

**Einfluss der Entspannungstechniken Progressive
Muskelentspannung nach Jacobson und definierte Atmung auf
die Herzratenvariabilität bei gesunden Freiwilligen**

von
Swantje Krüger

2014

Inhaltsverzeichnis

Abstract

1. Einleitung	4
2. Stress und das vegetative Nervensystem	6
3. Regulation der Herzaktion und des Blutdrucks	8
4. Die Herzratenvariabilität	9
4.1 Parameter zur Messung der Herzratenvariabilität	10
4.1.1 Zeitanalyse	10
4.1.2 Frequenzanalyse	10
5. Definierte Atmung und Herzratenvariabilität	12
6. Wirkungen der Progressiven Muskelrelaxation nach Jacobson auf die Physiologie und das vegetative Nervensystem des Körpers	12
7. Progressive Muskelrelaxation und definierte Atmung als Maßnahmen der Prävention und Gesundheitsförderung	13
8. Zusammenfassung	15
9. Ziele, Fragestellungen und Hypothesen der Arbeit	16
9.1 Fragestellungen	16
9.2 Hypothesen	17
10. Methode	17
10.1 Studiendesign	17
10.2 Probanden und technische Medien	19
10.3 Versuchsaufbau und Ablauf der Messungen	20
10.4 EKG-Messungen und statistische Analysen	22
10.4.1 Skala der subjektiven Befindlichkeit	22
10.4.2 Progressive Muskelrelaxation und definierte Atmung	22
11. Ergebnisse	23
11.1 Vergleich der Skalenwerte des Befindlichkeitstests vor und nach den Entspannungsinterventionen	23
11.1.1 Befindlichkeitsskala und Entspannungsinterventionen	23
11.1.2 Befindlichkeitsskala und Geschlechter	25
11.2 Herzratenvariabilität und Progressive Muskelrelaxation	29
11.2.1 Mittelwerte und Standardabweichungen des Frequenz- und Zeitbereichs	

als Indikatoren der Herzratenvariabilität	29
11.2.2 Signifikanzwerte des Friedman- und Anova-Tests als Indikatoren der Herzratenvariabilität	32
11.3 Herzratenvariabilität und definierte Atmung	34
11.3.1 Mittelwerte und Standardabweichungen des Frequenz- und Zeitbereichs als Indikatoren der Herzratenvariabilität	34
11.3.2 Signifikanzwerte des Anova-Tests als Indikatoren der Herzratenvariabilität	40
12. Diskussion	42
13. Methodenkritik	44
14. Schlussfolgerung	49
15. Literaturverzeichnis	50
16. Abbildungsverzeichnis	55
17. Tabellenverzeichnis	57
18. Abkürzungsverzeichnis	58
19. Anhang	
19.1 Ergänzende Abbildungen und Tabellen	60
19.2 Befindlichkeits-Skala Bf-S	70
19.3 Beispielhafter Auswertungsbogen	73

Abstract

Grundlagen: Stress ist ein aktuelles Thema in der Gesellschaft, insbesondere in der Arbeitswelt. Um u. a. das Herzinfarktisiko von 23 % durch Arbeitsstress zu senken, sollen die Betriebe nach dem Arbeitsschutzgesetz von 2013 Prävention anbieten. Das Ziel dieser Arbeit ist, die Wirkung der Progressiven Muskelrelaxation (PMR) und Taktatmung (TA) auf das vegetative Nervensystem durch Messung und Analyse der Herzratenvariabilität (HRV) herauszufinden. Bei mangelnder Balance zwischen Sympathicus und Parasympathicus besteht ein kardiovaskuläres Risiko durch eine niedrige Herzratenvariabilität (HRV).

Methode: In einer experimentellen Querschnittsstudie mit jeweils 10 gesunden Männern und Frauen wird die Progressive Muskelentspannung bei kontinuierlicher Aufzeichnung der Herzratenvariabilität und Atmung mittels einer EKG-Ableitung nach Einthoven und einem Brustgurt durchgeführt. Die Atmung erfolgt nach einem vorgegebenen Takt, 10 und 14 Mal pro Minute, jeweils 3 Minuten lang im Liegen, danach 10 Atemzüge 1,5 Minuten lang, zuerst im Liegen und dann im Sitzen. Ein Fragebogen, bestehend aus 8 gegensätzlichen Merkmalspaaren zur aktuellen Befindlichkeit, wird vor und nach der Intervention erhoben.

Ergebnisse: Die Outcome-Parameter der Frequenz- und Zeitanalyse belegen die Entspannungswirkung der PMR und TA auf beide Geschlechter. Die PMR beeinflusst die Männer stärker als die Frauen. Die TA mit 10 Atemzügen und in liegender Körperposition ist für beide Geschlechter die optimale Intervention. Auf die Atemfrequenz 14 und Position Sitzend reagieren die Frauen stark sympathisch.

Diskussion: In einer Gruppe mit Probanden aus Berufen und Hochschule, die täglichem Arbeitsstress ausgesetzt sind, wirken die PMR und TA entspannend. Während bei der PMR der vagale Anteil des VNS uneingeschränkt gestärkt wird, erfolgt dies bei der TA begrenzt bei 10 Atemzügen und liegender Körperposition. In einer Follow-up-Studie ist zu klären, ob eine TA mit geringerer Atemfrequenz, mit 6 Atemzügen, durchgeführt an zwei aufeinander folgenden Tagen in jeweils 30 Minuten wie bei der PMR, einen größeren Entspannungseffekt hat.

Schlussfolgerung: Die PMR ist zur Förderung einer sympathovagalen Balance geeignet, auch die TA mit 10 und weniger Atemzügen in liegender Körperposition.

Schlüsselwörter: heart rate variability, progressive muscle relaxation, metronomic

breathing, job strain, prevention.

1. Einleitung

Stress ist ein aktuelles Thema in der Gesellschaft, insbesondere in der Arbeitswelt. Er kann zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen wie Bluthochdruck, Arterienverkalkung, Schlaganfall und Herzinfarkt führen.

Der Zusammenhang zwischen Arbeitsstress und kardiovaskulärem Risiko ist mehrfach untersucht worden. In einer Studie wurden als Auswirkungen koronare Erkrankungen und metabolisches Syndrom festgestellt (Chandola et al. 2008). Das Myokardinfarkttrisiko durch Arbeitsstress ist um 23% erhöht (Backe et al. 2012). Weitere kardiovaskuläre Risiken sind fehlende Bewegung (Kristensen 1989) und mangelnder Entscheidungsspielraum bei der Arbeit (Collins et al. 2005). Akuter und chronischer Arbeitsstress führt zu einem 50 % höheren Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen (Urban 2013), wobei der Anteil des Herzinfarkttrisikos nicht geklärt ist.

Um das Herz-Kreislauf Risiko ihrer Mitarbeiter zu reduzieren, sollen nach § 5 der Neufassung des Arbeitsschutzgesetzes von 2013 die Betriebe die Prävention gegen Arbeitsstress fördern. Die positive Wirkung von Betrieblichem Gesundheitsmanagement (BGM) auf die Gesundheit der Mitarbeiter bestätigen Studien zur Reduzierung des kardiovaskulären Risikos. Durch eine Life-Style Beratung bei Probanden, die ein erhöhtes Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen und Diabetes mellitus aufwiesen, konnte das Herzinfarkttrisiko reduziert werden (Adams 2010). Ebenso konnten durch Stressabbau die kardiovaskulären Stresshormone gesenkt werden (Limm et al. 2011). Die den Betrieben durch solche Maßnahmen entstehenden Kosten werden durch deren Nutzen um ein Vielfaches aufgewogen. Amerikanische Studien zu verschiedenen Krankheiten gehen bei den Krankheitskosten von einem Kosten-Nutzen-Verhältnis von 1:2,3 bis 1:5,9 bzw. von einer Senkung der Krankheitskosten von 26,1 % aus. Für die Kosten durch krankheitsbedingte Fehlzeiten belegen sie ein Verhältnis von 1:2,5 bis 1:4,85 oder sogar 1:10,1 bzw. eine Senkung der Kosten um 34 % (Kreis & Bödeker 2003). Der gesundheitlich positive Effekt für die Beschäftigten erweist sich zugleich als ein betriebswirtschaftlich nützlicher Effekt. Der durch Prävention am Arbeitsplatz vermeidbare Anteil an den koronaren Erkrankungen, d. h. der

attributable Risikoanteil, kann bis zu 18 % reduziert werden (Backe et al. 2012). Dies gilt vor allem für die Arteriosklerose assoziierten Herz-Kreislauf-Erkrankungen, die meistens durch psychosoziale Belastung, Schichtarbeit, Lärm u. a. begünstigt werden und hauptsächlich Beschäftigte mit niedrigem Sozialstatus betreffen. Die mögliche Reduktion der psychosozialen Belastung gilt als relativ hoch.

Koronare Herz- und psychische Erkrankungen durch Arbeitsstress führen auch zu hohen Kosten im staatlichen Gesundheitswesen. In Frankreich wurden dafür 2003 1,8 bis 3 Milliarden € (0,12-0,19 % des BIP) ausgegeben (Sultan-Taieb et al. 2013).

Für Bewegungsprogramme gilt als minimaler Standard in einem Betrieb die Einrichtung eines Fitnessraums, für Entspannungsprogramme ist es ein Ruheraum. Maßnahmen zur Stressreduzierung sind z. B. Rückenschulungskurse sowie Entspannungsangebote wie Autogenes Training, Meditation und Progressive Muskelentspannung. Die Transzendentale Meditation (TM) konnte bei Personen mit Hypertonie den Blutdruck mehr als die PMR senken, insbesondere bei Frauen (Rainforth et al 2007, Schneider et al. 2005). Jedoch erreichte die PMR in Kombination mit kognitiv-behavioraler Methode den größten Entspannungseffekt (Murphy 1996). Die Prävention sollte einerseits die Bedingungen am Arbeitsplatz ändern (verhältnispräventiv), andererseits sollte das eigene Verhalten verändert werden (verhaltenspräventiv) sein, um eine effektive Reduzierung des kardiovaskulären Risikos zu erreichen. Die Feststellung des Risikos könnte z. B. durch die Analyse der Herzratenvariabilität (HRV) erfolgen. Sie gibt einen guten Überblick darüber, wie gestresst sich ein Mensch fühlt und ob er an die bio- und psychosozialen Funktionskreise der Umwelt anpassungsfähig ist (Mück-Weymann 2002).

Die Ziele der vorliegenden Arbeit sind herauszufinden, inwiefern sich die Progressive Muskelrelaxation nach Jacobson (PMR) und die definierte Atmung (TA) auf die HRV auswirken und zur Entspannung des vegetativen Nervensystems (VNS) beitragen und ob es geschlechtsspezifische Unterschiede bezüglich des Entspannungseffektes gibt. Die durch die Studie gewonnenen

Erkenntnisse zur HRV könnten Betrieben bei der Verhaltensprävention nützlich sein. In der Forschungsliteratur bestehen bezüglich der Wirkung beider Interventionen auf die HRV unterschiedliche Auffassungen. In einer PMR-Studie (von Seckendorff 2009) waren die Werte für die HRV statistisch nicht signifikant, in einer anderen (Leuenberger 2010) signifikant. Auch bezüglich der Wirkung der PMR auf die Geschlechter bestehen verschiedene Hypothesen. Gegenüber Studien mit nach Geschlechtern getrennten Probanden wegen angenommener geschlechtsspezifischer Unterschiede gibt es solche mit gemischten Geschlechtergruppen (Bergt 2013). Ein Vergleich der TA mit der PMR in ihrer Wirkung auf die HRV ist einmalig durchgeführt worden (Leuenberger 2010). Im Unterschied zur PMR konnte für die TA kein signifikanter Entspannungseffekt festgestellt werden.

Die Literaturrecherche wurde anhand der medizinischen Datenbank Pub Med durchgeführt. Die Arbeit besteht aus einem theoretischen Teil mit medizinischen Grundlagen des VNS, der HRV, PMR und TA und einem empirischen Teil zu Zielen und Hypothesen, Methode, Ergebnisse, Diskussion sowie Schlussfolgerung bezüglich der Entspannungswirkung der PMR und TA bei jeweils zehn weiblichen und männlichen Probanden.

2. Stress und das vegetative Nervensystem

Stress ist die Reaktion eines Organismus auf einen Stressor, welcher das seelische und körperliche Gleichgewicht negativ beeinflusst. Daraufhin werden im Körper Mechanismen zur Aufrechterhaltung der Homöostase bzw. Allostase ausgelöst. Die Allostase ist ein flexibler Anpassungsprozess des Körpers an die Umwelt, bei dem sich u. a. die Höhe des Blutdrucks, der Herz- und Atemfrequenz sowie die Sekretion der Hormone und die Temperatur des Körpers verändern, um den Körper im Gleichgewicht zu halten. Eine ständige Überbeanspruchung der Allostase bedeutet eine Überbelastung für das Immunsystem und führt zu einem Ungleichgewicht der Hormone der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Achse und der Katecholamine sowie der Zytokine des vegetativen Nervensystems (Goldstein 2008).

Das vegetative Nervensystem (VNS) besteht aus dem Sympathikus, Parasympathikus und dem enterischen System. Der Sympathikus aktiviert den Körper, der Parasympathikus dagegen stellt den Körper auf einen Ruhezustand ein und fördert die Entspannung. Der Sympathikus wird aktiviert, setzt in den Ganglien den Neurotransmitter Noradrenalin frei und sendet ihn zu den Zielorganen, wo er sich an die Alpha- und Betarezeptoren bindet und die Organe stimuliert. Wenn der Parasympathicus, z. B. durch den Hypothalamus, aktiviert wird, dann setzen die Nervenzellen des Hirnstamms und Sakralmarks den Neurotransmitter Acetylcholin frei und schicken ihn zu den Ganglien der Zielorgane, die nun selbst zur Produktion von Acetylcholin angeregt werden (Trepel, Kap. XII, 2008, Birbaumer & Schmidt 2010).

Die Fehlsteuerung des vegetativen Nervensystems führt zu einer verminderten Herzratenvariabilität (HRV) und Anpassungsfähigkeit des Herz-Kreislaufsystems. Durch den Sympathikus werden der Blutdruck und die Herzfrequenz erhöht und so die Organe vermehrt mit Sauerstoff und Energie versorgt. Eine andauernde Stimulation der α_1 -Adrenozeptoren führt zu einer verstärkten Kontraktilität der Muskelzellen, zu einer Verstärkung der Herztätigkeit und zur Vasokonstriktion mit daraus eventuell entstehender Hypertonie (Löllgen 1999). Eine hohe nächtliche Cortisol-Sekretion ist durch eine erhöhte Steigerung der nächtlichen Nebennierenrindenaktivität bedingt. Adrenalin und Cortisol wirken sich zudem auf eine Erhöhung der Nüchternblutglucose aus. Durch eine verringerte Serotonin Produktion kommt es zu einem verstärkten Anteil von proinflammatorischen Zytokinen. In Ruhe befindet sich das Herz unter der vagalen Dominanz des Parasympathikus, der mit seinen Fasern außer an den Hirnnerven III, VII und IX zu 75 % an dem Nervus vagus (X) beteiligt ist (Berg, v. d. 2005). Er kann innerhalb von ein bis zwei Sekunden auf das Herz einwirken, während der Sympathikus fünf bis zehn Sekunden braucht (Seller 2007; Bergt 2013).

Das Hypophyse-Hypothalamus-System ist mit verschiedenen Gehirnteilen verbunden (Trepel 2008, Kap. VII). Dazu gehören der Thalamus im Zwischenhirn, die Formatio reticularis im Mittelhirn und die Medulla oblongata mit dem Ncl. tractus solitarii, der das Atem- und Kreislaufsystem anregt. Weiterhin wirkt auch die Formatio frontalis mit, die wechselseitig mit dem dorsomedialen Kern (MD) und

dem dopaminergen System des Mittelhirns verbunden ist (Karnath & Thier 2013, Kap. XI). Außerdem konnte das Zusammenwirken des präfrontalen Kortex mit der Amygdala im Zusammenhang mit Stress im funktionellen Kernspin und Gehirn-Scanner visualisiert werden (Hölzel et al. 2013).

3. Regulation der Herzaktion und des Blutdrucks

Die Regulation der Herzaktion und des Blutdrucks erfolgt durch die Synergie des Sinusknotens im rechten Vorhof des Herzens, den Barorezeptoren im Aortenbogen und in der Carotisarterie und den Einfluss der Hirnstrukturen des Hirnnervenkerns (Ncl. tractus solitarii), dem verlängerten Rückenmark (Medulla oblongata) und der Formatio reticularis, einem Neuronennetz aus grauer und weißer Substanz im Hirnstamm.

Der Sinusknoten, welcher eine Frequenz von 60 bis 100 hat, sitzt im rechten Vorhof und erzeugt Depolarisationen, welche über den Atrioventrikularknoten (AV-Knoten) und weitere Strukturen in die Herzkammern weitergeleitet werden. Nach der Weiterleitung kommt es zu einer Kontraktions- und Austreibungsphase (Systole), im EKG sichtbar als R-T Strecke, welche danach in die Entspannungs- und Füllungsphase (Diastole), im EKG die P-R Strecke, führt. Ein Herzschlag dauert im Mittel ca. eine Sekunde, jedoch ist die Herzschlagdauer variabel, in der Ruhephase mehr als in der Stressphase (Curic et al 2007). Der Abstand von einer R-Zacke zur nächsten, hier als NN-Intervall (engl. normal-to-normal-interval) bezeichnet, wird insbesondere durch die Atmung beeinflusst. Es nimmt während der Einatmung ab und bei der Ausatmung zu. Analog erhöht sich beim Einatmen die Herzfrequenz, beim Ausatmen sinkt sie. Die respiratorische Sinusarrhythmie (RSA), also die Variation der zeitlichen Dauer der Herzschläge, wird weitgehend durch die vagalen Anteile der Formatio reticularis im Mittelhirn dominiert (Markus 2003).

Der zweite Komplex zur Steuerung der respiratorischen Sinusarrhythmie sind die Barorezeptoren, welche sich im Aortenbogen und in der Carotisbifurkation befinden. Bei Stimulierung der Barorezeptoren durch einen Anstieg des Blutdrucks wird die Herzfrequenz gesenkt, der Einfluss des Sympathikus gehemmt und die parasymphatische Aktivität erhöht. Bei einem Abfall des Blutdrucks werden die

Barorezeptoren blockiert, der Blutdruck und die Herzfrequenz steigen wieder an. Die Barorezeptoren regulieren somit den Blutdruck mittels der Baroreflexsensitivität (BRS) homöostatisch.

Der dritte Komplex ist die Medulla oblongata, durch die das Herz-Kreislauf-System und die Atmung reguliert werden. Die Formatio reticularis steht im engen Zusammenhang mit den vagalen und sympathischen Kernen (Markus 2003). Das Retikulärsystem hat wiederum eine enge Verbindung mit dem Hypothalamus und dem limbischen System, deren Hirnstrukturen im Zwischenhirn liegen. Es besteht also eine Verbindung zwischen psychischen Einflüssen und Herztätigkeit.

4. Die Herzratenvariabilität

Die Herzratenvariabilität, die die Variation des Zeitabstands bzw. der rhythmischen Schwankungen zwischen den Herzschlägen anzeigt, weist auf die sympathovagale Balance einer Person hin und ist ein Indikator für dessen Anpassungsfähigkeit an bio- und psychosoziale Regelsysteme der Umwelt (Mück-Weymann 2002). Sie wird außer von der Atmung durch die Aktivität des Parasympathikus und Sympathikus beeinflusst. Der Parasympathikus wirkt verringernd auf die Kontraktionskraft des Vorhofes. An den Nervenendigungen des Nervus Vagus, dem X. Hirnnerv, an dessen Fasern der Parasympathikus wesentlich Anteil hat, wird der Neurotransmitter Acetylcholin ausgeschüttet, der sich mit den cholinergen Rezeptoren der Herzmuskelzellen verbindet. Bei der Inspiration wird der Sympathikus aktiviert, und die Herzfrequenz steigt. Bei der Expiration wird dagegen der Parasympathikus aktiviert, der die Herzfrequenz sinken lässt. Eine höhere Herzratenvariabilität zeigt eine stärkere Anpassungsfähigkeit von Parasympathikus und Sympathikus an die ständig veränderten Umweltreize an. Eine niedrigere Herzratenvariabilität deutet dagegen auf einen nicht intakten Anpassungsmechanismus hin und ist z. B. typisch für Personen mit koronarer Herzerkrankung (Schroeder et al. 2003, Seckendorff, von 2009) und Depression (Cohen et al. 1999, Keune et al. 2011). Auch gesunde Personen haben unterschiedliche Herzratenvariabilitätswerte, da diese u. a. vom Alter, Geschlecht, körperlicher Aktivität und psychischer Verfassung abhängen. Medikamente, Nikotin und Alkohol haben ebenfalls Einfluss auf die Herzratenvariabilität.

4.1 Parameter zur Messung der Herzratenvariabilität

Für die Messung und Auswertung der Herzratenvariabilität werden meistens die Richtlinien und Empfehlungen der Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology (Malik et al. 1996) angewendet. Bei der Auswertung der HRV-Werte wird zwischen Zeit- und Frequenzbasierten Verfahren unterschieden.

4.1.1 Zeitanalyse

Die Ableitung des EKG registriert kontinuierlich über eine bestimmte Zeit die Intervalle zwischen zwei R-Zacken. Bei der Zeitanalyse wurden Mean RR, SDNN, RMSSD, NN50 und pNN50 berechnet. Die SDNN beinhaltet alle nieder- und hochfrequenten Variationen der Herzfrequenz, d. h. alle langsamen und schnellen zyklischen Veränderungen der Herzrate. Sie ist die Standardabweichung aller NN-Intervalle in Millisekunden (ms) und zeigt die Gesamtvariabilität der HRV an. Die RMSSD wird aus der Quadratwurzel der Summe der quadrierten Differenzen zwischen den aufeinander folgenden NN-Intervallen in ms berechnet. Sie deutet bei hohen Werten auf einen vagalen Tonus und die Steuerung durch den Parasympathicus sowie auf eine höhere HRV hin (Meesmann & Scharf 1995, Löllgen 1999).

Tabelle 1: Zeitbezogene Parameter der HRV

Parameter	Beschreibung
NN	Abstand zwischen zwei Herzschlägen in ms
SDNN	Standardabweichung aller NN-Intervalle in ms
RMSSD	Quadratwurzel aus dem Mittelwert der quadrierten Differenz aufeinander folgender NN-Intervalle in ms
pNN50	Prozentanteil der Intervalle mit mindestens 50 ms Abweichung vom vorhergehenden Intervall

4.1.2 Frequenzanalyse

In einer Power-Spektral-Analyse (PSA) wird das Frequenzspektrum in einzelne Frequenzbänder unterteilt und die periodischen Schwankungen der Herzrate diesen zugeordnet.

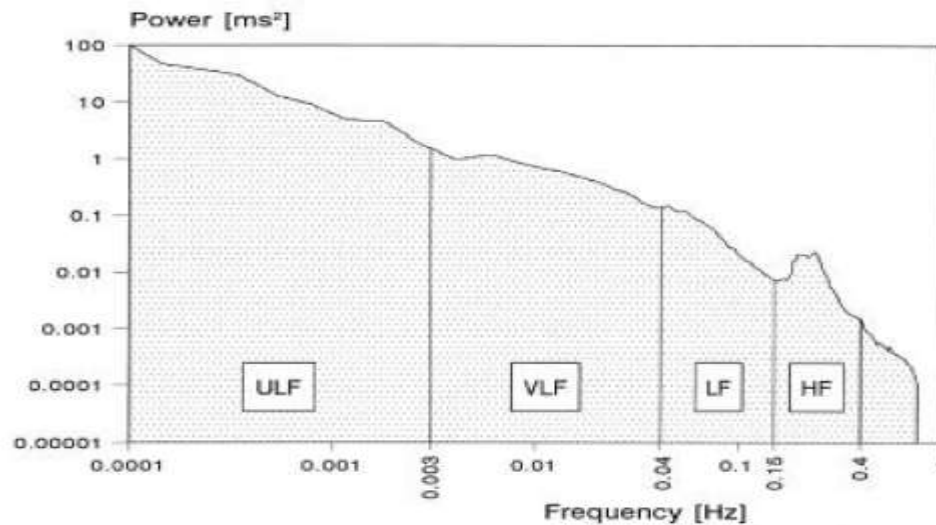


Abb. 1. Die Spektralbereiche der Herzratenvariabilität (aus Malik et al. 1996)

Das HF-Band (high frequency: 0,15-0,40 Hz) zeigt die vagale Aktivität des Parasympathicus an (Malik et al. 1996, Löllgen 1999, Curic et al. 2007). Das LF-Band (low frequency: 0,04-0,15 Hz) setzt sich sowohl aus dem Sympathicus als auch dem Parasympathicus zusammen (Malik et al. 1996). Jedoch weisen höhere Werte hauptsächlich auf die sympathische Aktivität hin. Das VLF-Band ist besonders stark sympathisch geprägt. Die LF/HF Ratio (low/high frequency Ratio) zeigt ebenfalls sympathische und parasympathische Einflüsse an. Höhere Werte weisen ebenfalls auf den Sympathicus hin.

Tabelle 2: Frequenzbezogene Parameter der HRV

Parameter	Beschreibung
HF	High frequency: 0,15-0,40 Hz, in ms^2
LF	Low frequency: 0,04-0,15 Hz, in ms^2
VLF	Very low frequency: <math>< 0,04\text{ Hz}</math>, in ms^2
LF/HF Ratio	Low/high frequency Ratio

In der vorliegenden Arbeit werden bei der Progressiven Muskelrelaxation (PMR) die obigen HRV-Parameter benutzt. Bei der definierten Atmung (TA) wurden bei 14 Atemzügen die HF-Frequenz mit 0,19 – 0,27 Hz, in ms^2 , und die LF-Frequenz mit 0,04 – 0,12 Hz, in ms^2 , angewandt. Bei 10 Atemzügen beträgt die LF-Frequenz ebenfalls 0,04-0,12 Hz, in ms^2 , dagegen die HF-Frequenz 0,12-0,20 Hz, in ms^2 . Die Frequenzbänder HF und LF wurden eng eingestellt.

Das am häufigsten angewandte mathematische Verfahren ist die Fast Fourier

Transformation (FFT). Ein weiteres lineares Verfahren ist das AR Model. Bei schnelleren und unstablen Oszillationen werden auch nicht-lineare Verfahren wie das Poincare Plot benutzt. In der vorliegenden Arbeit werden beide lineare Verfahren und das nicht-lineare Verfahren angewandt.

5. Definierte Atmung und Herzratenvariabilität

Die Synergie von Atmung und Herzaktion wirkt in einem komplexen Regelkreis von Sinusknoten, Barorezeptoren sowie Medulla oblongata im Hirnstamm. Dabei nimmt unter Einwirkung des Sympathicus und Parasympathicus die Herzfrequenz bei Inspiration zu und bei Expiration ab.

Da sich die Atemfrequenz auf die Herzratenvariabilität auswirkt, stellt sich die Frage, bei welcher Anzahl von Atemzügen es zu einer niedrigeren oder höheren Herzratenvariabilität kommt. Durch Untersuchungen zwischen Vergleichsgruppen mit Spontanatmung und definierter Atmung konnte belegt werden, dass bei 12 Atemzügen pro Minute die HF-Werte anstiegen und die LF/HF Ratio-Werte sanken, der Parasympathicus wurde also aktiviert (Discroll & Di Cicco 2000). Bei einer Untersuchung mit 15 Atemzügen wurde ein ähnliches Ergebnis erzielt, bei 18 Atemzügen dagegen eine Abnahme der HF- und eine Zunahme der LF-Werte festgestellt (Bernardi et al. 2000). In einer Untersuchung mit 8 Atemzügen änderte sich die vagale Balance der HRV nicht, bei 30 Atemzügen nahmen die HF- Werte stark ab (Sakakibara & Hayano 1996). Eine weitere Untersuchung mit 6 Atemzügen ergab höhere Werte für die vagalen Parameter NN und RMSSD (Curic et al. 2007). Insgesamt bewirkt eine Taktatmung von 6 bis 15 Atemzügen/Min. eine höhere Herzratenvariabilität und Aktivität des Parasympathicus (Leuenberger 2010).

6. Wirkungen der Progressiven Muskelrelaxation nach Jacobson auf die Physiologie und das vegetative Nervensystem des Körpers

Seit 1908 entwickelte Edmund Jacobson die Progressive Muskelrelaxation (PMR). Er beobachtete einen Zusammenhang zwischen der angespannten Muskulatur und Psyche, der durch das bewusste Anspannen und Entspannen einzelner Muskelgruppen vom Kopf bis zum Fuß aufgelöst werden kann. Der Fokus liegt dabei auf dem Erspüren von Anspannung und Entspannung der Muskeln

(Sammer 2012). Die Anspannung von Muskulatur und Psyche soll dadurch gelöst werden, dass neurale Signale der Muskeln über die Formatio reticularis in den Hypothalamus weiter geleitet werden. Dadurch werde der sympathische Tonus im Hypothalamus reduziert und der vagale Tonus dominant (Gellhorn & Kieley 1972). Infolgedessen werden die Herzfrequenz und der Blutdruck sowie die Atemfrequenz gesenkt, der Proband fühlt sich entspannt. Bei der Progressiven Muskelentspannung werden zwei Formen unterschieden, eine Kurz- und eine Langform. Die Kurzform dauert ca. 15 und die Langform ca. 30 Minuten. Bei der Langform werden insgesamt 16 Muskelgruppen angespannt und entspannt (Bernstein & Borkovec 2007, Löhmer & Standhardt 2010, Ohm 2011).

In Studien wurde nachgewiesen, dass durch eine regelmäßig durchgeführte PMR über eine bestimmte Zeit eine signifikante Senkung des Blutdrucks und der Herzfrequenz sowie ein gesteigertes Wohlbefinden auftrat (Sheu et al. 2003, Pawlow & Jones 2002).

Weitere Indikationen für die positive Wirkung der PMR sind funktionelle Herz-Kreislauf-Erkrankungen wie z. B. Hypertonie, Spannungskopfschmerzen, Schlafstörungen, Angst- und Zwangsstörungen, Depressionen, Störungen des Cortisol-Spiegels und der Immunglobuline A im Endokrin- und Immunsystem sowie Muskelverspannungen. Positive Wirkungen bestehen eventuell auch bei Asthma bronchiale, Essstörungen, Fibromyalgie-Syndrom, Tinnitus und Epilepsie (von Seckendorff 2009).

Außer in der Progressiven Muskelrelaxation wird auch in der Meditation die HRV mit dem EKG gemessen. Mit der aus östlicher Meditation und westlicher Psychologie kombinierten ACEM-Meditation wurde ein starker Anstieg der HRV, HF und NN-Werte (RR), also eine gesteigerte vagale Aktivität des VNS aufgezeigt (Nesvold et al. 2011).

7. Progressive Muskelrelaxation und definierte Atmung als Maßnahmen der Prävention und Gesundheitsförderung

Seit der Ottawa Charta von 1986 ist Gesundheitsförderung als ein Prozess definiert, in dem der Mensch durch Selbstbestimmung über seine Gesundheit

seine körperlichen, individuellen und sozialen Ressourcen einsetzt zum Ziele seines Wohls. Nach der Definition der WHO von 1998 müsse der Mensch Selbstbestimmung über die Determinanten seiner Gesundheit, z. B. Kultur, Gesellschaft, Umwelt und Bildung, gewinnen (Trojan & Legiwe 2001). Sie bezieht außer dem Gesundheitssektor auch den Politikbereich in die Verantwortung mit ein. Nach Rosenbrock & Gerlinger (2006) liegt der Schwerpunkt der Gesundheitsförderung seit der Ottawa Charta mehr auf der salutogenetischen und weniger auf der pathogenetischen Ausrichtung der Prävention.

Auch in der Medizin werden salutogenetische Ideen bei der gesundheitlichen Versorgung mit einbezogen. Bircher & Wehkamp (2006, 2011) möchten der Person-orientierten Medizin gegenüber der Technik-orientierten wieder Priorität verschaffen, weil im direkten Umgang zwischen Arzt und Patient das Wohls des Patienten und sein persönliches Potential mehr in den Vordergrund treten. In den Thesen 3, 4 und 6 nennt das Meikirch-Modell sechs Aspekte der Gesundheitsförderung, neben dem biologisch gegebenen und persönlich erworbenen Potential die Anforderungen des Lebens, das Alter, die Kultur und die Eigenverantwortung. In der Hauptthese 4, nach der die Bedeutung des persönlichen Beitrags zur Gesundheit massiv unterschätzt wird, ist die salutogenetische Ausrichtung der medizinischen Prävention deutlich erkennbar. In den Thesen 8 und 10 ist auch der soziale Aspekt dargestellt, denn das persönlich erworbene Potential liegt nicht nur im Verantwortungsbereich des Individuums, sondern auch der Gesellschaft. U. a. müssten die pharmazeutische und medizintechnische Industrie gesellschaftlich neu in die Gesundheitsversorgung eingebunden werden.

Ziel der Progressiven Muskelrelaxation nach Jacobson und der definierten Atmung ist es, durch eine salutogenetische Ausrichtung der Prävention Menschen zu einer positiven Gesundheitsförderung zu verhelfen. Im Mittelpunkt der Entspannungstechnik steht die Synchronisation des Herzschlags, der Atmung und des Blutdrucks. In dieser Kohärenz, die durch die Herzratenvariabilität angezeigt wird, ist im Ruhezustand der Parasympathicus und im Erregungszustand der Sympathicus aktiv. In der Entspannungsintervention geht es also darum, den gesundheitlichen Zustand durch Erhöhung der HRV zu verbessern, so dass die

Immunabwehr gestärkt wird und das vegetative Nervensystem ausgeglichen ist.

Eine Pilotstudie von Löllgen, Mück-Weymann & Beise („Herzratenvariabilitäts-Biofeedback in der betrieblichen Gesundheitsförderung - Eine Pilotstudie“, 2009) im Rahmen des BGM zeigte durch Entspannungsmaßnahmen eine deutliche Verbesserung der HRV und sympathovagalen Balance sowie ein verändertes Bewusstsein im Umgang mit Stress bei den Probanden auf. Dadurch entstanden u. a. weniger Fehltag durch Krankheit (Absentismus).

Bei gesicherten Ergebnissen zum Zusammenhang zwischen kardiovaskulären Erkrankungen und arbeitsbedingten Risikofaktoren wie Psychosoziale Belastung/ Stress und Schichtarbeit werden Betriebe für Gesundheitsförderung durch Entspannungsinterventionen eher aufgeschlossen sein (Backe et al. 2014). Die Prävalenz der Risikofaktoren ist ausreichend belegt, jedoch ist die Kausalität zwischen Risikofaktor und Erkrankung nicht genügend nachgewiesen. Gesichert ist, dass Beschäftigte in gering qualifizierten Dienstleistungsberufen mit niedrigem Sozialstatus eine höhere Inzidenz für Arteriosklerose assoziierte Herz-Kreislauf-erkrankungen aufweisen (Backe et al. 2012). Nach Messung des Arbeitsstress mit dem Anforderungs-Kontroll-Modell und dem Modell der beruflichen Gratifikationskrise beträgt der Anteil kardiovaskulärer Erkrankungen durch psychosozialen Stress bei der Bevölkerung in den europäischen Ländern zwischen 3 % und 25 % (Backe et al. 2013)

8. Zusammenfassung

Die Herzratenvariabilität zeigt die sympathovagale Balance des neuronalen VNS und die Synergie von u. a. dem Thalamus im Zwischenhirn und der Medulla oblongata im Hirnstamm ist. Diese Balance wird auch durch bio- und psychosoziale Umweltfaktoren beeinflusst. Der Stress, der über den Sympathicus und Parasympathicus auf die HRV Einfluss hat, wird also durch den Organismus und die Außenwelt geprägt. Physiologisch wird die HRV durch das Atem- und Kreislaufzentrum in der Medulla oblongata und von den Depolarisationen des Sinusknotens sowie den Barorezeptoren beeinflusst. Während der Inspiration ist die Herzfrequenz höher und während der Expiration niedriger. Die Barorezeptoren werden bei Blutdruckanstieg stimuliert und senken daraufhin die

Herzfrequenz, bei Blutdruckabfall kommt es durch Deaktivierung der Barorezeptoren wieder zu einer Erhöhung der Herzfrequenz.

Die Herzratenvariabilität wird im EKG durch zeit- und frequenzbezogene Werte ermittelt. Von den zeitbezogenen Werten weisen RMSSD und pNN50 auf den vagalen Tonus bzw. die Aktivität des Parasympathicus einer Person hin. Bei den frequenzbezogenen Werten deutet die HF den vagalen Tonus an. Der Sympathicus zeigt sich in den frequenzbezogenen Werten LF, VLF und LF/HF Ratio.

Die Progressive Muskelrelaxation kann offensichtlich die Aktivität des Parasympathicus und die HRV erhöhen. Die Einwirkung der definierten Atmung auf die HRV, die geeignete Anzahl ihrer Atemzüge und die Körperposition sind nach der Forschungslage noch nicht geklärt, ebenso wie der Zusammenhang der Geschlechter mit den Parametern der HRV, vor allem mit dem Sympathicus und Parasympathicus.

9. Ziele, Fragestellungen und Hypothesen der Arbeit

9.1 Fragestellungen

In der Forschungsliteratur werden die Wirkungen der definierten Atmung und der Progressiven Muskelrelaxation nach Jacobson auf die Herzratenvariabilität verschieden bewertet. Von Seckendorff (2009) und Leuenberger (2010) beurteilen die Wirkung der PMR auf die psychische Situation positiv, jedoch bezüglich der Kreislaufparameter unterschiedlich. Von Seckendorff stellte keine statistisch signifikanten Werte für eine erhöhte HRV, insbesondere für die Parameter HF und RMSSD, fest. Leuenberger konnte dagegen für eine erhöhte HRV anhand von HF, SDNN und RMSSD signifikante Werte aufzeigen. Hinsichtlich der Wirkung der TA auf die HRV ergeben sich allerdings keine signifikanten Werte. Wo die PMR HF-Werte anzeigt, sind es bei der TA LF-Werte.

Ein besonderer Diskussionspunkt sind die Wirkungen der TA und PMR auf die HRV der Geschlechter. Leuenberger und von Seckendorff führen ihre Untersuchungen nur mit weiblichen bzw. männlichen Probanden durch, weil sie bezüglich der HRV geschlechtsspezifische Unterschiede annehmen. Die Arbeit

von Bergt (2013) bestätigt die geschlechtsspezifische Ausrichtung der HRV nicht. Damit ergeben sich die folgenden Fragestellungen.

Fragestellung 1:

- Welchen Effekt erzielen die PMR und die TA auf die HRV?

Nebenfragestellung:

- Wie wirken sich die Atemzüge (10 und 14 pro Minute) auf die HRV aus?

- Wie wirkt sich die Körperposition (liegend und sitzend) auf die HRV aus?

Fragestellung 2:

- Gibt es bezüglich der Effekte der PMR und der TA in ihrer Wirkung auf HRV der Geschlechter signifikante Unterschiede?

9.2 Hypothesen

Aus den Fragestellungen ergeben sich die folgenden Hypothesen.

Hypothesen zur ersten Fragestellung:

- Nullhypothese $H_{0.1}$: Es zeigen sich keine signifikanten Unterschiede bezüglich des Entspannungseffekts zwischen der PMR und TA nach den Daten der HRV.

- Nullhypothese $H_{0.1.1}$: Die Atemzüge von 10 und 14 pro Minute wirken sich nicht signifikant unterschiedlich auf die HRV aus.

- Nullhypothese $H_{0.1.2}$: Die liegende und sitzende Körperposition wirken sich nicht signifikant verschieden auf die HRV aus.

Hypothesen zur zweiten Fragestellung:

Nullhypothese $H_{0.2}$: Bei der Wirkung der PMR und TA auf die HRV gib es keine signifikanten Geschlechtsunterschiede.

Die gegensätzlichen Alternativhypothesen definieren statistisch signifikante unterschiedliche Ergebnisse.

10. Methode

10.1 Studiendesign

Es wird eine experimentelle Querschnittsstudie mit 20 gesunden Personen durchgeführt, deren Schwerpunkte ein Befindlichkeitstest, die Taktatmung und Progressive Muskelentspannung sind. Ihre Effekte werden in 11 Sequenzen gemessen. Die PMR als Experimentalintervention wird durch die TA als Vergleichsintervention kontrolliert.

Die 10 Männer und 10 Frauen im Alter von 20 bis 40 Jahren tragen während des Versuches eine EKG-Ableitung nach Einthoven und einen Brustgurt, über den die Herzratenvariabilität und die Atmung während der Messungen kontinuierlich aufgezeichnet werden. Es werden zwei Atemfrequenzen und Körperpositionen angewandt. Geatmet wird nach einem vorgegebenen Takt 10 und 14 Mal pro Minute, jeweils 3 Minuten lang im Liegen, danach 10 Atemzüge 1,5 Minuten lang, zuerst im Liegen und dann im Sitzen. Um diese getaktete Atmung zu erreichen, wird den Probanden ein Atemrhythmus über Lautsprecher durch das Programm deep Breathing vorgegeben. 8 bis 15 Atemzüge sind nach der Forschungsliteratur optimal, um die HRV zu erfassen.

Die PMR erfolgt im Liegen über eine CD und geschlossenen Kopfhörer. Während der 30 minütigen Intervention werden von einem männlichen Sprecher Instruktionen gegeben, welche Muskeln wann angespannt und entspannt werden sollen.

Zusätzlich wird ein Fragebogen zur aktuellen Befindlichkeit vor und nach den Interventionen erhoben, bestehend aus 8 Merkmalspaaren, die auf einer Skala von 1 bis 10 bewertet werden. Die Wertung 1 entspricht der Aussage „trifft gar nicht zu“ und 10 der Aussage „trifft voll zu“. Die Befindlichkeit sollte spontan bewertet werden, um eine mögliche Verzerrung durch zu langes Nachdenken auszuschließen. Neben der Befindlichkeit werden u. a. soziodemographische Daten erfasst. Der Versuchsablauf ist standardisiert. Jeder Versuch wird im Humanbiologie-Labor der HAW Hamburg durchgeführt.

Tab. 3: Standardisierter Ablauf des Versuchs

Ablauf, Sequenzen	Dauer
Begrüßung, Aufklärung über die Studie	15 Minuten
Unterschrift Einverständniserklärung	5 Minuten
Ausfüllen des Fragebogens	10 Minuten
10 Atemzüge pro Minute im Liegen	3 Minuten
14 Atemzüge pro Minute im Liegen	3 Minuten
10 Atemzüge im Liegen	1,5 Minuten
10 Atemzüge im Sitzen	1,5 Minuten
PMR, Messung der HRV	Minute 1 bis 3
PMR, Messung der HRV	Minute 15 bis 18
PMR, Messung der HRV	Minute 27 bis 30
10 Atemzüge pro Minute im Liegen	3 Minuten

14 Atemzüge pro Minute im Liegen	3 Minuten
10 Atemzüge im Liegen	1,5 Minuten
10 Atemzüge im Sitzen	1,5 Minuten
Ausfüllen des Fragebogens	10 Minuten

10.2 Probanden und technische Medien

Die Studie wird mit 20 gesunden Probanden im Alter von 20 bis 40 Jahren, mit 10 Männern und 10 Frauen, durchgeführt. 11 Teilnehmer sind von der HAW Hamburg und 9 aus Berufen, die nach Ein- und Ausschlusskriterien randomisiert ausgewählt werden. Ein weiblicher Arbeitnehmer ist im Beruf im Schicht- und ein männlicher im Schicht- und Nachtdienst tätig, eine weibliche Studentin nebenberuflich im Schicht- und eine im Nachtdienst. Die Arbeitnehmerin im Schichtdienst, mit Schlafstörungen, hat nach dem Bf-S-Test einen negativen Entspannungseffekt und die Studentin mit Nachtdienst einen mäßigen. Die Teilnehmer der HAW sind durch Klausuren kurz vor Ende des Semesters ebenso von Arbeitsstress betroffen wie die aus den Berufen.

Tab. 4: Ein- und Ausschlusskriterien für die Probanden

Einschlusskriterien	Ausschlusskriterien
Männlich	Herzerkrankungen
Weiblich	Diabetes mellitus
Gesund	Alkoholabusus
20 bis 40 Jahre	Psychische Probleme

Zu den technischen Medien gehören das Signalrecordergerät Bio Pac MP 36, der dazu gehörende Brustgurt sowie der CD Player Technics SL-XP 190 und Kopfhörer Sennheiser HD 535. Der Kopfhörer mit ohrumschließenden Polstern ist elektrostatisch mit ganzflächiger Membran, der die Tonfrequenzen fast ohne Impulsverzerrungen und mit räumlicher Tiefenwirkung wiedergibt. Die gemessenen RR-Intervalle aus der zweiten EKG-Ableitung nach Eindhoven (Herzachse) werden mit der Software Kubios ausgewertet und mit den Parametern des Zeitbereichs und denen des Frequenzbereichs der Messmethoden FFT, AR Model und Poincare Plot bearbeitet. Für die PMR werden für die Frequenzbänder HF, LF und VLF die Werte der Task Force (Malik et al. 1996) verwendet. Bei der TA werden die Frequenzbänder HF und LF entsprechend den Atemfrequenzen angepasst, VLF entspricht dem Wert der Task Force. Die Atemfrequenzen wurden mit dem Programm Deep Breathing getaktet. Die statistische Auswertung erfolgt mit Excel und SPSS.



Abb. 2a: Portables Bio Pac MP 36 Gerät



Abb. 2b: Brustgurt der Firma Bio Pac

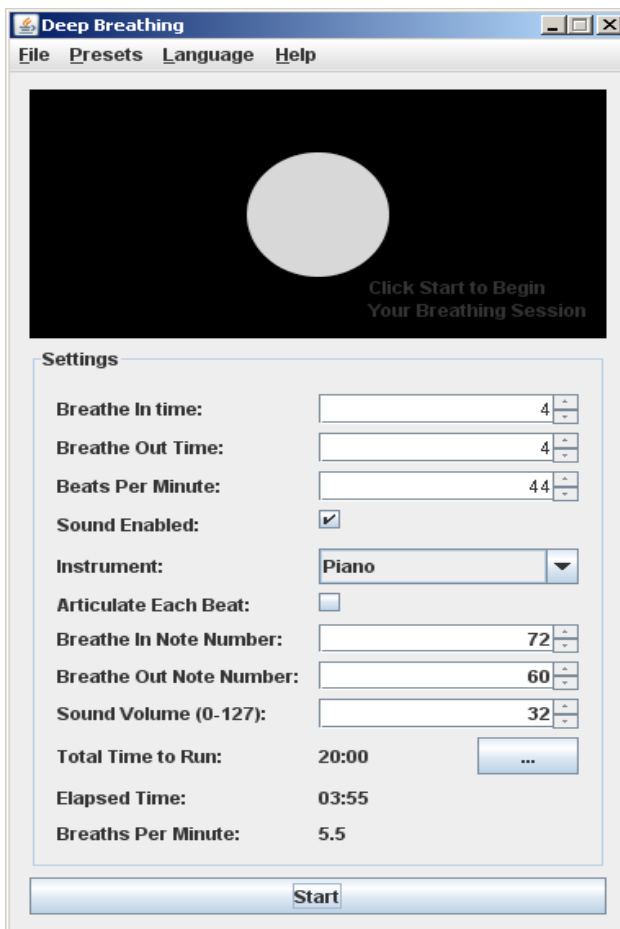


Abb. 2c.: Atemfrequenz Taktungsprogramm Deep Breathing



Abb. 2d: CD Player Technics SL-XP 190 und Kopfhörer Sennheiser HD 535

10.3 Versuchsaufbau und Ablauf der Messungen

Die PMR wird nach der Langversion der Audio-CD Progressive Muskelentspannung der Techniker-Krankenkasse durchgeführt. Der männliche Sprecher leitet die Probanden durch die Anspannung und Entspannung der 16 Muskelgruppen. Die Intervention erfolgt im Labor der HAW Hamburg in liegender Entspannungshaltung

(Rückenlage) auf einer Liege. Um störende Geräusche zu verhindern, schalten die Probanden ihre Mobiltelefone aus. Die Probanden nehmen auf der Liege eine entspannte Körperposition ein, einengende Kleidung wird bei Bedarf gelockert. Nach den Anleitungen des Sprechers liegen sie locker und entspannt auf der Liege, die Knie und Füße etwas nach außen gekippt und die Ellbogen etwas angewinkelt. Der Sprecher sagt mit ruhiger, klarer Stimme, sie möchten die Muskeln fest anspannen, aber ohne Schmerzen, um die Spannung und die anschließende Entspannung zu spüren. Die Wahrnehmung des Kontrasts von Anspannung und Entspannung ist sehr wichtig. Dies zeigt sich auch in der Dauer der einzelnen Übungsschritte. Während das Halten der Spannung 5 bis 10 Sekunden dauert, nimmt das Wahrnehmen der Veränderungen in den Muskeln 30 bis 40 Sekunden in Anspruch. Nach den 5 Phasen der Muskelübung von Löhmer & Standhardt (2006) nimmt die Körperwahrnehmung einen wesentlich größeren Zeitraum als die Anspannung und Entspannung ein.

Tab. 5: Anleitung zur PMR, Langform

Sequenz	Zeitpunkt, Minuten	Anspannung Muskelgruppe
	00:00	Einführung, Proband liegt auf der Liege
1	03:30	Rechte Hand und rechter Unterarm
2	04:36	Rechter Oberarm
3	05:42	Linke Hand und linker Unterarm
4	07:10	Linker Oberarm
5	08:20	Stirn und Augen
6	10:34	Nase und Wangenbereich
7	11:22	Lippen und Kiefer
8	13:26	Hals und Nacken
9	17:00	Schulter
10	18:20	Rückenmuskulatur
11	19:10	Bauchmuskulatur
12	20:15	Gesäßmuskulatur
13	21:00	Rechter Oberschenkel
14	22:08	Rechte Wade und rechter Fuß
15	23:37	Linker Oberschenkel
16	24:30	Linke Wade und linker Fuß
	26:10	Tiefenentspannung und Zurücknahme

Die TA wird durch einen vorgegebenen Rhythmus durchgeführt, der 10 und 14 Atemzüge umfasst. Die Zeitdauer beträgt 3 und 1,5 Minuten, und die Körperposition ist liegend und sitzend. Die TA wird als definierte Atmung aufgefasst. Aus praktischen Gründen wird in dieser Arbeit der Begriff TA benutzt.

Tab. 6: Anleitung zur TA

Sequenz	Atemzüge/Min.	Zeitdauer	Körperposition
1 prä und post	10	3	liegend
2 prä und post	14	3	liegend
3 prä und post	10	1,5	liegend
4 prä und post	10	1,5	sitzend

10.4 EKG-Messungen und statistische Analysen

10.4.1 Skala der subjektiven Befindlichkeit

Detlef von Zerssen entwickelte 1976 einen Fragebogen zur subjektiven Befindlichkeit. Der Fragebogen, bestehend aus 28 Merkmalspaaren mit gegensätzlichen Merkmalen, dient zur Erfassung der momentanen emotionalen Befindlichkeit und deckt umfassend alle normalen und pathologischen Gefühlszustände ab. Im Versuch wird auf 8 Merkmalspaare zurückgegriffen, die auf einer Skala von 1 bis 10 bewertet werden; sie werden durch soziodemographische Daten ergänzt. Die Wertung 1 entspricht der Aussage „trifft gar nicht zu“ und 10 der Aussage „trifft voll zu“. Die Befindlichkeit sollte spontan bewertet werden, um eine mögliche Verzerrung durch zu langes Nachdenken auszuschließen. Die Gegensätzlichkeit der Merkmalspaare unterstützt die spontane Entscheidung.

Die statistische Auswertung des Befindlichkeitstests erfolgt mit EXCEL und SPSS. Im EXCEL Programm werden für jedes Merkmalspaar die Häufigkeitsverteilung der absoluten Werte, Mittelwert, Standardabweichung und Variationskoeffizient berechnet. Die Zahlenwerte des jeweils zweiten Merkmals der Merkmalspaare werden gegenläufig von 10 bis 1 angeordnet. In einem gestapelten Säulendiagramm werden der Mittelwert und die Standardabweichung jedes Merkmalpaars dargestellt. Zur Beurteilung der statistischen Signifikanz der Stichprobendaten ($p < 0,05$) werden in EXCEL ein T-Test und eine T-Statistik manuell für Mann und Frau getrennt als Hypothesentests durchgeführt. In SPSS werden jeweils ein T-Test und ein Wilcoxon-Test getrennt für Mann, Frau und Mann & Frau zusammen ausgeführt.

10.4.2 Progressive Muskelrelaxation und definierte Atmung

Die mit dem Signalrecordergerät Bio Pac MP 36 gemessenen RR-Intervalle werden durch das Software Tool Kubios mit den Parametern des Zeit- und Frequenzbereichs RMSSD, NN50 und pNN50 sowie HF, LF, LF/HF Ratio und VLF

analysiert. Die Variabilität der RR-Intervalle, die HRV, wird durch das Tool mit den linearen Messmethoden FFT und AR Model sowie mit dem nicht-linearen des Poincare Plot erfasst. Bei der TA werden die Frequenzbänder HF und LF zur besseren Darstellung der RSA den Atemfrequenzen angepasst, während bei der PMR die Normwerte der Task Force (1996) verwendet werden.

Die Ergebnisse der PMR werden mit dem Friedman- und Anova-Test als Hypothesen- bzw. Signifikanztest untersucht. Da die Messungen mehr als zwei Zeitpunkte umfassen, ist der Wilcoxon-Test nicht geeignet. Die Messungen erfolgen nacheinander zu drei Zeitpunkten, so dass ein abhängiger Test vorliegt. Der Friedman-Test ist ein abhängiger, verteilungsfreier Hypothesentest für mehr als zwei Messzeitpunkte. Er wird in jedem der drei Zeitpunkte für die einzelnen Parameter des Zeit- und Frequenzbereichs und des Poincare-Plot angewandt. Die Ergebnisse der TA prä und TA post werden getrennt mit dem unabhängigen, parametrischen Anova-Test auf Signifikanz untersucht. Mit einer zweifaktoriellen Varianzanalyse werden die Werte der beiden Atemfrequenzen 14 und 10 und die Körperpositionen liegend und sitzend bei beiden Geschlechtern verglichen. Auch hier wird der Hypothesentest für alle Parameter des Frequenzbereichs der linearen und nicht-linearen Messmethoden und des Zeitbereichs angewandt.

11. Ergebnisse

11.1 Vergleich der Skalenwerte des Befindlichkeitstests vor und nach den Entspannungsinterventionen

11.1.1 Befindlichkeitsskala und Entspannungsinterventionen

Die Entspannungsinterventionen PMR und TA haben nach den Hypothesentests der Tab. 7 (mit Tab. 7.1, Anhang) die aktuelle Befindlichkeit der Probanden verbessert.

Der für die Geschlechter gemeinsame T-Test SPSS zeigt für sechs Merkmalspaare statistisch signifikante Werte ($p < 0,05$) an, drei davon sind hochsignifikant. Der gemeinsame Wilcoxon-Test SPSS bestätigt ebenfalls die positive Wirkung der Interventionen.

Auch die getrennten Geschlechtertests zeigen eine positive Wirkung der

Interventionen an. Beim T-Test und Wilcoxon-Test SPSS Mann sind drei Merkmalspaare signifikant, ein weiteres liegt knapp über dem Signifikanzniveau (0,064 bzw. 0,065). Auch beim T-Test SPSS Frau sind drei Merkmalspaare signifikant und zwei etwas darüber (0,058, 0,083). Beim Wilcoxon-Test SPSS Frau sind vier Merkmalspaare signifikant und zwei knapp darüber (0,074 und 0,075). Die Werte knapp über dem Signifikanzniveau zählen zu den statistisch signifikanten Trends ($p < 0,1$). Beim T-Statistik EXCEL manuell Mann und Frau ergeben sich bei den Frauen und Männern für drei Merkmalspaare signifikante Werte, die gleichen Ergebnisse enthält der T-Test EXCEL Mann und Frau.

Tab. 7: Signifikanzwerte der Hypothesentests. Merkmalspaare (Signifikanzniveau $p < 0,05$).

Abhängige Tests SPSS	Frisch/matt	Froh/schwer-mütig	Fried-lich/gereizt	Ent-spannt/ange-spannt	Glück-lich/unglück-lich	Ausge-glichen/hektisch	Ruhig/unru-hig	Müde/ausge-ruht
T-Test Mann	0,630	0,410	0,064	0,003	0,555	0,033	0,023	0,392
Wilcoxon-Test Mann	0,797	0,474	0,065	0,011	0,480	0,036	0,028	0,385
T-Test Frau	0,452	0,373	0,104	0,058	0,047	0,020	0,083	0,024
Wilcoxon-Test Frau	0,414	0,438	0,020	0,074	0,027	0,025	0,075	0,050
T-Test Mann & Frau	0,363	0,229	0,011	0,000	0,043	0,001	0,003	0,043
Wilcoxon-Test Mann & Frau	0,410	0,273	0,006	0,002	0,037	0,002	0,004	0,046

Auch die Abb. 3 (mit Abb. 3.1, Anhang) zu den Mittelwerten und Standardabweichungen der Merkmalspaare zeigt ähnliche Tendenzen wie die Hypothesentests. Bei den Paaren „frisch/matt“ und „froh/schwer-mütig“ ist das Verhältnis von MW und STABW im Prä/Post-Vergleich bei beiden Geschlechtern kaum verändert. Demgegenüber ist bei den Paaren „friedlich/gereizt“, „entspannt/angespannt“, „glücklich/unglücklich“, „ausgeglichen/hektisch“ und „ruhig/unruhig“ das Verhältnis verändert, unterschiedlich je nach Geschlecht. Die Entspannungsinterventionen haben also verändernd auf die Befindlichkeit der Probanden eingewirkt. In welcher Weise dies in Bezug auf die Geschlechter erfolgt ist, d. h. die Hypothese $H_{0.2}$, dass die Entspannungswirkung auf beide Geschlechter nicht unterschiedlich ist, wird im Folgenden untersucht.

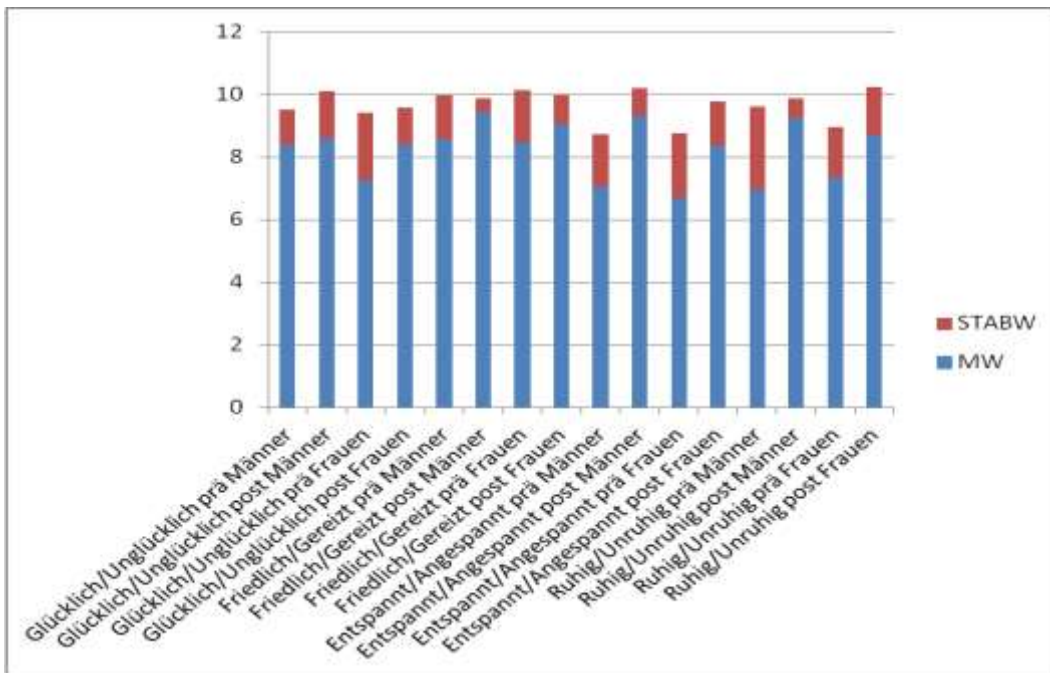


Abb. 3: Befindlichkeitstest: MW und STABW prä /post zu den Merkmalspaaren

11.1.2 Befindlichkeitsskala und Geschlechter

Die Wirkungsweise der Entspannungsinterventionen auf die Befindlichkeit der Geschlechter ist einerseits ähnlich und andererseits unterschiedlich.

Ähnliche Ergebnisse bestehen darin, dass die Merkmalspaare „frisch/matt“ prä/post und „froh/schermütig“ prä/post bei sämtlichen Tests keine Signifikanz aufweisen.

Unterschiedliche Ergebnisse ergeben sich dadurch, dass bei den Frauen die Veränderung der Befindlichkeit bei den Merkmalspaaren „glücklich/unglücklich“ prä/post und „müde/ausgeruht“ prä/post stark signifikant und bei den Männern nicht signifikant ist. Das Merkmalspaar „glücklich/unglücklich“ prä/post ist nach dem T-Test und Wilcoxon-Test SPSS Frau bei den weiblichen Probanden signifikant (0,047, 0,027) und nach dem T-Test und Wilcoxon-Test SPSS Mann bei den männlichen Probanden nicht signifikant (0,555, 0,480). Der T-Statistik EXCEL manuell Mann und Frau und T-Test EXCEL zeigen für die Frauen 0,047 und für die Männer 0,555 an; sie bestätigen den Unterschied für die Signifikanz. Dieses trifft auch für das Merkmalspaar „müde/ausgeruht“ prä/post zu. Beim T-Test und Wilcoxon-Test SPSS Frau sind die Werte für die Frauen signifikant (0,024, 0,050) und beim T-Test und Wilcoxon-Test SPSS Mann für die Männer

nicht signifikant (0,392, 0,385). Der T-Statistik EXCEL manuell Mann und Frau und T-Test EXCEL Mann und Frau zeigen für die Frauen 0,024 und für die Männer 0,302 an, bestätigen also den Unterschied in Bezug auf die Signifikanz.

Auch die Häufigkeitsverteilung der absoluten Werte des Merkmalspaars „glücklich/unglücklich“ vor und nach der Intervention weist auf Unterschiede in der Befindlichkeit beider Geschlechter hin. Während die Frauen nach Tab. 8 das Merkmal „glücklich“ prä mit 66 und post mit 77 Punkten bewerten, geben die Männer 81 und 82 Punkte nach Tab. 9 an. Bei dem Merkmal „unglücklich“ sind es bei den Frauen prä 79 und post 90 Punkte, bei den Männern 87 und 90. Die Veränderung der Befindlichkeit prä:post, ihre Verbesserung, beträgt bei den Frauen jeweils 11 Punkte, dagegen bei den Männern nur 1 bzw. 3 Punkte. Die Werte der absoluten Häufigkeit zeigen zwar keine signifikanten, aber wichtige Unterschiede an. Auch der Variationskoeffizient für das Merkmal „glücklich“ prä:post ist mit den Werten 0,35:0,16 bedeutend. Die Befindlichkeit der Frauen ist nach der Intervention verbessert und sie bilden bezüglich des Merkmals „glücklich“ eine homogenere Gruppe. Ebenso bestätigen die Werte der Standardabweichung (Tab. 8.1, Anhang) Unterschiede zwischen den Geschlechtern. Bei den Frauen ist die Streubreite der Skalenwerte für die Merkmale „glücklich“ (STABW prä 2,319, post 1,252) und „unglücklich“ (STABW prä 2,024, post 1,154) nach den Interventionen wesentlich verringert, während sie bei den Männern erhöht ist.

Ebenso bestehen bei dem Merkmalspaar „müde/ausgeruht“ prä/post auffallende Unterschiede zwischen den Geschlechtern. Der T-Test und Wilcoxon-Test SPSS Frau zeigen für die Frauen signifikante Werte (0,024, 0,050) und der T-Test und Wilcoxon-Test SPSS Mann für die Männer nicht signifikante Werte (0,392, 0,385) an. Der T-Statistik EXCEL manuell Mann und Frau und der T-Test EXCEL Mann und Frau bestätigen mit den Werten 0,024 für die Frauen und 0,392 für die Männer den Unterschied bezüglich der Signifikanz. Die Veränderung der Häufigkeit der absoluten Werte beträgt bei dem Merkmal „ausgeruht“ prä/post bei den Frauen 26 Punkte, die höchste Veränderungsquote vor den Merkmalen „hektisch“ prä/post (24) und „ausgeglichen“ prä/post (17). Bei den Männern ist die Veränderung des absoluten Werts des Merkmals „ausgeruht“ prä/post 15 Punkte. Diese Veränderung ist wesentlich geringer als bei den Merkmalen „angespannt“

prä/post (24 Punkte) und „unruhig“ prä/post (22 Punkte).

Tab. 8: Befindlichkeitstest: Absolute Werte und Variationskoeffizienten. Frauen.

VP ID: Frau	Glück- lich	Ungl ück- lich	Mü- de	Ausge- ruht	Ent- spant	Ange- spant	Ru- hig	Unru- -hig	Fried- -lich	Ge- reizt
Absol- uter Wert	Prä 66 Post 77	Prä 79 Post 90	Prä 63 Post 54	Prä 71 Post 45	Prä 59 Post 78	Prä 75 Post 89	Prä 63 Post 82	Prä 84 Post 92	Prä 80 Post 86	Prä 89 Post 95
Diffe- renz	11	11	9	26	19	14	19	8	6	6
VK Prä	0,351	0,256	0,326	0,252	0,281	0,367	0,280	0,239	0,282	0,153
VK Post	0,162	0,128	0,362	0,494	0,262	0,123	0,268	0,122	0,175	0,074

Wiederum gibt es auch Merkmalspaare, bei denen die Veränderung der Befindlichkeit bei den Männern wesentlich stärker signifikant ist als bei den Frauen. Für das Merkmalspaar „entspannt/angespannt“ prä/post zeigen der T-Test und Wilcoxon-Test SPSS Mann für die Männer hochsignifikante Werte (0,003 bzw. 0,011) und der T-Test und Wilcoxon-Test SPSS Frau für die Frauen nicht signifikante (0,058, 0,074) an. Der T-Statistik SPSS manuell Mann und Frau und der T-Test EXCEL Mann und Frau bestätigen mit den Werten 0,002 für die Männer und 0,058 für die Frauen den Unterschied bezüglich der Signifikanz. Bei den Frauen beträgt die Veränderung der absoluten Werte beim Merkmal „angespannt“ prä/post 14 Punkte, bei den Männern 24 Punkte, eine Veränderungsquote, die bei den Männern gegenüber den Merkmalen „unruhig“ prä/post (22) und „friedlich“ prä/post (17) am höchsten ist.

Für das Merkmalspaar „ruhig/unruhig“ prä/post zeigen der T-Test und Wilcoxon-Test Mann für die Männer Signifikanz (0,023, 0,028) und der T-Test und Wilcoxon-Test Frau für die Frauen keine (0,083, 0,075) an. Der T-Statistik EXCEL manuell Mann und Frau und der T-Test EXCEL Mann und Frau bestätigen mit 0,022 für die Männer und 0,082 für die Frauen den Unterschied bezüglich der Signifikanz. Auch die Häufigkeitsverteilung der absoluten Werte deutet auf eine unterschiedliche Befindlichkeit der Geschlechter hin. Während bei den Frauen beim Merkmal „unruhig“ prä/post die Veränderung 8 Punkte ausmacht, sind es bei den Männern 22 Punkte. Der Variationskoeffizient VK ist von 0,79 auf 0,36 gesunken, so dass die Gruppe der Männer bezüglich dieses Merkmals nach der Entspannungsübung

homogener ist. Die Werte der STABW (Abb. 9, Anhang) für das Merkmal „ruhig“ (prä 2,635, post 0,943) und „unruhig“ (prä 2,875, post 0,516) sind bei den Männern nach den Interventionen stark verringert, während sie bei den Frauen erhöht („ruhig“) bzw. wenig reduziert („unruhig“) sind.

Auch das Merkmalspaar „friedlich/gereizt“ prä:post ist zwischen den Geschlechtern statistisch signifikant unterschiedlich, wie durch den absoluten Wert und den Variationskoeffizienten bestätigt wird. Die Werte des T-Statistik EXCEL manuell Mann und Frau und T-Test EXCEL Mann und Frau betragen für die Männer 0,064 und für die Frauen 0,103, ähnliche Werte zeigen der T-Test und Wilcoxon-Test SPSS Mann und der T-Test SPSS Frau an; nur der Wilcoxon-Test SPSS Frau weicht mit 0,020 von diesen Werten ab. Während die Veränderung des Merkmals „friedlich“ prä/post bei den Frauen 6 Punkte beträgt, sind es bei den Männern 17 Punkte. Die Gruppe der Männer ist nach der Entspannungsübung hinsichtlich des Merkmals „friedlich“ prä:post nach dem VK wesentlich homogener (0,34:0,07). Die Werte der Standardabweichungen (Tab. 9.1, Anhang) bestätigen diese Ergebnisse. Diese sind bei beiden Geschlechtern nach den Interventionen niedriger, doch bei den Männern wesentlich mehr, insbesondere bei dem Merkmal „friedlich“ (STABW prä 2,633, post 0,675).

Tab. 9: Befindlichkeitstest: Absolute Werte und Variationskoeffizienten. Männer

VP ID: Mann	Glück- lich	Un- glück- lich	Mü- de	Ausge- ruht	Ents- pannt	Ange- spannt	Ru- hig	Unru- -hig	Fried- -lich	Ge- reizt
Abso- luter Wert	Prä 81 Post 82	Prä 87 Post 90	Prä 59 Post 54	Prä 47 Post 32	Prä 69 Post 90	Prä 72 Post 96	Prä 64 Post 86	Prä 74 Post 96	Prä 76 Post 93	Prä 95 Post 96
Diffe- renz	1	3	5	15	21	24	22	22	17	1
VK Prä	0,135	0,143	0,488	0,460	0,277	0,215	0,411	0,388	0,346	0,133
VK Post	0,188	0,165	0,525	0,733	0,188	0,053	0,109	0,053	0,072	0,072

Die Merkmalspaare „glücklich/unglücklich“ und „müde/ausgeruht“ sind für die Befindlichkeit der Frauen sehr bedeutsam. Bei den Männern sind die Merkmalspaare „entspannt/angespannt“, „ruhig/unruhig“ und „friedlich/gereizt“ für die Befindlichkeit von Bedeutung. Die Entspannungsinterventionen haben bei der Mehrzahl der Merkmalspaare unterschiedlich auf die Geschlechter gewirkt. Die

Nullhypothese $H_{0,2}$, die für die Entspannungswirkung keine signifikanten Geschlechtsunterschiede annimmt, wird nach den Ergebnissen des Befindlichkeitstests verworfen.

11.2 Herzratenvariabilität und Progressive Muskelrelaxation

11.2.1 Mittelwerte und Standardabweichungen des Frequenz- und Zeitbereichs als Indikatoren der Herzratenvariabilität

Die Wirkung der PMR auf die HRV lässt sich durch die aus den NN-Intervallen ermittelten Mittelwerte, Standardabweichungen und Varianzkoeffizienten belegen. Anhand der Säulendiagramme der Frequenzparameter FFT HF, LF und VLF sowie SD1 und des Zeitparameters RMSSD (Abb. 4 a-e) ist erkennbar, dass die STABW eine große Streubreite zum MW hat. Je ausgeprägter die Standardabweichung ist, umso höher ist die Herzratenvariabilität. Die PMR hat also die HRV der Probanden stark verändert. Außer mit den quadrierten Werten der FFT wurden die Säulendiagramme mit den wurzelbezogenen FFT-Werten erstellt (Abb. 4.1 a-e, Anhang). Die Ergebnisse sind bis auf LF und VLF ähnlich.

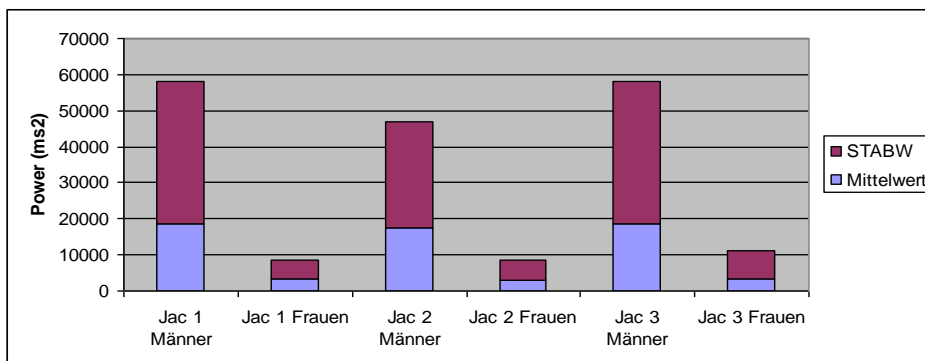


Abb. 4 a: Säulendiagramm. MW/STABW, FFT HF, PMR Messung 1-3, Mann/Frau

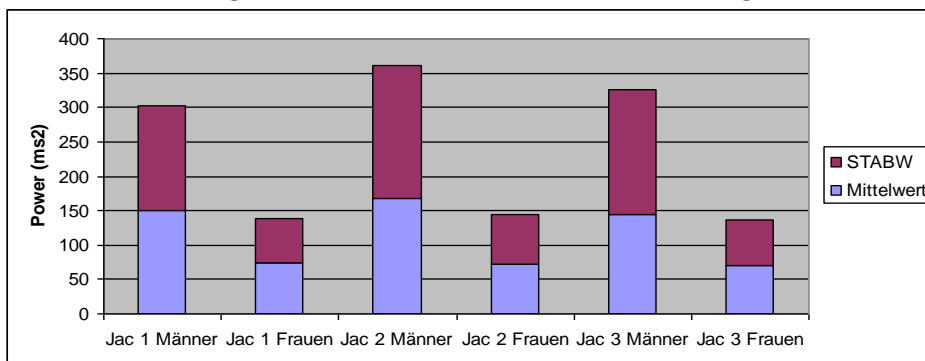


Abb. 4 b: Säulendiagramm: MW/STABW, RMSSD, PMR Messung 1-3, Mann/Frau

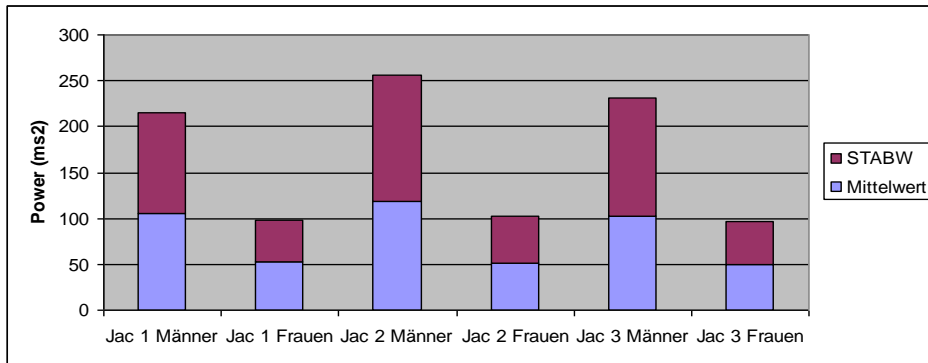


Abb. 4 c: Säulendiagramm: MW/STABW, SD1, PMR Messung 1-3, Mann/Frau

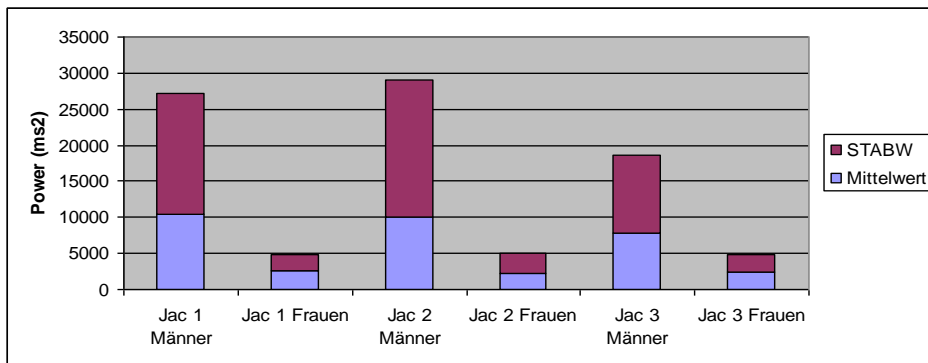


Abb. 4 d: Säulendiagramm. MW/STABW, FFT LF, PMR Messung 1-3, Mann/Frau

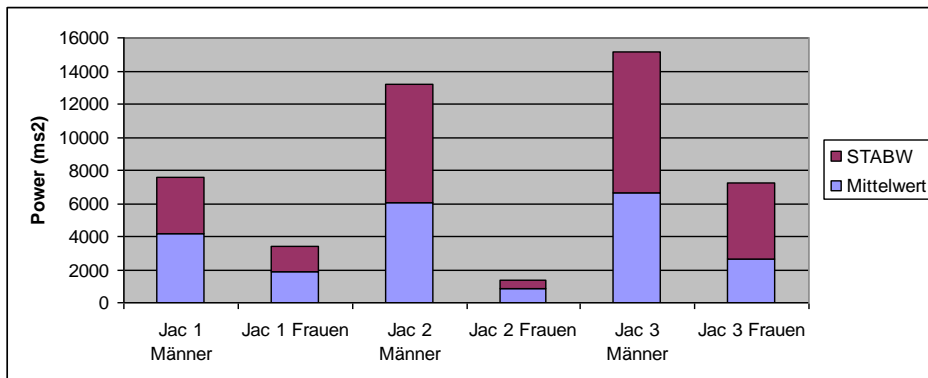


Abb. 4 e: Säulendiagramm. MW/STABW, FFT VLF, PMR Messung 1-3, Mann/Frau

Die Säulendiagramme zeigen auch an, dass die PMR unterschiedlich auf die Geschlechter gewirkt hat. Aus den Abbildungen der parasympathischen Indikatoren HF, RMSSD und SD1 ist ersichtlich, dass bei den Männern der vagale Anteil des neuralen VNS wesentlich mehr als bei den Frauen erhöht ist, da die Streubreite der STABW zum MW relativ größer ist. Dies bestätigen auch die statistischen Werte der STABW in der Tab. 10. Bei den drei Messungen der Sequenzen 5 bis 7 sind die STABW-Werte für FFT HF, RMSSD und SD1 bei den Männern höher als bei den Frauen. Der RMSSD, der die Veränderung der Herzfrequenz von einem Herzschlag zum nächsten ausdrückt, ist ein

parasympathischer Indikator, der sehr empfindlich ist, u. a. auch für Artefakte. Der SD1 als Indikator der Kurzzeit-HRV, der mit der Breite der Punktwolke die Standardabweichung anzeigt, reagiert ebenfalls sensitiv auf schnelle, hochfrequente Veränderungen der Herzfrequenz (Löllgen, D. Herzratenvariabilität und autonome Funktion). Der Aussagewert der STABW ist eventuell noch genauer, wenn der Variationskoeffizient, der Quotient aus STABW und MW, in die Interpretation mit einbezogen wird. Voraussetzung ist, dass der MW bei allen Indikatoren etwa gleich groß ist, wie es auch zutrifft. Bei den vagalen Indikatoren FFT HF, RMSSD und SD1 sind von den neun VK-Werten der Messungen der Sequenzen 5 bis 7 (Jac 1-3) sieben bei den Männern höher als bei den Frauen, davon drei deutlich (Jac 1 HF 2,12:1,58, Jac 3 RMSSD 1,26:0,94, Jac 3 SD1 1,26:0,94). Die zwei höheren VK-Werte der Frauen sind nicht so ausgeprägt (Jac 2 HF 1,88:1,66, Jac 3 HF 2,33:2,13).

Tab. 10: MW/STABW, PMR Messung 1-3, Mann/Frau

	Jac 1 Männer	Jac 1 Frauen	Jac 2 Männer	Jac 2 Frauen	Jac 3 Männer	Jac 3 Frauen
FFT	MW	MW	MW	MW	MW	MW
HF	18638,6	3347,5	17646,3	3001,1	18547,6	3334,4
	STABW	STABW	STABW	STABW	STABW	STABW
	39535,37	5314,44	29402,62	5669,33	39556,30	7789,57
VK	2,12	1,58	1,66	1,88	2,13	2,33
RMSSD	MW	MW	MW	MW	MW	MW
	149,45	74,25	167,87	71,82	143,79	70,05
	STABW	STABW	STABW	STABW	STABW	STABW
	153,26	63,369	193,48	72,06	181,35	65,96
VK	1,02	0,85	1,15	1,00	1,26	0,94
SD 1	MW	MW	MW	MW	MW	MW
	105,94	52,64	119,04	51,87	101,95	49,67
	STABW	STABW	STABW	STABW	STABW	STABW
	108,68	44,96	137,19	50,57	128,60	46,77
VK	1,02	0,85	1,15	1,00	1,26	0,94
FFT	MW	MW	MW	MW	MW	MW
LF	10349,2	2665	10078,1	2272,7	7780,3	2458,1
	STABW	STABW	STABW	STABW	STABW	STABW
	16747,66	2223,58	19034,39	2746,60	10767,10	2455,52
	1,61	0,83	1,88	1,20	1,38	0,99
FFT	MW	MW	MW	MW	MW	MW
VLF	4163,6	1891	6058,4	820,3	6665,9	2634
	STABW	STABW	STABW	STABW	STABW	STABW
	3394,16	1481,12	7094,92	538,33	8476,34	4628,60
VK	0,81	0,78	1,17	0,65	1,27	1,75

Die statistischen Werte und Säulendiagramme der sympathischen Indikatoren LF und VLF des Frequenzbereichs FFT weisen ebenfalls auf die Veränderung der

HRV durch die PMR hin. Während bei den Frauen nur eine geringe Veränderung der MW und STABW bei den Messungen erkennbar ist, ist sie bei den Männern relativ groß. Die Werte der STABW sind im Vergleich zu denen der MW erhöht, wie die VK-Werte anzeigen. Bei den sympathischen Indikatoren FFT LF und FFT VLF sind von sechs Werten der VK vier bei den Männern höher als bei den Frauen, davon drei sehr deutlich (Jac 1 LF 1,61:0,83, Jac 2 LF 1,88:1,20, Jac 2 VLF 1,17:0,65). Diese erhöhten LF-Werte stehen scheinbar im Widerspruch zu den erhöhten HF-Werten bei den Männern. Das LF-Band umfasst parasymphatische und sympathische Aktivität, doch ist es zu einem großen Teil sympathisch geprägt. Bei niedriger Atemfrequenz, wie sie bei der langsamen Atmung der PMR vorliegt, wird die vagale Aktivität vor allem durch die Barorezeptoren in der Aorta und Carotis-Arterie verstärkt. Sie gleichen die Blutdruckschwankungen aus und regeln die Herzfrequenz. Eine ausgeprägte respiratorische Sinusarrhythmie bei langsamer Atmung kann zu einem hohen LF/HF Quotienten führen, der nicht eine sympathische, sondern eine parasymphatische Aktivität anzeigt (Anleitung zur Durchführung von HRV-Messungen und HRV-Biofeedback 2009). Bei den Männern verdoppelt sich etwa der Wert der STABW von der ersten zur dritten Messung, während er bei den Frauen etwa um das Dreifache sinkt (Tab.11).

Tab. 11: MW/STABW FFT LF/HF Ratio, PMR Messung 1-3, Mann/Frau

	Jac 1 Männer	Jac 1 Frauen	Jac 2 Männer	Jac 2 Frauen	Jac 3 Männer	Jac 3 Frauen
FFT	MW	MW	MW	MW	MW	MW
LF/	3.239	2520.57	3.336	1971.14	4.551	2548.75
HF	STABW	STABW	STABW	STABW	STABW	STABW
Ratio	1645.87	2868.82	2296.00	1034.80	3327.23	875.91

11.2.2 Signifikanzwerte des Friedman- und Anova-Tests als Indikatoren der Herzratenvariabilität

Der Friedman-Test (Tab. 12) ist ein abhängiger, verteilungsfreier Signifikanztest für mehr als zwei nacheinander erfolgende Stichproben. Er ist also für die drei Messungen der HRV der PMR geeignet. Für die FFT-Werte HF, LF und VLF besteht für beide Geschlechter asymptotische Signifikanz. Dieses Ergebnis stimmt mit den MW- und STABW-Werten der Tab. 10 insofern überein, als bei beiden Geschlechtern Veränderungen durch die PMR festgestellt wurden. Sie weicht

wiederum von diesen Werten ab, da die stärkere vagale Aktivierung der Männer im Friedman-Test nicht angezeigt wird. Insgesamt aber ist die größere Aktivierung des Parasympathicus bei den Männern erkennbar, wenn die FFT HF mit den Werten SD1, SD2 und RMSSD im Zusammenhang bewertet wird. Der hohe FFT LF/HF Quotient der Männer kann durch die niedrige Atemfrequenz infolge langsamer Atmung bei der PMR und den Einfluss der Barorezeptoren bedingt sein.

Tab. 12: Friedman. Asymptotische Signifikanz, PMR Messung 1-3, Mann/Frau

	Männer	Frauen		Männer	Frauen
FFT HF	0,000	0,000	RR Intervall	0,614	0,273
FFT LF	0,000	0,000	RMSSD	0,122	1,000
FFT VLF	0,000	0,000	NN50	1,000	0,273
FFT LF/HF	0,838	0,061	pNN50	0,905	0,301
SD 1	0,122	0,741			
SD 2	0,122	0,497			

Die Anova-Varianzanalyse (Tab. 13) ist zweifaktoriell mit dem messwiederholten Faktor HRV/PMR und dem nicht messwiederholten Faktor Geschlecht. Für die Wirkung der PMR auf die Geschlechter sind die Zwischensubjekteffekte entscheidend. Zwar ergibt nur der Wert FFT VLF eine asymptotische Signifikanz, doch liegen die Werte HF, LF, SD2 und pNN50 knapp über dem statistisch signifikanten Trend ($p < 0,1$). Durch eine a posteriori Powerberechnung wäre die Wechselwirkung zwischen der PMR und dem Geschlecht eventuell genauer zu bestätigen, indem die Signifikanzschwelle korrigiert würde. Nach Rasch et al. (2010) bietet jedoch SPSS keine Möglichkeit, eine Post Hoc Analyse der Wechselwirkung durchzuführen. Der Bonferroni-Test ergibt als Korrekturverfahren wegen seiner Testschwäche keinen Effekt. Der Tukey HSD-Test mit großer Teststärke ist bei dem Faktor Geschlecht nicht anwendbar.

Tab. 13: Anova. Asymptotische Signifikanz, PMR Messung 1-3, Mann/Frau

	FFT HF	FFT LF	FFT VLF	pNN50	SD2
Zwischensubjekteffekte (Geschlecht)	0,120	0,104	0,022	0,103	0,107

Die durch die PMR bewirkten Veränderungen bei den Geschlechtern bestätigen die Ergebnisse der Auswertung der Befindlichkeitsskala. Die Nullhypothese $H_{0,2}$, dass die PMR in gleichem Maße auf die Geschlechter gewirkt hat, wird verworfen.

11.3 Herzratenvariabilität und definierte Atmung

11.3.1 Mittelwerte und Standardabweichungen des Frequenz- und Zeitbereichs als Indikatoren der Herzratenvariabilität

Die Veränderungen der STABW, die anhand der Statistik (Tab. 14) und Säulendiagramme (Abbildungen 5 a-f) erkennbar sind, zeigen, dass auch die TA die HRV beeinflusst hat. Wegen der starken Veränderung der MW im Unterschied zur PMR sind Aussagen von den Säulendiagrammen schwer abzuleiten. Dies gilt auch für den VK. Die prozentuale Veränderung der STABW ist oft genauer als der VK.

Tab. 14: MW/STABW, TA Messung prä/post, Mann/Frau

	Männer				Frauen			
FFT HF	AF 1 prä	AF 2 prä	Liegend prä	Sitzend prä	AF 1 Prä	AF 2 prä	Liegend prä	Sitzend prä
MW	9348.9	6280.9	9566.5	5584.7	4743.5	3118.3	7117.9	4373.3
STABW	13249.53	8865.40	10699.46	4770.13	7088.10	5259.40	7983.66	4861.83
Diff. %	-33,08		-55,41		-25,79		-39,10	
VK	1,41	1,41	1,12	0,85	1,49	1,67	1,12	1,11
	AF 1 post	AF 2 post	Liegend post	Sitzend post	AF 1 Post	AF 2 post	Liegend post	Sitzend post
MW	10787.7	4197.2	10663.1	4893.2	7048.4	4922.4	5078.2	4893.2
STABW	13471.61	7111.98	14064.02	6208.56	10498.4	9880.41	8150.30	6208.56
Diff. %	-47,20		-55,85		-5,88		-23,82	
VK	1,24	1,69	1,32	1,27	1,49	2,01	1,60	1,27
LF	AF 1 prä	AF 2 prä	Liegend prä	Sitzend prä	AF 1 Prä	AF 2 prä	Liegend prä	Sitzend prä
MW	1070.7	1463.3	4972	1658	479.5	1463.3	695.7	963.7
STABW	1128.37	1954.13	9642.07	1023.37	421.26	1954.13	794.06	899.75
Diff. %	+73,18		-89,38		+363, 87		+13,31	
VK	1,05	1,33	1,94	0,62	0,88	1,33	1,14	0,93
	AF 1 post	AF 2 post	Liegend post	Sitzend post	AF 1 Post	AF 2 post	Liegend post	Sitzend post
MW	5734.9	1674.1	2099.9	3978.2	5734.9	1674.1	692.9	1684.9
STABW	13781.18	1729.40	2237.66	2739.49	13781.1	1729.40	434.59	1332.86
Diff. %	-87,45		+22,42		-87,45		+206,69	
VK	2,40	1,03	1,94	0,62	2,40	1,03	0,62	0,79
VLF	AF 1 prä	AF 2 prä	Liegend prä	Sitzend prä	AF 1 Prä	AF 2 prä	Liegend prä	Sitzend prä
MW	1486.9	1829.5	2746.7	5473.1	621	1829.5	780.5	2252.3
STABW	1515.98	1174.80	3691.84	5789.07	580.39	1174.80	911.86	1899.92
Diff. %	-22,50		+56,80		+102,41		+108,35	
VK	1,01	0,64	1,34	1,05	0,93	0,64	1,17	0,84
	AF 1 post	AF 2 post	Liegend post	Sitzend post	AF 1 Post	AF 2 post	Liegend post	Sitzend post
MW	2181.4	3199	1723.4	10606.2	784.2	815.2	1010.3	2868
STABW	1551.15	2513.39	1699.21	12190.8	570.05	639.60	910.68	2178.00
Diff. %	+62,03		+617,43		+12,20		+139,16	
VK	0,71	0,78	0,98	1,15	0,73	0,78	0,90	0,76

Die Erhöhung der Atemzüge von 10 auf 14 des Faktors Atemfrequenz verringert

die STABW des vagalen Indikators FFT HF. Bei den Männern wird die STABW prä 33,08 % und post 47,20 % sowie bei den Frauen 25,79 % bzw. 5,88 % geringer. Bei SD2, Indikator der Langzeit-HRV, betragen die Werte bei den Männern 10,48 % bzw. 1,13 % und bei den Frauen 18,59 % bzw. 38,59. Die anderen vagalen Indikatoren haben bei den Männern überwiegend kleine positive Werte bis zu ca. 2 % (ausgenommen SD1 prä, NN50 prä). Bei den Frauen gehen die Werte meistens bis auf ca. 10 % hoch (ausgenommen SD1 prä, RMSSD prä). Diese Zahlen zu den parasympathischen Indikatoren belegen, dass eine Verringerung der vagalen Aktivität bei 14 Atemzügen gegenüber 10 erfolgt ist und sie bei beiden Geschlechtern etwa gleich groß ist. Die Säulendiagramme der TA Atemfrequenz (AF1/AF2) HF Männer und Frauen (Abb. 5a, 5b) bestätigen die Ergebnisse, etwas weniger die Säulendiagramme für RMSSD (Abb. 5.1 a, 5.1 b, Anhang).

TA Atemfrequenz (AF1/AF2) HF Männer

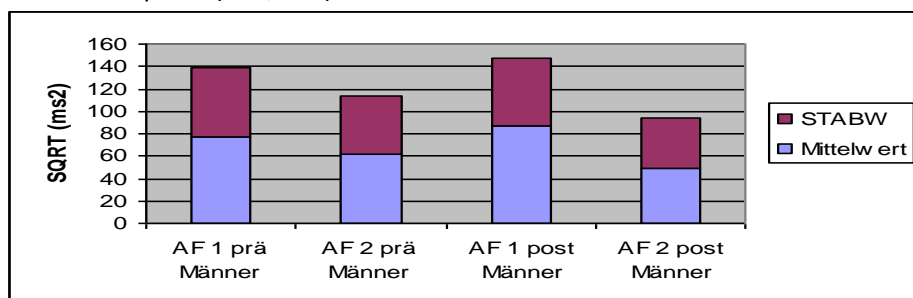


Abb. 5 a: MW/STABW Männer SQRT Geschlecht x Behandlung (1=prä; 2= post) x Atemfrequenz (1=10/min; 2=14/min)

TA Atemfrequenz (AF1/AF2) HF Frauen

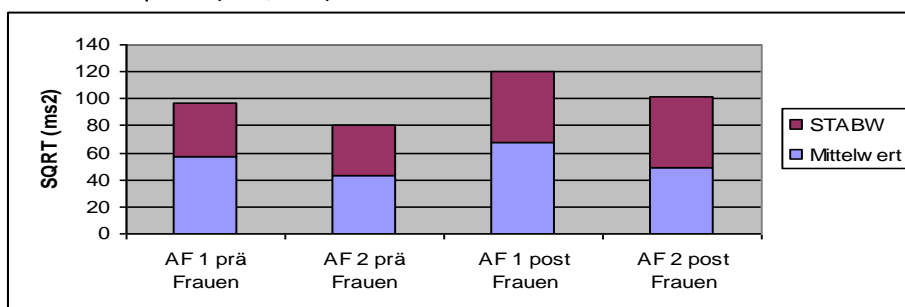


Abb. 5 b: MW/STABW Frauen SQRT Geschlecht x Behandlung (1=prä; 2= post) x Atemfrequenz (1=10/min; 2=14/min)

Ein Unterschied zwischen beiden Geschlechtern besteht dagegen bei der auf 14 veränderten Atemfrequenz bei den sympathischen Indikatoren. Der LF-Wert prä erhöht sich bei den Männern um 73,18 % und bei den Frauen um 363,87 %, der

VLF-Wert prä verringert sich bei den Männern um 22,50 %, aber erhöht sich bei den Frauen um 102,41 %. Die bei LF post bei beiden Geschlechtern um 87,45 % gesenkte STABW ist im Vergleich zur Verringerung des STABW-Werts der HF nicht erwartungsgemäß, sie müsste eigentlich erhöht sein. Es könnte sich um einen Reboundeffekt handeln, indem das neurale VNS ein vorher entstandenes Ungleichgewicht der sympathovagalen Balance wieder beseitigt. Insgesamt bestätigen diese Zahlen, dass der dem HF-Wert entgegengesetzt wirkende LF-Wert erhöht ist. Die Erhöhung ist bei den Frauen etwas mehr ausgeprägt. Abgesehen vom Reboundeffekt (LF post) belegen die Säulendiagramme der Männer insgesamt wie die STABW die erhöhten Werte für die sympathischen Indikatoren LF und VLF. Dagegen bestätigen die Säulendiagramme der Frauen für LF prä und VLF prä nicht erhöhte, sondern erniedrigte bzw. gleichbleibende Werte. Auch die Säulendiagramme mit quadrierten statt SQRT-Werten zeigen verringerte Werte für die Frauen an (Abb. 5.1 c-d, Anhang). Nach Malik et al. (1996) ist der Parameter VLF nicht eindeutig erklärt. Van Ravenswaaij-Arts et al. (1993) sehen einen Zusammenhang mit der Temperaturregulation des Körpers.

TA Atemfrequenz (AF1/AF2) LF Männer

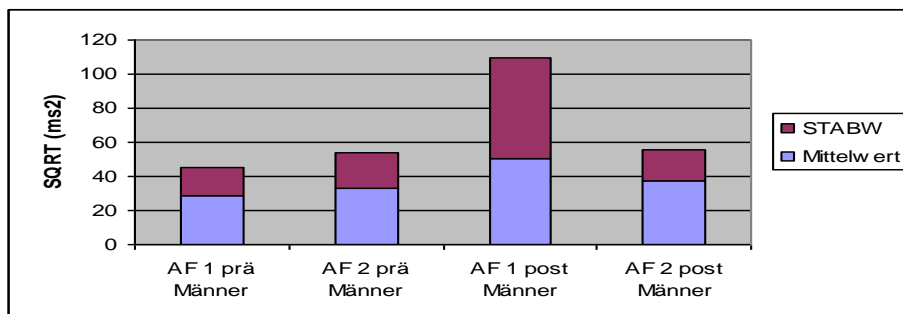


Abb. 5 c: MW/STABW Männer SQRT Geschlecht x Behandlung (1=prä; 2= post) x Atemfrequenz (1=10/min; 2=14/min)

TA Atemfrequenz (AF1/AF2) LF Frauen

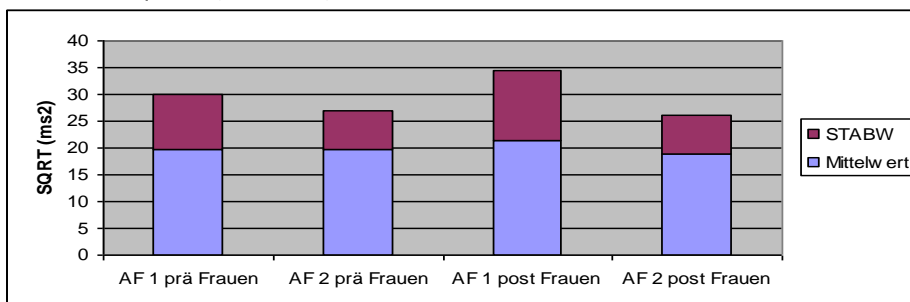


Abb. 5 d: MW/STABW Frauen SQRT Geschlecht x Behandlung (1=prä; 2= post) x Atemfrequenz (1=10/min; 2=14/min)

TA Atemfrequenz (AF1/AF2) VLF Männer

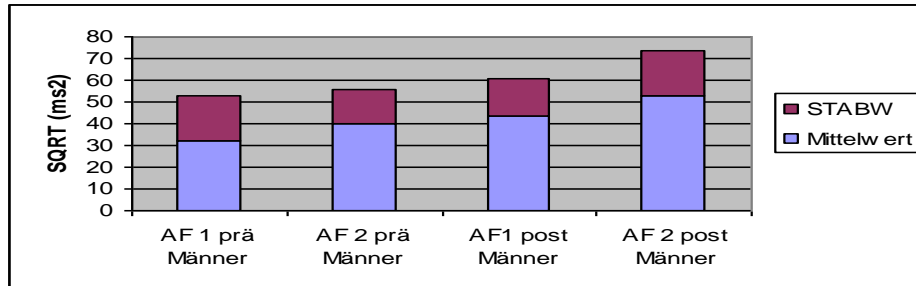


Abb. 5 e: MW/STABW Männer SQRT Geschlecht x Behandlung (1=prä; 2= post) x Atemfrequenz (1=10/min; 2=14/min)

TA Atemfrequenz (AF1/AF2) VLF Frauen

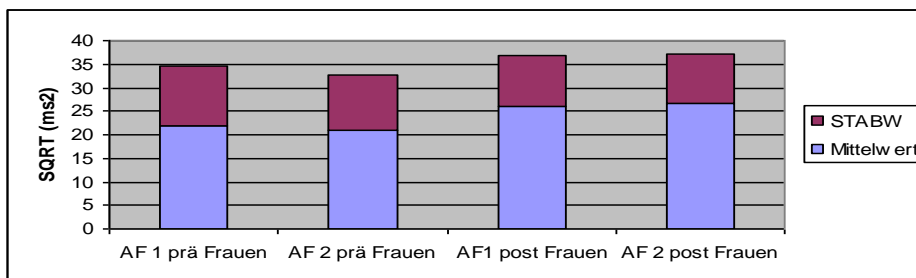


Abb. 5 f: MW/STABW Frauen SQRT Geschlecht x Behandlung (1=prä; 2= post) x Atemfrequenz (1=10/min; 2=14/min)

Auch bei der Veränderung der Körperposition von Liegend auf Sitzend verringern sich die Werte der STABW der HF. Diese Abnahme ist bei beiden Geschlechtern erkennbar und deutet auf eine Zunahme der sympathischen Aktivität hin. Die Werte sind prä und post ungefähr gleich, bei den Männern betragen sie 55,41 % und 55,85 % und bei den Frauen 39,10 % und 23,82 %. Der Indikator SD1 verringert sich bei den Männern um 67,11 % und bei den Frauen um 53,34 %, der RMSSD um 64,64 % bzw. 53,25 %. Wie bei der Atemfrequenz 10 ist auch bei der Körperposition Liegend der parasympathische Anteil des neuralen VNS erhöht und dies bei beiden Geschlechtern etwa gleich stark ausgeprägt. Die Säulendiagramme Abb. 6a-6d belegen dies.

TA Körperposition (Liegend/Sitzend) Hf Männer

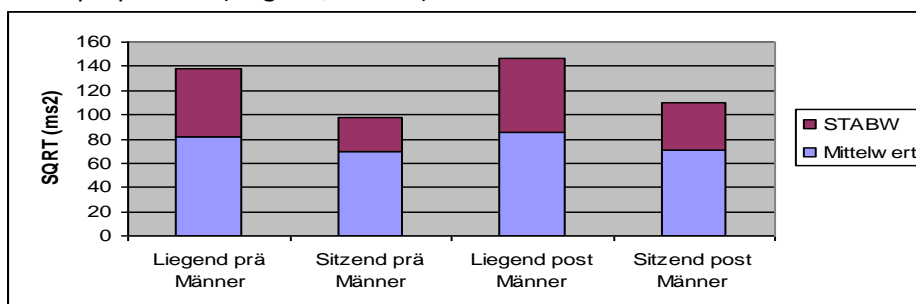


Abb. 6 a: MW/STABW Männer SQRT Geschlecht x Behandlung x Körperposition

TA Körperposition (Liegend/Sitzend) HF Frauen

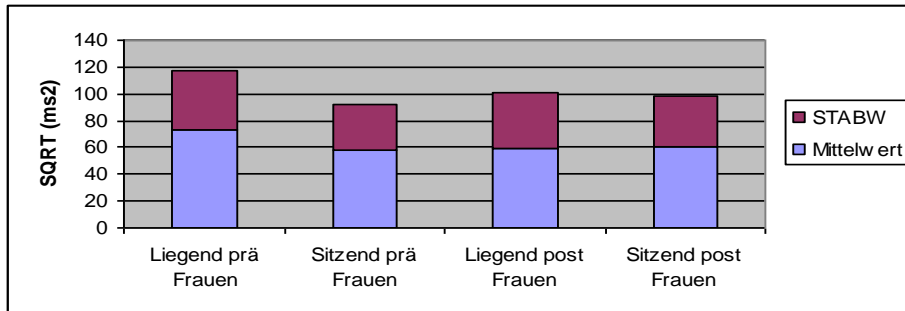


Abb. 6 b: MW/STABW Frauen SQRT Geschlecht x Behandlung x Körperposition

TA Körperposition (Liegend/Sitzend) RMSSD Männer

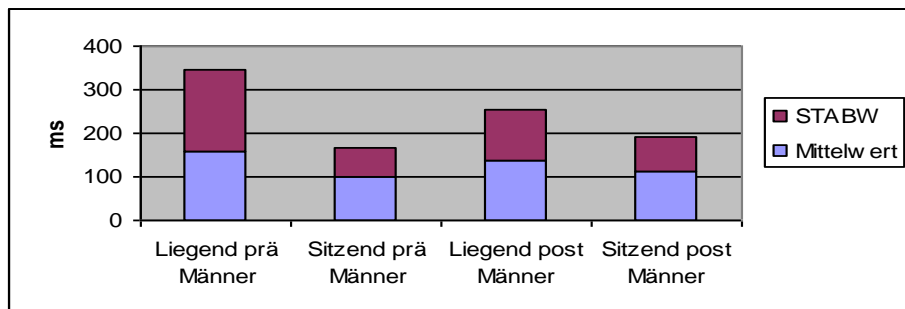


Abb. 6 c: MW/STABW Männer SQRT Geschlecht x Behandlung x Körperposition

TA Körperposition (Liegend/Sitzend) RMSSD Frauen

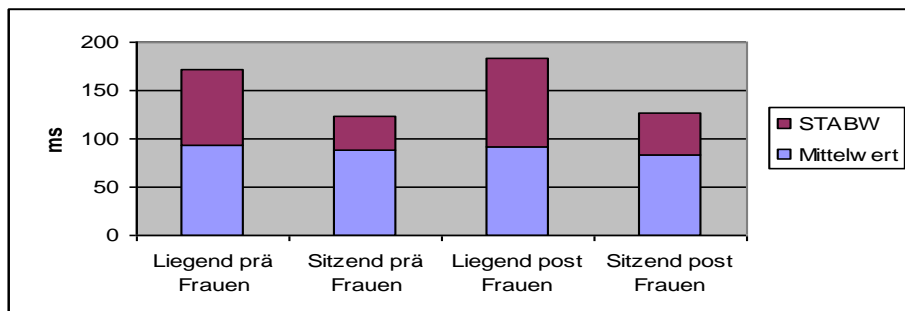


Abb. 6 d: MW/STABW Frauen SQRT Geschlecht x Behandlung x Körperposition

Doch ist der sympathische Anteil des VNS bei den Frauen wie bei der Atemfrequenz stärker wirksam. Während bei ihnen die STABW der LF post 206,69 % und der VLF prä 108,35 % angestiegen ist, ist dies bei den Männern 22,42 % bzw. 56,80 %. Bei der VLF post ist der STABW-Wert bei den Frauen 139,16 % und bei den Männern 617,43 % erhöht. Dieser vereinzelte hohe Wert könnte ein Reboundeffekt des neuralen VNS zur Wiederherstellung der sympathovagalen Balance sein. Die Säulendiagramme der quadrierten Werte der FFT belegen die Erhöhung des sympathischen Anteils des VNS bei der Veränderung der Körperposition von Liegend zu Sitzend, im Unterschied zum Faktor Atemfrequenz für beide Geschlechter (Abb. 6e-6h). Die Säulendiagramme

mit den wurzelbezogenen FFT-Werten (Abb. 6.1 e-6.1 h, Anhang) bilden diese Erhöhung nicht ab.

TA Körperposition (Liegend/Sitzend) LF Männer

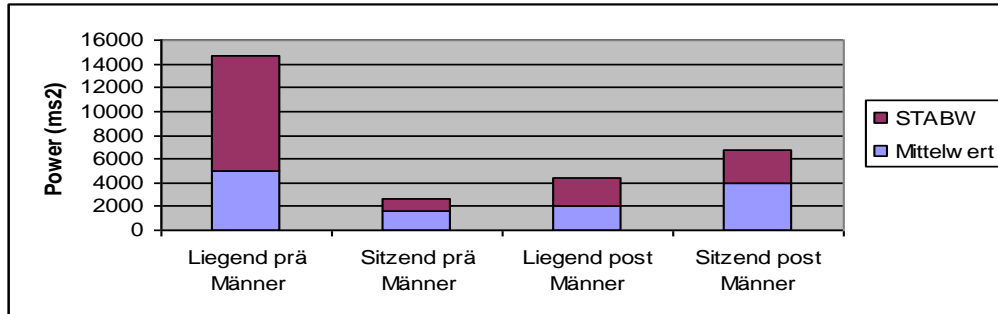


Abb. 6 e: MW/STABW Männer Quadriert Geschlecht x Behandlung x Körperposition

TA Körperposition (Liegend/Sitzend) LF Frauen

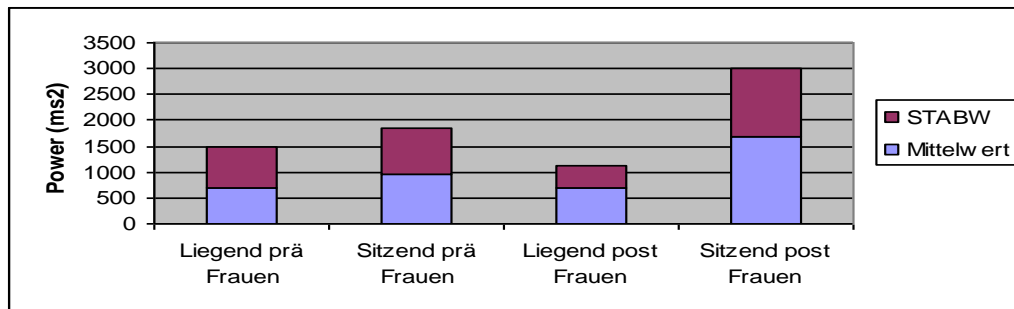


Abb. 6 f: MW/STABW Frauen Quadriert Geschlecht x Behandlung x Körperposition

TA Körperposition (Liegend/Sitzend) VLF Männer

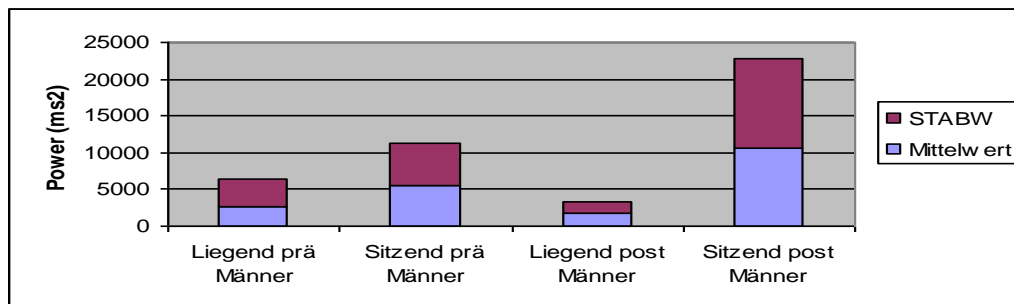


Abb. 6 g: MW/STABW Männer Quadriert Geschlecht x Behandlung x Körperposition

TA Körperposition (Liegend/Sitzend) VLF Frauen

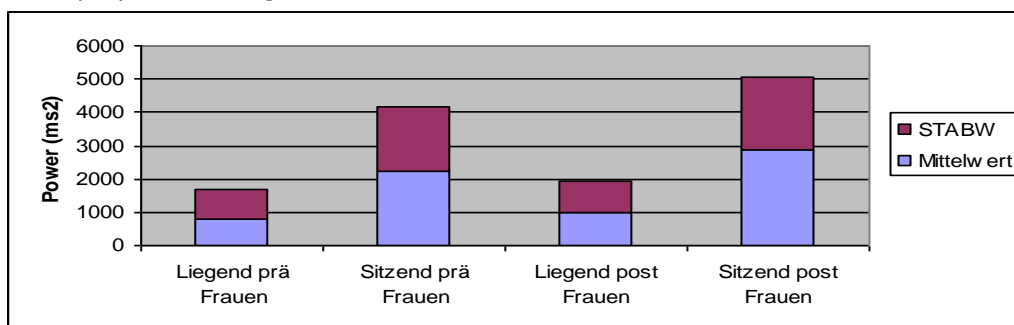


Abb. 6 h: MW/STABW Frauen Quadriert Geschlecht x Behandlung x Körperposition

Die starken Veränderungen der Werte der STABW bei den sympathischen Indikatoren LF und VLF weisen darauf hin, dass die TA mit 14 Atemzügen und sitzender Position nicht positiv auf die HRV der Probanden gewirkt hat. Diese Reaktion ist bei den Frauen stärker ausgeprägt. Demgegenüber hat die TA bei der Atemfrequenz mit 10 Atemzügen und der Körperposition Liegend entspannend auf beide Geschlechter gewirkt.

11.3.2 Signifikanzwerte des Anova-Tests als Indikatoren der Herzratenvariabilität

Für den messwiederholten Faktor „Atemfrequenz“ bestätigt der Anova-Test (Tab. 15) bei den Innersubjektiveffekten den Indikator FFT HF im Hinblick auf die Faktorstufe „Atemfrequenz“ als signifikant (0,012), ebenso SD2 (0,012). Für die Faktorstufe „Sitzung“ belegen der SD2 (0,011), pNN50 (0,009) und NN50 (0,048) signifikante Werte. Signifikante Trends zeigen der HF bei der Faktorstufe „Atemfrequenz*Sitzung“ (0,083) und der NN50 bei der Faktorstufe „Sitzung*Geschlecht“ (0,100) an. Von den sympathischen Indikatoren ist FFT VLF für die Faktorstufe „Sitzung“ signifikant (0,08). An diesen signifikanten Werten ist zu erkennen, dass die Atemfrequenzen von 10 und 14 Atemzügen prä und post verschiedene Entspannungswirkungen haben.

Bei den Zwischensubjektiveffekten des Faktors „Atemfrequenz“, die die Bedeutung des nicht messwiederholten Faktors „Geschlecht“ anzeigen, hat VLF den hochsignifikanten Wert von 0,001 und LF den signifikanten von 0,045. Damit ist erkennbar, dass die TA in Bezug auf die sympathischen Indikatoren bei den Geschlechtern verschieden wirkt.

Auch beim messwiederholten Faktor „Körperposition“ bestätigt der Anova-Test die Ergebnisse der STABW-Auswertung der Säulendiagramme und Statistik. Das RR-Intervall bei den Innersubjektiveffekten belegt für die Faktorstufe „Bodyposition“ mit dem hochsignifikanten Wert 0,000, dass der zeitliche Abstand von Herzschlag zu Herzschlag, also die HRV, sich bei den verschiedenen Körperpositionen sehr stark verändert. Zudem gibt es bei den Indikatoren signifikante parasymphatische und sympathische Werte. Die vagalen Indikatoren SD2 und pNN50 zeigen für die Faktorstufe „Bodyposition“ 0,014 und 0,036 an und der sympathische Indikator

VLF 0,002. Für „Bodyposition*Sitzung*Geschlecht“ hat dieser signifikanten Trend (0,076). Die Entspannungswirkung ist also bei den Körperpositionen Liegend und Sitzend verschieden.

Beim Faktor „Körperposition“ drücken die Zwischensubjektiveffekte die Wirkung der TA auf die Geschlechter aus. Wie bei dem Faktor „Atemfrequenz“ übt der Sympathicus eine unterschiedliche Wirkung auf die Geschlechter aus. Der Indikator VLF zeigt für den nicht messwiederholten Faktor „Geschlecht“ 0,079 und der LF 0,086 an. Dies sind zwar keine signifikanten Werte, aber signifikante Trends ($p < 0,1$).

Die Nullhypothese $H_{0.1.1}$, dass sich die Anzahl der Atemzüge von 10 und 14 nicht signifikant unterschiedlich auf die HRV auswirkt, ist zu verwerfen. Ebenfalls ist die Nullhypothese $H_{0.1.2}$, dass sich die liegende und sitzende Körperposition nicht signifikant verschieden auf die HRV wirken, zu verwerfen. Die Nullhypothese $H_{0.2}$, dass es bei der Wirkung der TA auf die HRV keine signifikanten Geschlechtsunterschiede gibt, ist bezüglich der sympathischen Anteile des VNS zu verwerfen.

Tabelle 15: Anova. Asymptotische Signifikanz, TA Messung , Mann/Frau

Atemfrequenz		
	Innersubjektiveffekte	Zwischensubjektiveffekte
FFT HF	Atemfrequenz 0,012	
SD 2	Atemfrequenz 0,012 Sitzung 0,011	
NN50	Sitzung 0,048	
pNN50	Sitzung 0,009	
LF		Geschlecht 0,045
VLF	Sitzung 0,008	Geschlecht 0,001
Körperposition		
SD 2	Bodyposition 0,014	
pNN50	Bodyposition 0,036	
VLF	Bodyposition 0,002	

12. Diskussion

Ein wichtiges Ergebnis dieser Studie besteht darin, dass die PMR die parasympathischen Parameter des neuralen VNS aktivieren konnte, bei den Männern wesentlich mehr als bei den Frauen. Bei den sympathischen ist der Unterschied weniger groß. Auch die TA mit 10 Atemzügen und liegender Körperposition hat die vagalen Parameter beider Geschlechter positiv beeinflusst, wobei der parasympathische Effekt zwischen ihnen nicht sehr verschieden ist. Anders ist es beim sympathischen Anteil des VNS, der bei der TA bei den Frauen anscheinend ausgeprägter ist. Unterschiede zwischen den Geschlechtern bestehen auch bei einigen Merkmalspaaren der Befindlichkeit. Im Vergleich der Entspannungswirkung beider Interventionen ist die PMR offensichtlich wirksamer als die TA mit 14 Atemzügen und sitzender Körperposition.

Von Seckendorff konnte in einer PMR-Studie mit gesunden, männlichen Teilnehmern von 20 bis 50 Jahren keine signifikante Veränderung der HRV aufzeigen. Die vagalen Parameter HF und RMSSD sind nach der Intervention etwas niedriger als zuvor. Als Grund dafür nennt von Seckendorff u. a., dass die Teilnehmer gesunde Probanden und nicht z. B. Hypertonie-Patienten mit sympathovagaler Dysbalance waren. Die Analyse der Whitehall II-Studie von Chandola et al. (2008) besagt, dass vor allem jüngere Personen im Alter von 35 bis 55 Jahren anfälliger auf Arbeitsstress reagieren als ältere. Der Stress führt u. a. zum metabolischen Syndrom, zu koronaren Krankheiten und zur Absenkung der HRV. Die vorliegende Studie wird ebenfalls mit Personen mittleren Alters von 20 bis 40 Jahren durchgeführt, die im Studium und Beruf täglichem Arbeitsstress ausgesetzt sind. Im Unterschied zu von Seckendorff werden statistisch signifikante Werte für eine durch die PMR veränderte HRV belegt. Kombiniert mit einer kognitiv-behavioralen Methode ist die PMR vom Standpunkt des betriebswirtschaftlichen Gesundheitsmanagements die Intervention mit dem größten Entspannungseffekt (Murphy 1996). Sie könnte in einem Kurs zur Bewegung und Entspannung der HAW Hamburg neben dem Fitness-Training als Entspannungsintervention durchgeführt werden.

Die Wirkung der PMR in vorliegender Studie ist zunächst daran zu erkennen, dass die Werte der Frequenz- und Zeitparameter verändert sind. Es bestehen dabei

Unterschiede zwischen den Geschlechtern. Die parasympathischen Indikatoren HF, RMSSD und SD1 sind bei den Männern deutlich mehr verändert als bei den Frauen. Weniger ausgeprägt ist dieser Unterschied bei den sympathischen Indikatoren LF und VLF. Im erhöhten LF-Wert der Männer kann ein stärkerer parasympathischer Anteil enthalten sein, der durch die ruhige, langsame Atmung bei der PMR bedingt ist.

Leuenberger, die mit gesunden, weiblichen Probanden die PMR mit der TA in einer Stresssituation verglich, konnte in den Sequenzen Ruhe und Entspannung höhere Werte für die HF, RMSSD und SDNN und in den Stressesequenzen höhere für die LF und LF/HF Ratio aufzeigen. Damit belegt sie, dass die PMR die HRV beeinflussen kann. Anders fallen die Ergebnisse zur TA aus. In der Sequenz Entspannung zeigen die HF zu tiefe und die LF und LF/HF Ratio zu hohe Werte an, also im Gegensatz zur PMR keine parasympathische Aktivität. Die TA wurde mit 8 Atemzügen durchgeführt und dauerte wie die PMR 15 Minuten. In der Methodenkritik bezeichnet Leuenberger die TA mit 15 Min. wegen der Länge offensichtlich als zu anstrengend und die Durchführung vor der PMR sowie eine andere Frequenz eventuell als geeigneter.

In der vorliegenden Arbeit erfolgt eine definierte Atmung von ca. 10 Minuten vor und nach der PMR. Auch wird eine andere Atemfrequenz benutzt. In jeweils vier Sequenzen vor und nach der PMR sind es dreimal 10 und einmal 14 Atemzüge. Weiterhin wird eine andere Zeitdauer zugrunde gelegt. Jeweils zwei Sequenzen vor und nach der PMR dauern 3 Minuten und zwei weitere vor und nach der PMR jeweils 1,5 Minuten. Ferner erfolgt jeweils die letzte Sequenz in der TA vor und nach der PMR im Sitzen statt im Liegen. Die Dauer der Langform der PMR beträgt nicht 15, sondern ca. 30 Minuten wie bei Entspannungstherapeuten üblich (Löhmer & Standhardt 2010, Ohm 2011). Eine Stresssituation durch Lesen eines Textes und Beantworten von Fragen wird nicht geschaffen.

Es wird die Nullhypothese $H_{0.1.1}$ verworfen und die Alternativhypothese bestätigt, dass sich die Anzahl der Atemzüge von 10 und 14 signifikant unterschiedlich auf die HRV auswirkt. Ebenso wird die Nullhypothese $H_{0.1.2}$ verworfen und die Alternativhypothese bestätigt, dass sich die Körperpositionen liegend und sitzend

signifikant unterschiedlich auf die HRV auswirken. Die Nullhypothese $H_{0.1}$, dass es beim Entspannungseffekt zwischen der PMR und der TA keinen Unterschied gibt, ist offensichtlich für 14 Atemzüge und sitzende Position zu verwerfen. In Bezug auf 10 Atemzüge und liegende Körperposition ist der Unterschied im Entspannungseffekt zwischen PMR und TA geringer, aber eine Aussage darüber, welche der beiden Interventionen mehr entspannt, ist nach dem Versuchsaufbau nicht möglich.

Eine besondere Fragestellung stellt die Auswirkung der PMR und TA auf die HRV der Geschlechter dar. Bergt (2013) führte eine Studie mit einer gemischten Geschlechtergruppe durch und konnte keine geschlechtsspezifischen Unterschiede feststellen. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen Rechlin et al. (1998), während Ramaekers et al. (1998) und Bigger et al. (1995) bei den Männern für die sympathischen Indikatoren LF und LF/HF Ratio höhere Werte finden.

In dieser Studie wird die Nullhypothese $H_{0.2}$ verworfen und die Alternativhypothese, dass die beiden Entspannungsinterventionen PMR und TA auf die HRV der Geschlechter unterschiedlich gewirkt haben, angenommen. Vor allem die Auswertung des Befindlichkeitstests und der Ergebnisse der PMR zeigen deutliche Unterschiede bei den Geschlechtern. Bei der TA sind die Unterschiede weniger ausgeprägt. Die Reaktion der parasympathischen Anteile des VNS ist ähnlich. Dagegen scheint die Reaktion der sympathischen Anteile im Gegensatz zu den Ergebnissen von Ramaekers et al. (1998) und Bigger et al. (1995) bei den Frauen stärker als bei den Männern zu sein.

13. Methodenkritik

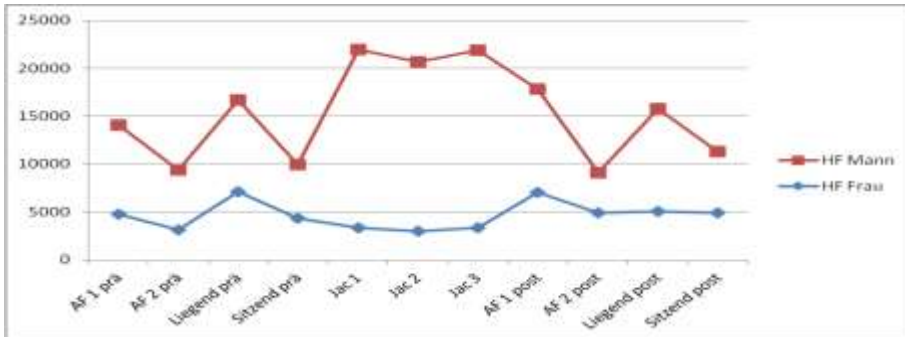
Im Hauptteil dieser Arbeit enthalten die Abbildungen und Tabellen die bedeutsamen Effekte der Untersuchungsergebnisse, die auch dem nicht so mit der Materie vertrauten Leser Einblick in das Thema ermöglichen. Im Anhang werden diese Ergebnisse in umfassenden Abbildungen und Tabellen mit detaillierten Belegen dargestellt. Die Säulendiagramme sind meistens sowohl quadriert als auch in SQRT dargestellt und verschieden auf den Haupttext und Anhang verteilt.

In der vorliegenden Studie werden zwei Probandengruppen mit jeweils zehn weiblichen und männlichen Teilnehmern bezüglich der Einwirkung der PMR und TA auf die HRV untersucht. Es ist eine kontrollierte Studie, in der die Wirkungen der PMR mit denen der TA verglichen werden. Bei der Normalverteilung einer Stichprobe wird von ca. 30 Messwerten ausgegangen. Eine Gruppe ab 30 Probanden garantiert eher fehlerlose Werte für MW, STABW und Signifikanz der Hypothesentests. Außer der Probandengruppe sollte eine Kontrollgruppe ohne Intervention vorhanden sein. Ein HRV-Auswertungsbogen liegt dem Anhang bei.

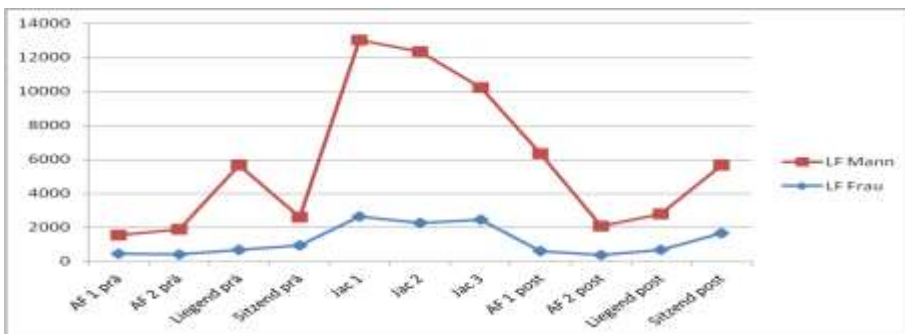
Der Bf-S-Test ermittelt sowohl positives als auch negatives subjektives Stressempfinden. Wie bei der PMR und TA wird insgesamt eine positive Reaktion erwartet. Nur jeweils 2 Frauen und Männer reagieren auf den Test überwiegend negativ. Positiv ist auch der WHO 5 Fragebogen ausgerichtet, doch kostet der nur über ein psychologisches Institut beziehbare Test ca. 200 €. Im PSQ-Test (Fliege et al. 2001) haben m. E. negative Stressoren wie z. B. Anspannung, Sorge und Anforderungen zu hohen Anteil.

Es sollte die Technik der Durchführung der TA geändert werden. Die TA sollte in liegender Körperposition mit einer Atemfrequenz von 6 Atemzügen stattfinden. In der Anleitung der HRV-Scanner Software werden 6 Atemzüge empfohlen, weil das Biofeedback, der Grad der Rhythmisierung von Blutdruck, Herz- und Atemfrequenz, so am effektivsten ist (Anleitung zur Durchführung von HRV-Messungen und HRV-Biofeedback 2009). Die Anzahl von 6 Atemzügen stimmt auch mit der Forschungslage überein, die 6 bis 15 Atemzüge für optimal hält (Leuenberger 2010). Es sollte weiterhin kein Stress ausgelöst werden, da die Probanden nach Auffassung der Praxen für Entspannungstherapien bereits genügend Stress im Alltag ausgesetzt sind. Wie die PMR durch bewusstes Spüren der Muskelanspannung und -entspannung die Körperwahrnehmung vertieft, so könnte dies die TA durch bewusstes Spüren der Atembewegung erreichen. Für einen effektiven Vergleich der Entspannungswirkung der TA und PMR wäre auch zu überlegen, ob für die TA die gleiche Dauer von ca. 30 Minuten wie für die PMR sinnvoll ist. Ein solcher Vergleich sollte an zwei auf einander folgenden Tagen und nicht nacheinander an einem Tag erfolgen.

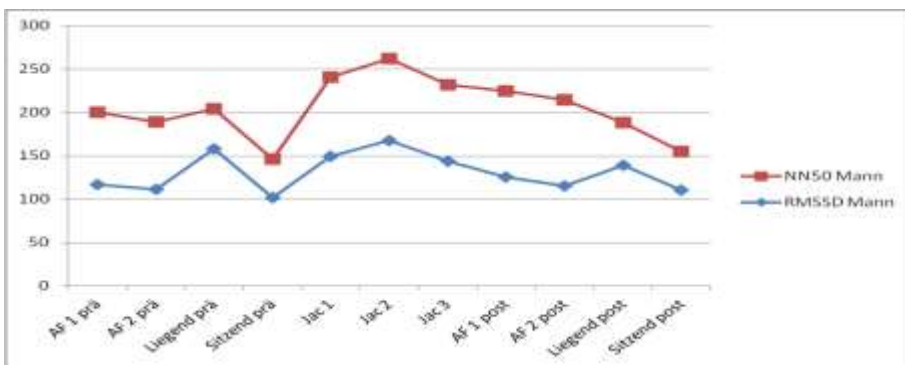
Die Tendenzen der Entspannungswirkung der PMR und TA zeigen die Liniendiagramme zum MW der parasympathischen und sympathischen Indikatoren der 11 Messzeitpunkte an.



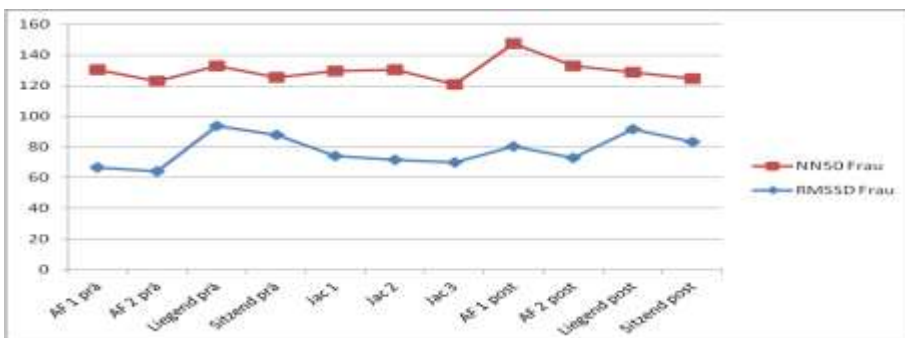
Liniendiagramm zu den 11 Sequenzen. Mittelwert FFT HF Mann und Frau



Liniendiagramm zu den 11 Sequenzen. Mittelwert FFT LF Mann und Frau



Liniendiagramm zu den 11 Sequenzen. Mittelwert RMSSD, NN50 Mann



Liniendiagramm zu den 11 Sequenzen. Mittelwert RMSSD, NN50 Frau

Bei dem vagalen Indikator FFT HF ist in den Messzeitpunkten 5 bis 7 der PMR (Jac 1-3) die größere parasympathische Aktivität bei den Männern gegenüber den Frauen erkennbar. Dies trifft auch für die vagalen Werte RMSSD und NN50 zu. Die zur HF gegensätzliche Frequenz LF ist bei den Männern wie diese ebenfalls erhöht, was mit der Aktivität der Barorezeptoren bei der niedrigen Atemzahl und ruhigen Atmung der PMR erklärt werden könnte. Bei den Frauen passt der erhöhte LF-Wert zu dem erniedrigten HF-Wert. Bei der TA vor der PMR verläuft die Linie der FFT HF bei beiden Geschlechtern erwartungsgemäß. Bei den Messpunkten 1 (10 Atemzüge) und 3 (Liegend) liegt sie höher, ebenso bei RMSSD und NN50. Bei der TA nach der PMR liegt sie bei den Messpunkten 8 (10 Atemzüge) und 10 (Liegend) höher, ähnlich mit Abflachung bei RMSSD und NN50. Die Linien der TA beider Geschlechter verlaufen in der Tendenz vor und nach der PMR ähnlich. Jedoch zeigt die Gesamtlinie der 11 Sequenzen einen wesentlichen Unterschied zwischen den Geschlechtern an. Der Teil der Linie, der die TA abbildet, liegt bei den Frauen im Unterschied zu den Männern gleich hoch bzw. etwas höher als der Teil der PMR. Bei der FFT LF verläuft die Linie der TA bei den Frauen vor und nach der PMR gleichmäßig. Demgegenüber steigt die Linie bei den Männern im Messpunkt 3 und 8 (jeweils Liegend) sprunghaft an. Es könnte eventuell ein Reboundeffekt des VNS als Reaktion auf die vorangegangene sympathische Situation, die Messpunkte 2 und 7 mit 14 Atemzügen, sein. Nach Veränderung der sympathovagalen Balance versucht der Organismus das Gleichgewicht zügig wieder herzustellen, um schnell wieder reaktionsfähig zu sein. Die Liniendiagramme bestätigen die wesentlichen Ergebnisse der Interventionen PMR und TA, dass beide auf die Probanden gewirkt haben und ihre Wirkung auf die Geschlechter unterschiedlich ist.

Die unterschiedliche Entspannungswirkung der Interventionen auf die Geschlechter könnte sowohl neurophysiologisch als auch biochemisch begründet sein. Nach Leuzinger-Bohleber, Roth & Buchheim (2008) besteht das Neuropeptid Corticotropin Releasing Factor (CRF) aus 41 Aminosäuren und wird in CRF-positiven Zellen der Amygdala, dem Hypothalamus und Hypophysenstiel gebildet. Von dort gelangt es über Pfortadergefäße zum Hypophysenvorderlappen, wo es die cAMP-abhängige Proteinkinase A aktiviert. Daraufhin wird die Ausschüttung von ACTH (Adrenokorticotropes Hormon) stimuliert, welches zur

Nebennierenrinde gelangt und neben Cortisol, das Noradrenalin in Adrenalin umwandelt, den Sympathicus aktiviert. Die Amygdala, in der CRF gebildet wird, ist mit dem präfrontalen Kortex verknüpft, der mit der Formatio reticularis und dem dopaminergen System des ventralen tegmental Areal im Mittelhirn sowie dem dorsomedialen Kern (MD) im Thalamus bidirektional kommuniziert (Karnath & Thier 2013, Kap. XI). Zwischen präfrontalem Kortex, Mittelhirn und Thalamus im Zwischenhirn, mit dem das VNS verbunden ist, bestehen also wechselseitige Beziehungen. Durch eine Achtsamkeitstherapie mit Meditation konnten Angststörungen durch Stress vermindert und im funktionellen Kernspin und Gehirn-Scanner beobachtet werden, wie der präfrontale Kortex die Angst- bzw. Stresssignale der Amygdala analysiert und sie „einstuft“, also die Amygdala beeinflusst (Hölzel et al. 2013).

Bei der Ausschüttung von CRF tritt bei Männern ein sofortiger Gewöhnungseffekt ein. Frauen sind jedoch stärker an den Rezeptor CRHR1 gebunden, was bei ihnen zu einem höheren subjektiven Stressempfinden führt. Durch dieses Zusammenspiel von Neuropeptid und neuronalen Strukturen könnte erklärt werden, warum bei der TA mit 14 Atemzügen und sitzender Körperposition die Frauen eine sympathische Reaktion zeigen, die stärker ausgeprägt ist als bei den Männern.

Die höhere parasympathische Reaktion der Männer bei der PMR, welche die Anspannung von Muskulatur und Psyche löst, wird damit erklärt, dass neurale Signale der Muskeln über die Formatio reticularis in den Hypothalamus weiter geleitet werden, durch den der sympathische Tonus reduziert und der vagale dominant wird (Gellhorn & Kieley 1972). Infolgedessen werden die Herzfrequenz und der Blutdruck sowie die Atemfrequenz gesenkt, der Proband fühlt sich dadurch entspannt. Zudem könnte dies auch mit dem CRF zusammenhängen, indem Männer schneller von vorherigem Stress auf eine vagale Situation umschalten können.

14. Schlussfolgerung

In einem Studiendesign mit 11 Sequenzen, denen ein Befindlichkeitstest vorher und nachher folgt, wird in 11 Messpunkten die Wirkung der PMR und TA auf die HRV gemessen und daraus ihr Entspannungseffekt abgeleitet.

Für die PMR werden erhöhte parasympathische Aktivitäten, die Ausdruck einer besseren Balance des VNS sind, festgestellt, bei den Männern wesentlich mehr als bei den Frauen. Die gleichzeitige Erhöhung der HF- und LF-Werte bei den Männern könnte eine Reaktion der Barorezeptoren sein. Die Zeitindikatoren RMSSD und NN50 belegen ebenfalls wie die HF die Aktivierung des Parasympathicus.

Dem Befindlichkeitstest ist zu entnehmen, dass die Entspannungsinterventionen positiv auf die Befindlichkeit gewirkt haben, jedoch sind verschiedene Merkmalspaare bei den Männern und Frauen betroffen.

Die TA mit 10 Atemzügen und liegender Körperposition zeigt sich im Vergleich mit 14 Atemzügen und sitzender Position als geeigneter, um die parasympathische Aktivität zu steigern. Im Vergleich zur TA mit 14 Atemzügen und sitzender Körperposition hat die PMR offensichtlich die größere Entspannungswirkung. Ob sie diesen Effekt auch im Vergleich mit einer TA mit einer Atemfrequenz von 10 und weniger Atemzügen hat, wäre in einer Follow-up-Untersuchung zu klären. Diese sollte auch ca. 30 Minuten wie die PMR dauern und so gestaltet sein, dass die Probanden im Erspüren der Atembewegung ihre Körperwahrnehmung verbessern, ähnlich wie dies bei der PMR durch Erspüren der Muskelanspannung und -entspannung geschieht.

Bernardi et al. (2000) erzielten mit 15, Discroll et al. (2000) mit 12 und Curic et al. (2007) mit 6 Atemzügen/Min. parasympathische Effekte bei der TA, wobei die Steigerung des Parasympathicus bei Curic et al. besonders groß war. Die Atemfrequenzen zeigen an, dass in künftigen Untersuchungen eine Atemfrequenz von weniger als 10 Atemzügen Priorität haben sollte.

15. Literaturverzeichnis

Adams, A. (2010). Prävention von Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Diabetes mellitus *BAD Gesundheitsvorsorge und Sicherheitstechnik GmbH*.

Anleitung zur Durchführung von HRV-Messungen und HRV-Biofeedback, deren Auswertung und der Interpretation der Ergebnisse mit dem HRV-Scanner. BioSign GmbH 2009. Online in Internet: URL: http://www.herzkohaerenz.de/assets/anleitung_hrv_scanner.pdf#page=1&zoom=auto,0,849

Backe, E.-M. et al. (2012). Wirkung arbeitsbedingter psychosozialer Belastung auf das Herz-Kreislauf-System. In: Lohmann-Haislah, A. (Hrsg.), *Stressreport Deutschland 2012. Psychische Anforderungen, Ressourcen und Befinden* (S. 155-164). Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Medizin. Paderborn: Bonifatius GmbH

Backe, E.-M., Burr, H. & Latza, U. (2013). *Considerations on the calculation of fractions of cardiovascular disease attributable to psychosocial work factors*. Comment on: Niedhammer, I., Sultan-Taieb, H., Chastang, J. F., Vermeulen, G. & Parent-Thirion, A. Fractions of cardiovascular disease attributable to psychological work factors in 31 countries in Europe. Online in Internet: URL: www.springeropen.com

Backe, E.-M., Behrendt, S., Latze, M., & Balzer, Chr. (2014). *Möglichkeiten der Abschätzung attributabler Risiken für arbeitsbedingte Risikofaktoren hinsichtlich ihrer Wirkung auf Herz-Kreislauf Morbidität und Mortalität in Deutschland - eine Pilotstudie zur Beurteilung der vorhandenen Daten*. Projekt von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Studie abgeschlossen, aber noch nicht veröffentlicht. Vorschau online in Internet: URL: <http://www.baua.de/de/Forschung/Forschungsprojekte/f2316.html>

Berg, F. v. d. (2005). *Angewandte Physiologie* (2. überarbeitete und erweiterte Auflage). Stuttgart: Thieme Verlag.

Bernardi, L. et al. (1998). Cardiovascular autonomic modulation and activity of carotid baroreceptors at altitude. *Clinical Science* 95 (5), 565-573.

Benarroch, E. E. (1993). The central autonomic network: functional organization, dysfunction, and perspective. *Mayo Clinic Proceedings* 68 (10), 988-1001.

Bergt, J. (2013). *Herzratenvariabilität im Verlauf stationärer psychosomatischer Behandlung*. Dissertation. Medizinische Fakultät Charite – Universitätsmedizin Berlin. Online in Internet: URL: <http://d-nb.info/1035639289/34>.

Bernstein, D. A. & Borkovec, T. D. (2007). *Entspannungstraining. Handbuch der Progressiven Muskelentspannung nach Jacobson* (12. Auflage). Stuttgart: Klett-Cotta.

Birbaumer, N. & Schmidt, R. F. (2010). *Biologische Psychologie* (7. vollständig überarbeitete u. ergänzte Auflage). Heidelberg: Springer.

Bircher, J. & Wehkamp, K.-H. (2011). *Gesundheit und Medizin*. Münster: Verlag Monsenstein und Vannerdat.

Bircher, J. & Wehkamp, K.-H. (2006). *Das ungenutzte Potential der Medizin. Analyse von Gesundheit und Krankheit zu Beginn des 21. Jahrhunderts*. Zürich: Verlag Rüffer & Rub.

Bortz, J. & Schuster, Ch. (2010). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler* (7., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage). Heidelberg: Springer Verlag.

Chandola, T. et al. (2008). Work stress and coronary heart disease: what are the mechanisms? *European Heart Journal* 29, 640–648.

Collins, S. M. et al. (2005). Job Strain and Autonomic Indices of Cardiovascular Disease Risk. *American Journal of Industrial Medicine* 48, 182–193.

Curic, A. et al. (2007). *Untersuchung zur Herzratenvariabilität unter Stress- und Entspannungsbedingung*. Online in Internet: URL: http://www-lukesch.uni-regensburg.de/downloads/forschung/Berichte/pwp_ws_2007_herzratenvariabilitaet.PDF.

Driscoll, D. & Di Cicco, G. (2000). The effects of metronome breathing on the variability of autonomic activity measurements. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics* 23 (9), 610-614.

Fliege, H. et al. (2001). Validierung des Perceived Stress Questionnaire (PSQ) an einer deutschen Stichprobe. *Diagnostica* 47 (3), 142-152.

Goldstein, D. S. (2008). Computer models of stress, allostasis, and acute and chronic diseases. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1148, 223-231.

Hohnloser, S.H (1999). Untersuchung der Barorezeptorenfunktion. *Deutsches Ärzteblatt* 96 (25). A-1716–1719.

Hölzel, K. B. et al. (2013) Neural mechanisms of symptom improvements in generalized anxiety disorder following mindfulness training. *NeuroImage: Clinical* 2, 448–458.

Jacobson, E. (2011). *Entspannung als Therapie. Progressive Relaxation in Theorie und Praxis*. (7., erweiterte Auflage). Stuttgart: Klett-Cotta.

Karnath, H. O. & Thier, P. (2012). *Kognitive Neurowissenschaften* (3. Auflage). Heidelberg: Springer.

Keune, P.M. et al. (2013). Approaching dysphoric mood: State-effects of mindfulness meditation on frontal brain asymmetry. *Biological psychology* 93, 105-113.

Kleen, M. (1999). Serie: Neue Methoden in der kardialen Funktionsdiagnostik. Nichtlineare Indizes der Herzfrequenzvariabilität. *Deutsches Ärzteblatt* 96 (49) 54. A-3182.

Kreis, J. & Bödeker, W. (2003). *Gesundheitlicher und ökonomischer Nutzen betrieblicher Gesundheitsförderung und Prävention. Zusammenstellung der wissenschaftlichen Evidenz*. IGA-Report 3. Hrg.: BKK Bundesverband, Hauptverband

der gewerblichen Berufsgenossenschaften – HVBG, Berufsgenossenschaftliches Institut Arbeit und Gesundheit – BGAG.

Kristensen T.S. (1989). Cardiovascular diseases and the work environment. A critical review of the epidemiologic literature on nonchemical factors. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 15 (3), 165-79.

Leuenberger, J. (2010). *Einfluss der Progressiven Muskelrelaxation auf die Herzratenvariabilität in einer Stresssituation im Vergleich mit der Taktatmung*. Bachelor-Thesis. Berner Fachhochschule Gesundheit. PDF nach persönlicher Anfrage erhalten.

Leuzinger-Bohleber, M., Roth, G. & Buchheim, A. (Hrsg.) (2008). *Psychoanalyse - Neurobiologie - Trauma*. Stuttgart: Schattauer Verlag.

Limm, H. (2011). Stress management interventions in the workplace improve stress reactivity. A randomised controlled trial. *Occupational & Environmental Medicine* 68, 126-133.

Löhmer, C. & Standhardt, R. (2010). *Die Kunst, im Alltag zu entspannen. Einübung in die Progressive Muskelentspannung* (3. Auflage). Buch u. Audio-CD. Stuttgart: Klett-Cotta.

Löllgen, D. *Herzratenvariabilität und autonome Funktion – Begriffe und Parameter*. Online in Internet: URL: <http://www.hrv24.de/pdfs/Deborah-Loellgen-Lexikon-HRV-Herzratenvariabilitaet-Herzfrequenzvariabilitaet.pdf>

Löllgen, D., Mück-Weymann, M. & Beise, R. (2009). *Herzratenvariabilitäts-Biofeedback in der betrieblichen Gesundheitsförderung – Eine Pilotstudie*. Forum Stressmedizin. PDF. http://www.stresspilot.biz/download/HRV-Biofeedback_im_BGM_Loellgen_forumstressmedizin_09.pdf

Löllgen, H. (1999). Serie: Neue Methoden in der kardialen Funktionsdiagnostik. Herzfrequenzvariabilität. *Deutsches Ärzteblatt* 96 (31–32). A-2029-2032.

Malik, M. et al. (1996). Members of the Task Force: Heart rate variability – Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *European Heart Journal* 17, 354-381.

Markus, K. U. (2003). *Herzschlaglängenfolgen während Taktatmung als Marker der kardiorespiratorischen Innervation*. Dissertation. Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen.

Meesmann, M., Böse, J. & Scharf, R (1995). Vergleich der Methoden zur Bestimmung der Herzfrequenzvariabilität. *Herzschrittmachertherapie und Elektrophysiologie* 5, 25-29.

Mück-Weymann M. (2002). Die Herzratenvariabilität als globaler Adaptivitätsfaktor in psycho-neuro-kardialen Funktionskreisen. In: Mattke, D. (Hrsg.): *Vom Allgemeinen zum Besonderen: Störungsspezifische Konzepte und Behandlung in der Psychosomatik* (S. 322-327). Frankfurt/Main: Verlag für Akademische Schriften.

- Murphy, L. R. (1996). Stress management in work settings. A critical review of the health effects. *American journal of health promotion*, 11 (2), 112-135.
- Nesvold, A. et al. (2011). Increased heart rate variability during nondirective meditation. *European Journal of Preventive Cardiology* 19 (4) 773-780.
- Ohm, D. (2011). *Stressfrei durch Progressive Relaxation. Mehr Gelassenheit durch Tiefmuskel-Entspannung nach Jacobson* (2., überarbeitete Auflage). Buch u. Audio-CD. Stuttgart: Trias Verlag.
- Pawlow L. & Jones G. (2002). The impact of abbreviated progressive muscle relaxation on salivary cortisol. *Biological Psychology* 60, 1-16.
- Rainforth M.V. et al. (2007). Stress reduction programs in patients with elevated blood pressure: a systematic review and meta-analysis. *Current Hypertension Report*, 9 (6), 520-528.
- Ramaekers, D. et al. (1998). Heart rate variability and heart rate in healthy volunteers. Is the female autonomic nervous system cardioprotective? *European Heart Journal* 19 (9), 1334-1341.
- Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2010). Quantitative Methoden. Band 2 (3. Auflage). Kapitel 7: *Varianzanalyse mit Messwiederholung. SPSS-Ergänzungen*. Heidelberg: Springer. Online in Internet: URL: http://quantitative-methoden.de/Dateien/Auflage3/Band_II/Kapitel_7_SPSS_Ergaenzungen_A3.pdf
- Ravenswaaij-Arts, C. van et al. (1993). Heart Rate Variability. *Annals of Internal Medicine* 118 (6), 436-447.
- Rechlin, T., M. et al. (1994). Heart rate variability in depressed patients and differential effects of paroxetine and amitriptyline on cardiovascular autonomic functions. *Pharmacopsychiatry* 27(3), 124-128.
- Rosenbrock, R. & Gerlinger, T. (2006). *Gesundheitspolitik – Eine systematische Einführung* (2. Aufl.). Bern, Göttingen, Toronto, Seattle: Verlag Hans Huber.
- Sakakibara, M. & Hayano, J. (1996). Effect of Slowed Respiration on Cardiac Parasympathetic Response to Threat. *Psychosomatic Medicine* 58, 32-37.
- Sammer, U. (2012). *Halten und Loslassen. Die Praxis der Progressiven Muskelentspannung* (3. Auflage). Düsseldorf: Patmos Verlag.
- Schneider, R.H. et al. (2005). A randomized controlled trial of stress reduction in African Americans treated for hypertension for over one year. *American Journal of Hypertension* 18, 1-98.
- Schroeder, E. B. et al. (2003). Hypertension, blood pressure, and heart rate variability: the Atherosclerosis risk in Communities. *Hypertension* 42 (6), 1106-11.
- Seckendorf, R. v. (2009). *Auswirkungen eines 6-wöchigen Entspannungstrainings (Progressive Muskelrelaxation nach Jacobson) auf Blutdruck, Herzfrequenz und Herzratenvariabilität sowie psychologische Parameter (Stresserleben, Angst, Ärger) bei gesunden Probanden*. Medizinische Fakultät Charite. Universitätsmedizin Berlin.

Online in Internet: URL: [http://www.diss.fu-berlin.de/diss/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDISS_derivate_00000006132/pmrdis300309Abgabeverion.pdf;jsessionid=94BF8049F85F15CCB9C9B35A208EE3A7?hosts=.](http://www.diss.fu-berlin.de/diss/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDISS_derivate_00000006132/pmrdis300309Abgabeverion.pdf;jsessionid=94BF8049F85F15CCB9C9B35A208EE3A7?hosts=)

Seller, H. (2007). *Physiologie*. Stuttgart: Thieme Verlag.

Sheu S. et al. (2003). Effects of Progressive Muscle Relaxation on Blood Pressure and Psychosocial Status for Clients with Essential Hypertension in Taiwan. *Holist nurse Practice* 16 (1), 41-47.

Sockoll, I., Kramer, I. & Bödeker, W. (2008). *Wirksamkeit und Nutzen betrieblicher Gesundheitsförderung und Prävention. Zusammenstellung der wissenschaftlichen Evidenz 2000 bis 2006*. IGA-Report 13. BKK Bundesverband, BGAG – Institut Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, AOK-Bundesverband, Verband der Ersatzkassen e. V.

Strümpell, J. (2007). *Zusammenhang zwischen Stressempfindung, Stressverarbeitung und Herzfrequenzvariabilität bei Beschäftigten in der industriellen Produktion*. Dissertation. Medizinische Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München.

Sultan-Taieb H. et al (2013). The annual costs of cardiovascular diseases and mental disorders attributable to job strain in France. *BMC Public Health* 13 (13), 748.

Techniker-Krankenkasse (TK). *Progressive Muskelentspannung*. Audio-CD.

Trepel, M. (Hrsg.) (2008). *Neuroanatomie. Struktur und Funktion* (4. Auflage). München: Elsevier GmbH.

Trojan, A. & Legewie, H. (2001). *Nachhaltige Gesundheit und Entwicklung. Leitbilder, Politik und Praxis der Gestaltung gesundheitsförderlicher Umwelt- und Lebensbedingungen*. Frankfurt/M.: VAS-Verlag für akademische Schriften.

Urban, K. (2013). *Stress am Arbeitsplatz als Risikofaktor für den Myokardinfarkt*. Dissertation. Freie Universität Berlin. Online in Internet: URL: http://www.diss.fu-berlin.de/diss/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDISS_derivate_000000013364/Jobstress_Myokardinfarkt_UrbanxK.pdf?hosts=

Waller, H. (2006). *Gesundheitswissenschaft – Eine Einführung in Grundlagen und Praxis* (4. überarbeitete u. erweiterte Auflage). Stuttgart: Kohlhammer Verlag.

Weber, C. S. (2010). *Psychologische und biologische Marker von Stress und autonomer Imbalance als Risikofaktoren für kardiovaskuläre und andere chronische Krankheiten*. Medizinische Fakultät Charite. Abteilung Psychosomatik und Psychotherapie. Universitätsmedizin Berlin. Online in Internet: URL: http://www.diss.fu-berlin.de/diss/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDISS_derivate_00000009248/Habilschrift_elektronisch_final_ohne_Artikel.pdf;jsessionid=EAF31B1EBF38ED8FF54BF08B346E1154?hosts=. PDF.

Zerssen, D. v. & Koeller, D. M. (1976). *Befindlichkeitsskala Bf-S und Bf-S´*. Weinheim: Beltz-Verlag.

16. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Die Spektralbereiche der Herzratenvariabilität (aus Malik et al. 1996)

Abb. 2a: Portables Bio Pac MP 36 Gerät

Abb. 2b: Brustgurt der Firma Bio Pac

Abb. 2c: Atemfrequenz Taktungsprogramm Deep Breathing

Abb. 2d: CD Player Technics SL- XP 190 und Kopfhörer Sennheiser HD 535

Abb. 3: Befindlichkeitstest: MW und STABW prä/post zu den Merkmalspaaren

Abb. 4 a: Säulendiagramm. MW/STABW, FFT HF, PMR Messung 1-3, Mann/Frau

Abb. 4 b: Säulendiagramm: MW/STABW, RMSSD, PMR Messung 1-3, Mann/Frau

Abb. 4 c: Säulendiagramm: MW/STABW, SD1, PMR Messung 1-3, Mann/Frau

Abb. 4 d: Säulendiagramm. MW/STABW, FFT LF, PMR Messung 1-3, Mann/Frau

Abb. 4 e: Säulendiagramm. MW/STABW, FFT VLF, PMR Messung 1-3,
Mann/Frau

Abb. 5 a: MW/STABW Männer SQRT Geschlecht x Behandlung (1=prä; 2= post) x
Atemfrequenz (1=10/min; 2=14/min) > TA Atemfrequenz (AF1/AF2) HF Männer

Abb. 5 b: MW/STABW Frauen SQRT Geschlecht x Behandlung (1=prä; 2= post) x
Atemfrequenz (1=10/min; 2=14/min) > TA Atemfrequenz (AF1/AF2) HF Frauen

Abb. 5 c: MW/STABW Männer SQRT Geschlecht x Behandlung (1=prä; 2= post) x
Atemfrequenz (1=10/min; 2=14/min) > TA Atemfrequenz (AF1/AF2) LF Männer

Abb. 5 d: MW/STABW Frauen SQRT Geschlecht x Behandlung (1=prä; 2= post) x
Atemfrequenz (1=10/min; 2=14/min) > TA Atemfrequenz (AF1/AF2) LF Frauen

Abb. 5 e: MW/STABW Männer SQRT Geschlecht x Behandlung (1=prä; 2= post) x
Atemfrequenz (1=10/min; 2=14/min) > TA Atemfrequenz (AF1/AF2) VLF Männer

Abb. 5 f: MW/STABW Frauen SQRT Geschlecht x Behandlung (1=prä; 2= post) x
Atemfrequenz (1=10/min; 2=14/min) > TA Atemfrequenz (AF1/AF2) VLF Frauen

Abb. 6 a: MW/STABW Männer SQRT Geschlecht x Behandlung x Körperposition
> TA Körperposition (Liegend/Sitzend) Hf Männer

Abb. 6 b: MW/STABW Frauen SQRT Geschlecht x Behandlung x Körperposition > TA Körperposition (Liegend/Sitzend) HF Frauen

Abb. 6 c: MW/STABW Männer SQRT Geschlecht x Behandlung x Körperposition > TA Körperposition (Liegend/Sitzend) RMSSD Männer

Abb. 6 d: MW/STABW Frauen SQRT Geschlecht x Behandlung x Körperposition > TA Körperposition (Liegend/Sitzend) RMSSD Frauen

Abb. 6 e: MW/STABW Männer Quadriert Geschlecht x Behandlung x Körperposition > TA Körperposition (Liegend/Sitzend) LF Männer

Abb. 6 f: MW/STABW Frauen Quadriert Geschlecht x Behandlung x Körperposition > TA Körperposition (Liegend/Sitzend) LF Frauen

Abb. 6 g: MW/STABW Männer Quadriert Geschlecht x Behandlung x Körperposition > TA Körperposition (Liegend/Sitzend) VLF Männer

Abb. 6 h: MW/STABW Frauen Quadriert Geschlecht x Behandlung x Körperposition > TA Körperposition (Liegend/Sitzend) VLF Frauen

17. Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Zeitbezogene Parameter der HRV

Tab. 2: Frequenzbezogene Parameter der HRV

Tab. 3: Standardisierter Ablauf des Versuchs

Tab. 4: Ein- und Ausschlusskriterien für die Probanden

Tab. 5: Anleitung zur PMR, Langform

Tab. 6: Anleitung zur TA

Tab. 7: Signifikanzwerte der Hypothesentests. Merkmalspaare (Signifikanzniveau $p < 0,05$).

Tab. 8: Befindlichkeitstest: Absolute Werte, Mittelwerte, Standardabweichungen und Variationskoeffizienten. Frauen.

Tab. 9: Befindlichkeitstest: Absolute Werte, Mittelwerte, Standardabweichungen und Variationskoeffizienten. Männer

Tab. 10: MW/STABW, PMR Messung 1-3, Mann/Frau

Tab. 11: MW/STABW FFT LF/HF Ratio, PMR Messung 1-3, Mann/Frau

Tab. 12: Friedman. Asymptotische Signifikanz, PMR Messung 1-3, Mann/Frau

Tab. 13: Anova. Asymptotische Signifikanz, PMR Messung 1-3, Mann/Frau

Tab. 14: MW/STABW, TA Messung prä/post, Mann/Frau

Tab. 15: Anova. Asymptotische Signifikanz, TA Messung , Mann/Frau

18. Abkürzungsverzeichnis

BGM	Betriebliches Gesundheitsmanagement
BRS	Baroreflexsensitivität
EKG	Elektrokardiogramm
FFT	Fast Fourier Transformation
HF	High frequency
HR	Herzrate, Herzfrequenz
HRV	Herzratenvariabilität
LF	Low frequency
LF/HF Ratio	LF/HF Quotient
mean HR	mean heart rate, durchschnittliche Herzfrequenz
MW	Mittelwert
NN	normal-to-normal-interval, Abstände zwischen zwei Herzschlägen
NN50	Anzahl der Intervalle mit mindestens 50 ms Abweichung vom vorausgehenden Intervall
PMR	Progressive Muskelrelaxation
pNN50	Prozentsatz der Intervalle mit mindestens 50 ms Abweichung vom vorausgehenden Intervall
PSA	Power-Spectral-Analyse
PSQ	Perceived Stress Questionnaire
RMSSD	root mean square successive differences, Quadratwurzel aus der Differenz der aufeinander folgenden NN-Intervallen
RSA	respiratorische Sinusarrythmie

SDNN	Standard deviation of normal-to-normal intervals, Standardabweichung aller NN-Werte
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
STABW	Standardabweichung
TA	Taktatmung
VLF	Very low frequency power
VNS	Vegetatives Nervensystem

19. Anhang

19.1 Ergänzende Abbildungen und Tabellen

Tab. 7.1: Signifikanzwerte der Hypothesentests. Merkmalspaare (Signifikanzniveau $p < 0,05$).

Abhängige Tests	Frisch/ matt	Froh/ schwer- mütig	Fried- lich/ gereizt	Ent- spannt/ ange- spannt	Glück- lich/ unglück- lich	Ausge- glichen/ hektisch	Ruhig/ unru- hig	Müde/ ausge- ruht
T- Statistik EXCEL Mann/Frau	0,629 0,451	0,410 0,373	0,064 0,103	0,002 0,058	0,555 0,047	0,033 0,020	0,022 0,082	0,392 0,024
T-Test EXCEL Mann/Frau	0,629 0,451	0,410 0,373	0,0642 0,103	0,0028 0,058	0,555 0,047	0,033 0,020	0,022 0,082	0,392 0,024
T-Test SPSS Mann	0,630	0,410	0,064	0,003	0,555	0,033	0,023	0,392
Wilcoxon- Test SPSS Mann	0,797	0,474	0,065	0,011	0,480	0,036	0,028	0,385
T-Test SPSS Frau	0,452	0,373	0,104	0,058	0,047	0,020	0,083	0,024
Wilcoxon- Test SPSS Frau	0,414	0,438	0,020	0,074	0,027	0,025	0,075	0,050
T-Test SPSS Mann & Frau	0,363	0,229	0,011	0,000	0,043	0,001	0,003	0,043
Wilcoxon- Test SPSS Mann & Frau	0,410	0,273	0,006	0,002	0,037	0,002	0,004	0,046

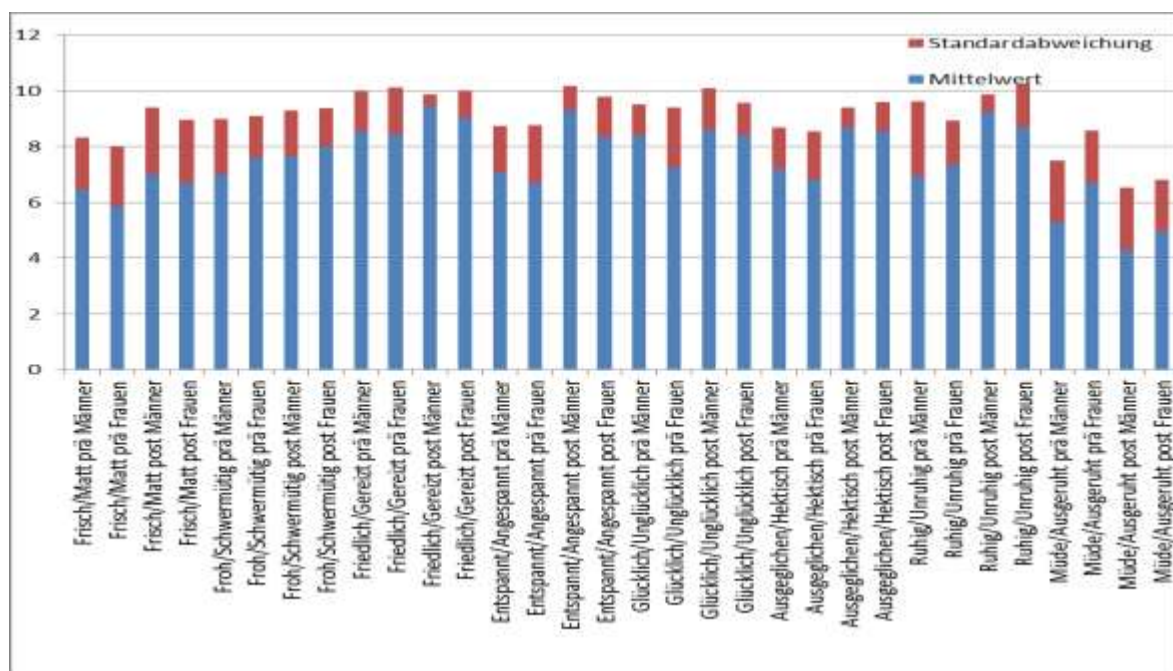


Abb. 3.1: Befindlichkeitstest: MW und STABW prä /post zu den Merkmalspaaren

Tab. 8.1: Befindlichkeitstest: Absolute Werte, Mittelwerte, Standardabweichungen und Variationskoeffizienten. Frauen.

VP ID: Frau	Glück- lich	Un- glück- lich	Mü- de	Ausge- ruht	Ent- spannt	Ange- spannt	Ru- hig	Unru- hig	Fried- lich	Ge- reizt
Absol- uter Wert	Prä 66 Post 77	Prä 79 Post 90	Prä 63 Post 54	Prä 71 Post 45	Prä 59 Post 78	Prä 75 Post 89	Prä 63 Post 82	Prä 84 Post 92	Prä 80 Post 86	Prä 89 Post 95
Diffe- renz	11	11	9	26	19	14	19	8	6	6
Mittel- wert	Prä 6,6 Post 7,7	Prä 7,9 Post 9,0	Prä 6,3 Post 5,4	Prä 7,1 Post 4,5	Prä 5,9 Post 7,8	Prä 7,5 Post 8,9	Prä 6,3 Post 8,2	Prä 8,4 Post 9,2	Prä 8,0 Post 8,6	Prä 8,9 Post 9,5
STABW Prä	2,319	2,024	2,057	1,791	1,663	2,758	1,766	2,011	2,260	1,370
STABW Post	1,251	1,154	1,955	2,223	2,043	1,100	2,201	1,032	1,505	0,707
VK Prä	0,351	0,256	0,326	0,252	0,281	0,367	0,280	0,239	0,282	0,153
VK Post	0,162	0,128	0,362	0,494	0,262	0,123	0,268	0,122	0,175	0,074

Tab. 9.1: Befindlichkeitstest: Absolute Werte, Mittelwerte, Standardabweichungen und Variationskoeffizienten. Männer

VP ID: Mann	Glück- lich	Un- glück- lich	Mü- de	Ausge- ruht	Ent- spannt	Ange- spannt	Ru- hig	Unru- hig	Fried- lich	Ge- reizt
Abso- luter Wert	Prä 81 Post 82	Prä 87 Post 90	Prä 59 Post 54	Prä 47 Post 32	Prä 69 Post 90	Prä 72 Post 96	Prä 64 Post 86	Prä 74 Post 96	Prä 76 Post 93	Prä 95 Post 96
Diffe- renz	1	3	5	15	21	24	22	22	17	1
Mittel- wert	Prä 8,1 Post 8,2	Prä 8,7 Post 9,0	Prä 5,9 Post 5,4	Prä 4,7 Post 3,2	Prä 6,9 Post 9,0	Prä 7,2 Post 9,6	Prä 6,4 Post 8,6	Prä 7,4 Post 9,6	Prä 7,6 Post 9,3	Prä 9,5 Post 9,6
STABW Prä	1,100	1,251	2,885	2,162	1,911	1,549	2,635	2,875	2,633	1,269
STABW Post	1,549	1,490	2,836	2,347	1,699	0,516	0,942	0,516	0,674	0,699
VK Prä	0,135	0,143	0,488	0,460	0,277	0,215	0,411	0,388	0,346	0,133
VK Post	0,188	0,165	0,525	0,733	0,188	0,053	0,109	0,053	0,072	0,072

Abb. 4.1 a-e: PMR Säulendiagramme SQRT

HF

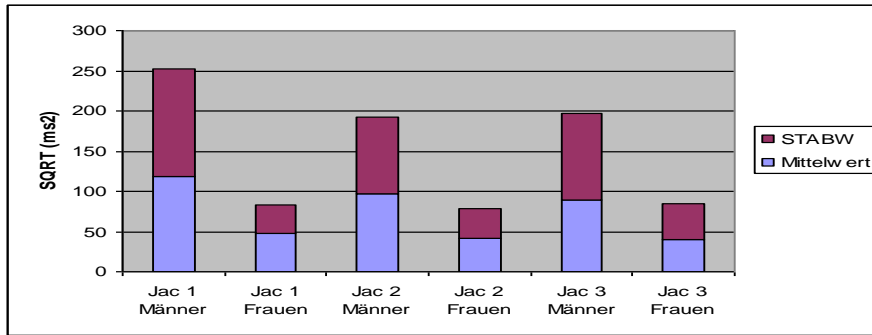


Abb. 4.1 a: Mittelwert/STABW Männer/Frauen SQRT Geschlecht x Block

RMSSD

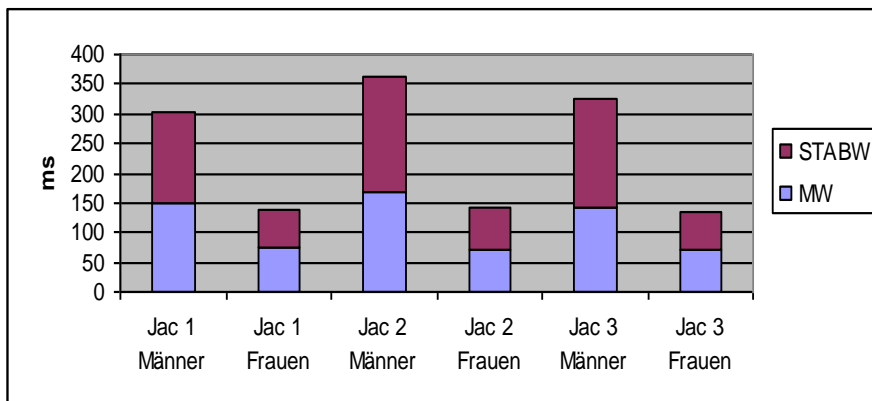


Abb. 4.1 b: Mittelwert/STABW Männer/Frauen SQRT Geschlecht x Block

SD1

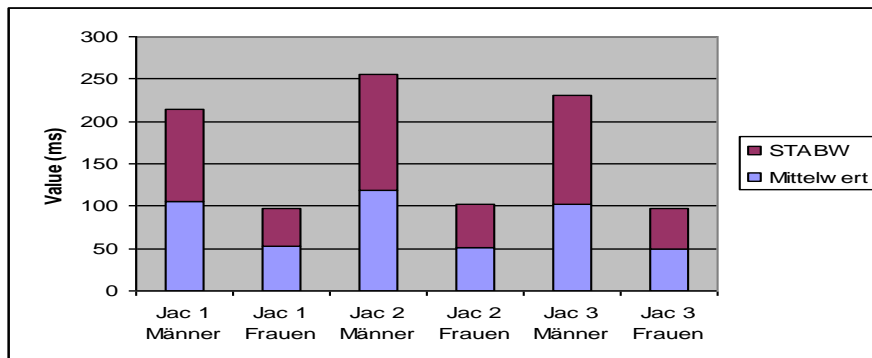


Abb. 4.1 c: Mittelwert/STABW Männer/Frauen SQRT Geschlecht x Block

LF

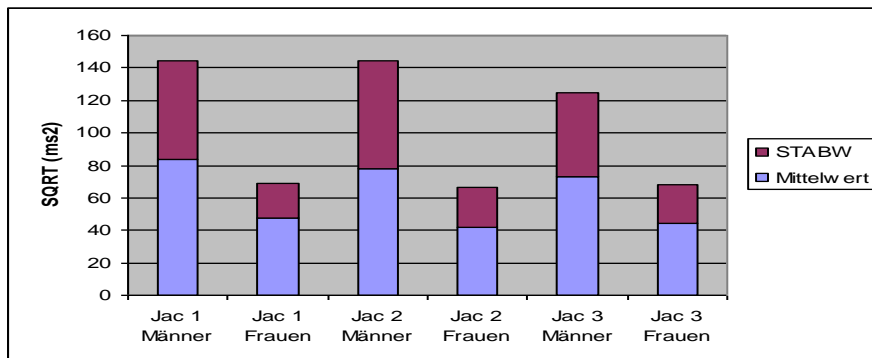


Abb. 4.1 d: Mittelwert/STABW Männer/Frauen SQRT Geschlecht x Block

VLF

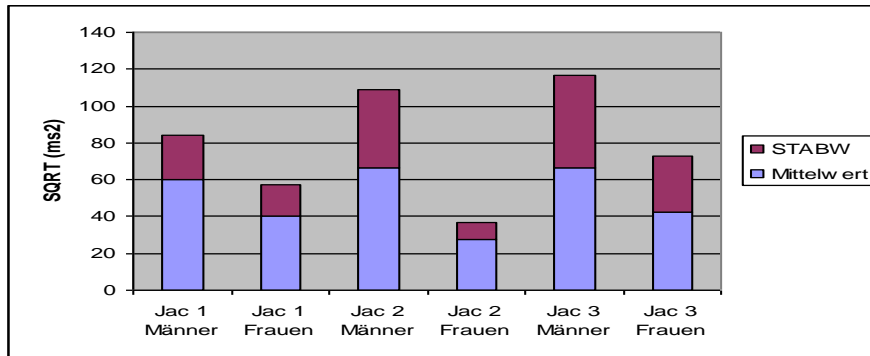


Abb. 4.1 e: Mittelwert/STABW Männer/Frauen SQRT Geschlecht x Block

Tab. 13.1: Anova. Asymptotische Signifikanz, PMR Messung 1-3, Mann/Frau

	Innersubjektiveffekte	Zwischensubjektiveffekte
FFT HF	Block 0,285 Block*Geschlecht 0,599	Geschlecht 0,120
FFT LF	Block 0,336 Block*Geschlecht 0,669	Geschlecht 0,104
FFT VLF	Block 0,649 Block*Geschlecht 0,438	Geschlecht 0,022
SD 1	Block 0,216 Block*Geschlecht 0,325	Geschlecht 0,187
SD 2	Block 0,567 Block*Geschlecht 0,444	Geschlecht 0,107
RR-Intervall	Block 0,367 Block*Geschlecht 0,533	Geschlecht 0,184
RMSSD	Block 0,252 Block*Geschlecht 0,282	Geschlecht 0,184
NN50	Block 0,254 Block*Geschlecht 0,457	Geschlecht 0,240
pNN50	Block 0,277 Block*Geschlecht 0,899	Geschlecht 0,103

Tab. 14.1: MW/STABW, TA Messung prä/post, Mann/Frau

	Männer				Frauen			
	AF 1 prä	AF 2 prä	Liegend prä	Sitzend prä	AF 1 Prä	AF 2 prä	Liegend prä	Sitzend prä
MW	9348.9	6280.9	9566.5	5584.7	4743.5	3118.3	7117.9	4373.3
STABW	13249.53	8865.40	10699.46	4770.13	7088.10	5259.40	7983.66	4861.83
Diff. %	-33,08		-55,41		-25,79		-39,10	
VK	1,41	1,41	1,12	0,85	1,49	1,67	1,12	1,11
	AF 1 post	AF 2 post	Liegend post	Sitzend post	AF 1 Post	AF 2 post	Liegend post	Sitzend post
MW	10787.7	4197.2	10663.1	4893.2	7048.4	4922.4	5078.2	4893.2
STABW	13471.61	7111.98	14064.02	6208.56	10498.4	9880.41	8150.30	6208.56
Diff. %	-47,20		-55,85		-5,88		-23,82	
VK	1,24	1,69	1,32	1,27	1,49	2,01	1,60	1,27
LF	AF 1 prä	AF 2 prä	Liegend prä	Sitzend prä	AF 1 Prä	AF 2 prä	Liegend prä	Sitzend prä

MW	1070.7	1463.3	4972	1658	479.5	1463.3	695.7	963.7
STABW	1128.37	1954.13	9642.07	1023.37	421.26	1954.13	794.06	899.75
Diff. %	+73,18		-89,38		+363, 87		+13,31	
VK	1,05	1,33	1,94	0,62	0,88	1,33	1,14	0,93
	AF 1 post	AF 2 post	Liegend post	Sitzend post	AF 1 Post	AF 2 post	Liegend post	Sitzend post
MW	5734.9	1674.1	2099.9	3978.2	5734.9	1674.1	692.9	1684.9
STABW	13781.18	1729.40	2237.66	2739.49	13781.1	1729.40	434.59	1332.86
Diff. %	-87,45		+22,42		-87,45		+206,69	
VK	2,40	1,03	1,94	0,62	2,40	1,03	0,62	0,79
VLF	AF 1 prä	AF 2 prä	Liegend prä	Sitzend prä	AF 1 Prä	AF 2 prä	Liegend prä	Sitzend prä
MW	1486.9	1829.5	2746.7	5473.1	621	1829.5	780.5	2252.3
STABW	1515.98	1174.80	3691.84	5789.07	580.39	1174.80	911.86	1899.92
Diff. %	-22,50		+56,80		+102,41		+108,35	
VK	1,01	0,64	1,34	1,05	0,93	0,64	1,17	0,84
	AF 1 post	AF 2 post	Liegend post	Sitzend post	AF 1 Post	AF 2 post	Liegend post	Sitzend post
MW	2181.4	3199	1723.4	10606.2	784.2	815.2	1010.3	2868
STABW	1551.15	2513.39	1699.21	12190.8	570.05	639.60	910.68	2178.00
Diff. %	+62,03		+617,43		+12,20		+139,16	
VK	0,71	0,78	0,98	1,15	0,73	0,78	0,90	0,76
SD 1	AF 1 prä	AF 2 prä	Liegend prä	Sitzend prä	AF 1 Prä	AF 2 prä	Liegend prä	Sitzend prä
MW	83.08	79	112.59	75.46	47.1	45.44	66.55	62.33
STABW	38.54	48.61	132.90	43.71	38.54	48.61	55.00	25.66
Diff. %	+26,12		-67,11		+26,12		-53,34	
VK	0,46	0,61	1,18	0,58	0,82	1,06	0,83	0,41
	AF 1 post	AF 2 post	Liegend post	Sitzend post	AF 1 Post	AF 2 post	Liegend post	Sitzend post
MW	88.73	81.53	98.79	78.65	57	51.82	67.45	60.91
STABW	57.12	57.77	80.87	57.86	57.12	57.77	64.97	28.98
Diff. %	+1,13		-28,45		+1,13		-55,39	
VK	0,64	0,71	0,81	0,73	1,00	1,11	0,96	0,48
SD 2	AF 1 prä	AF 2 prä	Liegend prä	Sitzend prä	AF 1 Prä	AF 2 prä	Liegend prä	Sitzend prä
MW	151.61	120.17	159.44	191.92	92.51	72.73	121.39	134.54
STABW	101.92	91.23	109.58	83.24	54.57	44.42	57.00	51.26
Diff. %	-10,48		-24,03		-18,59		-10,07	
VK	0,67	0,75	0,68	0,43	0,58	0,61	0,46	0,38
	AF 1 post	AF 2 post	Liegend post	Sitzend post	AF 1 Post	AF 2 post	Liegend post	Sitzend post
MW	156.2	142.53	165.65	204.28	111.99	91.01	114.04	152.93
STABW	82.08	80.95	103.02	86.50	69.60	42.74	53.32	47.84
Diff. %	-1,13		-16,03		-38,59		-10,27	
VK	0,52	0,56	0,62	0,42	0,62	0,46	0,46	0,31
NN50	AF 1 prä	AF 2 prä	Liegend prä	Sitzend prä	AF 1 Prä	AF 2 prä	Liegend prä	Sitzend prä
MW	82.8	77.4	46.1	44.5	63.9	58.9	39.2	37.5
STABW	54.86	60.86	29.34	21.09	49.44	55.20	22.69	19.34
Diff. %	+10,93		-28,11		+11,65		-14,76	
VK	0,66	0,78	0,63	0,47	0,77	0,93	0,57	0,51
	AF 1 post	AF 2 post	Liegend post	Sitzend post	AF 1 Post	AF 2 post	Liegend post	Sitzend post
MW	99.3	99.4	49.4	44.3	67	59.8	37.2	41.1
STABW	68.89	69.72	27.15	25.09	49.07	52.67	23.13	19.87

Diff. % VK	+1,20 0,69	0,70	-7,58 0,54	0,56	+7,33 0,73	0,88	-14,09 0,62	0,48
pNN50	AF 1 prä	AF 2 prä	Liegend prä	Sitzend prä	AF 1 Prä	AF 2 prä	Liegend prä	Sitzend prä
MW	41.36	37.86	45.66	38.48	28.01	25.62	36.87	30.01
STABW	30.75	31.35	29.39	22.01	24.25	26.64	24.62	15.89
Diff. %	+1,95		-25,11		+9,85		-35,45	
VK	0,74	0,82	0,64	0,57	0,86	1,03	0,66	0,52
	AF 1 post	AF 2 post	Liegend post	Sitzend post	AF 1 Post	AF 2 post	Liegend post	Sitzend post
MW	46.25	46.11	49.55	37.714	31.2	28.02	36.69	34.09
STABW	29.04	29.62	24.45	20.19	25.31	27.30	25.72	17.12
Diff. %	+1,99		-17,42		+7,86		-33,43	
VK	0,62	0,64	0,49	0,53	0,81	0,97	0,70	0,50
RMSSD	AF 1 prä	AF 2 prä	Liegend prä	Sitzend prä	AF 1 Prä	AF 2 prä	Liegend prä	Sitzend prä
MW	117,2	111,44	158,38	101,88	66,45	64,1	93,66	87,77
STABW	105,85	107,88	186,85	66,07	54,34	68,53	77,32	36,14
Diff. %	+1,91		-64,64		+26,11		-53,25	
VK	0,90	0,96	1,17	0,64	0,81	1,06	0,82	0,41
	AF 1 post	AF 2 post	Liegend post	Sitzend post	AF 1 Post	AF 2 post	Liegend post	Sitzend post
MW	125,14	114,99	138,95	110,738	80,38	73,07	91,71	83,44
STABW	98,59	100,40	113,75	81,51	80,53	81,45	92,24	43,80
Diff. %	+1,83		-28,34		+1,14		-52,51	
VK	0,78	0,87	0,81	0,73	1,00	1,11	1,00	0,52

TA Atemfrequenz (AF1/AF2) RMSSD Männer

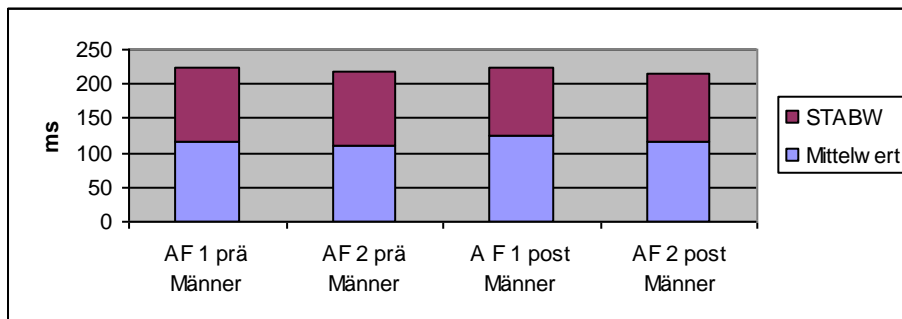


Abb. 5.1 a: Mittelwert/STABW Männer SQRT Geschlecht x Behandlung (1=prä; 2= post) x Atemfrequenz (1=10/min; 2=14/min)

TA Atemfrequenz (AF1/AF2) RMSSD Frauen

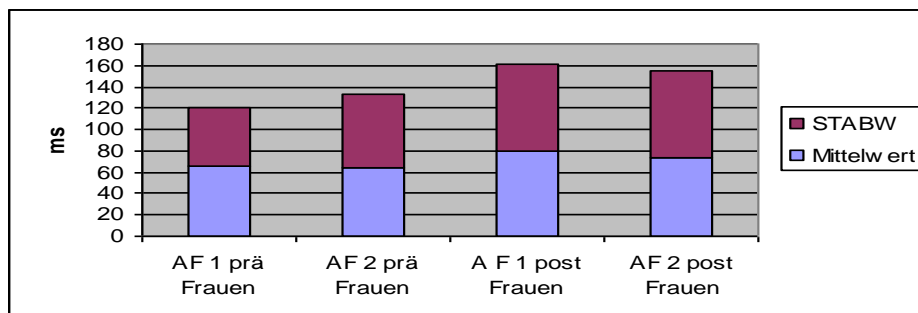


Abb. 5.1 b: Mittelwert/STABW Frauen SQRT Geschlecht x Behandlung (1=prä; 2= post) x Atemfrequenz (1=10/min; 2=14/min)

TA Atemfrequenz (AF1/AF2) LF Frauen

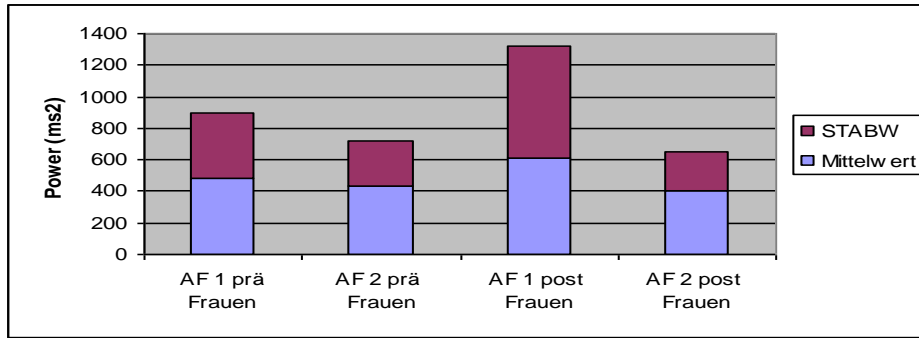


Abb. 5.1 c: Mittelwert/STABW Frauen Quadriert Geschlecht x Behandlung (1=prä; 2= post) x Atemfrequenz (1=10/min; 2=14/min)

TA Atemfrequenz (AF1/AF2) VLF Frauen

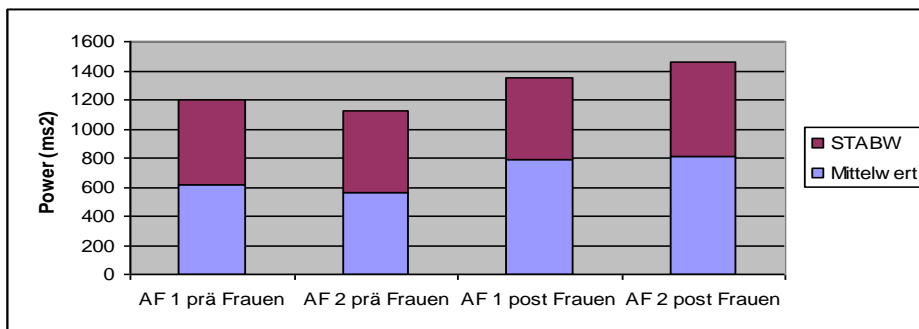


Abb. 5.1 d: Mittelwert/STABW Frauen Quadriert Geschlecht x Behandlung (1=prä; 2= post) x Atemfrequenz (1=10/min; 2=14/min)

TA Körperposition (Liegend/Sitzend) LF Männer

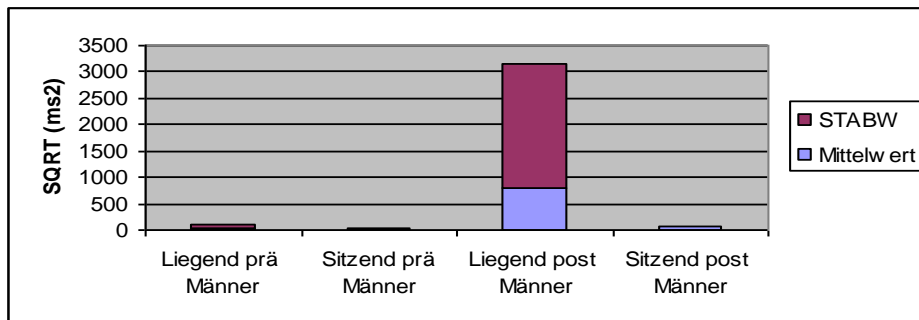


Abb. 6.1 a: Mittelwert/STABW Männer SQRT Geschlecht x Behandlung x Körperposition

TA Körperposition (Liegend/Sitzend) LF Frauen

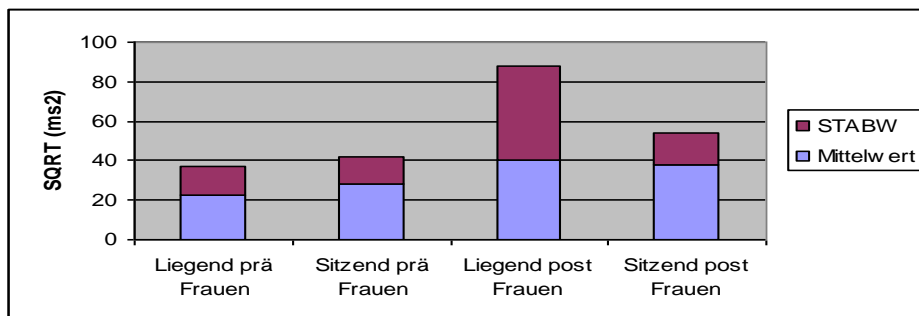


Abb. 6.1 b: Mittelwert/STABW Frauen SQRT Geschlecht x Behandlung x Körperposition

TA Körperposition (Liegend/Sitzend) VLF Männer

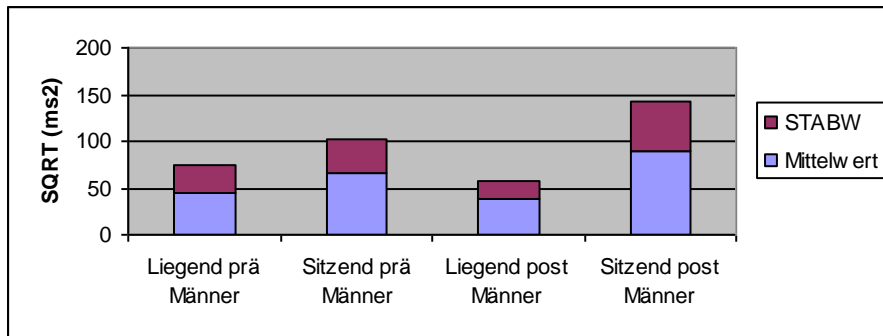


Abb. 6.1 c: Mittelwert/STABW Männer SQRT Geschlecht x Behandlung x Körperposition

TA Körperposition (Liegend/Sitzend) VLF Frauen

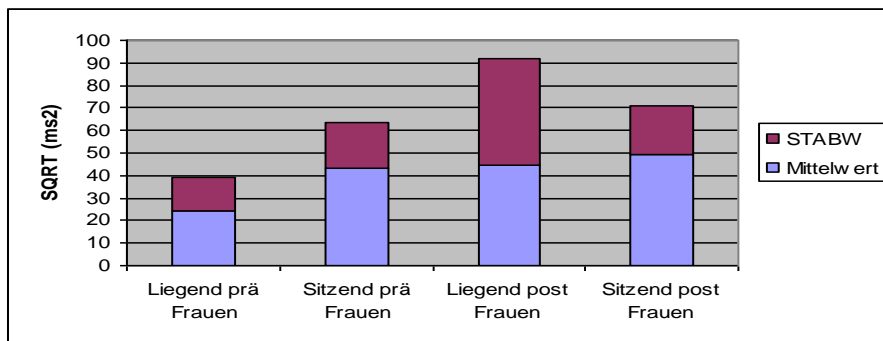


Abb. 6.1 d: Mittelwert/STABW Frauen SQRT Geschlecht x Behandlung x Körperposition

Tabelle 15.1: Anova. Asymptotische Signifikanz, TA Messung , Mann/Frau

Atemfrequenz		
	Innersubjektiveffekte	Zwischensubjektiveffekte
FFT HF	Atemfrequenz 0,012 Atemfrequenz*Geschlecht 0,494 Sitzung 0,528 Sitzung*Geschlecht 0,371 Atemfrequenz*Sitzung 0,083 Atemfrequenz*Sitzung*Geschlecht 0,248	Geschlecht 0,503
RMSSD	Atemfrequenz 0,296 Atemfrequenz*Geschlecht 0,844 Sitzung 0,187 Sitzung*Geschlecht 0,634 Atemfrequenz*Sitzung 0,609 Atemfrequenz*Sitzung*Geschlecht 0,968	Geschlecht 0,244
SD 1	Atemfrequenz 0,314 Atemfrequenz*Geschlecht 0,806 Sitzung 0,199 Sitzung*Geschlecht 0,664 Atemfrequenz*Sitzung 0,552 Atemfrequenz*Sitzung*Geschlecht 0,974	Geschlecht 0,247
SD 2	Atemfrequenz 0,012 Atemfrequenz*Geschlecht 0,869 Sitzung 0,011 Sitzung*Geschlecht 0,607 Atemfrequenz*Sitzung 0,331	Geschlecht 0,126

	Atemfrequenz*Sitzung*Geschlecht 0,292	
NN50	Atemfrequenz 0,246 Atemfrequenz*Geschlecht 0,682 Sitzung 0,048 Sitzung*Geschlecht 0,100 Atemfrequenz*Sitzung 0,753 Atemfrequenz*Sitzung*Geschlecht 0,511	Geschlecht 0,291
pNN50	Atemfrequenz 0,184 Atemfrequenz*Geschlecht 0,745 Sitzung 0,009 Sitzung*Geschlecht 0,253 Atemfrequenz*Sitzung 0,569 Atemfrequenz*Sitzung*Geschlecht 0,412	Geschlecht 0,247
LF	Atemfrequenz 0,499 Atemfrequenz*Geschlecht 0,694 Sitzung 0,221 Sitzung*Geschlecht 0,254 Atemfrequenz*Sitzung 0,229 Atemfrequenz*Sitzung*Geschlecht 0,376	Geschlecht 0,045
VLF	Atemfrequenz 0,246 Atemfrequenz*Geschlecht 0,245 Sitzung 0,008 Sitzung*Geschlecht 0,223 Atemfrequenz*Sitzung 0,739 Atemfrequenz*Sitzung*Geschlecht 0,983	Geschlecht 0,001
Körperposition		
FFT HF	Bodyposition 0,216 Bodyposition*Geschlecht 0,710 Sitzung 0,654 Sitzung*Geschlecht 0,370 Bodyposition*Sitzung 0,509 Bodyposition*Sitzung*Geschlecht 0,409	Geschlecht 0,387
RMSSD	Bodyposition 0,462 Bodyposition*Geschlecht 0,513 Sitzung 0,645 Sitzung*Geschlecht 0,325 Bodyposition*Sitzung 0,463 Bodyposition*Sitzung*Geschlecht 0,950	Geschlecht 0,650
SD 1	Bodyposition 0,215 Bodyposition*Geschlecht 0,392 Sitzung 0,726 Sitzung*Geschlecht 0,751 Bodyposition*Sitzung 0,551 Bodyposition*Sitzung*Geschlecht 0,434	Geschlecht 0,314
SD 2	Bodyposition 0,014 Bodyposition*Geschlecht 0,678 Sitzung 0,328 Sitzung*Geschlecht 0,801 Bodyposition*Sitzung 0,331 Bodyposition*Sitzung*Geschlecht 0,547	Geschlecht 0,126
NN50	Bodyposition 0,614 Bodyposition*Geschlecht 0,324 Sitzung 0,636 Sitzung*Geschlecht 0,880 Bodyposition*Sitzung 0,756 Bodyposition*Sitzung*Geschlecht 0,189	Geschlecht 0,471

pNN50	Bodyposition 0,036 Bodyposition*Geschlecht 0,456 Sitzung 0,425 Sitzung*Geschlecht 0,929 Bodyposition*Sitzung 0,948 Bodyposition*Sitzung*Geschlecht 0,152	Geschlecht 0,379
LF	Bodyposition 0,504 Bodyposition*Geschlecht 0,726 Sitzung 0,180 Sitzung*Geschlecht 0,589 Bodyposition*Sitzung 0,323 Bodyposition*Sitzung*Geschlecht 0,109	Geschlecht 0,086
VLF	Bodyposition 0,002 Bodyposition*Geschlecht 0,086 Sitzung 0,121 Sitzung*Geschlecht 0,745 Bodyposition*Sitzung 0,502 Bodyposition*Sitzung*Geschlecht 0,076	Geschlecht 0,079

19.2 Beispielinformationsblatt, zum Fragebogen gehörend:

Studie zum Einfluss der Entspannungstechniken Progressive Muskelentspannung nach Jacobson und der definierten Atmung auf die Herzratenvariabilität bei gesunden Freiwilligen

Sehr geehrter Versuchsteilnehmer, sehr geehrte Versuchsteilnehmerin, ich bedanke mich für Ihre Bereitschaft, an meiner Studie teilzunehmen. Im Folgenden finden Sie u. a. eine Reihe von Eigenschaften. Bitte entscheiden Sie, ohne lange nachzudenken, auf einer Skala von 1 bis 10, wie ihr aktueller Gemütszustand ist.

1 = Gar nicht zutreffend

10 = Voll zutreffend

Die Ausfüllung des Fragebogens wird ca.15 Minuten in Anspruch nehmen, die deutschen Datenschutzgesetze werden eingehalten.

Vielen Dank für Ihre Teilnahme.

Beispielfragebogen:

	Trifft gar nicht zu									Trifft zu
1.) Frisch	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.) Matt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.) Froh	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.) Schwermütig	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5.) Gereizt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6.) Friedlich	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7.) Entspannt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

8.) Angespannt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9.) Glücklich	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10.) Unglücklich	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11.) Ausgeglichen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12.) Hektisch	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13.) Ruhig	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
14.) Unruhig	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15.) Müde	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16.) Ausgeruht	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

17.) Rauchen Sie?

Ja Nein

18.) Wenn ja, wie viele Zigaretten pro Tag?

19.) Arbeiten Sie im Schichtdienst?

Ja Nein

20.) Haben Sie regelmäßigen Nachtdienst?

Ja Nein

21.) Wie gut schlafen Sie?

Für Frauen

22.) Wann war der letzte Tag ihrer letzten Periode?

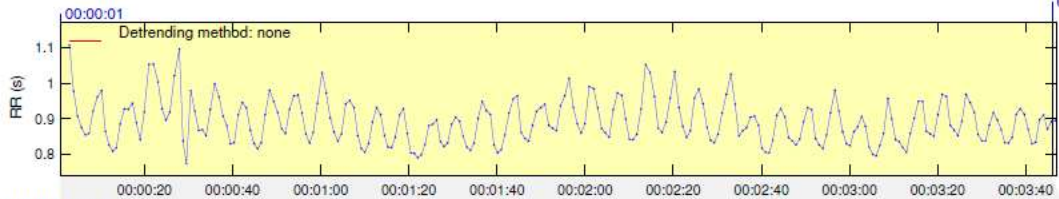
Vielen Dank für die Teilnahme ☺

19.3 Beispielhafter Auswertungsbogen

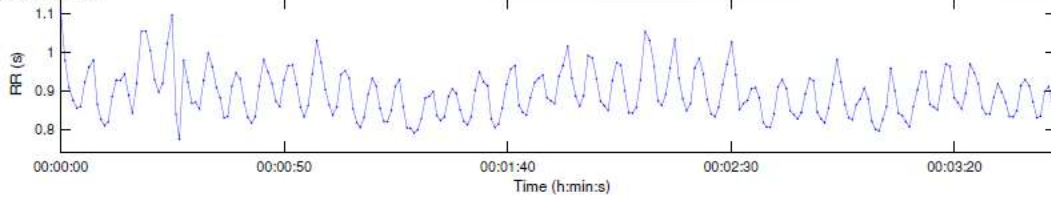
HRV Analysis Results

RR Interval Time Series

Results for a single sample



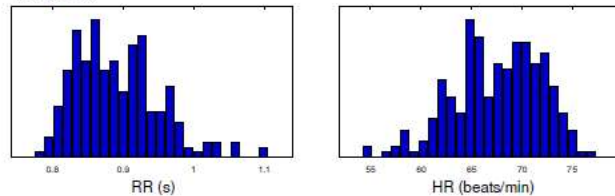
Selected RR Series



Time-Domain Results

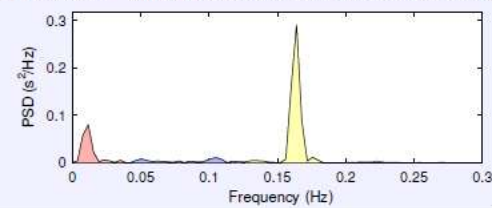
Variable	Units	Value
Mean RR*	(ms)	892.2
STD RR (SDNN)	(ms)	60.1
Mean HR*	(1/min)	67.54
STD HR	(1/min)	4.39
RMSSD	(ms)	52.5
NN50	(count)	91
pNN50	(%)	36.4
RR triangular index		13.211
TINN	(ms)	220.0

Distributions*



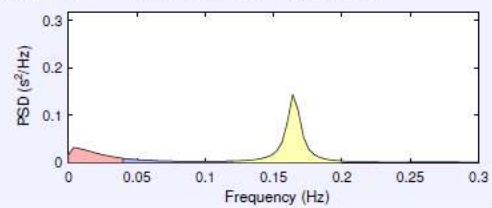
Frequency-Domain Results

FFT spectrum (Welch's periodogram: 256 s window with 50% overlap)



Frequency Band	Peak (Hz)	Power (ms ²)	Power (%)	Power (n.u.)
VLF (0-0.04 Hz)	0.0117	709	21.6	
LF (0.04-0.12 Hz)	0.1055	292	8.9	11.3
HF (0.12-0.2 Hz)	0.1641	2282	69.4	88.5
Total		3287		
LF/HF		0.128		

AR Spectrum (AR model order = 32, not factorized)

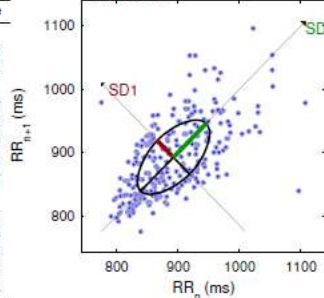


Frequency Band	Peak (Hz)	Power (ms ²)	Power (%)	Power (n.u.)
VLF (0-0.04 Hz)	0.0039	809	23.1	
LF (0.04-0.12 Hz)	0.0430	335	9.6	12.5
HF (0.12-0.2 Hz)	0.1641	2341	67.0	87.1
Total		3496		
LF/HF		0.143		

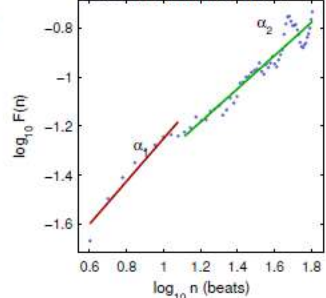
Nonlinear Results

Variable	Units	Value
Poincare plot		
SD1	(ms)	37.2
SD2	(ms)	75.4
Recurrence plot		
Mean line length (Lmean)	(beats)	11.67
Max line length (Lmax)	(beats)	128
Recurrence rate (REC)	(%)	25.57
Determinism (DET)	(%)	98.25
Shannon Entropy (ShanEn)		3.137
Other		
Approximate entropy (ApEn)		0.937
Sample entropy (SampEn)		1.344
Detrended fluctuations (DFA): α_1		0.868
Detrended fluctuations (DFA): α_2		0.674
Correlation dimension (D2)		3.054

Poincare Plot



Detrended fluctuations (DFA)



*Results are calculated from the non-detrended selected RR series.