
	SDNN		
	Korrelationskoeffizient	Sig. (2-seitig)	N
Chronischer Stress (TICS)	-,012	,874	184
Stressreaktivität (SRS)	,024	,750	185
Verausgabung (ERI)	-,117	,114	184
Belohnung (ERI)	,072	,331	185
Verausgabungs-Belohnungs-Quotient (ERI)	-,125	,091	184
Verausgabungsneigung (OC)	,037	,630	168

Zwischen SDNN und den Stressparametern fanden sich keine signifikanten Korrelationen.

4.4.2 Korrelationen der Stressvariablen mit RMSSD

Tabelle 9: Darstellung der Korrelation und Signifikanz der Stressparameter mit RMSSD

	Pearson		
	RMSSD		
	Korrelationskoeffizient	Sig. (2-seitig)	N
Chronischer Stress (TICS)	,018	,811	184
Stressreaktivität (SRS)	,093	,208	185
Verausgabung (ERI)	-,129	,081	184
Belohnung (ERI)	,092	,212	185
Verausgabungs-Belohnungs-Quotient (ERI)	-,158(*)	,032	184
Verausgabungsneigung (OC)	,009	,907	168

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Zwischen den Variablen der Stressparameter und dem RMSSD ergeben sich schwache, aber signifikant inverse Korrelationen. Es hat sich eine negative Korrelation zwischen dem ERI-Instrument „Efford Reward-Ratio“ und RMSSD ergeben. Mitarbeiter, die eine Ausgewogenheit zwischen Einsatz und Belohnung bei ihrer Arbeit erfahren, haben höhere RMSSD Werte. Hohe RMSSD Werte stehen für ein Überwiegen des parasympathischen Einflusses auf das vegetative Nervensystem.

4.4.3 Korrelationen der Stressvariablen mit lgLF/HF-Quotienten

Tabelle 10: Darstellung der Korrelation und Signifikanz der Stressparameter mit lgLF/HF

	Pearson		
	logLF/HF		
	Korrelationskoeffizient	Sig. (2-seitig)	N
Chronischer Stress (TICS)	-,026	,730	184
Stressreaktivität (SRS)	-,114	,123	185
Verausgabung (ERI)	,207(**)	,005	184
Belohnung (ERI)	-,062	,404	185
Verausgabungs-Belohnungs-Quotient (ERI)	,176(*)	,017	184
Verausgabungsneigung (OC)	,004	,959	168

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Hier ergeben sich signifikante Korrelationen zwischen dem ERI-Testinstrument und dem HRV-Parametern logLF/HF. Dies bedeutet, dass diejenigen, die ein Ungleichgewicht von Einsatz und Belohnung am Arbeitsplatz haben, höhere lgLF/HF-Werte aufweisen. Personen mit einer hohen Verausgabung haben - auch unabhängig vom Ungleichgewicht höhere lgLF/HF Werte. Höhere lgLF/HF Werte bedeuten eine Sympathovagale Balance mit einem größeren Sympathikuseinfluss.

4.4.4 Korrelationen der Stressvariablen mit der durchschnittlichen Herzfrequenz

Tabelle 11: Darstellung der Korrelation und Signifikanz der Stressparameter mit der Herzfrequenz

	Pearson		
	BPM (beats per minute)		
	Korrelationskoeffizient	Sig. (2-seitig)	N
Chronischer Stress (TICS)	,056	,462	177
Stressreaktivität (SRS)	-,015	,837	178
Verausgabung (ERI)	,045	,554	177
Belohnung (ERI)	-,151(*)	,044	178
Verausgabungs-Belohnungs-Quotient (ERI)	,136	,072	177
Verausgabungsneigung (OC)	-,020	,802	161

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Die Korrelationen der Stressvariablen mit der durchschnittlichen Herzfrequenz zeigt eine schwach negative Korrelation mit der ERI Skala „Belohnung“. Je mehr Lob bei der Arbeit erfahren wird, desto niedriger ist die durchschnittliche Herzfrequenz, was als Überwiegen des Parasympathikus gewertet werden kann.

4.5 Vergleich von Personen mit hoher und niedriger Stressreaktivität und -beanspruchung

Anhand der Stressvariablen wurde das Kollektiv dichotomisiert, oberes Tertil als eine Gruppe und mittleres sowie unteres Tertil als zweite Gruppe. Beide Gruppen wurden hinsichtlich der Parameter der Herzfrequenzvariabilität verglichen.

Tabelle 12: HRV Parameter und chronischer Stress (TICS)

	TICS	N	Mittelwert	Standardabweichung	P
SDNN (ms)	„Wenig Stress“	123	144,02	35,16	0,366
	„Viel Stress“	61	149,13	37,76	
RMSSD	„Wenig Stress“	123	27,90	9,96	0,302
	„Viel Stress“	61	29,85	12,95	
lgLF/HF	„Wenig Stress“	123	1,56	0,49	0,574
	„Viel Stress“	61	1,51	0,67	
BPM	„Wenig Stress“	123	76,27	8,78	0,762
	„Viel Stress“	61	76,67	8,12	

Personen mit hohen Werten von chronischem Stress unterscheiden sich von solchen mit niedrigen Kennwerten der Herzfrequenzvariabilität nicht.

Tabelle 13: HRV Parameter und Stressreaktivität (SRS)

	SRS	N	Mittelwert	Standardabweichung	P
SDNN (ms)	Niedrig	122	145,04	36,70	0,757
	Hoch	63	146,77	34,67	
RMSSD	Niedrig	122	27,75	10,01	0,148
	Hoch	63	30,22	12,70	
lgLF/HF	Niedrig	122	1,61	0,52	0,038
	Hoch	63	1,42	0,61	
BPM	Niedrig	122	76,42	8,76	0,941
	Hoch	63	76,32	8,12	

Personen mit hoher Stressreaktivität haben im Vergleich zu solchen mit mittlerer oder niedriger Stressreaktivität einen geringeren lgLF/HF Quotienten, d.h. eine schwächere Aktivierung des sympathischen Nervensystems.

Tabelle 14: HRV-Parameter und Verausgabungs-Belohnungs-Quotient (ERI)

	ERI	N	Mittelwert	Standardabweichung	P
SDNN (ms)	Ausgeglichen	122	146,74	35,83	0,509
	Unausgeglichen	63	143,02	36,45	
RMSSD	Ausgeglichen	122	29,60	10,84	0,071
	Unausgeglichen	63	26,49	11,25	
lgLF/HF	Ausgeglichen	122	1,47	0,53	0,022
	Unausgeglichen	63	1,67	0,59	
BPM	Ausgeglichen	122	75,95	8,57	0,259
	Unausgeglichen	63	77,45	8,30	

Tabelle 14 beschreibt einen schon bei der Pearson-Korrelation gezeigten Unterschied: Personen, die nach dem Gratifikationsmodell ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Verausgabung und Belohnung haben, zeichnen sich auch durch bessere HRV-Parameter (bei RMSSD bzw. lgLF/HF mit $p=0,071$ und $0,022$) aus. Dies bedeutet, dass Mitarbeiter, die

für ihren Einsatz bei der Arbeit Belohnung erfahren, eine höhere parasympathische Aktivität und demnach eine bessere autonome Funktion der Herzfrequenzvariabilität haben.

Tabelle 15: HRV-Parameter und Verausgabung

	Verausgabung	N	Mittelwert	Standardabweichung	P
SDNN (ms)	Wenig	131	147,50	36,95	0,236
	Viel	53	140,53	33,31	
RMSSD	Wenig	131	29,47	11,51	0,078
	Viel	53	26,30	9,54	
lgLF/HF	Wenig	131	1,51	0,55	0,190
	Viel	53	1,62	0,58	
BPM	Wenig	131	76,13	8,80	0,404
	Viel	53	77,28	7,69	

Mitarbeiter, die wenig bzw. mittlere Verausgabung bei ihrer Arbeit zeigen, haben durchschnittlich bessere HRV-Parameter als solche mit hoher Verausgabung. Die Unterschiede sind jedoch nicht signifikant.

Tabelle 16: HRV-Parameter und Belohnung

	Belohnung	N	Mittelwert	Standardabweichung	P
SDNN (ms)	Niedrig	63	147,48	36,72	0,616
	Hoch	122	144,67	35,65	
RMSSD	Niedrig	63	27,81	10,90	0,488
	Hoch	122	29,00	11,12	
lgLF/HF	Niedrig	63	0,55	0,60	0,864
	Hoch	122	0,54	0,54	
BPM	Niedrig	63	76,94	8,22	0,529
	Hoch	122	76,10	8,70	

Mitarbeiter, die wenig bzw. mittlere Belohnung bei ihrer Arbeit erfahren zeigen durchschnittlich schlechtere HRV-Parameter als solche mit hoher beruflicher Belohnung. Die Unterschiede sind jedoch nicht signifikant.

Tabelle 17: HRV-Parameter und Verausgabungsneigung (OC)

	OC	N	Mittelwert	Standardabweichung	P
SDNN (ms)	Niedrig	120	145,21	37,81	0,701
	Hoch	48	142,82	32,60	
RMSSD	Niedrig	120	28,30	10,41	0,989
	Hoch	48	28,28	13,42	
lgLF/HF	Niedrig	120	1,56	0,53	0,804
	Hoch	48	1,59	0,65	
BPM	Niedrig	120	76,48	9,03	0,622
	Hoch	48	77,20	7,52	

Personen mit hohen Werten von Verausgabungsneigung unterscheiden sich von solchen mit niedrigen Kennwerten der Herzfrequenzvariabilität nicht signifikant.

4.6 Einflussgrößen der HRV

Da auch andere Faktoren, wie z.B. Rauchen die HRV beeinflussen, wurde untersucht, ob sich diese Zusammenhänge auch in unserem Kollektiv ergeben.

Tabelle 18: Zusammenhang zwischen Rauchen und HRV

Rauchen		SDNN(ms)	RMSSD	logLF/HF
Nein	Mittelwert	155,30315	41,46142	0,52983
Ja	Mittelwert	138,44583	36,03125	0,57477
Insgesamt	Mittelwert	150,67943	39,97200	0,54216
	P	0,005	0,171	0,223

Tabelle 18 zeigt, dass die HRV-Parameter von Rauchern schlechter sind. Signifikant ist dieser Zusammenhang bei SDNN ($p=0,005$).

Modulleiter bilden in unserem Kollektiv die höchste Position im Unternehmen. Sie haben die höchste Verantwortung für Mitarbeiter und Produktion. Es galt zu eruieren, ob Modulleiter aufgrund Ihrer Position andere HRV-Parameter haben.

Tabelle 19: Zusammenhang von HRV und der Position im Unternehmen

Position	log LF/HF	SDNN	RMSSD
Modulleiter	0,78311	145,53	34,80
Segmentleiter	0,56398	151,81	39,71
Stellvertreter	0,53426	146,03	40,96
Gruppenführer	0,50630	151,47	39,60
Insgesamt	0,54216	150,68	39,97

Wie aus Tabelle 19 ersichtlich haben Modulleiter durchweg schlechtere HRV-Parameter.

Tabelle 20: ANOVA-Tabelle der HRV-Parameter-Mittelwertunterschiede nach Position im Unternehmen

HRV-Parameter Zwischen den Gruppen kombiniert	F	Signifikanz
log LF/HF	4,042	0,004
SDNN	0,235	0,918
RMSSD	0,148	0,964

Signifikante Mittelwertunterschiede gibt es nur bei der Variable log LF/HF ($p=0,004$). Modulleiter haben demnach die schlechtesten log LF/HF Werte, d.h. einen höheren Sympathikuseinfluss bei der Regulation des vegetativen Nervensystems.

5 Diskussion

5.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die hier vorgestellte Querschnittsanalyse basiert auf einer Untersuchung medizinischer, psychosozialer und biologischer Merkmale von 189 überwiegend männlichen Beschäftigten der Automobilindustrie. Ihre berufliche Belastungssituation zeichnet sich durch hohen Leistungsdruck und Führungsverantwortung aus. Die beiden häufigsten Stressoren sind die hohe quantitative Arbeitsbelastung und die ungünstigen Umgebungsbedingungen (v.a. Lärm, Hitze).

Die individuelle Beanspruchung durch chronischen Stress liegt über dem der Normalbevölkerung. Fast 15% erfüllen die Kriterien einer Gratifikationskrise im Sinne einer hohen Verausgabung und geringen Belohnung im Beruf. Die Fähigkeit zur Stressverarbeitung dieses Kollektivs ist ausgeprägter als die eines Vergleichskollektivs, bei annähernd 30% der von uns untersuchten Personen besteht jedoch eine Tendenz, sich beruflich zu verausgaben.

Unter diesen Bedingungen zeigen sich in der Analyse der Zusammenhänge, dass ein hohes Maß von empfundenem Stress im Sinne des Gratifikationskrisenmodells, sowohl eine hohe Verausgabung für sich allein als auch kombiniert mit geringer Belohnung sich in einer verminderten Aktivität des Vagus und einer vermehrten Aktivität des Sympathikus widerspiegelt, wie sie aus der Herzfrequenzanalyse im Langzeit-EKG ablesbar wird. Die entsprechenden Messwerte RMSSD und $\lg\text{LF}/\text{HF}$ des am höchsten beanspruchten Drittels der Beschäftigten unterscheiden sich von dem geringer beanspruchten zwei Dritteln um 10,5 bzw. 13,5%. Niedrige RMSSD- und hohe $\lg\text{LF}/\text{HF}$ -Werte drücken ein Überwiegen des Sympathikus in der autonomen Steuerung des Herzrhythmus aus.

Zwischen der individuellen Stressreaktivität und der Herzfrequenzvariabilität findet sich ein Zusammenhang nur in einem Wert ($\lg\text{LF}/\text{HF}$), jedoch in einer unerwarteten Richtung: Personen, die nach eigener Beschreibung stärker auf Stress reagieren, weisen einen um 11,7% geringeren Wert auf (als Hinweis für eine geringere Aktivierung des sympathi-

schen Nervensystems), Mitarbeiter mit einer guten Stressbewältigungskompetenz und geringer individueller Stressanfälligkeit haben höhere logLF/HF-Werte.

Für die persönliche Verausgabungsneigung (OC) und das allgemeinere Modell des chronischen Stresses, wie es dem Trierer Stressfragebogen zugrunde liegt, fanden sich keine Zusammenhänge zur Herzfrequenzvariabilität.

5.2 Diskussion der Methodik

Die unterschiedlichen Studienergebnisse einiger Forschungsgruppen lassen vermuten, dass unterschiedliche Messmethoden ursächlich für die Ergebnisse sein können.

Durch eine Probandenzahl von 189 lassen sich solide, statistisch relevante Aussagen treffen.

Die in der vorliegenden Studie benutzten Fragebogeninstrumente bestanden aus bereits im Vorfeld umfangreich validierten Fragen aus internationalen Untersuchungen [32-34, 38].

Um eine gute Aussagekraft der Elektrokardiographischen Aufzeichnung zu bekommen wurden ausschließlich 24 Stunden EKG's benutzt und ausgewertet.

Die Länge der EKG Aufzeichnungen unterscheiden sich bei den meisten Studien. Einige benutzten lediglich fünf- oder zehn-minütige Aufzeichnungen. Die Task Force of the European Society of Cardiology jedoch postuliert, dass nur die traditionellen 24-Stunden EKG's statistische Aussagen über die Zeit-Domäne der HRV machen können. Grund für die Verwendung von Aufzeichnungen über mindestens 18 Stunden während eines normalen Arbeitstags in unserer Studie war, dass die Funktion des vegetativen Nervensystems während und nach der alltäglichen Arbeit untersucht werden sollte. Allerdings zeigen z. B. die Ergebnisse der Forschergruppe um Kang et al, die eine signifikante Erniedrigung von SDNN unter chronischer Stressbelastung beobachtete [25] und nur jeweils fünf-minütige EKG-Aufzeichnungen verwendete, dass sich berufliche Stressbelastung u.U. auch durch eine Untersuchung der HRV außerhalb der unmittelbaren beruflichen Belastung zeigen können.

Die Altersverteilung von 24 bis 60 Jahren unseres Kollektivs spiegelt ebenfalls eine gute Stichprobe hinsichtlich der arbeitenden Bevölkerung wider [39]. Da im produzierenden Nutzfahrzeuggewerbe ein Überwiegen der männlichen Arbeitnehmer vorliegt, bietet das Kollektiv aussagekräftige Werte für männliche Mitarbeiter. Da HRV-Werte geschlechtsspezifisch und altersabhängig variieren [40], sollten bei Vergleichen von Studien immer auch die soziodemographischen Angaben berücksichtigt werden.

Methodische Stärken dieser Studie sind die validierten psychosozialen Stresstests und die Verwendung verschiedener Fragebögen zur Messung der psychosozialen Belastung. Durch die lange Aufzeichnungsdauer der EKG's sind die Ergebnisse der HRV Daten als sehr valide einzustufen.

Eine Einschränkung besteht in den untersuchten Zeitabschnitten: Während das EKG einer ganz bestimmten Zeitperiode zugeordnet werden kann, bezieht sich die Abfrage der Stressreaktivität und der Stressbeanspruchung auf Perioden mehrere Monaten. D.h. z. B. möglicherweise ist die Beanspruchung im Allgemeinen hoch, am Untersuchungstag war sie aber gering. Durch die große Fallzahl ist aber anzunehmen, dass solche Zufälle nicht ins Gewicht fallen, da Personen, die allgemein eine hohe Stressbeanspruchung haben, auch am Untersuchungstag eine höhere Wahrscheinlichkeit für eine momentane hohe Beanspruchung haben.

Die Studie ist von ihrer Natur her explorativ. Das bedeutet, dass alle statistisch gefundenen Zusammenhänge/Unterschiede mit erhöhter Vorsicht interpretiert werden müssen.

5.3 Diskussion der Ergebnisse

5.3.1 Deskriptive Daten

5.3.1.1 Geschlechterverhältnis

Das zugunsten der Männer verschobene Geschlechterverhältnis (95,2%) spiegelt die Tatsache wider, dass im produzierenden Nutzfahrzeuggewerbe überwiegend männliche Arbeitskräfte tätig sind. Laut statistischem Bundesamt sind insgesamt 76 % der Arbeitnehmer im produzierenden Gewerbe männlich [41].

5.3.1.2 Alterverteilung

Die Altersverteilung des Kollektivs liegt zwischen 24 und 60 Jahren. Mit einem Anteil von 40,2 % ist die Gruppe der 40 bis 49-jährigen am stärksten vertreten. Dies ist ein für Deutschland repräsentatives Kollektiv für Arbeitnehmer im produzierenden Gewerbe [39].

5.3.1.3 KFZA

Die Daten zeigen, dass die externen Arbeitsbedingungen unseres Kollektivs, welche mit dem Kurzfragebogen zur Arbeitsanalyse (KFZA) analysiert wurden, sich in keiner Subskala signifikant von Kennwerten von Prümper unterscheiden [32]. Dies bedeutet, dass unser Kollektiv hinsichtlich aller verschiedenen Dimensionen des KFZA (Handlungsspielraum, Vielseitigkeit der Arbeit, Ganzheitlichkeit, Soziale Rückendeckung, Zusammenarbeit, Qualitative Arbeitsbelastung, Quantitative Arbeitsbelastung, Arbeitsunterbrechung, Umgebungsbelastung, Information und Mitsprache, betriebliche Leistungen) der Norm entspricht. Dies bedeutet jedoch nicht, dass die Werte günstig sind. Aus arbeitshygienischer Sicht lassen sich für Arbeitsbedingungen Empfehlungen für die Vermeidung von Fehlbeanspruchung und Erkrankung definieren. Entsprechend dieser „Sollwerte“ für die im KFZA abgefragten Faktoren fällt auf, dass 28% der Beschäftigten in dem Faktor quantitative Arbeitsbelastung und ungünstige Umgebungsbedingungen kritisch hohe Werte (Stressoren) beschreiben.

5.3.2 Zusammenhänge der Stressparameter mit der Herzfrequenzvariabilität

Im Folgenden soll geklärt werden, welche Zusammenhänge zwischen Stressparametern, HRV und erhöhter kardialer Mortalität bestehen.

5.3.2.1 Chronischer Stress (TICS)

Das Fragebogeninstrument des TICS dient der Diagnostik unterschiedlicher Formen von Stresserleben, bei der die Probanden sich hauptsächlich auf die Erfahrungen der letzten drei Monate stützen sollen. Mit einem Mittelwert von 17,11 (SD 7,24) liegt unser Kollektiv deutlich über dem Grenzwert von 14,37 [38]. Demnach ist unser Kollektiv subjektiv einer höheren Stressbelastung ausgesetzt als die Normalbevölkerung. Die verschiedenen Formen von Stresserleben, die durch den Fragebogen erfasst werden, sind: Arbeitsüberlastung, Soziale Überlastung, Überforderung bei der Arbeit, Mangel an sozialer Anerkennung, Unzufriedenheit mit der Arbeit, soziale Spannungen, Leistungsdruck bei der Arbeit, Leistungsdruck bei der Kommunikation, Soziale Isolation. Insgesamt liegen 62,2 % der Mitarbeiter über dem Normalwert und sind somit überdurchschnittlich stressbelastet. Die Forschungsgruppe um Pruessner et al. konnte in einer Studie an 40 gesunden, jungen Männern (18-35 Jahre) zeigen, dass es einen signifikanten Zusammenhang zwischen hohen chronischen Stresswerten im TICS und erhöhtem morgendlichem Cortisolspiegel gibt [42]. Dies bedeutet, dass der TICS als Messinstrument von chronischem Stress als sehr valide einzustufen ist, da er eine starke, signifikante Korrelation zum Cortisolspiegel als Stresshormon hat.

Der fehlende Zusammenhang zwischen TICS- und HRV-Werten könnte im methodischen Zugang des Messinstrumentes TICS liegen. Hier sind in erster Linie Erinnerungseffekte und das Problem der interindividuell unterschiedlichen Wahrnehmung von Stress zu nennen. Außerdem setzt dieses Verfahren voraus, dass ausreichend viele Stressereignisse im Alltag auftreten, wenn gemessen werden soll.

5.3.2.2 Stressreaktivität (SRS)

Der SRS Summenwert korreliert schwach negativ mit einer Signifikanz von 0,038 mit $\log\text{LF}/\text{HF}$. Das bedeutet, dass Personen, die eine positive Stressbelastungskompetenz be-

sitzen und weniger Stressbelastungen ausgesetzt sind, tendenziell einen höheren LF/HF-Quotienten haben. Höhere logLF/HF-Werte drücken ein Überwiegen der sympathischen Aktivität aus. Dieser Zusammenhang scheint nicht zu den Erwartungen zu passen, da eine geringe Stressanfälligkeit normalerweise sich positiv auf die Gesundheit auswirkt. Jedoch ist die individuelle Stressanfälligkeit auch von der individuellen Introspektionsfähigkeit abhängig. Gündel et al. [43] beschreibt, dass Personen, die ihre jeweiligen belastenden Situationen emotional erkennen und diese verbalisieren können, Stressbeanspruchungen als weniger belastend empfinden. Somit hat die belastende Situation weniger Auswirkungen auf Veränderungen der Regulation des autonomen Nervensystems. Dies bedeutet, dass nicht die belastende Situation oder die arbeitsaufwendigere Position im Unternehmen, sondern die Fähigkeit diese psychisch verarbeiten zu können, Auswirkungen auf die Gesundheit hat [43]. Die Personen, die eine sehr belastende, arbeitsaufwendige und verantwortliche Position haben, haben nicht nur aufgrund der Belastung schlechtere HRV-Parameter, sondern nur dann, wenn ihnen die Introspektionsfähigkeit fehlt, die belastende Situation wahrnehmen und verarbeiten zu können. Möglich ist auch, dass der beschriebene Zusammenhang zwischen logLF/HF und dem SRS Summenwert ein statistischer Zufall ist, jedoch ist dies als wenig wahrscheinlich anzusehen.

5.3.2.3 Verausgabungs-Belohnungs-Quotient (ERI)

In unserer Analyse der Zusammenhänge zeigte sich, dass ein hohes Maß von empfundenem Stress im Sinne des Gratifikationskrisenmodells sich negativ auf die HRV (niedrigere RMSSD und höhere lgLF/HF-Werte) auswirkt. Dies zeigte sich sowohl in den Korrelationsprüfungen, als auch bei der Analyse der Mittelwertunterschiede (T-Tests).

Bisherige Studien ergaben, dass eine Konstellation am Arbeitsplatz mit hohem Einsatz und niedriger Belohnung stark positiv mit dem Auftreten koronarer Herzerkrankungen assoziiert ist [14]. Die Studiengruppe von Van Vechtel et al [14], die in einer Metaanalyse 45 Studien zum Zusammenhang zwischen Gratifikationskrisen, Verausgabungsneigung und Gesundheit ausgewertet haben, kommen zu dem Ergebnis, dass Arbeiter mit hohem Einsatz und niedriger Belohnung am Arbeitsplatz ein deutlich erhöhtes Risiko für eine koronare Herzerkrankung haben. Ebenso steigt das Risiko an einer koronaren Herzerkrankung zu sterben, wenn die ungünstige ERI-Konstellation hoher Einsatz, niedrige Belohnung mit einem gesteigertem Überengagement kombiniert ist.

Bei der Betrachtung des individuellen Überengagements (OC) in unserem Kollektiv, fiel auf, dass ein gesteigertes Überengagement mit schlechteren HRV-Parametern einhergeht, jedoch waren diese Unterschiede nicht signifikant.

Die Studienlage zeigt einen deutlichen Zusammenhang zwischen einem Ungleichgewicht im ERI (hoher Einsatz, wenig Belohnung) und erhöhter kardialer Mortalität [44]. Darüber hinaus gibt es eine starke Assoziation zwischen ERI-Ungleichgewicht (hohe Verausgabung, wenig Belohnung) und kardialen Risikofaktoren [14]. In einer 2005 veröffentlichten Studie von Chandola et al. wurde eruiert, dass Verschlechterungen dieses Ungleichgewichts auch das Risiko des Auftretens von Angina pectoris erhöhen. Es wird vermutet, dass eine Verbesserung dieses Ungleichgewichts auch die Häufigkeit des Auftretens von Angina pectoris positiv beeinflusst [45].

Die HRV ist ein Prädiktor für einen plötzlichen Herztod [17] und für das Auftreten ventrikulärer Arrhythmien [18]. Die wohl größte Bedeutung der HRV im klinischen Alltag liegt in der Risikostratifizierung von Post-Myokardinfarkt-Patienten [18], wo eine Erniedrigung der HRV stark mit einer erhöhten kardialen Mortalität assoziiert ist.

In unserem Studienkollektiv wirkt sich wahrgenommener Stress im Sinne des Gratifikationsmodelles biologisch auf eine verminderte HRV aus und ist demnach ein Risikofaktor für eine höhere kardiale Mortalität.

5.3.3 Zusammenhang der Herzfrequenzvariabilität und Rauchen

Um zu prüfen, ob andere Einflussgrößen, wie z.B. Rauchen, sich in dem vorliegendem Kollektiv ähnlich verhalten wie in der Literatur beschrieben, wurden mittels Korrelationsprüfungen (siehe Tabelle 18) Zusammenhänge verglichen.

Dabei stellte sich heraus, dass Raucher durchschnittlich schlechtere HRV-Werte aufwiesen, als Nichtraucher. Bei dem Parameter SDNN war dieser Zusammenhang signifikant ($P=0,005$). Raucher haben demnach eine ungünstigere Steuerung des vegetativen Nervensystems mit einem höheren Sympathikusanteil. Dieses Ergebnis passt sehr gut zu dem in der Literatur beschriebenen negativen Einfluss von Rauchen auf die Herzfrequenzvariabilität [46].

5.4 Andere berufliche Stressmodelle und die Auswirkungen auf die HRV

In den Korrelationsergebnissen, die die psychosoziale Belastung mit der Herzfrequenzvariabilität verglichen, gab es beim Verausgabungs-Belohnungs-Quotienten (ERI) einen signifikanten Zusammenhang mit RMSSD und lgLF/HF, beides Parameter der parasympathischen kardialen Kontrolle. Keinen Zusammenhang gab es bei SRS, TICS, OC und den HRV-Parametern. Der SRS erfasst die individuelle Stressanfälligkeit, der TICS die unterschiedlichen Formen von Stresserleben und der OC die Verausgabungsneigung. Die Auswirkung von Stress auf die Gesundheit ist demnach nicht von diesen Parametern abhängig, sondern ob der erbrachte Einsatz bei der Arbeit, gerecht honoriert wird. Dieses wird durch den ERI gemessen und zeigte Zusammenhänge, dass ein Ungleichgewicht von Einsatz und Belohnung sich negativ auf die Herzfrequenzvariabilität auswirkt. Die Arbeitsbelastung, ob qualitativ oder quantitativ hat keinen ungünstigen Einfluss auf die Herzfrequenzvariabilität. Der Umgang, die Wahrnehmung, die Verarbeitung und das Empfinden, gerecht behandelt zu werden, haben einen größeren Anteil auf die Gesundheit.

Da die Stressmodelle SRS und TICS von den Arbeitern auch als Momentaufnahme ihrer gerade vorliegenden Stressbeanspruchung angesehen werden können, ist es möglich, dass diese von objektiv biologisch-medizinischen erhobenen Parametern teilweise abweichen, die zu demselben Zeitpunkt erfasst werden. Im Gegensatz dazu kann bei der Beantwortung des ERI-Testinstruments ein allgemeines Gefühl der Zufriedenheit bzw. Unzufriedenheit (welches sich nicht häufig ändert) ursächlich sein, dass Zusammenhänge mit objektiv biologisch-medizinischen erhobenen Parametern vorliegen. Denn die Honorierung der individuellen Arbeit durch den Vorgesetzten ist nicht derartigen tagesabhängigen Schwankungen ausgesetzt, wie die zu erledigende Arbeit.

5.5 Bewertung der Ergebnisse im Vergleich mit den Ergebnissen anderer Studien

Der Stand der Wissenschaft zu dem Zusammenhang von Stressbelastung und Veränderungen der Herzfrequenzvariabilität wird recht unterschiedlich diskutiert. Eine wachsende Anzahl von Veröffentlichungen beschreibt einen Zusammenhang von Stressbelastung und kardiovaskulärer Erkrankungen. Jedoch sind die pathophysiologischen Mechanismen dieser Zusammenhänge weiter unklar [25].

Die Forschergruppe um Kang et al beschreibt eine signifikante Erniedrigung der Zeitdomäne SDNN bei Probanden, die einer hohen subjektiven Stressbeanspruchung ausgesetzt sind [25]. Bei dieser Studie wurden 169 männliche Werftarbeiter in Gyeongsangnam-do, Südkorea, hinsichtlich Stressbelastung, HRV und metabolischem Syndrom untersucht. Die Einstufung der Stressbelastung wurde mit dem Job Content Questionnaire (JCQ) durchgeführt. Die HRV wurde durch ein fünf-minütiges EKG erfasst und das metabolische Syndrom durch Blutlaboranalysen (Blutglukose, Triglyzeride, HDL-Cholesterin), Blutdruckmessung und Waist-to-Hip-Ratio eruiert. Als Ergebnis waren die SDNN-Werte der höher beanspruchten Gruppe mit metabolischem Syndrom signifikant niedriger, als in der wenig beanspruchten Gruppe ohne metabolischem Syndrom. Ein signifikanter Zusammenhang zwischen der LF/HF-Ratio und subjektiver Stressbeanspruchung konnte nicht gefunden werden.

Ebenfalls einen Zusammenhang zwischen Stressbeanspruchung und HRV sieht die Gruppe um Collins et al. Bei dieser Studie wurden 36 Männer und Frauen zwischen 35 und 59 Jahren untersucht. Die Stressbeanspruchung wurde mit einem modifizierten, nicht validierten Fragebogen, der sich an dem Job Content Questionnaire (JCQ) orientierte, erhoben. Die HRV-Parameter wurden mittels Langzeit-EKG, mit einer Aufzeichnungsdauer von 48 Stunden erfasst. Die Hauptaussage ist, dass eine hohe Stressbeanspruchung signifikant die kardiale, vagale Steuerung negativ beeinflusst [10].

Vrijkotte et al. haben bei ihrer Untersuchung als psychosozialen Fragebogen den ERI benutzt. Hier wurde an 820 Arbeitern, alle zwischen 35 und 55 Jahre alt, ein 24 Stunden EKG angelegt und der ERI erhoben. Die Daten zeigen einen Trend, dass die Mitarbeiter, die ein Ungleichgewicht zwischen Verausgabung und Belohnung haben, eine Erniedri-

gung von RMSSD aufweisen [26]. Dieses Ergebnis deckt sich stark mit unseren Analyseergebnissen.

Keinen Zusammenhang zwischen hochbelastenden Tätigkeiten und Veränderungen der Herzfrequenzvariabilität sieht Riese et al. In seiner Studie untersuchte er 159 gesunde Krankenschwestern. Hier wurde ebenfalls der Job Content Questionnaire (JCQ) für die biopsychosoziale Erhebung verwendet. Es konnte nicht nachgewiesen werden, dass die stärker psychosozial belasteten Krankenschwestern niedrigere HRV-Parameter aufwiesen [47].

5.6 Beantwortung der initialen Fragestellung und Schlussfolgerungen

Ein Zusammenhang zwischen persönlicher wahrgenommener Stressbeanspruchung, und Messwerten der Herzfrequenzvariabilität konnte zum Teil festgestellt werden. Ein hohes Maß von empfundener Verausgabung und ein Verausgabungs-Belohnungs-Ungleichgewicht im Sinne des Gratifikationskrisenmodells sind kombiniert mit einer verminderten Aktivität des Vagus und einer vermehrten Aktivität des Sympathikus. Dies könnte ein Mechanismus sein, über den sich der epidemiologisch gefundene Zusammenhang zwischen Gratifikationskrise und späterer kardialer Erkrankung erklärt.[23].

Weder konnte ein Zusammenhang zwischen einem dem allgemeineren und globaleren Stressmodell, das dem SSCS zugrunde liegt, und der HRV gefunden werden noch der individuellen Reaktionsweise auf Stressbelastung und Messwerten der Herzfrequenzvariabilität. Über die Bedeutung einer inversen Korrelation zwischen SRS Werten mit der lgLF/HF als dem Zeichen einer Sympathikusaktivierung kann nur spekuliert werden - möglicherweise handelt es sich um eine Somatisierung.

Die nur schwache Korrelation zwischen subjektiver Beanspruchung und autonomer Kontrolle weist darauf hin, dass das Stresserleben und objektiv erhobene biologisch-medizinische Stressparameter zum Teil erheblich voneinander abweichen und als potentiell unabhängige Prädiktoren einer Stressbeanspruchung angesehen werden können. Aus diesem Grund scheint es sinnvoll, sowohl subjektive Stressbeanspruchung als auch biologische Messgrößen wie die HRV zu bestimmen, um Personen mit hoher Stressbeanspruchung zu identifizieren.

6 Zusammenfassung

Da sich in vielen Unternehmen ein ständig wachsender Leistungs- und Zeitdruck auf die Arbeiter entwickelt hat und dies zu zunehmenden seelischen und körperlichen Belastungen der einzelnen Arbeitnehmern führt, galt es zu eruieren, ob es einen Zusammenhang zwischen der subjektiv empfundenen Stressbeanspruchung, wie sie sich durch Fragebögen erfassen lässt, und biologisch messbaren Parametern wie der Herzratenvariabilität (HRV) gibt. Die HRV ist ein aussagefähiger Parameter für den Aktivitätszustand des vegetativen Nervensystems. Ein vermuteter Pathomechanismus, über den chronischer Stress am Arbeitsplatz zu erhöhter kardiovaskulärer Morbidität und Mortalität führt, besteht in einer chronischen Überaktivierung des sympathischen Nervensystems. Bei Personen mit einer kardialen Erkrankung ist die HRV ein guter prädiktiver Wert für die kardiale Mortalität.

In der vorliegenden Querschnittstudie wurden 189 Mitarbeiter eines Industriebetriebes in Karlsfeld auf subjektive Stressbeanspruchung und Stressverarbeitung sowie ihre Herzfrequenzvariabilität untersucht. Dazu wurden verschiedene standardisierte psychosoziale Fragebogeninstrumente verwendet und jeweils ein Langzeit-EKG aufgezeichnet.

Zusammenhänge zwischen subjektiver Stressbeanspruchung und der Herzfrequenzvariabilität ergaben sich für das Stressmodell des Verausgabungs-Belohnungs-Quotienten (Effort-Reward-Imbalance, ERI). Dieses, auch Gratifikationsmodell genannte Konstrukt von Siegrist et al. stellt Gleichgewicht oder Ungleichgewicht zwischen Arbeitsverausgabung des Beschäftigten und erfahrener bzw. zu erwartender Belohnung (Bezahlung, Aufstiegschancen, Arbeitsplatzsicherheit, Wertschätzung) dar. Mitarbeiter, die diesbezüglich ein ausgewogenes Gleichgewicht haben, hatten in dieser Untersuchung durchschnittlich bessere HRV-Parameter im Sinne einer stärkeren vagalen Kontrolle über die Herzfunktion.

Die übrigen Messinstrumente der Stressbeanspruchung zeigten kaum Zusammenhänge mit der HRV. Sowohl die individuelle Wahrnehmung von belastenden Situationen bei den Arbeitnehmern kann sehr unterschiedlich sein, als auch die Auswirkung. Die nur schwachen Korrelationen zwischen Verausgabungs-Belohnungs-Verhältnis und HRV deutet darauf hin. Es kann vermutet werden, dass sich individuell verschiedene Stressbeanspruchung in verbal beschreibbaren oder als Reaktion des vegetativen Nervensystems messbare Reaktion niederschlägt.

Als Fazit der hier vorgestellten Arbeit kann festgelegt werden, dass der epidemiologisch bekannte Zusammenhang zwischen chronischer Gratifikationskrise und späterer kardialer Erkrankung möglicherweise durch eine chronische (Über-)aktivierung des sympathischen Nervensystems vermittelt wird. Weiter scheint es sinnvoll, Stressbeanspruchung sowohl durch Befragung als auch durch Messung der Funktion des sympathischen Nervensystems mittels HRV zu messen, um der unterschiedlichen Reaktionsweise auf Stress Rechnung zu tragen.

7 Literaturverzeichnis

1. Haefner S, Haug S, Kächele H, *Psychosozialer Versorgungsbedarf bei Arbeitnehmern*. Psychotherapeut, 2004(49): p. 7-14.
2. Schnorpfeil P, Noll A, Schulze R, Ehlert U, Frey K, Fischer JE, *Allostatic load and work conditions*. Soc Sci Med, 2003. **57**(4): p. 647-656.
3. Bertelsmann-Stiftung, *Expertenkommission betriebliche Gesundheitspolitik, Abschlußbericht*. 2004.
4. Bundesministerium Für Familie, *Dritter Bericht zur Lage der älteren Generation*. Deutscher Bundestag 14/5130, 2001.
5. *Luxemburger Deklaration zur betrieblichen Gesundheitsförderung in der Europäischen Union*. 1997.
6. Hemmingway H, Marmot M, *Evidence based cardiology: psychosocial factors in the aetiology and prognosis of coronary heart disease. Systematic review of prospective cohort studies*. BMJ, 1999. **29**(318): p. 1460-7.
7. Hartvigsen J, Lings S, Leboeuf-Yde C, Bakketeig L, *Psychosocial factors at work in relation to low back pain and consequences of low back pain; a systematic, critical review of prospective cohort studies*. Occup Environ Med, 2004. **61**(1): p. e2.
8. McEwen BS, Seeman T, *Protective and damaging effects of mediators of stress. Elaborating and testing the concepts of allostasis and allostatic load*. Ann N Y Acad Sci, 1999. **896**: p. 30-47.
9. Peter R, Siegrist J, *Psychosocial work environment and the risk of coronary heart disease*. Int Arch Occup Health, 2000. **73**: p. 41-5.
10. Collins SM, Karasek RA, Costas K, *Job strain and Autonomic Indices of Cardiovascular Disease Risk*. American Journal of Industrial Medicine, 2005. **48**: p. 182-193.
11. Rozanski A, Blumenthal JA, Kaplan J, *Impact of Psychological Factors on the Pathogenesis of Cardiovascular Disease and Implications for Therapy*. Circulation, 1999. **99**: p. 2192-2217.
12. Kristal-Boneh E, Raifel M, Froom P, Ribak J, *Heart rate variability in health and disease*. Scand J Work Environ Health, 1995. **21**(2): p. 85-95.
13. Löllgen H, *Herzfrequenzvariabilität*. Deutsches Ärzteblatt, 1999. **96**(31-32): p. 2029-2032.
14. Van Vegchel N, Jonge J, Bosma H, Schaufeli W, *Reviewing the effort-reward imbalance model: drawing up the balance of 45 empirical studies*. Social Science & Medicine, 2005. **60**: p. 1117-1131.
15. Schulz P, Schlotz W, *Trierer Inventar zur Erfassung von chronischem Stress*. Trierer Psychologische Berichte, 2002. **29**(2): p. 9-16.
16. Amelsvoort L, Schouten E, Maan A, Swenne C, Kok F, *Occupational determinants of heart rate variability*. Int Arch Occup Environ Health, 2000. **73**: p. 255-65.
17. Hallstrom AP, Stein PK, Schneider R, Hodges M, Schmidt G, Ulm K, *Characteristics of heart beat intervals and prediction of death*. Int J Cardiol, 2005. **100**(1): p. 37-45.
18. Kleiger RE, Stein PK, Bigger JT, *Heart Rate Variability: Measurement and Clinical Utility*. A.N.E., 2005. **10**(1): p. 88-101.
19. Deuschle M, Lederbogen F, Borggrefe M, Ladwig KH, *Erhöhtes kardiovaskuläres Risiko bei depressiven Patienten*. Deutsches Ärzteblatt, 2002. **99**: p. A3332-8.
20. Agelink MW, Boz C, Ullrich H, Andrich J, *Relationship between major depression and heart rate variability. Clinical consequences and implications for antidepressive treatment*. Psychiatry Res, 2002. **113**: p. 139-49.

21. Berntson GG, Bigger JT, Eckberg DL, Grossman P, Kaufman PG, Malik M, Nagaraja HN, Porges SW, Saul JP, Stone PH, van der Molen MW, *Heart rate variability: origins, methods, and interpretive caveats*. *Psychophysiology*, 1997. **34**(6): p. 623-48.
22. McCraty R, Atkinson M, Tomasino D, *Impact of a workplace stress reduction program on blood pressure and emotional health in hypertensive employees*. *J Altern Complement Med*, 2003. **9**(3): p. 355-69.
23. Schuit AJ, van Amelsvoort LG, Verheij TC, Rijnkeke RD, Mann AC, Swenne CA, Schouten EG, *Exercise training and heart rate variability in older people*. *Med Sci Sports Exerc*, 1999. **31**(6): p. 816-21.
24. Pagani M, Lombardi F, Guzzetti S, *Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympatho-vagal interaction in man and conscious dog*. *Circulation*, 1986. **59**(2): p. 178-93.
25. Kang MG, Koh SB, Cha BS, Park JK, Woo JM, Chang SJ, *Association between Job Stress on Heart Rate Variability and Metabolic Syndrome in Shipyard Male Workers*. *Yonsei Medical Journal*, 2004. **45**: p. 838-846.
26. Vrijkotte TGM, Doornen LJP, Geus EJC, *Effects of Work Stress on Ambulatory Blood Pressure, Heart Rate, and Heart Rate Variability*. *Hypertension*, 2000. **35**: p. 880-886.
27. Siegrist J, Peter R, Junge A, Cremer P, Seidel D, *Low status control, high effort at work and ischemic heart disease: prospective evidence from blue-collar men*. *Soc Sci Med*, 1990. **31**(10): p. 1127-34.
28. Pfister EA, *Herzrhythmusanalyse in der Arbeitsmedizin*. 2001, Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin (DGAUM).
29. Joch W, *Der Einfluss von Kälte auf die sportliche Leistung*. *Leistungssport*, 2002. **32**: p. 11-15.
30. Pikkujamsa SM, Makikallio TH, Sourander LB, *Cardiac interbeat interval dynamics from childhood to senescence: comparison of conventional and new measures based on fractals and chaos theory*. *Circulation*, 1999. **100**(4): p. 393-9.
31. Goldberger J, Challapalli S, Tung R, Parker MA, Kadish AH, *Relationship of Heart Rate Variability to Parasympathetic Effect*. *Circulation*, 2001. **103**: p. 1977-1983.
32. Prümper J, Hartmannsgruber K, Frese M, *KFZA-Kurz-Fragebogen zur Arbeitsanalyse*. *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie*, 1995. **39**: p. 125-132.
33. Weyers S, Peter R, Boggild H, Jeppesen HJ, Siegrist J, *Psychosocial work stress is associated with poor self-rated health in Danish nurses: a test of the effort-reward imbalance model*. *Scand J Work Environ Health*, 2006. **20**: p. 26-34.
34. Siegrist J, *Soziale Krisen und Gesundheit*. Vol. 5. 1996, Göttingen.
35. Siegrist J, Rödel A, *Arbeitsbedingtheit depressiver Störungen in Zur Bedeutung arbeitsbedingter Faktoren für das Auftreten depressiver Störungen*. 2004. Berlin: Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
36. Hanson EK, Schaufeli W, Vrijkotte T, Plomp NH, Godaert G, *The validity and reliability of the Dutch Effort-Reward-Imbalance Questionnaire*. *Journal of Occupational Health Psychology*, 2000. **5**: p. 142-155.
37. Bigger JT, Fleiss JL, Steinman RC, Rolnitzky LM, Schneider WJ, Stein PK, *RR Variables in Healthy, Middle-Aged Persons Compared With Patients With Chronic Coronary Heart Disease or Recent Acute Myocardial Infarction*. *Circulation*, 1995. **91**: p. 1936-1943.
38. Schulz P, Schlotz W, *Trierer Inventar zur Erfassung von chronischem Stress (TICS): Skalenkonstruktion, testatische Überprüfung und Validierung der Skala Arbeitsüberlastung*. *Diagnostica*, 1999. **45**: p. 8-19.
39. Statistisches Bundesamt, *Datenreport*. Bundeszentrale für politische Bildung, 2002: p. 34.

40. Ryan SM, Goldberger AM, Pincus SM, Mietus J, Lipsitz LA, *Gender- and Age-related differences in heart rate dynamics: are women more complex than men?* J Am Coll Cardiol., 1994. **24**(7): p. 1700-7.
41. Statistisches Bundesamt, *Mikrozensus*. 2005.
42. Pruessner M, Hellhammer DH, Pruessner JC, Lupien SJ, *Self-reported Depressive Symptoms and Stress Levels in Healthy Young Men: Association With the Cortisol Response to Awakening*. Psychosomatic Medicine, 2003. **65**: p. 92-99.
43. Gundel H, Greiner A, Ceballos-Baumann AO, Von Rad M, Forstl H, Jahn T, *Increased level of tonic sympathetic arousal in high-vs. low-alexithymic cervical dystonia patients*. Psychother Psychosom Med Psychol., 2002. **52**(11): p. 461-8.
44. Kivimäki M, Leino-Arjas P, Luukkonen R, Riihimäki H, Vahtera J, Kirjonen J, *Work stress and risk of cardiovascular mortality: prospective cohort study of industrial employees*. British Medical Journal, 2002. **325**: p. 857-861.
45. Chandola T, Siegrist J, Marmot M, *Do changes in effort-reward imbalance at work contribute to an explanation of the social gradient in angina?* Occup Environ Med, 2005. **62**: p. 223-230.
46. Hayano J, Yamada M, Sakakibara Y, Fujinami T, *Short- and long-term effects of cigarette smoking on heart rate variability*. The American Journal of Cardiology, 1990. **65**(1): p. 84-8.
47. Riese H, Doornen LJ, Houtman IL, Geus EJ, *Job strain in relation to ambulatory blood pressure, heart rate, and heart rate variability among female nurses*. Scand J Work Environ Health, 2004. **30**(6): p. 477-85.

8 Danksagung

Mein Dank gilt allen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben! Mein ganz besonderer Dank gilt PD Dr. Angerer für die zur Verfügungstellung des Themas. Darüber hinaus möchte ich mich bei ihm bedanken für das überaus große Interesse und Engagement, das er bei vielen Fragen und Betrachtungen sowie bei der Überarbeitung zeigte.

Ganz herzlich möchte ich mich bei meinen Betreuern Frau Dr. Heinmüller und Herrn Dr. Limm für die tatkräftige Unterstützung bedanken. Ich danke Frau Dr. Marten-Mittag für ihre äußerst engagierte Hilfe der statistischen Auswertung.

Bei Frau Heike Willkomm, Sandra Jerkic, Giesela Gümperlein und Anne Kusch aus dem Institut für Arbeits- und Umweltmedizin bedanke ich mich außerdem für ihren Beitrag dazu, dass ich dieses Thema mit Freude bearbeiten konnte.

Mein Dank gilt auch der tatkräftigen Unterstützung des gesamten Teams des Betriebsärztlichen Dienstes MAN Karlsfeld unter der Leitung von Herrn Dr. Nicolaides.

Meinen Eltern möchte ich für ihre Unterstützung während des gesamten Studiums danken.

9 Lebenslauf

1. Persönliches

Name Joachim Ludwig Maximilian Strümpell
Geburtsdatum/-ort 14. Juni 1977, Münster/Westfalen
Familienstand: Ledig

2. Ausbildung:

August 1984 – Juni 1988 Grundschule in Essen
Juni 1988 – Mai 1997 Gymnasium in Essen, Düsseldorf und Berlin
28. Mai 1997 Allgemeine Hochschulreife
Oktober 1997 – Juni 1998 Französischstudium in Strasbourg
Oktober 1998 – September 1999 Biochemiestudium an der Universität Potsdam
Oktober 1999 – Oktober 2005 Studium der Humanmedizin an der Semmelweis
Universität zu Budapest, TU-Dresden, TU-
München

3. Famulaturen und Praktisches Jahr

März-April 2002 Famulatur an der Unfallchirurgischen Klinik der
Charité, Berlin
April 2003 Famulatur an der Stiftsklinik Augustinum, Kardio-
logie, München
Juli 2003 Famulatur am ambulanten OP-Zentrum München
Nord, Anästhesiologie, München
Oktober 2004-September 2005 Praktisches Jahr:
Orthopädie: Praxisklinik Rennbahn, Schweiz
Chirurgie: Hospital das Clinicas-UFPE, Recife,
Brasilien
Innere Medizin: Klinikum rechts der Isar, Mün-
chen

4. Dissertation

Seit Oktober 2005 Dissertation am Institut für Arbeits- und Umwelt-
medizin der LMU München

5. Tätigkeiten

Seit Juli 2006 Assistenzarzt, Praxisklinik Rennbahn, Schweiz