



universität
wien

Diplomarbeit

Titel der Arbeit

Zusammenhang von Kurzzeit- und
Langzeitableitungen der Herzratenvariabilität mit Sport

Verfasserin

Marion Kitzler

Angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, im Mai 2010

Studienkennzahl: 298

Studienrichtung: Psychologie

Betreuer: A.o. Univ.-Prof. Dr. Michael Trimmel

Danksagung

Im Rahmen dieser Diplomarbeit möchte ich den Personen danken, die mich während meines Studiums unterstützt haben.

Hier sei zuerst meinen Eltern gedankt, welche mich nicht nur finanziell, sondern auch emotional stets unter die Arme gegriffen haben. Auch meinen Brüdern und vor allem meinem Verlobten Markus Mayr gilt mein Dank. Sie alle haben mich stets unterstützt und mir Mut zugesprochen.

Für die kompetente Betreuung und die engagierte fachliche Unterstützung möchte ich Univ.-Prof. Dr. Michael Trimmel danken. Er hat das Thema vorgeschlagen und die Daten der Vergleichsstichprobe zur Verfügung gestellt. Außerdem hat er mir stets mit gutem Rat zur Seite gestanden.

Besonderer Dank gilt auch den Sportvereinen, welche mich bei der Datenerhebung unterstützt haben auch wenn ein enormer Wettkampfstress vorhanden war.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	5
1.1. Problemstellung	5
1.2. Stand des Wissens	5
1.2.1. Herzratenvariabilität	5
1.2.2. Geschichte und Einsatz der Herzratenvariabilität	7
1.2.3. Der medizinische Nutzen der Herzratenvariabilität	9
1.2.4. Standardisierung der Herzratenvariabilität-Aufzeichnung	11
1.2.5. Zeitbereichsanalyse	12
1.2.6. Frequenzbereichsanalysen	13
1.2.7. Messmethodik	15
1.2.8. Was ist Sport	16
1.2.9. Die Metabolische Rate	19
1.2.10. Herzratenvariabilität und Stress	19
1.2.11. Sport und Stress	24
1.2.12. Gesundheit und Herzratenvariabilität	26
1.2.13. Gesundheit und Sport	30
1.2.14. Sport und Herzratenvariabilität	32
1.3. Forschungshypothese	36
2. Methode	39
2.1. Design	39
2.2. Untersuchungsteilnehmer	41
2.3. Untersuchungsbedingungen, -materialien	41
2.3.1. Beschreibung der Verfahren	43

2.4. Geräte	46
2.5. Untersuchungsdurchführung	49
3. Ergebnisse	51
3.1. Zusammenhang zwischen metabolischer Rate und Wohlbefinden beziehungsweise Ängstlichkeit	51
3.2. Zusammenhang zwischen metabolischer Rate und wahrgenommener Belastung	57
3.3. Unterschiede im Ausmaß der frühen Erholung.	59
3.4. Zusammenhang der metabolischen Rate mit Kurz- bzw. Langzeitparametern	61
4. Diskussion	83
4.1. Interpretation	83
4.1.1. Zusammenhang zwischen der metabolischen Rate und dem Wohlbefinden beziehungsweise der Ängstlichkeit.	83
4.1.2. Unterschied in dem Ausmaß der frühen Erholung zwischen Sportlern und Nicht-Sportlern.	84
4.1.3. Zusammenhang zwischen der metabolischen Rate und der empfundenen Belastung.	85
4.1.4. Zusammenhang zwischen der metabolischen Rate und der Herzratenvariabilität.	85
4.2. Kritik	87
Zusammenfassung	89
Abstract	90
Literaturverzeichnis	91
A. Anhang	94
A.1. Kolmogorov-Smirnov-Test	94
A.2. Faktorenanalyse	96

1. Einleitung

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Herzratenvariabilität (HRV) von Sportlern und Nicht-Sportlern. Frühere Untersuchungen konnten zeigen, dass die HRV bei Sportlern höher ausgeprägt ist, als in der nicht aktiven Bevölkerung (Okazaki, 2005, zitiert nach Hottenrott, Hoos und Esperer, 2006). Dies wird darauf zurückgeführt, dass sich die aerobe Leistungsfähigkeit durch das Training verbessert (Okazaki, 2005, zitiert nach Hottenrott et al., 2006). Es gibt 2 unterschiedliche Vorgehensweisen um die HRV zu erfassen, nämlich Langzeitanalysen und Kurzzeitanalysen.

1.1. Problemstellung

In dieser Arbeit soll beleuchtet werden, ob der Zusammenhang des Sport- und Bewegungsausmaßes mit den HRV-Parametern in den beiden Aufzeichnungsarten unterschiedlich hoch ausfällt. Um dies herauszufinden, wird im Laufe der Untersuchung die HRV von Sportlern und Nicht-Sportlern einerseits in einer Langzeitaufzeichnung als auch in einer Kurzzeitaufzeichnung erfasst. Außerdem wird untersucht, ob sportlich aktive Personen durch die höhere HRV auf den experimentell ausgelösten Stress anders reagieren, als nicht sportliche Personen und ob sich ein Zusammenhang zwischen der sportlichen Betätigung, dem Wohlbefinden und dem Angstausmaß der Person zeigt.

1.2. Stand des Wissens

1.2.1. Herzratenvariabilität

Der menschliche Körper wird von Rhythmen bestimmt. So schwingen Nervenimpulse beispielsweise im Millisekundenbereich, Herzschlag, Blutdruck und unsere Atmung im

Minutenbereich. Selbst der Regelzyklus der Frau ist ein Beispiel. Nachdem die westliche Medizin sich lange Zeit nicht mit diesen Rhythmen beschäftigt hat, wird ihnen nun mehr Aufmerksamkeit entgegengebracht. Je gesünder der menschliche Organismus ist, desto häufiger stellen sich die verschiedenen Rhythmen wieder aufeinander ein, und zwar in ganzzahligen Verhältnissen. Beispielsweise zeigt etwa ein Drittel der Menschen einen Rückgang der Pulsfrequenz um das vierfache der Atemfrequenz im Tiefschlaf. Beide Faktoren, also die Schwingungen und deren Koordination zueinander, machen Gesundheit aus. (Klasmann, 2005)

Eine dieser Schwingungen ist die Herzratenvariabilität (HRV). Aus einer Vielzahl von Studien weiß man heute, dass das menschliche Herz keinesfalls gleichmäßig schlägt, beziehungsweise gleichmäßig schlagen sollte. Je unregelmäßiger das Herz schlägt und je schneller sich der Herzschlag an die augenblickliche Situation anpasst, desto gesünder ist der menschliche Organismus (Malik et al., 1996). Dies betrifft sowohl die körperliche als auch die psychische Gesundheit. Damit wir unterschiedlichste Situationen meistern können muss das Herz auf Unterschiede im Alltag schnell reagieren. Der menschliche Körper muss flexibel sein um äußeren Belastungen stand zu halten und um gesund zu bleiben. So zeigt sich eine verringerte HRV bei verschiedenen Krankheiten wie Diabetischer Neuropathie, Fieber, Grippe, Herzerkrankungen, und auch bei psychischen Erkrankungen wie der Depression. Gelingt die flexible Anpassung des Körpers nicht, fühlt sich der Betroffene durch Änderungen in seinem Leben schnell überfordert, da weder Körper noch Geist entsprechend reagieren. Gelingt die Anpassung über einen längeren Zeitraum nicht, bedeutet dies für den Menschen erheblichen Stress und es kommt zu negativen Auswirkungen auf die Gesundheit (Thayer & Brosschot, 2005).

Beeinflusst wird die HRV vom autonomen Nervensystem (ANS), welches aus Parasympathikus und Sympathikus besteht. Ohne Einflüsse von diesem würde das menschliche Herz mit einer regelmäßigen Frequenz schlagen. Das bedeutet die HRV würde extrem gering ausfallen oder gar nicht vorhanden sein. In Ruhe unterliegt das menschliche Herz einer tonischen Inhibition durch den Parasympathikus. Das bedeutet, dass in Ruhe, bei autonomer Balance, Energie durch die Dominanz des parasympathischen Systems konserviert wird. Wenn der sympathische Anteil über einen längeren Zeitraum dominieren

würde, würde zu viel Energie gefordert. Der Organismus kann diese nach einer Zeit nicht mehr aufbringen, was den Tod nach sich ziehen kann (Thayer & Brosschot, 2005). Unter normalen Umständen liegt ein Gleichgewicht zwischen den beiden Zweigen des ANS vor. Eine Belastungssituation stellt nun einen Angriff auf dieses autonome Gleichgewicht dar. Es kommt zu einem unbalancierten Zustand, was die Verletzbarkeit des Organismus erhöht. Heutzutage steht fest, dass Stabilität, Adaption und Gesundheit durch Variationen in den verschiedenen Systemen des menschlichen Körpers gefestigt werden. Das bedeutet, dass das optimale Funktionieren des menschlichen Organismus von der Labilität und der Variation der inneren Prozesse abhängt. Diese erlauben eine flexible Anpassung an den Energiebedarf. Im Gegensatz dazu, geht Rigidität einher mit Mortalität, Morbidität und verschiedenen Krankheiten (Lipsitz & Goldberger, 1992, zitiert nach Thayer und Brosschot, 2005). Das ANS wird sowohl vom Gehirn als auch aus der Peripherie beeinflusst. Es gilt als weithin akzeptiert, dass das ANS die Schnittstelle zwischen dem Körper und dem zentralen Nervensystem darstellt. Veränderungen der Körperregulation, aber auch Emotionen, Stress, Schlaf und soziale Interaktionen werden durch die Aktivitäten des ANS gesteuert (Montano et al., 2009).

Die Bedeutung der HRV für die Gesundheit des Menschen ist also bekannt. Das menschliche Herz muss unregelmäßig schlagen, damit der Organismus gesund ist und den Anforderungen im Alltag standhalten kann. (Malik et al., 1996)

1.2.2. Geschichte und Einsatz der Herzratenvariabilität

Die rhythmischen Oszillationen des Herzens wurden über Blutdruck, Herzschlag und in Verbindung mit der Atmung schon im 18. Jahrhundert beschrieben. Bereits seit damals ist in Fachkreisen anerkannt, dass Herzschlag- und Blutdruckschwankungen lebensnotwendig sind. Beide Schwankungen stellen wichtige Bestandteile eines gesunden Herz-Kreislauf-Systems dar (Hoos, 2006). In den 1960er Jahren wurde die HRV eingesetzt um frühzeitig hypoxische Zustände bei Föten zu erkennen. So wurde sie von Hon und Lee eingesetzt um gesundheitliche Probleme des Fötus zu erkennen, denen eine Änderung der Schlagintervalle des Herzens vorausgingen noch bevor Änderungen in der Herzrate selbst auftraten

(Malik et al., 1996). In den 1970er Jahren wurde die HRV von Ewing eingesetzt, um mit Hilfe von Kurzzeitaufzeichnungen die autonome Neuropathie bei Diabetikern zu erkennen. Einen Aufschwung im klinischen Einsatz erlebte die HRV in den 1980er Jahren, da Untersuchungen in dieser Zeit zeigen konnten, dass die HRV ein wichtiger und vor allem eigenständiger Prädiktor der Mortalität nach einem Herzinfarkt ist (Malik et al., 1996). Seit dieser Zeit gewinnt die HRV weiterhin stetig an Bedeutung und wird immer öfter eingesetzt um Krankheiten zu prognostizieren und mit geringem Aufwand zu diagnostizieren.

Mitte des 20. Jahrhunderts konnte sich die HRV durch die starke Verbreitung der EKG-Ableitung zu einem klinischen Standardverfahren entwickeln. Statistische Analysen um die Aufzeichnungen auszuwerten sind neben visuell-räumlichen Verfahren auch deskriptive Beschreibungen über Mittelwert und Varianz. Einen Durchbruch erlebte die HRV durch die Fast Fourier Transformation. Dies ist ein Verfahren, welches die Leistungsspektren der Zeitreihen berechnet. Das erlaubt dem Statistiker die Frequenzen zu ermitteln, welche die Gesamtvariabilität des Herzschlags ausmachen (Malik et al., 1996).

Im Hinblick auf die Früherkennung wird die HRV angewandt um einerseits Komplikationen zu erkennen, aber auch als wichtiger Prognosefaktor. Selbst bei Menschen, welche keine Herzerkrankung aufweisen besteht ein Zusammenhang zwischen einer geringen HRV und Entzündungserkrankungen. So zeigt sich beispielsweise ein starker Zusammenhang zwischen der HRV und der Leukozytenzahl. Dies lässt darauf schließen, dass ein länger andauernder Entzündungsprozess im Körper zu einem gesteigerten Risiko für Herzerkrankungen führt, da es zu einem Absinken der HRV kommt. Die HRV gilt deshalb als Parameter um rechtzeitig präventive Maßnahmen einzuleiten. Nicht nur für Prognosen, sondern auch in der Diagnose wird die HRV heutzutage häufig angewandt. Ein Beispiel hierfür wäre die Diagnose der diabetischen Neuropathie. Eine reduzierte HRV gilt als ein erstes Anzeichen für diese Erkrankung (Mück-Weymann, 2002).

Seit einigen Jahren wird die HRV auch in der Sportmedizin eingesetzt. In diesem Bereich gilt es vor allem Übertrainingszustände zu diagnostizieren und die Trainingsintensität an den einzelnen Sportler anzupassen. Während im klinischen Kontext vorwiegend Langzeitableitungen der HRV durchgeführt werden, sind im sportmedizinischen Kontext

Kurzzeitableitungen der Standard. Zumeist wird hierbei aus einer längeren Aufzeichnung ein Intervall ausgewählt und analysiert.

Als Vorgehensweisen haben sich nun die Langzeit- und die Kurzzeitableitung etabliert. Jede in ihrem Einsatzbereich. Zusammenhänge konnten bereits von Bigger, Fleiss, Rolnitz und Steinman (1993) aufgezeigt werden. Sie wiesen darauf hin, dass auch Kurzzeitableitungen im klinischen Kontext sinnvoll einzusetzen sind. In ihrer Studie haben sie gezeigt, dass Frequenzbereichsparameter aus Kurzzeitanalysen sich nicht signifikant von den Langzeitparametern unterscheiden (Bigger et al., 1993). Ob sich nun eine der beiden Methoden im Zusammenhang mit Sport als signifikant besser zeigt, soll im Rahmen dieser Studie gezeigt werden.

1.2.3. Der medizinische Nutzen der Herzratenvariabilität

Eine abnorme HRV ist nicht nur ein Prädiktor für Tod durch Arrhythmie, sondern auch für Tod durch Herzerkrankungen. So konnten beispielsweise Untersuchungen von Farrell et al. (1991, zitiert nach Huikuri et al., 1999) und Copie et al. (1996, zitiert nach Huikuri et al., 1999) zeigen, dass eine verringerte HRV ein eigenständiger Prädiktor für nicht-arrhythmische Krankheiten, wie einen Myokardinfarkt und Tod durch Herzfehler darstellt. Beispielsweise haben Studien ergeben, dass die HRV bereits vor einer ventrikulären Tachyarrhythmie verändert ist. Daraus kann man schließen, dass die veränderte HRV den Patienten für diese Erkrankung prädisponiert. Außerdem kann mit Hilfe der HRV auch auf den Verfall der Koronararterien geschlossen werden. Sowohl eine schnelle Herzrate als auch eine verringerte HRV stehen im Zusammenhang mit diesem Verfall. Eine mögliche Erklärung dafür liegt im Blutfluss. Dieser wird von beiden Parametern bestimmt und könnte so beeinflusst werden, dass der Verfall der Arterien gefördert wird (Huikuri et al., 1999).

Im sportmedizinischen Kontext hat sich die HRV in den letzten 10 Jahren durchgesetzt. Eine Auflistung von Hoos (2006) der Einsätze zeigt den Nutzen im sportmedizinischen Kontext:

- *HRV-Frequenzanalyse und körperliche Belastung.* Während einer körperlichen Be-

lastung kommt es zu einer Veränderung des Herzschlags durch die verstärkte sympathische Aktivität. Dies führt gemeinsam mit der verminderten Einflussnahme des Parasympathikus zur sogenannten Belastungstachykardie, also einem sehr schnellen Herzschlag und Puls. Mit Hilfe der HRV konnte man zeigen, dass die Gesamtvariabilität während der Belastung abnimmt, was sowohl im hochfrequenten Bereich und im niederfrequenten Bereich der HRV sichtbar wird (Arai et al., 2003; Bartels et al., 2004, zitiert nach Hoos, 2006). Bei einer hohen Belastungsintensität hat sich allerdings gezeigt, dass die HRV als Marker der autonomen Funktion nicht zweckdienlich ist (Tulppo et al., 1996; Warren et al., 1997, zitiert nach Hoos, 2006).

- *HRV-Frequenzanalyse und Erholung.* Dass die Herzfrequenz in der Erholungsphase unmittelbar nach der Belastung wieder abnimmt ist bekannt. Diese körperliche Reaktion gilt als Prädiktor für die Gesamtmortalität. In der zweiphasigen Erholung kommt es zuerst zu einem Anstieg im LF-Bereich was auch zu einem Anstieg des Parameters LF/HF führt. Erst in der späteren Phase der Erholung kommt es zu einem Überwiegen des HF-Bereichs und damit des parasympathischen Einflusses (Bernardi et al., 1997; Mourot et al., 2004, zitiert nach Hoos, 2006).
- *HRV-Frequenzanalyse und kurz-, mittel- und langfristige Trainingsanpassungen.* Da sich die HRV im Laufe eines länger andauernden Trainings verbessert, kann man über die Erfassung der HRV Erkenntnisse über die körperliche Leistungsfähigkeit treffen. So wurde auch ersichtlich, dass chronische Extremlastungen negative Auswirkungen auf den menschlichen Körper haben. Diese führen zu einer Erniedrigung der HRV was zu autonomen Funktionsstörungen führen kann (Uusitalo, 2001, zitiert nach Hoos, 2006). Gezeigt hat sich aber auch, dass bei moderatem Trainingsumfang und moderater Trainingsintensität eine Besserung der HRV und der aeroben Leistungsfähigkeit einsetzt (Seals & Chase, 1989; Levy, 1998, zitiert nach Hoos, 2006).
- *HRV-Frequenzanalyse zur Stratifizierung verschiedener Leistungsgruppen.* Mit Hilfe eines Querschnittsvergleichs kann man trainierte Personen von untrainierten unterscheiden. In Ruhe weisen sich Trainierte durch eine erhöhte Gesamtleistung aus,

wie auch über eine stärkere Ausprägung des HF Spektrums. Ursache für diesen Unterschied ist die respiratorische Sinusarrhythmie der Sportler, welche durch die verstärkte vagale Modulation verursacht wird (DeMeersman, 1993; Davy et al., 1996, zitiert nach Hoos, 2006).

- *HRV-Frequenzanalyse als Mittel zur Leistungsdiagnostik und zur Trainingssteuerung.* Da sich gezeigt hat, dass sich die HRV-Spektren sowohl unter Belastung als auch unter Erholung verändern, kann man durch den Einsatz der HRV das Training kontrollieren. So wurden Algorithmen entwickelt mit deren Hilfe man die aerobe Kapazität abschätzen und ein darauf ausgerichtetes Trainingsprogramm erstellen kann. Wie bereits in Punkt drei erwähnt lässt sich durch diese Algorithmen auch das Übertrainingssyndrom erfassen und abklären. Hier sei aber angemerkt, dass die Wertigkeit der HRV dafür noch kritisch betrachtet wird und zusätzliche Untersuchungen nötig sind (Väinämö et al., 2003; Saalasti, 2003, zitiert nach Hoos, 2006).

1.2.4. Standardisierung der Herzratenvariabilität-Aufzeichnung

Malik et al. (1996) weisen darauf hin, dass die HRV im Laufe der Zeit immer mehr an Bedeutung zugenommen hat. Dies betrifft sowohl den Einsatz im klinischen Kontext, als auch den Einsatz in der Sportmedizin und der Sportdiagnostik. Dieser vermehrte Einsatz der HRV führte im Laufe der Zeit aber auch zu Problemen. Trotz großer Popularität gab es lange Zeit kein einheitliches Vorgehen in der Berechnung und der Analyse der HRV. Malik et al. (1996) weist hier auf die Bedeutung der Standardisierung der HRV-Analyse hin. Um das Problem der Uneinheitlichkeit zu lösen wurde von Seiten der European Society of Cardiology und der North American Society of Pacing and Electrophysiology eine Task-Force eingesetzt. Diese sollte Standards in der HRV-Aufzeichnung und der Berechnung festlegen. Die Task-Force sollte also die Bezeichnungen und die Methoden standardisieren. Außerdem sollten Einsatzmöglichkeiten im klinischen Bereich aufgezeigt werden, sowie künftige Forschungsfelder. Die Berechnung der Werte sollte standardisiert werden und etwaige Korrelate, sowohl physiologische als auch pathophysiologische soll-

ten dargelegt werden. Im Laufe dieser Standardisierung wurde auch erstmals der Begriff Herzratenvariabilität als Standardbezeichnung eingeführt.

Im Hinblick auf Korrelate wurde von der Task-Force auf Sport hingewiesen. Sport soll demnach das Risiko für kardiovaskuläre Mortalität und den plötzlichen Herztod verringern. Außerdem soll durch sportliches Training die autonome Balance, also das Gleichgewicht zwischen dem parasympathischen und dem sympathischen Zweig, verbessert werden. Neben diesem Korrelat wurde auch auf den Zusammenhang von HRV und diabetischer Neuropathie und Herztransplantationen hingewiesen. So ist die HRV nach einer Herztransplantation verringert. Dieser Aspekt dürfte bis zu zwei Jahre vorhanden sein und wird auf den sympathischen Einfluss zurückgeführt. Bei der diabetischen Neuropathie liegt eine Verringerung der Zeitbereichsparameter, auf die im folgenden Kapitel noch genauer eingegangen wird, in der HRV vor. Dieser Punkt schlägt sich negativ auf die Gesundheit und die Prognosen zur Erholung aus. (Malik et al., 1996)

Ein wichtiger Punkt, den die Task-Force festgesetzt hat bezieht sich auf die Art der Erhebung. Als Erhebungsmethoden haben sich im Laufe der Standardisierung zwei Vorgehen in den Vordergrund gestellt, nämlich die Zeitfrequenzanalysen und die Frequenzbereichsanalysen. Diese Unterteilung wurde von Malik et al. (1996) entnommen.

1.2.5. Zeitbereichsanalyse

Bei Malik et al. (1996) findet sich eine Darstellung der Zeitbereichsanalyse. Mit Hilfe der Zeitbereichsanalyse hat man die Möglichkeiten die Herzrate zu jedem Zeitpunkt des Aufzeichnungsintervalls und auch das Intervall zwischen den einzelnen Schlägen zu beobachten. Die Analyse des Zeitbereichs greift auf die absolute Intervalldauer zwischen zwei R-Zacken zurück. Als wichtiges Maß wird die Streuung herangezogen welche als SDNN bezeichnet wird. Dieser Parameter gibt Informationen über alle Komponenten, welche für die Variabilität in der Aufzeichnung zuständig sind. Der Parameter SDNN (Standard deviation of the NN interval) ist aber abhängig von der Aufzeichnungsdauer. Aus diesem Grund wurde von der Task-Force auch die Aufzeichnungsdauer für Kurzzeit- und Langzeitaufzeichnungen definiert. Eine Kurzeitaufzeichnung umfasst demnach 5 Minuten

während eine Langzeitaufzeichnung auf 24 Stunden festgelegt wurde. Als weitere statistische Maßzahl in einer Zeitbereichsanalyse ist der Wert SDANN (Standard deviation of the average NN interval) zu nennen. Ein wichtiges Maß stellt auch der Parameter r-MSSD (Square root of the mean of the squares of differences between adjacent NN intervals) dar. Dieser wird über die Quadratwurzel der quadrierten Mittelwertsunterschiede der RR-Intervalle berechnet. Er gibt also die Varianz der Herzrate an. (Malik et al., 1996) Eine weitere Möglichkeit der Auswertung liegt im Poincaré-Plot. Die RR-Zeitreihen werden hierbei in ein Koordinatensystem eingetragen, wodurch man eine Korrelationsdarstellung erhält. Man kann die Daten sowohl grafisch beurteilen, wobei der Punktschwarm interpretiert wird, als auch eine quantitative Beurteilung auf Basis mathematischer Berechnungen vornehmen. Bei der grafischen Variante ist eine kometenhafte Ausprägung wünschenswert, während eine torpedoartige Form für eine eingeschränkte HRV spricht. Auch mathematisch wird der Querschnitt des Punktschwarms berechnet. (Malik et al., 1996)

1.2.6. Frequenzbereichsanalysen

Auch dieses Analyseverfahren wird bei Malik et al. (1996) dargestellt. Bei den Frequenzbereichsanalysen wird die HRV in die verschiedenen Frequenzbereiche zerlegt, und die Leistung dieser Anteile wird berechnet. Man kann hierbei parametrische und nicht-parametrische Methoden unterscheiden. In den meisten Fällen führen beide Vorgehen zu einer ähnlichen, vergleichbaren Lösung. Vorteile der parameterfreien Methoden sind die Einfachheit der Algorithmen und die Schnelligkeit der Berechnung. Vorteile der parametrischen Verfahren sind im Gegensatz dazu die akkurate Schätzung der Leistung bei geringer Aufzeichnungsdauer. Die parametrischen Verfahren haben aber auch eine Schwäche. Das gewählte Modell muss auf Passung und Komplexität hin geprüft werden. Die Analyse im Frequenzbereich basiert auf der Annahme der Wiederholung biologischer Signale. Die Gesamtfrequenz wird in Einzelsequenzen zerlegt wobei sich folgende Parameter ergeben. (Malik et al., 1996) Bei Malik et al. (1996) findet sich auch eine Einteilung in die Frequenzbereiche.

1. Total Power (TP),
2. High Frequency Power (HF)
3. Low Frequency Power (LF)
4. Very Low und Ultra Low Frequency Power (VLF/ULF)
5. Quotient Low Frequency Power und High Frequency Power (LF/HF)

Die Leistung in einem Bereich, auch Power genannt ergibt sich aus der Betrachtung der zeitlichen Abstände zwischen 2 Herzschlägen.

TP bezeichnet die Gesamtleistung der HRV (Malik et al., 1996).

Der Frequenzbereich HF beziffert Anteile zwischen .15 und .40 Hz. Auf ihn wirkt ausschließlich der Parasympathikus. Die Leistung in diesem Bereich wird durch die Atmung beeinflusst und zeigt somit den Anteil der respiratorischen Sinusarrhythmie (RSA) auf. Zu einer Erhöhung der Leistung kommt es durch kontrollierte Atmung, kalte Stimulation der Gesichtspartie, oder auch durch Rotation des Körpers. Durch regelmäßiges körperliches Training sollte dieser Wert ansteigen (Malik et al., 1996).

LF beziffert den Frequenzbereich zwischen .04 und .25 Hz. Einfluss nimmt vor allem der Sympathikus, aber auch der Parasympathikus hat einen Einfluss auf diesen Bereich (Montano et al., 2009). Eine eindeutige Zuordnung zu einem Zweig des ANS war bisher nicht möglich. So ist auch der Quotient LF/HF umstritten, da hier davon ausgegangen wird, dass der Parameter LF nur sympathisch beeinflusst wird. Eine Erhöhung im Bereich LF stellt sich bei mentalem Stress, niedrigem Blutdruck oder bei gesunden Menschen auch durch moderate Bewegung ein. Laut Untersuchungen von Mancina et al. (1999, zitiert nach Montano et al., 2009) und Esler et al. (2006, zitiert nach Montano et al., 2009) nimmt dieser Parameter durch körperliches Training bei Personen, welche an Bluthochdruck leiden, ab. Ebenso kommt es zu einer Zunahme des oben genannten HF Frequenzbereichs. Dieser Effekt spricht für eine generelle Verbesserung der vagalen Kontrolle des Herzens und eine Reduktion der sympathischen Aktivität (Pagani et al., 1988, zitiert nach Montano et al., 2009). Die selben Reaktionen auf sportliches Training wurden bei Patienten, welche an einer Ischämie leiden, festgestellt (Lucini et al., 2002;

Malfatto et al., 1998, zitiert nach Montano et al., 2009). Nun sei auf den Quotienten LF/HF hingewiesen, welcher Auskunft über die autonome Balance gibt. Durch diesen Quotienten ist der Anteil des Sympathikus an der Gesamtpower angegeben. Ein hoher Quotient spricht für einen starken Einfluss des Sympathikus. Allerdings muss angemerkt werden, dass trotz dem vielfachen Einsatz dieses Quotienten dessen Verwendung umstritten ist, da der LF-Bereich nicht eindeutig dem Sympathikus zugeschrieben werden kann. Hier liegen laut Hoos (2006) Unstimmigkeiten zwischen verschiedenen Arbeitsgruppen vor, wie der Task Force (1996), Berntson et al. (1997), Eckberg (1997), Bernardi (1998) und Malik (1998). Aussagen über die autonome Balance könnten aber nur dann getätigt werden, wenn man den Parameter LF eindeutig dem Sympathikus zuordnen könnte.

Der Parameter ULF kann nur in einer Langzeitaufzeichnung gewonnen werden. Sein biologischer Ursprung ist noch unklar. Der biologische Ursprung ist auch bei dem Parameter VLF bisher nicht eindeutig bestimmt, den man auch in einer Kurzzeitableitung, interpretieren kann. Ist das Intervall kürzer als 5 Minuten sollte aber nicht mehr auf ihn zurückgegriffen werden (Malik et al., 1996). Die meisten Zeitbereichs- und Frequenzbereichsparameter einer 24-Stunden-Aufzeichnung korrelieren stark miteinander (Malik et al., 1996). Malik et al. (1996) weist auch auf unterschiedliche Wege der Messmethodik hin.

1.2.7. Messmethodik

Grundsätzlich kann man zwischen Kurzaufzeichnungen und Langzeitaufzeichnungen unterscheiden. Erstere ermöglichen eine zeitlich flexible Beurteilung der HRV. Im klinischen Einsatzgebiet werden vorwiegend Langzeitaufzeichnungen durchgeführt, bei denen meist eine Aufzeichnung von 24 oder 48 Stunden gewählt wird. Untersuchungen konnten zeigen, dass zwischen den Parametern der beiden Zeitreihen aber durchaus Zusammenhänge bestehen. Demnach würde auch ein Kurzzeitintervall zur Beurteilung der kardiovaskulären Gesundheit geeignet sein (Bigger et al., 1993). Bei der methodischen Auswertung kann man die Analyse im Zeitbereich von der Analyse im Frequenzbereich unterscheiden. Diese beiden Analysen wurden bereits in den Kapiteln Frequenzbereichs-

analysen und Zeitbereichsanalysen erläutert.

Bezüglich der Anwendbarkeit von Zeitbereichsanalysen beziehungsweise Frequenzbereichsanalysen ist zu sagen, dass zwar auch erstere zu sinnvollen Ergebnissen bei einem Kurzzeitintervall führen, diese aber eigentlich eher für die Analyse einer Langzeitaufzeichnung gedacht sind. Frequenzanalysen im Gegensatz dazu führen bei einer Kurzzeitaufzeichnung zu leicht interpretierbaren Ergebnissen. (Malik et al., 1996)

Es gibt also zwei wichtige Auswertungsarten, nämlich Langzeit- und Kurzzeitanalyse. Außerdem kann entweder über die Frequenzbereichsanalyse oder die Zeitbereichsanalyse gearbeitet werden. (Malik et al., 1996) Im sportmedizinischen Kontext wird vorwiegend auf Kurzzeitanalysen zurückgegriffen, während im klinischen Bereich mit den Langzeitanalysen gearbeitet wird (Horn, 2003).

1.2.8. Was ist Sport

Tiedemann (2003) weist auf die Bedeutung einer klaren Definition des Begriffs Sport hin. Liegt kein klar definierter Begriff vor können selbst erfahrene Wissenschaftler nicht miteinander diskutieren und ihre Erkenntnisse nicht in wünschenswerter Weise austauschen und vergleichen. Im Bereich des Sports wurde lange, und wird teilweise immer noch, auf eine solche Definition verzichtet beziehungsweise werden vorhandene Definitionen einfach ignoriert. Sieht man sich sportwissenschaftliche Literatur an, zeigt sich aber doch, dass in zunehmenden Maße gefordert wird, sich auf eine Definition zu beziehen und vor allem auch, eine einheitliche Definition zu finden und Ergebnisse und Untersuchungen daran auszurichten.

Eine Definition von Sport, welche bereits seit mehreren Jahren kursiert lautet folgendermaßen:

Sport ist ein kulturelles Tätigkeitsfeld, in dem Menschen sich freiwillig in eine wirkliche oder auch nur vorgestellte Beziehung zu anderen Menschen begeben mit der bewussten Absicht, ihre Fähigkeiten und Fertigkeiten insbesondere im Gebiet der Bewegungskunst zu entwickeln und sich mit diesen anderen Menschen nach selbst gesetzten oder übernommenen Regeln zu vergleichen,

ohne sie oder sich selbst schädigen zu wollen. (Tiedemann, 2003, S. 1)

Laut dieser Definition zählt einiges, das im alltäglichen Sprachgebrauch zu Sport gezählt wird, eigentlich gar nicht zu Sport. Um diese Lücke zu schließen wird in der Wissenschaft auch der Begriff Bewegungskultur verwendet.

Bewegungskultur ist ein Tätigkeitsfeld, in dem Menschen sich mit ihrer Natur und Umwelt auseinandersetzen und dabei bewusst ihre insbesondere körperlichen Fähigkeiten und Fertigkeiten entwickeln, gestalten und darstellen, um einen für sie bedeutsamen individuellen oder auch gemeinsamen Gewinn und Genuss zu erleben. (Tiedemann, 2003, S. 5)

Der Begriff Tätigkeitsfeld meint, dass es sich bei Sport weder um einen Gegenstand noch um einen Zustand handelt, sondern dass Sport einen Oberbegriff für viele verschiedene Tätigkeiten darstellt. (Tiedemann, 2003)

Der Begriff kulturell fließt in die Definition ein, da Menschen ihre Lebensformen gesellschaftlich ändern. Eine Kultur zu besitzen bedeutet, dass man seine eigene Entwicklung bewusst gestaltet. So ist Sport, ebenso wie Kunst und Literatur, ein vom Menschen erschaffenes kulturelles Tätigkeitsfeld. Die Kultur ist so gesehen das, was den Menschen von einem Tier unterscheidet und sie ist notwendig, damit man überhaupt von Sport sprechen kann. (Tiedemann, 2003)

Auch der Begriff freiwillig fließt in die Definition ein. Um der Definition zu entsprechen muss eine Tätigkeit also freiwillig ausgeführt werden um als Sport zu gelten. Demnach ist auch der Begriff Schulsport nicht richtig gewählt. Denn auch wenn möglicherweise manche Schüler Spaß und Freude daran empfinden, wird die Tätigkeit nicht freiwillig ausgeführt. Der Grund für die Ausführung und die Teilnahme ist die Verpflichtung durch den Schulplan. Somit war der frühere Begriff Leibeserziehung hier sinnvoller. Gleiches gilt für den Begriff Militärsport. Auch hier wird keine Übung freiwillig, sondern auf Anordnungen hin ausgeführt. (Tiedemann, 2003)

In die Definition fließt ebenfalls ein, dass man sich in eine Beziehung begibt. Eine körperliche Tätigkeit wird nur dann als Sport angesehen, wenn man sich in der Handlung

in eine vergleichende Beziehung mit anderen begibt. Es wird von einer wirklichen Beziehung gesprochen, was bedeutet, dass einem die Menschen bekannt sind und man einander zeitlich und räumlich nahe ist. Man begibt sich also in eine soziale Vergleichssituation. Doch bei vielen Tätigkeiten, die umgangssprachlich als Sport bezeichnet werden, findet ein solcher sozialer Vergleich nicht statt. Beispiele hierfür sind generell der Gesundheitssport, wie Joggen, und auch Krafttraining. Da gerade dieser soziale Vergleich von enormer Bedeutung im Sport ist, dürfen diese Tätigkeiten eigentlich nicht als Sport bezeichnet werden. Sie würden also laut oben genannter Definition dem Begriff Bewegungskultur angerechnet werden, nicht aber dem Begriff Sport. (Tiedemann, 2003)

Auch die bewusste Absicht ist laut oben angeführter Definition für eine sportliche Tätigkeit von Bedeutung. Hier wird vor allem auf die Absicht hingewiesen, einen regelkonformen Vergleich mit anderen zu erhalten. Dieser Punkt ähnelt dem Punkt des sozialen Vergleichs. Allerdings ist nun auch von Bedeutung, dass Regeln vorhanden sind, was auch beinhaltet, dass weder eine Selbst- noch eine Fremdschädigung eintritt. Demnach darf auch Boxen nicht als Sport bezeichnet werden, da man hier eine Schädigung des anderen nicht nur in Kauf nimmt, sondern sogar darauf aus ist. (Tiedemann, 2003)

Mit den Begriffen Fähigkeiten und Fertigkeiten wird darauf hingewiesen, dass man sich, um Sport auszuüben, auf Begabungen und Erfahrungen stützen muss und man nur durch ständiges Training und regelmäßiges Üben sein eigenes Können verbessert. Fähigkeiten meinen hier vorwiegend ererbte Begabungen, oder Konstitutionen welche durch Übung noch verbessert werden können. Als Fertigkeiten werden die Anteile bezeichnet, welche sehr spezifisch sind, und erst durch das Training aufgebaut und verbessert werden können. (Tiedemann, 2003)

Ein wichtiger Teil der Definition ist auch die Bewegungskunst. Demnach zählt eine Tätigkeit nur dann zu Sport, wenn man sich auch tatsächlich bewegt. Auf Basis dieser Definition darf auch Schach nicht als Sport bezeichnet werden, da für die Ausführung des Spiels keine Bewegungen beansprucht werden. (Tiedemann, 2003)

Ebenfalls in der Definition verankert ist die Bedeutung der Entwicklung. Auch hier wird darauf hingewiesen, dass Personen, also Sportler ständig an sich arbeiten müssen um ihre Technik und auch den Fitnesszustand auf einem hohen Niveau zu halten und

weiter zu verbessern. (Tiedemann, 2003)

1.2.9. Die Metabolische Rate

Wie kann man aber das Ausmaß des Sporttreibens quantifizieren und Vergleiche anstellen? Hierzu erweist sich die metabolische Rate als geeignet. Diese gibt den Energieumsatz des Körpers an. Man unterscheidet hierbei den Grundumsatz von der bewegungsabhängigen Thermogenese. Der Grundumsatz gibt die Menge an Energie an, die ein Mensch in Ruhe verbraucht. Wenn man aber in Bewegung ist, produziert der Körper Wärme, abhängig von der Intensität der Bewegung. Das führt zu einem höheren Energieverbrauch und damit zu einem höheren Kalorienverbrauch. Die bewegungsabhängige Thermogenese kann man über den Grundumsatz berechnen. Je nach Intensität der Bewegung wird der Grundumsatz mit einem festen Faktor multipliziert. So erhält man eine einheitliche Maßzahl für das Ausmaß an körperlicher Bewegung und Sport. Die Einheit der metabolischen Rate ist 1 Met, was der Sauerstoffaufnahme eines Erwachsenen beim Sitzen und einer Energie von $58W/m^2$ entspricht. (*Energieverbrauch - Energiebedarf*, 2001) Eine solche Berechnung ermöglicht der Aktivitätsbogen von Lüdenscheid. Dieser bezieht sich auf die Paffenbarger Kurve (*Lüdenscheider Aktivitätsfragebogen*, 2002) und ermittelt den Energieumsatz einer Person während einer typischen Woche. Mit Hilfe der Paffenbarger Kurve wurde ein Vergleich zwischen dem Mehrumsatz an Kalorien durch den Bewegungs- und Sportumfang der Person und dem Auftreten eines Myokardinfarkts hergestellt. Über diese Kurve und die Berechnung mittels Lüdenscheid kann man ermitteln, ob das Ausmaß an Bewegung und Sport ausreichend ist um sich positiv auf die Gesundheit auszuwirken oder ob zu wenig Sport und Bewegung ausgeführt wird (*Lüdenscheider Aktivitätsfragebogen*, 2002). Diese Anwendungsmöglichkeiten zeigen schon auf, dass dieser Bogen vor allem für den Gesundheitsbereich entwickelt wurde.

1.2.10. Herzratenvariabilität und Stress

Der Zusammenhang zwischen der HRV und Stress hat seit langem das Interesse der Forscher auf sich gezogen. Ein Faktor, der möglicherweise die Verbindung zwischen Stress

und den Folgeerkrankungen erklärt, ist die Erregung des sympathischen Nervensystems, die während der Belastung eintritt. Das sympathische Nervensystem hat die Aufgabe die Person auf Stress und den Umgang damit vorzubereiten. Dies erfolgt durch die Bereitstellung von Energie. Ist der sympathische Zweig über längere Zeit hin dominierend, wird zu viel Energie aufgebracht, was auf lange Sicht gesundheitsschädigend ist. (Summers, Kathleen, Lustyk, Heitkemper & Jarrett, 1999)

Mit dem Zusammenhang zwischen der Herzratenvariabilität und Stress haben sich beispielsweise Bernardi et al. (2000), Dishman et al. (2000) und Schubert et al. (2009) beschäftigt. Bernardi et al. (2000) konzentrierte sich hierbei auch auf den Zusammenhang mit der Atmung.

Der Einfluss der Atmung

Die HRV wird nicht nur vom ANS, sondern auch von unterschiedlichen nicht-pathologischen Vorgängen wie der körperlichen Aktivität oder auch der Atmung, beeinflusst (Bernardi, 1989; Bernardi, 1996; Sanderson, 1996, zitiert nach Bernardi et al., 2000). Bernardi et al. (2000) untersuchten den Effekt von kontrollierter Atmung auf die HRV. Die Studie sollte klären, ob alleine durch eine kontrollierte Atmung eine Änderung in der HRV auftritt oder ob dies nur durch den künstlich erzeugten Stress erklärt werden kann. Der Stress wurde durch die Aufgaben laut bzw. leise zu lesen, einen Vortrag zu halten und durch das Ausführen eines Rechentests experimentell erzeugt. Untersucht wurde, ob das Ausüben dieser Aufgaben an sich zu Veränderungen in der HRV führt und in welchem Ausmaß diese mentalen Aufgaben das Spektrum der sympathischen Aktivität verändern. Erfasst wurden die HRV, der Blutdruck und die Atemrate bei erwachsenen, gesunden Menschen. Die Ergebnisse sprechen dafür, dass Stress alleine zu einer Veränderung des Bereichs LF in der HRV-Aufzeichnung führt. Dieser Effekt ist durchaus unabhängig von der Atmung der Person. Genauso ist es aber möglich, dass die Atmung alleine zu einer Änderung in diesem Bereich führt. Das ist aber nur dann der Fall, wenn kein Stressfaktor vorhanden ist. Wie erwartet zeigte sich die größte Veränderung in der HRV bei der Rechenaufgabe. Diese führte zu einer Dominanz des LF-Bereichs gegenüber dem HF Bereich. Das langsame Atmen, welches mit mentalem Stress einhergeht, hat ebenfalls einen Effekt auf die HRV.

Es kommt zu einem Anstieg der LF-Komponenten, unabhängig von dem Ausmaß der Belastung (Bernardi et al., 2000).

Wirkung von kurzfristigem und langfristigem Stress

Schubert et al. (2009) untersuchten wie sich kurzfristiger und langfristiger Stress auf die Herzrate und die HRV auswirken. Wenn ein Mensch chronischem Stress ausgeliefert ist, erhöht sich das Risiko für eine kardiovaskuläre Erkrankung. Anhaltende Belastung sowie Probleme im Umgang mit negativen emotionalen Zuständen wie Angst oder Ärger führen zu einem Ungleichgewicht zwischen dem sympathischen und dem parasympathischen Zweig im ANS (Schubert et al., 2009). Untersuchungen in Zusammenhang mit Stress und HRV haben sich immer auf experimentell erzeugten Stress fokussiert, wohingegen der Einfluss von chronischem Stress kaum untersucht wurde. Der Einfluss von Belastung auf die HRV wurde mit kognitiven, psychomotorischen oder physischen Aufgaben untersucht. In letzter Zeit werden auch immer öfter Vorträge verwendet, da sich gezeigt hat, dass dieser öffentliche Auftritt als sehr belastend empfunden wird (Waldstein et al., 1998, zitiert nach Schubert et al., 2009). Unter normalen Umständen ist die Herzrate ein homokinetisches System, welches zwischen mehreren Zuständen wechseln kann (Lipsitz & Goldberger, 1992, zitiert nach Schubert et al., 2009). Unter Belastung geht diese Funktion jedoch verloren. Die wenigen Untersuchungen, welche sich auf längerfristigen Stress konzentriert haben, brachten widersprüchliche Ergebnisse hervor. Beispielsweise zeigte die Untersuchung von Anishenko (2001, zitiert nach Schubert et al., 2009), dass unterschiedliche Stressoren bei jungen, gesunden Erwachsenen sowohl zu einer Erhöhung, als auch zu einer Erniedrigung in der Herzraten-Komplexität führen können. Die Studie von Schubert et al. (2009) war die erste, die den Einfluss von chronischem psychosozialen Stress, im Zusammenhang mit der HRV-Komplexität untersuchte. So wurden die Teilnehmer zu den Zeitpunkten, als diese von sich aus von chronischem Stress im natürlichen Umfeld berichteten, untersucht. Zusätzlich wurde die HRV unter einer akuten Stress-Bedingung erfasst, welche experimentell erzeugt wurde. Die Korrelationsanalyse erbrachte keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Atemrate in der Baseline-Bedingung und der Atmung unter chronischem Stress. In der Akut-Bedingung zeigte sich ein Anstieg des

LF- und des HF-Parameters. D2 verringerte sich im Vergleich zur Baseline. Der Quotient LF/HF veränderte sich nicht. Je höher der D2 Wert ausfällt, desto mehr Adaptation ist möglich, also umso besser kann sich das Herz anpassen (Schubert et al., 2009). In dieser Untersuchung fiel D2 in der Akut-Bedingung signifikant von 3.5 auf 3.2. Dies würde bedeuten, dass während der Belastung ein stabileres, statisches Verhalten auftritt. Unter akutem Stress kommt es also zu einer Reduktion der HRV was eine geringe Anpassungsbereitschaft des Herzens nach sich zieht. Der signifikante Anstieg von LF spricht für einen Anstieg der sympathischen Aktivität im autonomen Nervensystem unter akutem Stress. Allerdings spricht die Konstanz des Quotienten LF/HF ebenfalls für eine erhöhte Aktivität des parasympathischen Zweigs. Diese widersprüchlichen Ergebnisse könnten auf die Verwendung linearer Modelle zurückzuführen sein, was sich auch in anderen Untersuchungen zeigte, zum Beispiel bei Hagerman (1996, zitiert nach Schubert et al., 2009) und Yeragani (2002, zitiert nach Schubert et al., 2009). Die Untersuchung von Lucini, Fede, Parati und Pagani (2005) beschäftigte sich mit dem Zusammenhang der HRV und Alltagsstress. Es zeigte sich eine Erhöhung im Parameter LF bei Personen, welche Anzeichen von chronischem Stress aufwiesen, ansonsten aber körperlich gesund waren. Auch dies deutet auf die Zunahme des sympathischen Einflusses bei Stress hin. Somit würde es zu einer Dominanz des sympathischen Zweigs kommen. (Lucini et al., 2005) In der Ruhebedingung zeigten sich keine Unterschiede, weswegen die Autoren darauf hinweisen, dass dieser Parameter unter Ruhe nicht aussagekräftig ist.

Der Einfluss des Fitnesszustands

Auch Dishman et al. (2000) weisen auf die Bedeutung der HRV im Zusammenhang mit Stress und Herz-Kreislauf-Erkrankungen hin. Es wird auch darauf hingewiesen, dass die HRV ein Risikofaktor für Herzerkrankungen darstellt. Dishman et al. (2000) gehen auf eine Untersuchung von Fuller (1992) ein, welche ergab, dass die HRV im HF-Spektrum am Tag vor einem Examen bei Frauen mit hohem Angstempfinden, niedriger ausfiel als bei der Vergleichsgruppe mit geringerem Angstempfinden. Die Ergebnisse sind aber schwer zu interpretieren, da am Tag des Examens kein Unterschied im Bezug auf die Ängstlichkeit vorhanden war. Man kann also auf Grund dieser Studie nicht sagen, ob die Unterschiede

im HF-Bereich tatsächlich durch die emotionalen Differenzen in dem Ausmaß des Angstempfindens ausgelöst wurden, oder ob andere Gründe vorlagen (Dishman et al., 2000). Dishman et al. (2000) wollten deshalb den Zusammenhang zwischen Angst, Sport und HRV untersuchen. In der Studie von Fuller (1992, zitiert nach Dishman et al., 2000) ging man davon aus, dass der Zusammenhang zwischen Angst und HRV unabhängig von der körperlichen Fitness und dem wahrgenommenen Stress der Vorwoche ist. Diese Annahmen wurden von Dishman et al. (2000) kritisiert, denn kardiovaskuläre Fitness geht mit einer Ruhebradykardie einher, was einen Herzschlag von unter 50 Schlägen pro Minute bedeutet. Somit könnte die niedrige Ausprägung des HF-Bereichs in Fullers Untersuchung auch auf eine geringere kardiovaskuläre Fitness zurückzuführen sein. Außerdem führt eine verbesserte kardiovaskuläre Fitness zu verringerter Angst und verringertem wahrgenommenen Stress. Fitness könnte also durchaus den Zusammenhang zwischen Angst und HRV erklären. Aus diesen Gründen erfassten Dishman et al. (2000) in ihrer Untersuchung den wahrgenommenen Stress in den letzten Wochen, um herauszufinden ob die verringerte Ausprägung des Parameters HF mit Angst oder wahrgenommenem Stress im Zusammenhang steht. Auch das Fitnessniveau der Teilnehmer wurde ermittelt. Gefunden wurde ein umgekehrter Zusammenhang zwischen wahrgenommenem Stress und einer durchschnittlichen Ausprägung des HF-Bereichs. Dieser Zusammenhang war unabhängig von Alter, Geschlecht, Angst und kardiovaskulärer Fitness (Dishman et al., 2000). Die Studie spricht für eine parasympathische Modulation der HRV bei gesunden, fitten und mental gesunden Personen, die erhöhten wahrgenommenen Stress empfinden. Im Gegensatz zu der Untersuchung von King et al. (1993, zitiert nach Dishman et al., 2000) konnte diese Untersuchung nicht zeigen, dass das Fitnesslevel einen Einfluss auf den Zusammenhang zwischen der HRV und dem wahrgenommenen Stress hat. Dies könnte aber daran liegen, dass in dieser Stichprobe zwar die Sportler deutlich mehr Bewegung machten als die Vergleichsgruppe, aber das Fitnesslevel an sich nicht hoch genug war, um sich auf die HRV auszuwirken.

Die HRV reagiert demnach auf belastende Situationen. Wie bereits erwähnt wird in solchen Situationen der Sympathikus aktiviert und mehr Energie bereit gestellt. Die Veränderungen zeigen sich auch in den HRV-Parametern. So kann es beispielsweise zu ei-

nem Anstieg der Leistung im LF-Bereich kommen, der dem Sympathikus zugeordnet wird (Bernardi, Valle, Coco, Calciati & Sleight, 1996). Bei lang andauerndem Stress würde die HRV in Folge abnehmen, was den Organismus verletzbar macht (Thayer & Brosschot, 2005).

1.2.11. Sport und Stress

Rimmele et al. (2007) sehen die Vorteile von physischer Aktivität im Bezug auf physisches und psychisches Wohlbefinden als gegeben an. In welchem Ausmaß körperliche Bewegung aber die Reaktionen auf psychischen Stress moduliert, war ihrer Meinung nach noch nicht klar. In ihrer Studie wollten sie nun ergründen, ob die verminderte Reaktion trainierter Männer auf physische Stressoren generalisiert werden kann in Hinblick auf die physiologische und die psychologische Reaktion auf psychologische Stressoren. Studien zeigen, dass physische Aktivität die Reaktionen des ANS auf physische Stressoren reduziert. Könnte nun gezeigt werden, dass körperliche Aktivität auch zu verbesserten Reaktionen auf mentale Stressoren führt, könnte man Sport als einen protektiven Faktor gegen unterschiedliche Stressoren, sowohl physische als auch psychische ansehen (Rimmele et al., 2007). An der Untersuchung nahmen allerdings nur Männer teil, was man durchaus als Kritik anbringen kann, da die Autoren selbst erwähnten, dass das Geschlecht durchaus eine Rolle spielen könnte. Trotz dieser Kritik sind die Ergebnisse interessant. So zeigten trainierte Männer im Vergleich zu untrainierten eine signifikant niedrigere Reaktion der Herzrate auf den Stressor. Stress wurde in dieser Untersuchung mit Hilfe des TSST erzeugt. Enthalten waren ein fünf Minuten dauernder Vortrag und ein fünf Minuten langer Rechentest. Da bereits auf Sport als Moderatorvariable eingegangen wurde, sollte man auch erwähnen, dass trainierte Männer während der Stressreaktion bessere Stimmung aufwiesen. Außerdem waren sie ruhiger und berichteten von weniger Angst. Als möglichen Grund für die verringerte Reaktion gaben die Autoren eine Verringerung des sympathischen Teil des Nervensystems an, basierend auf der chronischen Auseinandersetzung mit physischen Stressoren (Rimmele et al., 2007). Die Autoren schließen aus den Ergebnissen, dass durch die sportliche Aktivität eine verringerte Reaktion der adrenokortikalen, der

autonomen und der psychologischen Antwort auf einen psychosozialen Stressor auftritt (Rimmele et al., 2007).

Auch die Untersuchung von Aldana, Sutton, Jacobson und Quirk (1996) beschäftigte sich mit der Rolle von Sport im Zusammenhang mit Stress. Aldana et al. (1996) sehen Sport als eine wichtige Copingstrategie an. Je höher das Fitnessniveau einer Person, desto geringer fällt der wahrgenommene Stress aus. Aldana et al. (1996) untersuchten diesen Zusammenhang und stellten fest, dass körperliche Aktivität in der Freizeit mit wahrgenommenem Stress im Zusammenhang steht, wobei ein höheres Ausmaß an Sport zu einer verringerten Wahrnehmung von Stress führt. Ein Vergleich mit der Studie von Rosengren (1971, zitiert nach Aldana et al., 1996) unterstreicht die Ergebnisse. Auch in dieser Untersuchung zeigte sich, dass 37% der Personen, die wenig Sport betreiben, auch über ein hohes Ausmaß an Stress berichten (Rosengren, 1971, zitiert nach Aldana et al., 1996). Die biologische Erklärung für diesen Effekt ist, dass verbesserte kardiovaskuläre Fitness zu einer Verringerung von Blutkatecholaminen, Lipiden und Hormonen führt, welche mit Stress und Stresswahrnehmung in Verbindung stehen. Eine andere Erklärung wäre, dass dieser Effekt durch die sozialen Kontakte im Sport entsteht. Denn soziale Interaktion und zwischenmenschliche Kommunikation sind mächtige Copingstrategien die den wahrgenommenen Stress und die physiologischen Reaktionen auf den Stress reduzieren können (Kobasa, 1979, zitiert nach Aldana et al., 1996). Durch das Ausüben von Sport hat man Kontakt zu gleichgesinnten Personen und damit Gesprächspartner. Dies erleichtert den Umgang mit Stress und kann auch präventiv wirken.

Physische Aktivität hat also positive Effekte im Hinblick auf Prävention und die Rehabilitation von Krankheiten. Außerdem wird die Selbstwahrnehmung und das mentale Wohlbefinden gesteigert, während das Empfinden von Angst abnimmt. Untersuchungen zeigen beispielsweise, dass moderate physische Fitness dazu führt, dass nur halb so viel Stress wahrgenommen wird wie bei einer passiven Vergleichsgruppe (Aldana et al., 1996).

Ob Sport auch Vorteile im Hinblick auf Stress am Arbeitsplatz hat wurde von Ritvanen, Louhevaara, Helin, Halonen und Hänninen (2007) untersucht. Versuchspersonen waren in diesem Fall Lehrer. Erfasst wurden die Herzrate, der Fitnesszustand, die EMG Aktivität und der wahrgenommene Stress. Es zeigte sich ein signifikant negativer Zusammen-

hang zwischen statischer EMG Aktivität, Herzrate, wahrgenommenem Stress und aerober Fitness. Der Zusammenhang zwischen aerober Fitness und elektromyografischer (EMG) Aktivität deutet darauf hin, dass hohe aerobe Fitness mit verringerter Muskelspannung einhergeht. Dies dürfte ein Puffer gegen Stress sein. Interessant war auch die signifikant negative Korrelation zwischen aerober Fitness und der Herzrate. Auch diese erreichte das Signifikanzniveau. Dieses Ergebnis unterstützt frühere Studien insofern, dass allgemeine körperliche Fitness zu einer niedrigeren Ruhe-Herzfrequenz und einer geringeren Herzrate bei submaximaler Belastung führt. Auch der negative Zusammenhang zwischen Sport und wahrgenommenem Stress ist interessant. Dies könnte laut den Autoren darauf schließen lassen, dass Sport das Selbstkonzept und das Auftreten der Person positiv beeinflusst, wodurch weniger Stress wahrgenommen wird. Dieser Zusammenhang blieb auch in der Kovarianzanalyse bestehen (Ritvanen et al., 2007).

Die körperlichen Vorteile guter aerober Fitness sind niedriger Blutdruck und eine niedrige Ruhe-Herzrate. Auch die Herzfrequenz bei submaximaler Anstrengung ist niedriger bei Personen welche ein gutes Fitnesslevel erreichen. Diese Vorteile lassen darauf schließen, dass fitte Menschen weniger sympathische Aktivität benötigen um das gleiche Ausmaß an körperlicher Anstrengung zu bewältigen wie passive Menschen. Physische Fitness führt außerdem zu einer veränderten Stressreaktion und einer geringeren Wahrnehmung von Stress. Außerdem wird die Kapazität des Menschen für Copingmechanismen gegen den Stress verbessert, was einerseits auf die sozialen Kontakte und andererseits auf die Betätigung an sich zurückzuführen ist (Ritvanen et al., 2007). Sportliche Aktivität steht demnach im Zusammenhang mit einem verringerten Ausmaß an Stressempfinden. Sowohl in Bezug auf experimentell erzeugten Stress, als auch in Bezug auf Alltagsstress konnte eine verringerte Wahrnehmung der Stressoren belegt werden (Ritvanen et al., 2007), (Rimmele et al., 2007).

1.2.12. Gesundheit und Herzratenvariabilität

Wie bereits angesprochen wird die HRV von mehreren Faktoren beeinflusst. Zu nennen sind hier Stress, körperliche Belastung oder auch die Atmung. Sie verändert sich aber auch

in Abhängigkeit einer klinisch psychologischen Erkrankung. So findet sich eine verringerte HRV beispielsweise bei einer Posttraumatischen-Stress-Reaktion, einer Panikstörung, einer Depression und auch bei der Schizophrenie. Tatsächlich konnte gezeigt werden, dass sowohl die HRV, als auch die Herzrate an sich, in einem Zusammenhang stehen mit dem Angstscore und dem Depressionsscore bei körperlich gesunden Menschen (Shinba et al., 2008). Diese Zusammenhänge zeigen ein weiteres Einsatzgebiet der HRV Messung auf, nämlich die Möglichkeit über einen biologischen, objektiven Marker den Zustand der mentalen Gesundheit eines Menschen zu erfassen.

Der Zusammenhang mit psychischen Erkrankungen

Großes Interesse fand die HRV vor allem im Zusammenhang mit der Depression. Der Zusammenhang zwischen Depression und HRV wurde bereits mehrfach untersucht, so auch von Moser et al. (1998). Bei einer Major Depression spielt die autonome Dysfunktion eine große Rolle für die Diagnose als auch für Prognosen und die tatsächliche Regeneration des Betroffenen. Die Symptome der Major Depression, wie Schlafstörungen oder auch der verringerte Appetit, weisen auf Probleme der autonomen Balance hin (Veith, 1994; Lechin, 1995, zitiert nach Moser et al., 1998). So weist beispielsweise der für die Major Depression typische trockene Mund auf eine Verringerung der parasympathischen Aktivität hin, während das Symptom der Diarrhoe auf den Anstieg der sympathischen Aktivität hindeutet. Diese Steigerung der sympathischen Aktivität wird auch durch biologische Studien gestützt (Moser et al., 1998). Die meisten Studien, welche bisher durchgeführt wurden, sprechen für eine verminderte parasympathische Aktivität und eine erhöhte Herzfrequenz bei Personen welche an einer Major Depression leiden. Die Untersuchung von Moser et al. (1998) wies auf eine erhöhte Herzfrequenz bei Depressiven im Vergleich zu einer gesunden Kontrollgruppe hin. Auch der diastolische Blutdruck war bei den Betroffenen erhöht. Da der erhöhte diastolische Blutdruck und auch die erhöhte Herzfrequenz unabhängig waren vom Alter der Person, dürfte die Erhöhung tatsächlich durch das Vorliegen der Depression zu Stande kommen. Der Befund, dass die Herzrate bei Depressiven ansteigt, wird auch dadurch bestätigt, dass das Risiko für das Auftreten einer Herzerkrankung bei Depressiven um das sechsfache höher ist als bei gesunden Personen. Die Kausalität dieses

Zusammenhangs ist noch nicht klar. So kann die Depression selbst die erhöhte autonome Herzrate bedingen, oder aber Depressive haben ein durch die Krankheit bedingtes schlechter trainiertes Herz, was ebenfalls den Anstieg der autonomen Herzrate erklären würde (Moser et al., 1998). Wie man weiß ist die körperliche Aktivität bei Personen, welche an einer Depression leiden oft sehr stark eingeschränkt.

Auch ein Einfluss psychosozialer Variablen auf die HRV wurde bereits untersucht. Es konnte auch bereits ein Zusammenhang gefunden werden. So zeigte sich, dass Menschen, welche schlecht mit Ärger umgehen können auch eine geringer ausgeprägte HRV haben. Eine ungünstige Verarbeitung von Ärger scheint demnach die Entwicklung einer koronaren Herzerkrankung zu begünstigen. Auch Faktoren wie fehlende soziale Unterstützung, soziale Isolation oder übermäßiges Empfinden von Angst scheinen laut Untersuchungen zu einer Verringerung in der HRV zu führen. (Mück-Weymann, 2002)

Herzratenvariabilität und Somatische Erkrankungen

Eine pathologische Veränderung der HRV zeigt sich auch bei morphologischen Veränderungen der autonomen Nervenfasern, oder des Herzens. Bei pathophysiologischen und bei psychischen Störungen als auch bei Störungen der sozialen Interaktionsfähigkeit kommt es ebenso zu einer verringerten HRV. Jegliche Überforderung der adaptiven Systeme im menschlichen Körper führt zu einer Einschränkung der HRV (Mück-Weymann, 2002).

Bei vielen körperlichen Krankheiten finden sich Veränderungen der HRV, weshalb sie bereits häufig zur klinischen Diagnostik eingesetzt wird. Vor allem im Bereich der Herzerkrankungen finden sich bei diesem Marker Veränderungen. Beispielsweise haben Untersuchungen an Patienten mit Myokardinfarkt eine Verbindung zur HRV aufgezeigt. Die Verwendung der HRV hat sich in diesem Gebiet als wichtiger Prädiktor hervorgetan. Studien konnten zeigen, dass bei Patienten, welche an einem Myokardinfarkt gestorben sind der Quotient LF/HF deutlich verringert war, im Vergleich zu Personen, welche den Infarkt überlebt haben (Singh, 1996, zitiert nach Montano et al., 2009). Der LF-Bereich war bei den Betroffenen kaum noch vorhanden, was zu einem negativen Ausgang führt (Lombardi et al., 1996, zitiert nach Montano et al., 2009). Dieses Ergebnis geht einher mit dem negativen Einfluss des geringen LF/HF Quotienten. Eine weitere Untersuchung konnte

ebenfalls zeigen, dass die HRV einen prognostischen Marker in Bezug auf den kardiovaskulären Tod nach einem Myokardinfarkt darstellt. In der Untersuchung von Bjoerkander et al. (2009) zeigte sich, dass zwar die hochfrequenten Parameter keine Änderung im Zuge eines Myokardinfarktes durchlaufen, dass aber bei den niederfrequenten Parametern sehr wohl eine Veränderung in Form einer Reduktion eintritt. Dies lässt auf einen erhöhten sympathischen Einfluss auf das Herz nach einem Myokardinfarkt schließen (Bjoerkander et al., 2009). Wie bereits erwähnt führt dessen Dominanz zu einem Zustand ständiger Erregung, welcher auf längere Sicht die Gesundheit negativ beeinflusst. Eine Untersuchung von (Bigger et al., 1992, zitiert nach Bernardi et al., 1996 zeigte, dass der VLF-Parameter ein noch besserer Prädiktor für die Prognose nach einem Myokardinfarkt darstellt. Auf die Bedeutung der HRV als Prognosefaktor geht auch die Studie von Galinier et al. (2000) ein. Sie weisen darauf hin, dass trotz der Innovationen in der Medizin, die Sterberate bei Personen mit einem chronischen Herzleiden sehr hoch ist. Vor allem weisen sie auf die Schwierigkeit hin, Risikopersonen zu identifizieren. Ihrer Meinung nach ermöglicht der Einsatz der HRV-Messung als nicht-invasives Verfahren nun eben dies. Sie erweist sich als eigenständiger Prädiktor um die Mortalität vorherzusagen (Galinier et al., 2000). In den Studien von (Nolan et al., 1998; Ponikowski et al., 1997; Fauchier et al., 1997, zitiert nach Galinier et al., 2000 erwies sich nur die Parameter der Frequenzbereichsanalyse als eigenständige Prädiktoren, nicht aber die Parameter der Zeitbereichsanalysen. In der Untersuchung von Galinier et al. (2000) erwies sich nun auch der Parameter SDNN der Zeitbereichsanalysen als signifikanter Prädiktor. Ein Wert unter 100 galt auch bei Fauchier et al. (1997) als Risikofaktor. Hier konnte weiters gezeigt werden, dass ein SDNN unter 50 ein noch höheres Risiko darstellt. Generell zeigte sich eine verminderte HRV. Der Parameter LF war der signifikante Prädiktor bei den Frequenzbereichsanalysen (Galinier et al., 2000).

Eine verringerte HRV findet sich also bei physischen als auch bei psychischen Krankheiten. Dies zeigte sich in den Untersuchungen von Mück-Weymann (2002) und der Untersuchung von Moser et al. (1998). Auch als Prädiktor oder Prognosefaktore eignet sich die HRV in diesem Zusammenhang durchaus (Bjoerkander et al., 2009), (Montano et al., 2009). Galinier et al. (2000) konnte ebenfalls zeigen, dass eine verringerte HRV bei einem

Myokardinfarkt vorhanden ist. Als signifikante Prädiktoren ergaben sich der Parameter SDNN aus Zeitbereichsanalysen und der Parameter LF aus Frequenzbereichsanalysen.

1.2.13. Gesundheit und Sport

Sport erweist sich in mehreren Punkten als wichtiger präventiver Faktor. So zeigt sich dieser positive Einfluss bei psychiatrischen Patienten und deren Wohlbefinden. Sport steht im Zusammenhang mit Depression, Angst, der Stärke der Stress-Antwort, dem Gefühlszustand und dem Selbstvertrauen (Scully, Kremer, Meade, Graham & Dudgeon, 1998). Damit besteht zumindest ein indirekter Zusammenhang zwischen Sport und HRV, nämlich über Depression und Angst. Denn wie bereits erwähnt zeigen Untersuchungen, dass ein hoher Score in den Bereichen Depression und Angst im Zusammenhang mit einer verringerten HRV steht (Shinba et al., 2008). Wenn man nun durch sportliche Aktivität die HRV steigern kann, könnte man somit möglicherweise der Depression entgegen wirken. Eine breite Reihe an Studien konnte zeigen, dass sportliche Aktivität eine positive Wirkung bei depressiven Personen hat. Martinsen (1990, zitiert nach Scully et al., 1998) wies darauf hin, dass die Patienten, die nach einem Ein-Jahres-Trainingsprogramm selbstständig Sport betrieben, weniger depressiv waren als die passive Vergleichsgruppe. Zusätzlich gaben die Personen selbst an, dass sie den Effekt der Bewegung tatsächlich auch spüren und Sport als wichtigsten Faktor in einem umfassenden Behandlungsprogramm gegen Depression bezeichnen würden (Scully et al., 1998). Auch die Meta-Analyse von North (1990, zitiert nach Scully et al., 1998) zeigt diesen Effekt, und zwar sowohl für akute als auch für chronische sportliche Aktivität. Der Rückgang der Depression war unabhängig von Geschlecht, Alter und Gesundheitsstatus. Am deutlichsten war der Effekt bei den Personen zu sehen, die zusätzlich zu der sportlichen Maßnahme auch medizinische oder psychologische Behandlung erhielten. North stellte außerdem fest, dass nicht nur aerobe Tätigkeiten, sondern auch nicht-aerobe Tätigkeiten zu einer Verringerung des Depressionsscores führen. Den größeren Effekt erzielten aber aerobe Tätigkeiten, wie Joggen, Walken, Radfahren oder auch ein leichtes Zirkeltraining. Diese Tätigkeiten, über eine Dauer von mehreren Monaten ausgeführt, wirken laut Scully et al. (1998) am bes-

ten. Auch in der Untersuchung von Fox (1999) zeigte sich der positive Einfluss sportlichen Trainings auf das Wohlbefinden bei Personen welche an einer klinischen Depression leiden. Auch ein positiver Effekt im Hinblick auf das Angsterleben konnte gezeigt werden. In der Untersuchung ergaben sich auch Hinweise darauf, dass die Selbstwahrnehmung positiver ist, bei Personen welche Sport betreiben. (Fox, 1999)

Auch bezogen auf die Ängstlichkeit zeigt sich, dass Sport einen positiven Einfluss hat. Dieser Effekt, nämlich ein geringeres Ausmaß an Ängstlichkeit, ist unabhängig davon, ob state oder trait Anteile der Angst erfasst werden und auch unabhängig davon, ob akutes oder chronisches Training ausgeführt wird. Auch hier zeigt sich, dass aerobes Training eine stärkere Wirkung hat als nicht-aerobes Training. Weitere Untersuchungen sollten in diesem Bereich aber noch stattfinden, um die genauere Informationen über die Wirkungszusammenhänge zu ermitteln. (Scully et al., 1998)

Untersuchungsergebnisse sprechen auch dafür, dass eine hohe physische Kondition, also eine hohe Fitness zu einer Verbesserung der Kapazitäten im Umgang mit Stress führt. Auch hier zeigt sich, dass aerobe Tätigkeiten hoch wirksam sind, wobei anzumerken ist, dass dieser Effekt eher präventiver als korrektiver Natur ist. Wenn man also schon in einer Belastungssituation steckt, ist der Effekt nicht mehr vorhanden. Regelmäßiges Training kann aber die Wahrnehmung von Angst verringern. Auch in Hinblick auf den Gefühlsstatus und das Selbstvertrauen zeigen sich positive Effekte. Ein Literaturüberblick von McAuley (1994, zitiert nach Scully et al., 1998) zeigt die positiven Korrelationen zwischen Sport und Selbstvertrauen, Selbsteffizienz, Wohlbefinden und kognitiven Funktionen. Ein negativer Zusammenhang besteht zu Angst, Stress und Depression. Diese Ergebnisse zeigen zwar auf, wie wichtig das Ausführen von Sport für die physische und vor allem auch die psychische Gesundheit ist, aber praktische Hinweise, welches Ausmaß an Sport und welche Sportarten vor allem gesundheitsförderlich sind, werden nicht gegeben. Solche Hinweise zu geben fällt vor allem auch deshalb schwer, weil die durchgeführten Untersuchungen methodische Inkonsistenzen aufweisen und unterschiedliche psychische Variablen untersucht wurden (Scully et al., 1998). Eine generell gültige Formel kann man also noch nicht präsentieren.

Es überrascht nicht, dass Studien die Bedeutung von sportlicher Aktivität immer wie-

der betonen. Die Ergebnisse der Studien von Shinba et al. (2008) und Scully et al. (1998) sprechen von dem positiven Einfluss von Sport auf die Gesundheit. Tatsächlich liegt Sport aber nicht nur eine präventive Wirkung hinsichtlich somatischer Erkrankungen zu Grunde. Das Interview von Smith (1996, zitiert nach Scully et al., 1998) zeigte, dass die psychischen Vorteile physischer Aktivität ebenso groß, wenn nicht sogar größer sind, als die physischen Vorteile. Sportliche Aktivität erhöht außerdem die HRV, was den Körper anpassungsfähiger macht. Dies wiederum trägt ebenfalls positiv zur Gesundheit des Organismus bei. Demnach sollten Personen, welche ein hohes Ausmaß an sportlichen Tätigkeiten ausführen besseres Wohlbefinden aufweisen und zusätzlich in einem geringerem Ausmaß Angst empfinden, wie die nicht aktive Bevölkerung (Shinba et al., 2008).

1.2.14. Sport und Herzratenvariabilität

Für sportmedizinische Fragen ist vor allem die Beurteilung der sympathisch-parasympathischen Balance von großer Bedeutung. Diese lässt sich an Hand des Parameters LF/HF bestimmen. Ein Problem ergibt sich auf diesem Gebiet allerdings, denn die HRV besitzt eine biologisch interne Variabilität. Das bedeutet, dass stationäre Bedingungen der Herzaktivität nur für kurze Zeit zu beobachten sind. Die Länge der Beobachtungsdauer hat also einen Einfluss auf die HRV. Mit simulierten RR-Intervallen konnte man zeigen, dass es bei den niederfrequenten Schwingungen und der Gesamtvariabilität bei einer Aufzeichnungsdauer von 128 RR-Intervallen zu fälschlicherweise erhöhten Werten kommt. Bei einer Langzeit-Ableitung kommt es auf Grund physiologischer Charakteristika zu einer Zunahme der HRV. Der Grund dafür liegt in der fehlenden Stationarität der autonomen Regulation. (Horn, 2003)

Die Spektral-Analyse der Kurzzeit-HRV hat sich als durchaus nützlich herausgestellt um die komplexen Veränderungen der sympatho-vagalen Balance, hervorgerufen durch moderates Training, zu erfassen. Studien konnten bereits zeigen, dass moderates Training die LF-Komponente der HRV sinken lässt, während die HF-Komponente dadurch ansteigt (Pagani, 1988, zitiert nach Montano et al., 2009). Dies weist darauf hin, dass der Einfluss des Parasympathikus durch das Training zunimmt, während der Einfluss des

Sympathikus abnimmt. Während einer akuten körperlichen Belastung kommt es zu einer Verschiebung der autonomen Balance in Richtung einer Sympathikusdominanz. Diese bestimmt die Belastungstachykardie zu einem großen Teil mit. Die genannte autonome Veränderung läuft in zwei Phasen ab. Zu Beginn kommt es durch die Aktivierung der arteriellen Barorezeptoren zu einem raschen Abfall der efferenten Vagusaktivität. Hält die Belastung längere Zeit an, kommt es zu einer progressiven Zunahme der efferenten Sympathikusaktivität. Die Belastungsintensität spielt hierbei eine große Rolle für das Verhältnis von Sympathikusaktivität und Vagusinhibition (Orizio, 1988; Robinson, 1966, zitiert nach Hottenrott et al., 2006).

Empirische Arbeiten bestätigen größtenteils die Bedeutung von aerobem Ausdauertraining für die Herzfrequenz. Dieses, ausgeführt in einem angemessenen Ausmaß und angemessener Dauer, führt nämlich sowohl bei gesunden Personen als auch bei Patienten mit Herz-Kreislauf-Erkrankungen zu einer Reduktion der Ruhe-Herzfrequenz und der submaximalen Belastungsfrequenz. Gleichzeitig kommt es zu einer Erhöhung der instanten und der globalen HRV. Diese Veränderungen zeigen sich bei Personen bis zu einem Alter von etwa 70 Jahren bereits nach einem drei Monate andauerndem Ausdauer-Trainings-Programm (Okazaki, 2005, zitiert nach Hottenrott et al., 2006). Das Training sollte aber in einem moderaten Rahmen bleiben, was sowohl die Dauer als auch die Intensität des Trainings anbelangt (Hottenrott et al., 2006). Eine Steigerung der vagalen Herzfrequenzmodulation wurde bei jüngeren Personen schon nach einem regelmäßigen Ausdauertraining von über vier Wochen gefunden (Sandercock, 2005, zitiert nach Hottenrott et al., 2006). Allerdings zeigen Studien auch, dass dieser Effekt erst ab einer gewissen Belastungsintensität auftritt, nämlich ab einer Intensität von 75% der aeroben Kapazität (Okazaki, 2005, zitiert nach Hottenrott et al., 2006). Vervollständigend muss angemerkt werden, dass in Bezug auf die Intensität des Trainings nicht übertrieben werden darf. Dies würde zum Übertraining führen, also einem Ungleichgewicht zwischen Trainingsbeziehungsweise Wettkampfbelastung und Regeneration. Ein solches führt zu Störungen im autonomen Nervensystem, wobei zwischen parasympathischem und sympathischem Übertraining unterschieden wird. Die Veränderungen, welche durch Übertraining entstehen sind die Abnahme des HF- Parameters und der Total Power (Hottenrott et al., 2006).

Bernardi et al. (1996) konnte auch zeigen, dass es während einer sportlichen Aktivität zu einem Anstieg der HRV insgesamt und vor allem einem Anstieg im VLF-Parameter kommt. Eine geringe Ausprägung dieses Parameters steht im Zusammenhang mit einer schlechten Prognose nach einem Myokardinfarkt. Demnach könnte Sport auch hier zu einer Verbesserung führen, da der VLF-Parameter ansteigt. In der Studie von Bernardi et al. (1996) zeigte sich keine Veränderung der LF- und HF-Parameter während der sportlichen Aktivität im Vergleich zu der Ruhebedingung. Somit konnte auch diese Studie einen Zusammenhang zwischen der HRV und sportlicher Aktivität aufzeigen. Da die Veränderungen der LF- und HF-Parameter so gering ausfielen, wurde der Anstieg der HRV auf den starken Anstieg des VLF-Parameters zurückgeführt.

Auch Martinelli et al. (2005) weisen auf den Zusammenhang zwischen der HRV und dem aeroben Fitnesszustand hin. In ihrer Untersuchung verglichen sie trainierte Radfahrer mit untrainierten Personen. Es zeigte sich eine niedrigere Herzrate der Sportler in Ruhe. Unterschiede in der HRV ergaben sich nur in den Zeitbereichs-Parametern. Die Parameter LF, HF und LF/HF unterschieden sich nicht zwischen den Sportlern und Nicht-Sportlern.

Herzratenvariabilität in der Erholungsphase

Nach einer akuten körperlichen Belastung kommt die Erholungsphase. Die Herzfrequenz in dieser Phase ist ein wichtiger Prädiktor für die Gesamtmortalität einer Person. Nach der akuten Belastung nimmt die Herzfrequenz exponentiell ab. Gleichzeitig kommt es wieder zu einer Zunahme der HRV in Richtung Ausgangswert. Dies wird vor allem auf die zunehmende efferente Vagusaktivität zurückgeführt. Das Verhalten der HRV in der Erholungsphase wurde lange Zeit nicht beachtet. Erst seit kurzem gibt es Studien zu diesem Thema. Ein Grund dafür ist wohl in methodischen Problemen zu sehen. Weder Zeitbereichs- noch Frequenzbereichsanalysen konnten die HRV in der kurzfristigen Erholungsphase untersuchen. Das liegt wiederum an der fehlenden Stationarität des Herzschlags, der eine Voraussetzung einer kurzen Erhebung wäre. Eine Möglichkeit die HRV während der kurzfristigen Erholung, diese entspricht 5 Minuten nach der Anstrengung, ist die Short-time Fourier Transformation. Diese Methode wurde entwickelt um die HRV auch während der akuten Anstrengung und während der Phase der kurzfristigen Erholung

zu erfassen (Kaikkonen, Rusko & Martinmäki, 2007). Kaikkonen, Rusko und Martinmäki (2007) konnten in ihrer Untersuchung mit Profi-Radfahrern zeigen, dass die Erholung von der Intensität der Belastung abhängt. Je stärker die Belastung ist, desto geringer fällt die HRV an deren Ende ab und desto länger benötigt der Körper um sich wieder zu regenerieren. Doch selbst nach einer Belastung von 80% des VO_{2max} zeigte sich ein Anstieg der HRV in den ersten fünf Minuten der Erholung. Dieser Effekt zeigt sich aber nur im niederen Frequenzbereich und in der Totalen Power der HRV. Der HF-Bereich ist nicht betroffen. Es zeigte sich außerdem, dass die Leistung der HRV erst nach mindestens 30 Minuten wieder den Ausgangswert annimmt. Die genaue Zeitspanne bis dahin ist wiederum abhängig von der Belastungsintensität (Kaikkonen, Rusko & Martinmäki, 2007). Die Veränderungen der HRV in der Erholungsphase gehen auf den Rückgang der sympathischen Aktivität und den Anstieg der parasympathischen Aktivität zurück. In einer weiteren Untersuchung von Kaikkonen, Nummela und Rusko (2007) zeigte sich, dass die Dauer der Belastung keinen signifikanten Effekt auf die Erholung hat. Auch hier ergab sich nur für die Intensität der Belastung ein signifikanter Haupteffekt mit $p = .01$. Auch die Länge der Erholung hat sich als signifikanter Faktor herausgestellt. Je länger diese andauert, desto eher nähert sich die HRV wieder dem Ausgangswert an (Kaikkonen, Nummela & Rusko, 2007). Zu Beginn der Erholung kommt es vor allem zu einem Anstieg der Variabilität im niederen Frequenzbereich. Etwas später beginnt auch der Anstieg der Variabilität im Hochfrequenzbereich. Erst während einer langfristigen Erholung, ab 24 Stunden, kommt es zu einem Anstieg der Gesamtvariabilität, wobei sogar ein höherer Wert, als der Ausgangswert erreicht werden kann. Diesen Effekt nennt man Rebound Effekt (Berbalk, 2001; Hautala, 2001; Mourot, 2004, zitiert nach Hottenrott et al., 2006).

Der Zusammenhang zwischen der HRV und sportlicher Aktivität wurde mehrfach gezeigt. So zum Beispiel in den Untersuchungen von Hottenrott et al. (2006), (Okazaki, 2005 zitiert nach Hottenrott et al., 2006, (Sanercock, 2005, zitiert nach Hottenrott et al., 2006 und (Pagani, 1988, zitiert nach Montano et al., 2009. Eine Erhöhung der HRV stellt sich durch regelmäßiges aerobes Training bereits nach etwa vier Wochen ein (Sanercock, 2005, zitiert nach Hottenrott et al., 2006. Wenn durch das Ausführen sportlicher Aktivitäten ein Anstieg in der HRV erreicht werden kann, gehen damit auch weitere positive

Effekte einher. Denn eine hohe HRV ist wiederum wichtig, damit der Körper sich flexibel an die Alltagsherausforderungen anpassen kann. Auch als wichtiger protektiver Faktor gegen stressinduzierte Krankheiten wirkt eine hohe HRV (Thayer & Brosschot, 2005).

Nach einer Erklärung der beiden Begriffe HRV und Sport wurden die Zusammenhänge zwischen HRV und Gesundheit und HRV und Stress aufgezeigt. Auch die Zusammenhänge zwischen Sport und Gesundheit und Sport und Stress wurden an Hand verschiedener Untersuchungen skizziert. Zu letzt wurde noch auf den Zusammenhang zwischen Sport und HRV eingegangen. Es wurde der positive Zusammenhang von einer hohen HRV und Gesundheit, sowie einem hohen Sportausmaß und Gesundheit aufgezeigt. Auch der Zusammenhang zwischen Sport und einer verringerten Stresswahrnehmung, sowie die Reaktionen der HRV auf Stress wurden dargestellt. Mit diesen Informationen bietet sich nun die Ableitung folgender Forschungsfragen an.

1.3. Forschungshypothese

Untersuchungen konnten bereits zeigen, dass es einen positiven Zusammenhang zwischen sportlicher Aktivität und der HRV gibt (Sandercock, 2005 zitiert nach Hottenrott et al., 2006). Um die HRV zu erfassen gibt es zwei Aufzeichnungsmethoden, nämlich Kurzzeit- und Langzeitintervalle. Bigger et al. (1993) zeigten in ihrer Untersuchung, dass sich die Frequenzparameter von 24-Stunden-Aufzeichnungen nicht signifikant von den Kurzzeitparametern unterscheiden. Diese wurden aus Intervallen von zwei bis hin zu 15 Minuten berechnet. Im sportmedizinischen Kontext wird hauptsächlich auf die Kurzzeitableitung zurückgegriffen. Dies passiert vor allem aus Gründen der fehlenden Stationarität der HRV während Belastungen (Horn, 2003). Im klinischen Kontext hingegen wird vorwiegend auf Langzeitanalysen zurückgegriffen. Dass Zusammenhänge zwischen den Parametern in den beiden Aufzeichnungsdauern bestehen wurde schon in Studien gezeigt (Bigger et al., 1993). Ob nun der Zusammenhang zum Sportausmaß gleich stark ausfällt, oder ob signifikante Unterschiede vorhanden sind wird über die Differenzen der Fishers z -Werte der Korrelationskoeffizienten ermittelt. Die unabhängige Variable stellt die metabolische Rate der Teilnehmer dar. Diese wird mit den wichtigsten HRV-Parametern korreliert.

Diese sind SDNN, VLF, LF, HF und LF/HF. Die Parameter werden sowohl von der Kurzzeit- als auch von der Langzeitableitung verwendet. Der Parameter ULF wird hier nicht einbezogen, nach Malik et al. (1996) in einer Kurzzeitableitung nicht interpretiert werden soll. *Es gibt Unterschiede im Zusammenhang der metabolischen Rate mit den Kurzzeit- bzw. Langzeitparametern der HRV.*

Neben diesem Punkt soll auch der Zusammenhang der sportlichen Aktivität mit der Stresswahrnehmung beleuchtet werden, da frühere Untersuchungen hier bereits Zusammenhänge erkennen ließen, sollte gezeigt werden, dass moderates Training dazu führt, dass nur halb so viel Stress wahrgenommen wird wie bei passiven Vergleichspersonen (Aldana et al., 1996). Ob Sport auch die subjektive Wahrnehmung von Stress beeinflusst, wurde von Aldana et al. (1996) und Summers et al. (1999) untersucht. Aldana et al. (1996) konnten durchaus einen signifikanten Zusammenhang erkennen. Personen, die in ihrer Freizeit Sport ausübten nahmen signifikant weniger Stress wahr als passive Personen. In der Studie von Summers et al. (1999) ergaben sich keine signifikanten Unterschiede. Die Autoren wiesen aber darauf hin, dass einerseits das Fitnesslevel der Teilnehmer mit einer nicht perfekten Methode erfasst wurde und außerdem einige der Versuchspersonen, die induzierte Stresssituation mittels CWT Stroop Test nicht als belastend, sondern als entspannend empfunden haben. Die Annahme bleibt also bestehen, dass die Stresswahrnehmung durch Sport positiv beeinflusst wird. Wiederum wird diese Hypothese mittels Korrelation geprüft. Als abhängige Variable fließt der Score im NASA ein. *Es gibt einen negativen Zusammenhnag zwischen der metabolischen Rate und dem Score im NASA.*

Untersuchungen konnten bereits Zusammenhänge finden, welche darauf hindeuten, dass das Sportausmaß in positivem Zusammenhang mit Wohlbefinden steht, während das Empfinden von Angst abnehmen sollte. Darauf wies McAuley (1994, zitiert nach Scully et al., 1998) in einem Literaturüberblick hin. Der Zusammenhang zwischen Sport und dem Wohlbefinden einer Person wurde bereits mehrfach untersucht. So weisen sowohl Scully et al. (1998) als auch Ritvanen et al. (2007) auf den positiven Einfluss von Sport auf das Wohlbefinden hin. Sport führe demnach zu einer Verringerung in der Empfindung von Angst und Depression. So wird Sport beispielsweise auch als wichtiger Baustein einer

umfassenden Therapie gegen Depression angesehen. Neben diesen Effekten gibt es auch Befunde wonach sich Sportler ruhiger fühlen und ein besseres Selbstvertrauen haben. Auch das Wohlbefinden von Personen, welche Sport treiben, ist größer als das Wohlbefinden der passiven Bevölkerung (McAuley, 1994, zitiert nach Scully et al., 1998). *Es gibt einen positiven Zusammenhang zwischen der metabolischen Rate und dem emotionalen Wohlbefinden (PANAS, TRI) der Person und einen negativen Zusammenhang zur Ängstlichkeit(STAI).*

Eine weitere Frage betrifft die Erholung der HRV-Parameter. Es wird untersucht, ob es einen Unterschied zwischen Sportlern und Nicht-Sportlern im Ausmaß der frühen Erholung gibt. Diese frühe Erholung umfasst die ersten 5 Minuten nach der Anstrengung. *Es gibt einen Unterschied im Ausmaß der Erholung der HRV zwischen den Gruppen.* Dass die Rückkehr in die Ausgangslage nach einer körperlichen Belastung längere Zeit in Anspruch nimmt wurde von Kaikkonen, Rusko und Martinmäki (2007) gezeigt. In dieser Untersuchung gab es aber auch bereits Anzeichen für die Erholung der HRV in den ersten 5 Minuten nach der körperlichen Belastung. In der Studie von Kaikkonen, Rusko und Martinmäki (2007) wurde festgestellt, dass der Parameter HF in der ersten Minute nach der Belastung noch abnimmt. Der Wert LF nahm von der ersten Minute an zu (Kaikkonen, Rusko & Martinmäki, 2007). Hier werden nun die Werte von Leistungssportlern mit den Werten von Nicht-Sportlern verglichen. Ob die frühe Erholung bei Leistungssportlern höher ausfällt, als bei Nicht-Sportlern wird hier mit Hilfe des *t*-Tests ermittelt. Es werden die Mittelwertsunterschiede in den Parametern der Bedingung Erholung zwischen den Gruppen ermittelt. Da es bisher nur wenige Untersuchungen gab, die sich mit der Erholung in den ersten Minuten nach der Belastung beschäftigt haben, wird hier keine Richtung angenommen, sondern nur explorativ gefragt, ob es einen Unterschied zwischen den beiden Gruppen gibt.

2. Methode

2.1. Design

In Gruppenuntersuchungen wurden die Fragebögen STAI, PANAS, TRI-S, TRI-T und NASA vorgegeben. Als unabhängige Variablen fließt die metabolische Rate ein, die das Ausmaß an Sport und Bewegung operationalisiert. An Hand dieser wurden die Gruppen in Nicht-Sportler und Sportler eingeteilt. Der Zusammenhang der metabolischen Rate mit den abhängigen Variablen Wohlbefinden, Ängstlichkeit, HRV und Einschätzung der Belastung wird untersucht.

Die abhängigen Variablen dieser Studie sind Wohlbefinden, Ängstlichkeit, die Einschätzung der Belastung und die HRV. Die Variable Wohlbefinden wurde über die Werte PANAS-Positiv, PANAS-Negativ und die Faktoren der TRI-Skalen operationalisiert. Ängstlichkeit wurde über die beiden Werte im STAI, STAI-T und STAI-S operationalisiert. Die Einschätzung der Belastung wurde mit dem NASA operationalisiert. Die HRV wurde mit dem *TOM* während des Protokolls, als auch über 24 Stunden aufgezeichnet. Die HRV-Parameter, welche in die Untersuchung einfließen sind SDNN, r-MSSD, VLF, LF, HF, LF/HF, Total und pNN50. Diese wurden für jede Bedingung des Protokolls und die 24-Stunden-Aufzeichnung berücksichtigt. Der Ablauf des Protokolls ist in Abbildung 2.1 dargestellt.

Die statistischen Hypothesen der Untersuchung sind folgende:

1. *Hypothesen über den Unterschied im Zusammenhang:* H0: Es gibt keinen Unterschied im Zusammenhang. H1: Es gibt einen Unterschied im Zusammenhang der metabolischen Rate mit den Kurzzeit- beziehungsweise Langzeitparameter der HRV.
2. *Hypothesen über den Zusammenhang mit dem Wohlbefinden und der Ängstlichkeit.*

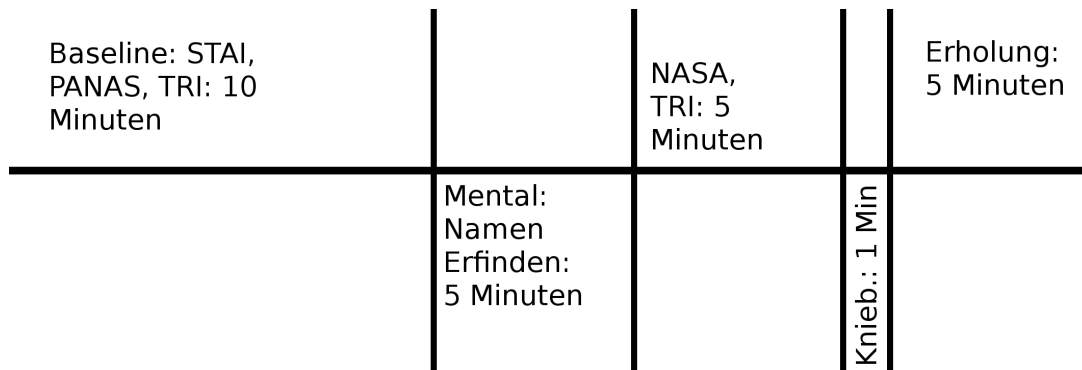


Abbildung 2.1.: Zeitlicher Ablauf des Protokolls

H0: Es gibt keinen Zusammenhang zwischen der metabolischen Rate und dem Wohlbefinden (PANAS und TRI) beziehungsweise der Ängstlichkeit (STAI). H1.1: Es gibt einen positiven Zusammenhang zwischen der metabolischen Rate und den Variablen PANAS-Positiv, Glücklich_TRI-S und Frisch_TRI-T. Es gibt einen negativen Zusammenhang der metabolischen Rate zu den Variablen PANAS-Negativ, Besorgt_TRI-T und Melancholisch_TRI-S. H1.2: Es gibt einen negativen Zusammenhang zwischen der metabolischen Rate und den Variablen STAI-Trait und STAI_State.

3. *Hypothesen über den Unterschied in der Erholung der HRV.* H0: Es gibt keinen Unterschied im Ausmaß der frühen Erholung der HRV-Parameter in den beiden Gruppen Sportler und Nicht-Sportler. H1: Es gibt einen Unterschied im Ausmaß der frühen Erholung der HRV-Parameter in den beiden Gruppen der Sportler und Nicht-Sportler.
4. *Hypothesen über den Zusammenhang der metabolischen Rate und der subjektiv empfundenen Belastung (NASA-Score).* H0: Es gibt keinen Zusammenhang zwischen der metabolischen Rate und dem Score im NASA-TLX. H1: Es gibt einen negativen Zusammenhang zwischen der metabolischen Rate und dem Score im NASA-TLX.

2.2. Untersuchungsteilnehmer

Als Leistungssportler werden Vereinssportler angesehen, die mindestens 2 Mal pro Woche trainieren und auch Wettkämpfe bestreiten. Als Teilnehmer aus dieser Kategorie konnten 2 Volleyballvereine, ein Leichtathletikverein und ein Handballverein gewonnen werden. Alle Vereine bestreiten Wettkämpfe auf hohem Niveau. Als Vergleichsgruppe wurden Psychologiestudenten herangezogen. Die Daten der Studenten entstammen einer Untersuchung von Prof. Trimmel. Ihr Energieumsatz wurde mit Lüdenscheids Aktivitätsbogen berechnet. Ihr Ausmaß an Bewegung und Sport lag im geringen bis durchschnittlichen Bereich. Die Teilnehmer dieser Gruppe weisen einen Mehrverbrauch an Kalorien von weniger als 5000 Kalorien pro Woche auf. Personen, welche einen höheren Mehrverbrauch aufwiesen, wurden der Gruppe der Leistungssportler zugeteilt. Diese Einteilung erfolgt nach Lüdenscheids Aktivitätsfragebogen und der Paffenbarger Kurve (*Lüdenscheider Aktivitätsfragebogen*, 2002). Somit kann ein Vergleich zwischen einem geringen bis durchschnittlichen Bewegungsausmaß und einem sehr hohen Bewegungsausmaß gezogen werden. Die Analyse wird sowohl in der Gesamtstichprobe als auch in beiden Gruppen einzeln durchgeführt. Von den 68 Teilnehmer wurden 25 der Gruppe der Nicht-Sportler zugeteilt und 43 der Gruppe der Leistungssportler. Eine Darstellung der metabolischen Rate für die drei Gruppen findet sich in 3.1. Eine deskriptive Beschreibung der Stichproben findet sich in den Tabellen 2.1 und 2.2.

2.3. Untersuchungsbedingungen, -materialien

Alle Teilnehmer wurden mit einem tragbaren EKG, dem TOM ausgestattet. Die Daten wurden mittels drei Elektroden erfasst, welche am linken Schlüsselbein, am Brustbein und unterhalb des rechten Rippenbogens angebracht wurden. Beide Gruppen absolvierten ein standardisiertes Protokoll welches von Prof. Trimmel erstellt wurde. Dieses wurde in den Vereinsräumen als Gruppenuntersuchung beziehungsweise für die Gruppe der Studenten in einem Seminarraum der Universität Wien, ebenfalls als Gruppenuntersuchung durchgeführt. Die Dauer des Protokolls lag bei etwa 30 Minuten. Das Protokoll teilt sich in 5

		Metabolische Rate	Alter
Gesamtstichprobe(N=68)	Minimum	0,7	18
	Maximum	314,20	31
	Mittelwert	106,74	23,65
	Varianz	4623,584	8,978
Sportler (N=43)	Minimum	73,2	18
	Maximum	314,2	29
	Mittelwert	145,3	22,7
	Varianz	3006,95	7,48
Nicht-Sportler (N=25)	Minimum	0,7	20
	Maximum	60	31
	Mittelwert	40,42	25,2
	Varianz	399,207	8

Tabelle 2.1.: Deskriptive Daten der metabolischen Rate und des Alters

		Häufigkeit	Prozent
Gesamtstichprobe (N=68)	weiblich	42	61,8
	männlich	26	38,2
Sportler (N=43)	weiblich	21	48,8
	männlich	22	51,2
Nicht-Sportler (N=25)	weiblich	21	84
	männlich	4	16

Tabelle 2.2.: Die Verteilung des Geschlechts in den 3 Stichproben

Zeitspannen. Dabei sind verschiedene Aufgaben zu bearbeiten. Zur Erhebung der Baseline wurden 5 Fragebögen vorgegeben, nämlich der STAI-S, STAI-T, PANAS-Moment, TRI-S und TRI-T. Nach der mentalen Belastung durch den Test NAMEN ERFINDEN wurde der Bogen TRI-S abermals vorgegeben. Das momentane Wohlbefinden wird über die Werte des PANAS und des TRI-S operationalisiert, während mit Hilfe der Werte des TRI-T das allgemeine, beziehungsweise habituelle Wohlbefinden operationalisiert wird. Das Ausmaß an Angstempfinden wurde mit den beiden Skalen STAI-S und STAI-T operationalisiert. 5 Minuten Bearbeitungszeit wurde für den kognitiven Task gewährt. Hier wurde der Test NAMEN ERFINDEN vorgegeben. Dabei mussten aus vorgegebenen Buchstabenkombinationen Namen erfunden werden. Die Instruktion lautete, innerhalb von 5 Minuten so viele Namen wie möglich zu erfinden, wobei die Reihenfolge der Buchstaben nicht vertauscht werden darf, die Items aber nicht der Reihe nach bearbeitet werden müssen. Die Teilnehmer gaben nach dem kognitiven Task neuerdings Auskunft über ihren momentanen Gefühlszustand, hier wurde der TRI-S vorgegeben und das Ausmaß der wahrgenommenen Belastung an. Das Ausmaß an wahrgenommener Belastung wurde über den Fragebogen NASA erhoben. Abschließend wurden von allen Teilnehmern gemeinsam eine Minute lang Kniebeugen ausgeführt. Hier wurde keine Anzahl vorgegeben, sondern lediglich die Zeitspanne, auf welche wie auch bei den anderen Bedingungen der Testleiter achtete. Von beiden Gruppen wurde zusätzlich zu dem Protokoll auch eine 24 Stunden Aufzeichnung erfasst. Während dieser Zeit hatten die Personen keine spezifischen Aufgaben zu erledigen. Bei der Gruppe der Sportler ist hier zu beachten, dass diese Aufzeichnungen an einem trainingsfreien Tag stattfanden. Das Ausmaß an sportlicher Betätigung wurde sowohl mit einem elektronischen Fragebogen als auch mit einem Ausschnitt des Fragebogens für Sportler von Dr. Caro (Caro, o. J.) erfasst.

2.3.1. Beschreibung der Verfahren

Im STAI wird die Zustandsangst und die Angst als Eigenschaft erfasst. Während die Zustandsangst eine Zeit- und Situationsabhängigkeit aufweist, ist die Angst als Eigenschaft ein relativ stabiles, eine Person auszeichnendes Merkmal. Die beiden Skalen um-

fassen jeweils 20 Items mit einer 4-stufigen Ratingskala. Für die Skala STAI-State sind die vier Abstufungen folgende: überhaupt nicht- ein wenig- ziemlich- sehr. Für die Skala STAI-Trait sind die vier Abstufungen: fast nie- manchmal- oft- fast immer. Die Werte der Einzelitems werden zu 2 Summenscores summiert, wobei diese zwischen 20 und 80 Punkten liegen können. Je höher der Gesamtscore ist, desto höher ist die Zustandsangst beziehungsweise die allgemeine Ängstlichkeit der Person (Laux, Glanzmann, Schaffner & Spielberger, 1981). Die beiden STAI-Werte (STAI-T und STAI-S) dienen der Operationalisierung der Ängstlichkeit.

Im PANAS geht es um das Erfassen der Affektivität. Diese wird in den positiven und den negativen Affekt eingeteilt. Eingesetzt wird das Verfahren vor allem in der Emotions- und Stressforschung. In dem Verfahren sind 20 Adjektive enthalten, wobei je 10 Adjektive einem Affekt zugeordnet werden können. Als Antwortformat ist eine 5-stufige Skala vorhanden, an Hand derer man angeben soll, wie stark ausgeprägt man dieses Gefühl derzeit empfindet. Der Originalsatz kann in sechs unterschiedlichen Zeitintervallen vorgegeben werden. Für diese Untersuchung wurde der momentane Affektzustand gewählt, welcher mit der Frage "Wie fühlen Sie sich im Moment?", erfasst wurde. Auch hier werden 2 Summenscores gebildet, wobei einer für den positiven Affekt und einer für den negativen steht (Watson, Clark & Tellegen, 1988). Das Antwortformat lautet: gar nicht- ein wenig- einigermaßen- erheblich- äußerst. Die beiden PANAS-Werte (PANAS-Positiv und PANAS-Negativ) dienen als Operationalisierung des Wohlbefindens.

Mit Hilfe des TRI wurde das momentane Wohlbefinden und das allgemeine Wohlbefinden untersucht. Beide Skalen umfassen 30 Items. Im TRI-Trait werden diese Items auf einer siebenstufigen Skala mit den Polen *überhaupt nicht* und *sehr stark* beantwortet. Im TRI-State werden die Items auf einer fünfstufigen Skala beantwortet: nie-selten-gelegentlich-oft-immer. Die Items des TRI-S liegen in der Formulierung "Momentan bin ich..." vor. Die Items des TRI-T in der Version "Im Allgemeinen bin ich in meinem Leben...". Die einzelnen Items sind: erfrischt, müde, entspannt, leistungsfähig, leistungsmotiviert, schläfrig, nervös, konzentrationsfähig, gereizt, teilnahmslos, gelangweilt, melancholisch, mürrisch, unruhig, leistungsoptimistisch, deprimiert, niedergeschlagen, heiter, verstimmt, gleichgültig, betrübt, energiegeladen, ängstlich, anstrengungsbereit, beunru-

higt, guter Stimmung, glücklich, besorgt, frisch und schwermütig. Die Kodierung der Items wurde für die Items der beiden TRI-Skalen erfolgte von eins an.

Um das Trainingsausmaß zu erfassen wurde ein Fragebogen vorgegeben, in dem neben den üblichen deskriptiven Informationen auch das Ausmaß des Kraft-, Schnelligkeits- und Ausdauertrainings sowie die Zugehörigkeit zu einem Sportverein erfragt wird. Neben diesen Items wird auch der Trainingsausfall wegen Verletzungen erfragt. Das Antwortformat ist hier ein offenes. Die Items wurden dem Fragebogen für Athleten entnommen (Caro, o. J.).

Mit Hilfe eines elektronischen Fragebogens wurden ebenfalls Informationen zur körperlichen Aktivität der Personen eingeholt. Hier fließen Items des Lüdenscheider Aktivitätsfragebogens ein. Die Antworten wurden mit Hilfe der Auswertungsmatrix des Lüdenscheid Aktivitätsfragebogens ausgewertet. Hier werden für die entsprechenden Tätigkeiten Punkte, an Hand der Auswertungsmatrix des Aktivitätsfragebogens, verteilt (*Lüdenscheider Aktivitätsfragebogen*, 2002). Es wird ein Gesamtscore errechnet, welcher die metabolische Rate der Person angibt. Dieses Maß wird verwendet um eine einheitliche Quantifizierung der sportlichen Aktivität und des Bewegungsausmaßes der Personen zu ermöglichen. Die Frage lautete wie viel Zeit man in einer typischen Woche für die jeweilige Tätigkeit verwendet, wobei sowohl eine Stunden- als auch eine Minutenangabe erfolgen musste. Die Tätigkeiten waren: Zu Fuß Einkaufen, Wandern, mit dem Rad Einkaufen, Radtour, Gartenarbeit, Anzahl der Stockwerke/Tag, Mannschaftssportarten, Rückschlagspiele, Kampfsportarten, Fitness, Wassersportarten, Body and Mind (Pilates, Yoga), Tanzsport, mäßiges körperliches Training und schweres körperliches Training. Die Zeitangaben wurden mit der Auswertungsmatrix des Lüdenscheider Aktivitätsfragebogen verglichen und entsprechende Punkte wurden verteilt. Die Gesamtzahl stellt die metabolische Rate der Person dar (*Lüdenscheider Aktivitätsfragebogen*, 2002).

Mit dem Fragebogen NASA wurde das Ausmaß der wahrgenommenen Anforderungen erhoben. Hier gaben die Personen an wie stark sie hoch die Anforderungen der Aufgabe waren und zwar die geistigen und körperlichen. Auch wie viel Zeitdruck empfunden wurden mussten die Personen angeben. Zudem wurde noch erfasst wie sehr sie sich anstrengen musste, wie motiviert sie waren und wie frustriert. Das Antwortformat ist auf

einer 20-stufigen Skala möglich, deren Endpunkte die Pole low und high sind (Hart & Stavenlad, 1988). Anstatt der original englischen Version wurde eine deutsche Übersetzung vorgegeben, bei der die Skala 20 Abstufungen enthielt. Die Endpunkte waren mit niedrig und hoch benannt. Ein Gesamtwert über die Antworten wurde ermittelt. Die Variable NASA operationalisiert das Ausmaß wahrgenommener Belastung.

Der Lüdenscheider Aktivitätsfragebogen wurde vor allem für den Gesundheitssport entwickelt. Das Anliegen der Entwickler war es, zu erheben, ob Personen genügend Bewegung machen um ihrem Körper und ihrer Gesundheit Gutes zu tun, oder ob zu wenig Bewegung betrieben wird. Bewegungsmangel stellt nämlich einen immensen Risikofaktor in der heutigen Gesellschaft dar. Außerdem kann man erkennen, ob eine Person ausreichend Bewegung macht, um mit positiven gesundheitlichen Effekten zu rechnen. In dem Verfahren wird die Person zu verschiedenen Bewegungsabläufen befragt, und muss angeben wie viele Stunden sie pro Woche damit verbringt. Die Items erfragen Aktivitäten wie das Gehen, bis hin zur Gartenarbeit, Fahrradfahren, und die verschiedenen Sportarten. Die Aktivitäten der Person werden aufgeteilt in Bewegungs- und Sportausmaß. Man kann also nicht nur den wöchentlichen Sportumfang, sondern auch den allgemeinen Bewegungsumfang in der Freizeit erfassen (*Lüdenscheider Aktivitätsfragebogen*, 2002). Der Fragebogen bezieht sich auf die Paffenbarger Kurve, welche eine Verbindung zwischen der Anzahl an Myokardinfarkten und dem Mehrverbrauch an Kalorien/Woche herstellt (*Lüdenscheider Aktivitätsfragebogen*, 2002).

Tabelle 2.3 zeigt die Zuteilung der MET-Punkte zu den Aktivitäten. Auf Basis dieser Werte wurde ein Gesamtscore für jede Person berechnet. Dieser wurde für die Gruppeneinteilung herangezogen. Tabelle 2.4 zeigt einen Vergleich der Mittelwerte der berücksichtigten Tätigkeiten in den beiden Gruppen Sportler und Nicht-Sportler.

2.4. Geräte

Die Aufzeichnung der HRV wurde mit dem *TOM* durchgeführt. Dieses tragbare Gerät ermöglicht über 3 Elektroden das Aufzeichnen der nötigen körperlichen Parameter. Die Elektroden werden am rechten Schlüsselbein, unterhalb des unteren linken Rippenbogens

Zuteilung der MET-Punkte zu den jeweiligen Aktivitäten

Bewegung	MET		
	15 Minuten	30 Minuten	60 Minuten
Einkaufen mit Rad	0,7	1,5	3
Gartenarbeit	0,7	1	1,2
Einkaufen zu Fuß	0,7	1,5	3
Wandern	0,9	1,7	3,5
Treppe	0,5 ¹	1 ²	1,2 ³
Fitness	1,1	2,3	4,5
Wassersport	1,5	3	6
Rückschlagspiele	1,5	3	6
Mannschaftssport	1,8	3,5	7
Tanzsport	0,7	1,5	3
Mäßiges Training	1,8	3,5	7
Radtour	1,3	3	6
Kampfsport	1,1	2,3	4,5
Ausdaueraktivitäten	1,8	3,5	7
Schweres Training	2	4	8
Krafttraining	1,1	2,3	4,5
Schnelligkeit	1,8	3,5	7
Ausdauertraining	2	4	8

¹4 Stockwerke, ²8 Stockwerke, ³10 Stockwerke

Tabelle 2.3.: Die Zuteilung der MET-Punkte zu den ausgewählten Aktivitäten

	Sportler				Nicht-Sportler			
	Min.	Max.	Mittelw.	s	Min.	Max.	Mittelw.	s
Einkaufen mit Rad_Stunden	1	5	1,78	1,126	1	7	2,9	2,234
... und Minuten.	10	30	22,22	8,333	10	30	25	10
Gartenarbeit_Stunden	3	4	3,5	0,577	1	2	1,67	0,516
... und Minuten.	10	50	30	15,275	30	30	30	0,00
Einkaufen zu fuß_Stunden	1	7	2,71	2,597	1	18	8,03	4,664
... und Minuten.	10	50	24,38	12,633	10	50	27,86	13,688
Wandern_Stunden	1	4	2	1,317	1	14	3,54	3,107
... und Minuten.	10	30	25,63	6,292	10	30	20	10
Stockwerke	1	22	6,91	5,25	1	22	6,13	5,598
Fitness_Stunden	1	5	2,26	1,137	1	10	3,6	3,647
... und Minuten.	10	30	26	8,944	30	30	30	0,00
Wassersport_Stunden	1	2	1,67	0,577	1	2	1,67	,577
... und Minuten.	10	30	24,00	8,944	10	10	10,00	0,00
Radtour_Stunden	1	3	1,67	0,724	1	5	2,33	1,225
... und Minuten.	20	30	28	4,472	10	30	20,00	14,142
Mäßige Bewegung_Stunden	1	50	5,24	8,36	1	14	3,64	2,747
... und Minuten.	10	50	31,67	13,29	10	50	21,4	14,64
Tanzsport_Stunden	2	3	2,33	0,577	1	5	2,5	1,732
... und Minuten.	20	20	20	0,00	20	30	25	7,071
Mannschaftssport_Stunden	1	14	6,89	3,521	1	10	3,83	3,764
... und Minuten.	10	50	35	14,142	10	50	21,43	14,639
Radtour_Stunden	1	3	1,67	0,724	1	5	2,33	1,225
... und Minuten.	20	30	28	4,472	10	20	25	7,07
Ausdaueraktivitäten_Stunden	1	18	5,06	3,861	1	14	3,67	2,97
... und Minuten.	20	50	34	15,166	30	30	30	0,00
Rückschlagspiele_Stunden	1	10	2,44	2,963	2	5	3,5	2,121
... und Minuten.	10	30	20	10	20	50	33,33	15,275
Schwere Bewegung_Stunden	2	50	8,06	7,90	1	12	2,59	2,922
... und Minuten	20	50	31,67	9,83	30	30	30	0,00

Tabelle 2.4.: Mittelwerte der Sportler und Nicht-Sportler für die berücksichtigten Tätigkeiten

und am Brustbein angebracht. Es empfiehlt sich die Stellen mit Alkohol zu reinigen um den für die 24 Stunden Aufzeichnung nötigen Halt zu gewährleisten. Ein Batteriecheck und eine Überprüfung der Speicherkarte sind natürlich unbedingt erforderlich. So sollte die Restspannung der Batterie für eine 24 Stunden Aufzeichnung zumindest bei 1.4 Volt liegen.

2.5. Untersuchungsdurchführung

Zu Beginn der Aufzeichnung wurde mit allen Teilnehmern das Protokoll durchgeführt. Die Dauer dieser Durchführung variierte wie gesagt je nach Dauer der Baseline zwischen 25 und 40 Minuten. Diese Varianz kommt zu Stande, da für das Bearbeiten der Fragebögen zur Erfassung der Baseline keine Zeitbegrenzung vorgegeben wurde. Erst nachdem alle Teilnehmer die Bögen bearbeitet hatten wurde zum Test NAMEN ER-FINDEN übergegangen. Für die anderen Bedingungen wurden Zeitbegrenzungen vorgegeben, welche der Untersuchungsleiter kontrollierte. So wurde jede weitere Bedingung mit 5 Minuten begrenzt beziehungsweise die Bedingung Kniebeugen mit nur 1 Minute. Den Leistungssportlern wurde im Vorfeld der Untersuchung bereits die Instruktion gegeben am Tag der Aufzeichnung kein Vereinstraining zu bestreiten. So waren Aktivitäten wie Laufen und Radfahren durchaus erlaubt, aber das reguläre Vereinstraining sollte ausgelassen werden. Der Grund dafür ist die Beeinflussung der HRV durch das körperliche Training. So konnten Studien zeigen, dass die HRV nach intensiven und langen Belastungen durchaus längere Zeit benötigt um wieder in den Ausgangszustand zu gelangen (Takahashi et al., 2000; Terziotti et al., 2001; Mourot et al., 2004, zitiert nach Kaikkonen, Rusko und Martinmäki, 2007). Auch die Bruchgefahr für die Geräte, vor allem bei Ballsportarten, muss hier bedacht werden, da die Geräte sehr teuer sind. Die Daten der HRV wurden mit dem Programm *Darwin Medilog* bearbeitet und die Güte der Aufzeichnungen wurde kontrolliert. So wurden die Aufzeichnungen auf Extrasystolen hin überprüft und auch auf Wackelkontakte der Elektroden oder sonstige Aufzeichnungsfehler. Nach einer Bereinigung der Aufzeichnungen wurden die Kurzzeitparameter mittels Makros aus den Aufzeichnungen heraus gespielt. Die Langzeitparameter wurden wegen

technischer Probleme direkt aus dem Programm entnommen. Die Intervalle der Kurzzeitparameter teilten sich auf folgende Bedingungen auf: Baseline, Mental, Kniebeugen, Kniebeugen_plus_Erholung und Kniebeugen_Erholung. Die Bedingung Baseline wurde auf zwei 5-Minuten Intervalle aufgeteilt, die Bedingung Mental umfasste ein 5-Minuten Intervall. In den Baseline-Bedingungen wurden die Fragebogen vorgegeben. In der Bedingung Mental wurde der Test NAMEN ERFINDEN durchgeführt. Die Kniebeugen umfassten 1 Minute, die beiden Erholungsbedingungen jeweils 5 Minuten. Der Unterschied in diesen beiden Bedingungen ist, dass in dem Intervall Kniebeugen_plus_Erholung 1 Minute Kniebeugen und 4 Minuten Erholung enthalten sind, während in dem Intervall Kniebeugen_Erholung die ersten 5 Minuten nach den Kniebeugen enthalten sind, also 5 Minuten Erholung.

Weitere statistische Analysen wurden mittels SPSS 17 durchgeführt. Die Frage nach dem Zusammenhang der sportlichen Aktivität und der Kurz- beziehungsweise Langzeitableitung der HRV wurde mittels Pearson-Produkt-Moment-Korrelation beziehungsweise der Korrelation nach Spearman getestet, je nach Verteilungsform der Daten. Um die Frage zu klären, ob es einen signifikanten Unterschied in der Sensitivität der Parameter gibt, wurden die Korrelationen anhand von Fishers z -Werte einer Signifikanzprüfung unterzogen. Diese Analysen wurden sowohl mit der Gesamtstichprobe durchgeführt als auch ein weiteres Mal innerhalb der gebildeten Gruppen, Sportler und Nicht-Sportler. Die Gruppen wurden an Hand des Lüdenscheider Aktivitätsfragebogens und der Paffenbarger Kurve eingeteilt. So fielen Personen mit einem Mehrverbrauch an Kalorien von weniger als 5000 pro Woche in die Gruppe der Nicht-Sportler, während Teilnehmer mit einem höheren Mehrverbrauch die Gruppe der Leistungssportler darstellte.

3. Ergebnisse

Nach Überprüfung der Daten auf Normalverteilung wurde der entsprechende Korrelationskoeffizient berechnet. Für die nicht normalverteilten Daten wurde die Spearman Korrelation gerechnet, während normalverteilte Daten mit der Pearson-Produkt-Moment-Korrelation analysiert wurden. Die Frage nach Unterschieden im Zusammenhang wurde über Fishers z -Werte und deren Differenzen überprüft.

Die Normalverteilung wurde im SPSS 17 mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test geprüft. Dieser prüft die Verteilungsform. Ein signifikantes Ergebnis bedeutet, dass die beobachtete Verteilung nicht normalverteilt ist. Die weiteren Analysen zur Überprüfung der Hypothesen wurden auf Basis der Ergebnisse des Kolmogorov-Smirnov-Tests gerechnet. Die Tabellen A.1, A.2 und A.3 im Anhang zeigen die Ergebnisse des Kolmogorov-Smirnov-Tests. Wurde das Signifikanzniveau nicht erreicht spricht dies für die Normalverteilung der Parameter, während ein signifikantes Ergebnis auf eine signifikante Abweichung der Normalverteilung hinweist. Das Signifikanzniveau α liegt bei .05. Da die metabolische Rate laut Kolmogorov-Smirnoff-Test nicht normalverteilt ist werden alle Analysen, in die sie einfließt mit parameterfreien Verfahren gerechnet.

3.1. Zusammenhang zwischen metabolischer Rate und Wohlbefinden beziehungsweise Ängstlichkeit

H0: Es gibt keinen Zusammenhang zwischen der metabolischen Rate und dem Wohlbefinden (PANAS, TRI) beziehungsweise der Ängstlichkeit (STAI). **H1:** Je höher die metabolische Rate, desto höher ist das Wohlbefinden(PANAS und TRI) und desto geringer ist die Ängstlichkeit(STAI-T, STAI-S) der Person.

Deskriptive Beschreibung der unabhängigen Variable MET
Vergleich in den Gruppen

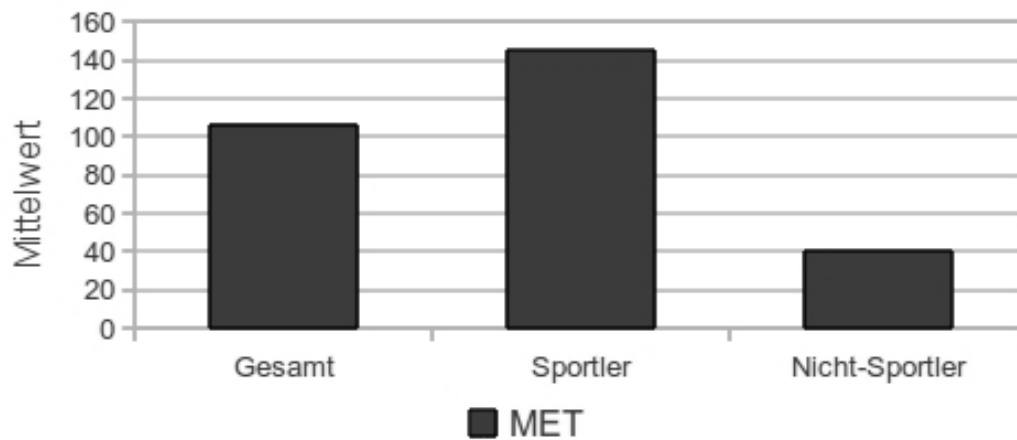
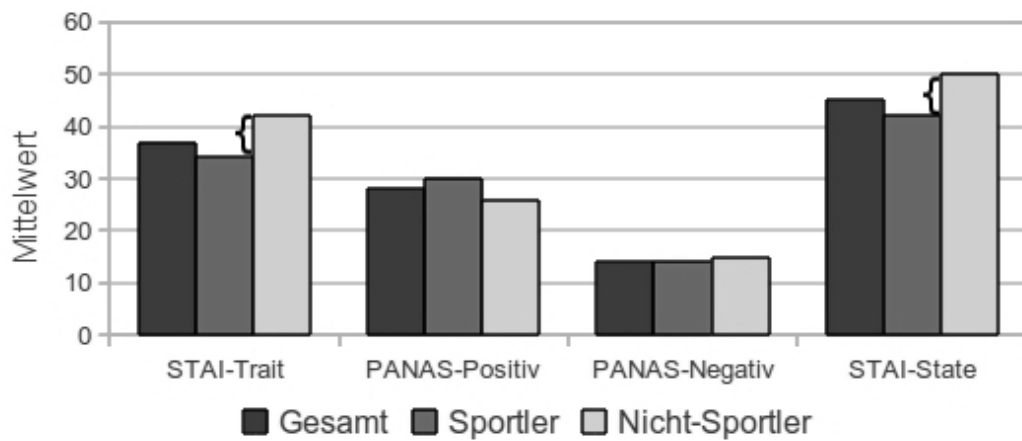


Abbildung 3.1.: Deskriptive Darstellung der Mittelwerte aller Gruppen für die unabhängige Variable metabolische Rate

Deskriptive Beschreibung der STAI- und PANAS- Mittelwerte
Vergleich der Gruppen



Klammer bedeutet signifikanten Unterschied bei $\alpha = .05$.

Abbildung 3.2.: Deskriptive Darstellung der Mittelwerte aller Gruppen für die Variablen PANAS und STAI

Abbildung 3.1 zeigt die Mittelwerte der metabolischen Rate in den drei Gruppen.

Abbildung 3.2 zeigt einen Vergleich der PANAS- und STAI-Mittelwerte für die drei Gruppen. Es zeigt sich erwarteter Weise, dass die Sportler bei den STAI-Werten die geringste Ausprägung aufweisen. Auch der Wert PANAS-Positiv ist bei ihnen am höchsten ausgeprägt. Der Wert PANAS-Negativ ist in allen drei Gruppen etwa gleich hoch ausgeprägt.

Eine Signifikanzprüfung wurde über den t -Test für unabhängige Stichproben durchgeführt. Die Ergebnisse dieses Tests zeigt Tabelle 3.1.

Je nach Verteilung der einfließenden Variablen wurde auf die Pearson-Produkt-Moment-Korrelation oder den Korrelationskoeffizienten von Spearman zurückgegriffen. Die Ergebnisse der Kolmogorov-Smirnov-Tests finden sich im Anhang.

Die Tabelle 3.2 zeigt den Zusammenhang zwischen der metabolischen Rate und den beiden PANAS-Skalen, sowie den STAI-Skalen. Wie bereits erwähnt zeigte sich ein positiver Zusammenhang zu der positiven PANAS-Skala, was darauf hindeutet, dass ein hoher Sportkonsum mit hohem positivem Wohlbefinden in Zusammenhang steht. Die Korrelation mit der negativen PANAS-Skala fiel negativ, wenn auch nicht signifikant aus. Die Richtung des Zusammenhangs fällt aber zumindest in erwarteter Weise aus. Der Zusammenhang mit den PANAS-Skalen spricht für die Hypothese, weswegen für diese Stichprobe die Hypothese als richtig angenommen werden kann. Der Zusammenhang zu der Skala STAI-Trait fiel negativ signifikant aus auf dem Niveau $\alpha = .05$. Zu der Skala STAI-State war der Zusammenhang negativ, erreichte das Signifikanzniveau aber nicht. Die Items der beiden TRI-Skalen wurden vor der Korrelationsberechnung jeweils einer Faktorenanalyse unterzogen. Die rotierte Faktorenmatrix ist in Abbildung A.4 im Anhang dargestellt. Als Methode wurde hier die Hauptachsenmethode gewählt, die Lösung wurde nach dem Varimax-Kriterium rotiert. Danach wurde auch hier der Zusammenhang zwischen der metabolischen Rate und den Faktoren berechnet. Für den Fragebogen TRI-S ergaben sich laut Screeplot vier Faktoren: Besorgt, glücklich, anstrengungsbereit und konzentrationsfähig. Für die Skala Trait ergaben sich drei Faktoren: Leistungsfähig, frisch und melancholisch. Auch die Zusammenhänge zu den Faktoren des TRI verliefen durchaus in die erwartete Richtung. Beim TRI-S verliefen die Zusammenhänge zu den

t-Test für die Skalen STAI und PANAS zwischen den Sportlern und Nicht-Sportlern.

	T	df	Sig.	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% KI der Differenz	
						Untere	Obere
STAI-State	3,290*	66	,002	8,60000	2,61410	3,38077	13,81923
STAI-Trait	4,859*	66	,000	7,69488	1,58361	4,53227	10,85750
PANAS-Positiv	-1,764	66	,082	-3,16000	1,79167	-6,73719	,41719
PANAS-Negativ	,865	66	,390	,82419	,95321	-1,07896	2,72733

*. Dieser Unterschied ist auf dem Niveau $\alpha = .05$ signifikant.

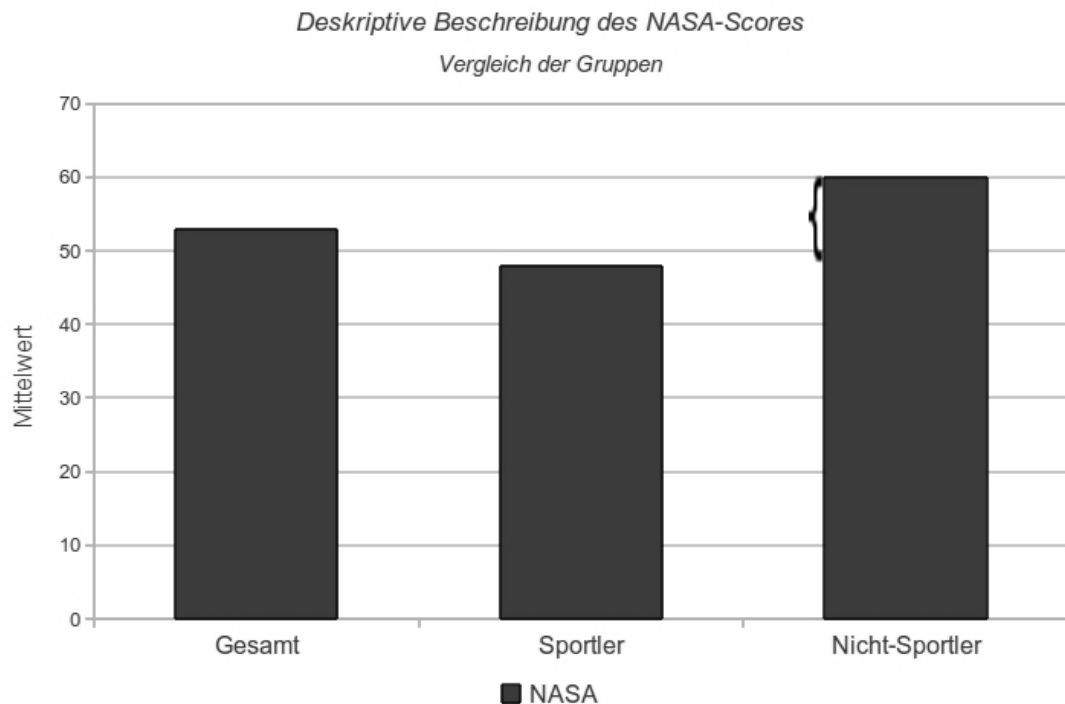
Tabelle 3.1.: *t-Test für die Skalen STAI und PANAS zwischen den Gruppen Sportler und Nicht-Sportler.*

		Gesamt- stichprobe		Nicht- Sportler		Sportler	
		MET	N	MET	N	MET	N
Gesamtwert STAI-Trait	ρ	-0,58**	68	-0,28	25	-0,20	43
	Sig. (1-seitig)	0,00		0,08		0,11	
Panas positiv	ρ	0,27*		0,11	25	0,17	43
	Sig. (1-seitig)	0,01	68	0,30		0,15	
Panas negativ	ρ	-0,11	68	-0,00	25	-0,09	43
	Sig. (1-seitig)	0,19		0,50		0,15	
Gesamtwert STAI-State	ρ	-0,50**	68	0,08	25	-0,28*	43
	Sig. (1-seitig)	0,00		0,36		0,03	
Melancholisch_TRI-T	ρ	-0,15	64	-0,20	22	-0,14	42
	Sig. (1-seitig)	0,125		0,20		0,19	
Frisch_TRI-T	ρ	0,39**	64	0,19	22	0,25	42
	Sig. (1-seitig)	0,00		0,22		0,06	
Leistungsfähig_TRI-T	ρ	-0,13	64	0,23	22	0,10	42
	Sig. (1-seitig)	0,17		0,17		0,28	
Besorgt_TRI-S	ρ	-0,14		-0,20	20	-0,13	41
	Sig. (1-seitig)	,0,14	61	0,20		0,21	
Glücklich_TRI-S	ρ	0,37**		0,11	20	0,21	41
	Sig. (1-seitig)	0,00	61	0,33		0,09	
Anstrengungsbereit_TRI-S	ρ	-0,15		0,20	20	0,06	41
	Sig. (1-seitig)	0,13	61	0,20		0,36	
Konzentrationsfähig_TRI-S	ρ	-0,10		0,11	20	-0,05	41
	Sig. (1-seitig)	0,23	61	0,32		0,49	
*. Der Korrelationskoeffizient ist auf dem Niveau $\alpha = .05$ signifikant.							
**. Der Korrelationskoeffizient ist auf dem Niveau $\alpha = .01$ signifikant.							

Tabelle 3.2.: Korrelationskoeffizienten bei Signifikanzniveau $\alpha = .05$ zwischen der metabolischen Rate und den Fragebögen PANAS, TRI und STAI

Faktoren *Glücklich_TRI-S* und *Konzentrationsfähig_TRI-S* in positive Richtung, während der Zusammenhang zu dem Faktor *Besorgt_TRI-S* negativ ausfiel. Bei den Faktoren des TRI-T zeigt sich ein positiver Zusammenhang zu dem Faktor *Frisch_TRI-T*. Zu dem Faktor *Melancholisch_TRI-T* war ein negativer Zusammenhang vorhanden. In der Gruppe der Sportler zeigen sich in Tabelle 3.2 Zusammenhänge in erwarteter Richtung. So zeigen sich negative Korrelationskoeffizienten zwischen der metabolischen Rate und den Skalen PANAS-Negativ, STAI-Trait und STAI-State und *Besorgt_TRI-S*. Ein positiver Zusammenhang zeigt sich zu der Skala PANAS-Positiv, *Glücklich_TRI-S* und *Frisch_TRI-T*. Das bedeutet auch auf hohem Niveau der metabolischen Rate gibt es noch einen Zusammenhang zwischen eben dieser und dem Wohlbefinden, beziehungsweise der Ängstlichkeit. Interessanterweise liegen in der Gruppe der Nicht-Sportler zu der Skala PANAS Negativ kaum ein Zusammenhang vor. Der Zusammenhang zu der Skala STAI-State fiel leicht negativ aus, während der Zusammenhang zu der Skala PANAS Positiv leicht positiv ausfiel. Der Zusammenhang zu STAI-Trait fiel deutlich negativ aus. Die Zusammenhänge für die Nicht-Sportler fielen bei der Skala TRI-S durchaus in erwartete Richtung aus. So zeigten sich negative Zusammenhänge zu dem Faktor *Melancholisch_TRI-T*. Kaum ein Zusammenhang war hingegen zum Faktor *Leistungsfähig_TRI-T* vorhanden. Ein positiver Zusammenhang zeigte sich zu dem Faktor *Frisch_TRI-T*. Auch die Zusammenhänge zu dem Bogen TRI-T fielen in erwarteter Weise aus. So gab es positive Zusammenhänge zu den beiden Faktoren *Glücklich_TRI-S* und *Konzentrationsfähig_TRI-S* und einen negativen Zusammenhang zu dem Faktor *Besorgt_TRI-S*.

In allen drei Gruppen fielen die Zusammenhänge in erwartete Richtung aus. Der Zusammenhang zu der Skala Panas-Positiv fiel durchwegs positiv aus. Auch die Zusammenhänge zu den Faktoren *frisch* und *glücklich* fielen positiv aus. Negativ waren Zusammenhänge zu der Skala STAI-State und *besorgt*.



Klammer bedeutet signifikanten Unterschied bei $\alpha = .05$.

Abbildung 3.3.: Deskriptive Darstellung der Mittelwerte des NASA-Gesamtscores der drei Gruppen

3.2. Zusammenhang zwischen metabolischer Rate und wahrgenommener Belastung

H0: Es gibt keinen Zusammenhang zwischen der metabolischen Rate und dem Wert im NASA. **H1:** Je höher die metabolische Rate desto geringer fällt der Wert im NASA aus.

Abbildung 3.3 zeigt für die drei Gruppen den Mittelwert des Gesamtscores auf. Die Ausprägung ist bei der Gruppe der Sportler am geringsten ausgeprägt. Das würde bedeuten, dass sie das geringste Ausmaß an Belastung empfinden.

Ob der Unterschied zwischen den Sportlern und Nicht-Sportlern signifikant ist, wurde mit dem *t*-Test geprüft. Das Ergebnis ist in Tabelle 3.3 dargestellt.

Um diese Hypothese zu überprüfen wurde eine Korrelation zwischen der metabolischen Rate und dem Score im NASA berechnet.

<i>t-Test für den Score im NASA zwischen den Sportlern und Nicht-Sportlern.</i>								
						95% KI der Differenz		
	T	df	Signifikanz	Mittlere Diff- erenz	Standardfehler der Differenz		Untere	Obere
Gesamtwert NASA	2,529*	66	,014	11,50605	4,54951	2,42266		20,58943
*. Dieser Unterschied ist auf dem Niveau $\alpha = .05$ signifikant.								

Tabelle 3.3.: *t*-Test für den NASA-Score zwischen den Sportlern und Nicht-Sportlern.

		Gesamt- stichprobe		Nicht- Sportler		Sportler	
		MET	N	MET	N	MET	N
Gesamtwert NASA	ρ	-0,22*	68	0,13	25	0,05	43
	Sig.	0,04		0,26		0,38	
*. Dieser Korrelationskoeffizient ist auf dem Niveau $\alpha = .05$ signifikant.							

Tabelle 3.4.: Korrelationskoeffizienten bei Signifikanzniveau $\alpha = .05$ zwischen der meta-
bolischen Rate und dem Score im NASA

Tabelle 3.4 zeigt die Ergebnisse der Korrelation zwischen der metabolischen Rate und der Einschätzung der Anforderungen. Es zeigte sich, entsprechend der Hypothese ein signifikant negativer Zusammenhang zwischen der metabolischen Rate und dem Gesamtscore im NASA. Das bedeutet, dass eine höhere metabolische Rate mit geringer empfundenen Anforderungen einhergeht. Man kann diese Hypothese also für diese Stichprobe bestätigen. Die Ergebnisse in Tabelle 3.4 weisen darauf hin, dass der Zusammenhang in der Gruppe der Nicht-Sportler stärker ausfällt, als in der Gruppe der Sportler, wo er kaum vorhanden ist. Dieses Ergebnis geht nicht mit der Hypothese einher, nach der eine höhere metabolische Rate zu einem geringeren NASA-Score führen sollte. Während in der Gruppe der Nicht-Sportler mit höherer metabolische Rate die Anforderung der Situation höher bewertet wurde, liegt in der Gruppe der Sportler kaum ein Zusammenhang vor. Der Korrelationskoeffizient liegt hier lediglich bei .05. So geht eine Steigerung des Bewegungsausmaßes im unteren Bereich mit einer höheren Einschätzung des Anforderungsausmaßes einher, während im oberen Bereich kaum ein Zusammenhang besteht. Für die Hypothese bedeutet dieses Ergebnis nun, dass sie in diesen beiden Gruppen nicht bestätigt werden kann. Im oberen Bereich liegt kaum ein Zusammenhang vor und im unteren Leistungsbereich wird mit höherer metabolischer Rate sogar eine negativere Einschätzung gegeben. Die H1 lässt sich in diesem Fall nur für die Gesamtstichprobe annehmen.

3.3. Unterschiede im Ausmaß der frühen Erholung.

H0: Es gibt keinen Unterschied im Ausmaß der frühen Erholung der HRV zwischen den Sportlern und Nicht-Sportlern. H1: Es gibt einen Unterschied im Ausmaß der frühen Erholung der HRV zwischen den Sportlern und Nicht-Sportlern.

In Tabelle 3.5 sind nun die Ergebnisse des *t*-Test wiedergegeben. In die Analyse flossen die metabolische Rate und die HRV-Parameter der beiden Erholungs-Bedingungen ein. Die Bedingung Kniebeugen_plus_Erholung enthält eine Minute Kniebeugen und vier Minuten Erholung, während die Bedingung Kniebeugen_Erholung lediglich fünf Minuten Erholung beinhaltet.

t-Test für die beiden Bedingungen Erholung zwischen den Sportlern und Nicht-Sportlern

	T	df	Signifikanz	95% KI der Differenz	
				Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz
				Untere	Obere
SDNN_5_Kniebeugen_Erholung	1,512	60	0,136	15,7034	10,3870
SDNN_5_Kniebeugen_plus_Erholung	0,336	59	,738	4,8347	14,4060
r-MSSD_5_Kniebeugen_Erholung	-0,857	60	0,395	-4,868	5,682
r-MSSD_5_Kniebeugen_plus_Erholung	-5,71	59	0,570	-3,2090	5,6203
pNN50_5_Kniebeugen_Erholung	-1,350	60	0,182	-5,44748	4,03460
pNN50_5_Kniebeugen_plus_Erholung	-1,595	59	0,116	-5,74535	3,60262
VLF_5_Kniebeugen_Erholung	-,673	62	0,504	-1114,9056	1656,9238
VLF_5_Kniebeugen_plus_Erholung	-0,772	62	0,443	-1275,0410	1651,4289
LF_5_Kniebeugen_Erholung	-2,141 *	62	0,036	-676,9004	316,2125
LF_5_Kniebeugen_plus_Erholung	-1,863	62	0,067	-580,2248	311,4342
HF_5_Kniebeugen_Erholung	-1,065	62	0,291	-204,4410	192,0160
HF_5_Kniebeugen_plus_Erholung	-0,317	62	0,753	-46,8117	147,7981
Total_5_Kniebeugen_Erholung	-1,215	62	0,229	-2421,8063	1992,8138
Total_5_Kniebeugen_plus_Erholung	-1,318	62	,192	-2572,415	1951,893

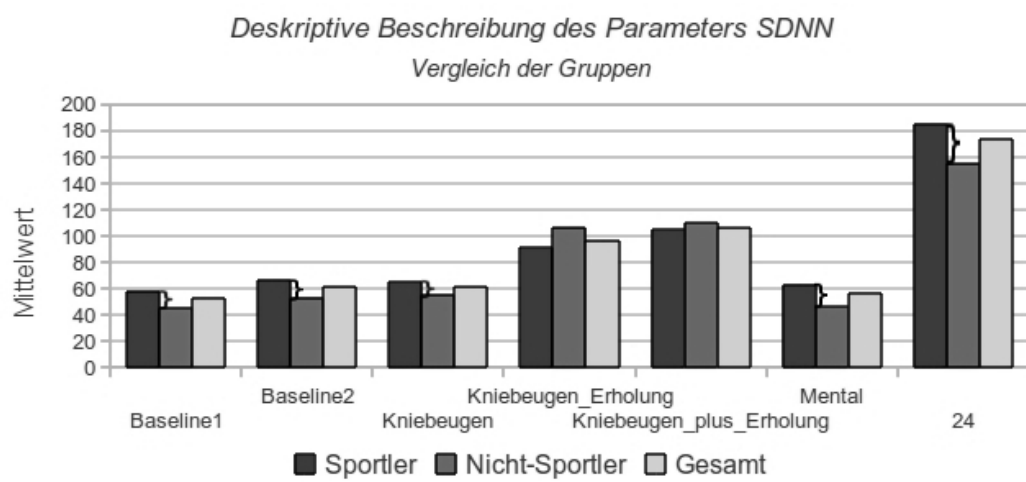
Tabelle 3.5.: Ergebnis des *t*-Tests für die Bedingung Erholung beider Gruppen

Die Ergebnisse in der Tabelle 3.5 zeigen, dass zwischen den beiden Gruppen kaum Unterschiede in der Erholung der HRV vorliegen. Unterschiede zwischen den Gruppen fanden sich nur im Parameter LF. Für den Parameter LF ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen in der Bedingung Kniebeugen_Erholung. In den anderen Parametern gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Somit in Bezug auf diese Frage geschlossen werden, dass lediglich in den Parametern LF und Total ein Unterschied im Ausmaß der Erholung vorliegt. In den anderen Parametern zeigten sich keine signifikanten Unterschiede. Man kann also nicht von einem Vorteil der Sportler bei der Erholung ausgehen, da sie sich in den HRV-Parametern nicht generell von den Nicht-Sportlern abgehoben haben. Betrachtet man die Mittelwerte der Parameter zeigt sich zwar, dass die Mittelwerte der Sportler in dieser Bedingung stets höher sind, als die der Nicht-Sportler, aber signifikant höher fielen sie auf dem Signifikanzniveau $\alpha = .05$ nicht aus.

3.4. Zusammenhang der metabolischen Rate mit Kurz- bzw. Langzeitparametern

H0: Es gibt keinen Unterschied im Ausmaß des Zusammenhangs von Lang- bzw. Kurzzeitparametern mit dem Sport- und Bewegungsausmaß einer Person. **H1:** Es gibt einen Unterschied im Ausmaß des Zusammenhangs von Lang- bzw. Kurzzeitparametern mit dem Sport- und Bewegungsausmaß einer Person.

Abbildung 3.4 zeigt die Mittelwerte des Parameters SDNN für alle Bedingungen. In der 24-Stunden-Aufzeichnung fiel der Wert der Sportler am höchsten aus. Auch in den Bedingungen Baseline_1, Baseline_2, Kniebeugen und Mental erreichen die Sportler den höchsten Wert. In den Erholungs-Bedingungen erreichten die Nicht-Sportler den höchsten Wert in diesem Parameter. Ob die Unterschiede zwischen den Sportlern und Nicht-Sportlern signifikant sind, wurde mit dem *t*-Test für unabhängige Stichproben geprüft. Die Ergebnisse dieses Tests zeigt Tabelle 3.6.



Klammer bedeutet signifikanten Unterschied bei $\alpha = .05$.

Abbildung 3.4.: Deskriptive Darstellung der Mittelwerte des Parameters SDNN.

t-Test für die HRV-Parameter zwischen den Sportlern und Nicht-Sportlern.

	T	df	Signifikanz	Diff- Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% KI der Differenz	
						Untere	Obere
SDNN_5_Baseline1	-2,873*	65	0,005	-13,4514	4,6821	-22,8022	-4,1006
SDNN_5_Baseline2	-2,530*	63	0,014	-13,5003	5,3359	-24,1633	-2,8374
SDNN_5_Kniebeugen	-1,272*	58	0,209	-9,4777	7,4522	-24,3948	5,4395
SDNN_5_Kniebeugen_Erholung	1,512	60	0,136	15,7034	10,3870	-5,0737	36,4806
SDNN_5_Kniebeugen_plus_Erholung	0,336	59	0,738	4,8347	14,4060	-23,9917	33,6611
SDNN_5_Mental	-3,294*	60	0,002	-17,1218	5,1982	-27,5198	-6,7239
r-MSSD_5_Baseline1	-1,776	65	0,080	-8,0390	4,5259	-17,0778	,9999
r-MSSD_5_Baseline2	-2,504*	63	0,015	-11,3716	4,5422	-20,4485	-2,2948
r-MSSD_5_Kniebeugen	-2,583*	57,915	0,012	-10,2271	3,9600	-18,1541	-2,3002
r-MSSD_5_Kniebeugen_Erholung	-0,857	60	0,395	-4,868	5,682	-16,235	6,498
r-MSSD_5_Kniebeugen_plus_Erholung	-0,571	59	0,570	-3,2090	5,6203	-14,4551	8,0372
r-MSSD_5_Mental	-1,564	60	0,123	-7,3350	4,6894	-16,7152	2,0452
pNN50_5_Baseline1	-1,727	65	0,089	-6,7756	3,9226	-14,6095	1,05826

*. Dieser Unterschied ist auf dem Niveau $\alpha = .05$ signifikant.

Fortsetzung der Tabelle auf der nächsten Seite

Tabelle 3.6: t-Test für die HRV-Parameter zwischen den Sportlern und Nicht-Sportlern– fortgesetzt auf der nächsten Seite

t-Test für die HRV-Parameter zwischen den Sportlern und Nicht-Sportlern.

	T	df	Signifikanz	Diff.	Mittlere Diffe- renz	Standardfehler der Differenz	Untere	Obere	95% KI der Differenz
pNN50_5_Baseline2	-2,398*	63	0,019	-9,431	3,932	-17,288	-1,573		
pNN50_5_Kniebeugen	-2,493*	55,363	0,016	-7,9284	3,1797	-14,2999	-1,55695		
pNN50_5_Kniebeugen_Erholung	-1,350	60	0,182	-5,4474	4,03460	-13,5179	2,62293		
pNN50_5_Kniebeugen_plus_Erholung	-1,595	59	0,116	-5,7454	3,6026	-12,9542	1,4635		
pNN50_5_Mental	-2,547*	59,999	0,013	-7,6334	2,99709	-13,6284	-1,6382		
VLF_5_5Baseline1	-2,593*	64,533	0,012	-648,6850	250,2000	-1148,4373	-148,9326		
VLF_5_5Baseline2	-0,962	65	0,340	-296,9971	308,8257	-913,7647	319,7704		
VLF_5_Kniebeugen	2,137*	60	0,037	749,1028	350,5524	47,8937	1450,3119		
VLF_5_Kniebeugen_Erholung	-0,673	62	0,504	-1114,9056	1656,9238	-4427,0491	2197,2379		
VLF_5_Kniebeugen_plus_Erholung	-0,772	62	0,443	-1275,0410	1651,4289	-4576,2003	2026,1182		
VLF_5_Mental	-2,291*	63	0,025	-1029,475	449,446	-1927,621	-131,329		
LF_5_Baseline1	-2,155*	65	0,035	-617,8587	286,6729	-1190,3840	-45,3334		
LF_5_Baseline2	-3,181*	65	0,002	-712,8607	224,1140	-1160,4471	-265,2742		

*. Dieser Unterschied ist auf dem Niveau $\alpha = .05$ signifikant.

Fortsetzung der Tabelle auf der nächsten Seite

Tabelle 3.6: t-Test für die HRV-Parameter zwischen den Sportlern und Nicht-Sportlern– fortgesetzt auf der nächsten Seite

t-Test für die HRV-Parameter zwischen den Sportlern und Nicht-Sportlern.

	T	df	Signifikanz	Diff- Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	Untere	Obere
LF_5_Kniebeugen	-0,602	60	0,550	-125,3901	208,3845	-542,2211	291,4409
LF_5_Kniebeugen_Erholung	-2,141*	62	0,036	-676,9004	316,2125	-1309,0001	-44,8007
LF_5_Kniebeugen_plus_Erholung	-1,863	62	0,067	-580,2248	311,4342	-1202,7729	42,3233
LF_5_Mental	-,509	63	0,612	-191,4101	375,7876	-942,3617	559,5414
HF_5_Baseline1	-2,063*	65	0,043	-297,4257	144,1612	-585,3355	-9,5159
HF_5_Baseline2	-2,456*	65	0,017	-311,5181	126,8641	-564,8833	-58,1529
HF_5_Kniebeugen	-,814	60	0,419	-41,9940	51,5760	-145,1614	61,1735
HF_5_Kniebeugen_Erholung	-1,065	62	0,291	-204,4410	192,0160	-588,2756	179,3935
HF_5_Kniebeugen_plus_Erholung	-,317	62	0,753	-46,8117	147,7981	-342,2558	248,6324
HF_5_Mental	-,817	63	0,417	-126,2987	154,5873	-435,2167	182,6194
Total_5_Baseline1	-2,523*	65	0,014	-1637,8153	649,2243	-2934,4058	-341,2248
Total_5_Baseline2	-2,372*	65	0,021	-1256,8024	529,9012	-2315,0882	-198,5166
Total_5_Kniebeugen	1,216	60	0,229	665,7373	547,2641	-428,9539	1760,4285

*. Dieser Unterschied ist auf dem Niveau $\alpha = .05$ signifikant.

Fortsetzung der Tabelle auf der nächsten Seite

Tabelle 3.6: t-Test für die HRV-Parameter zwischen den Sportlern und Nicht-Sportlern– fortgesetzt auf der nächsten Seite

t-Test für die HRV-Parameter zwischen den Sportlern und Nicht-Sportlern.

	T	df	Signifikanz	Diff.	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	Untere	Obere	95% KI der Differenz
Total_5_Kniebeugen_Erholung	-1,215	62	0,229	-2421,8063	1992,8138	1992,8138	-6405,3845	1561,7717	
Total_5_Kniebeugen_plus_Erholung	-1,318	62	0,192	-2572,415	1951,893	1951,893	-6474,194	1329,364	
Total_5_Mental	-2,006*	63	0,049	-1603,7091	799,5118	799,5118	-3201,4059	-6,0122	
LF/HF_5_Baseline1	-0,294	65	0,769	-0,026356	0,089506	0,089506	-0,205111	0,152399	
LF/HF_5_Baseline2	-0,121	65	0,904	-0,010134	0,083903	0,083903	-0,177701	0,157432	
LF/HF_5_Kniebeugen	0,154	60	0,878	0,014690	0,095538	0,095538	-0,176415	0,205795	
LF/HF_5_Kniebeugen_Erholung	-0,581	62	0,563	-0,057695	0,099271	0,099271	-0,256134	0,140745	
LF/HF_5_Kniebeugen_plus_Erholung	-0,518	62	0,606	-0,04255	0,08211	0,08211	-0,206689E	0,12158	
LF/HF_5_Mental	-0,191	63	0,849	-0,016093	0,084270	0,084270	-0,184493	0,152307	
SDNN_24	-2,922*	60	0,005	-30,1731	10,32467	10,32467	-50,8255	-9,52067	
rMSSD_24	-2,862*	60	0,006	-13,2646	4,63409	4,63409	-22,5342	-3,9951	
pNN50_24	-2,813*	62	0,007	-8,10983	2,88342	2,88342	-13,8737	-2,3459	
ULF_24	-2,314*	62	0,024	-53,6530	23,18386	23,18386	-99,9969	-7,30914	

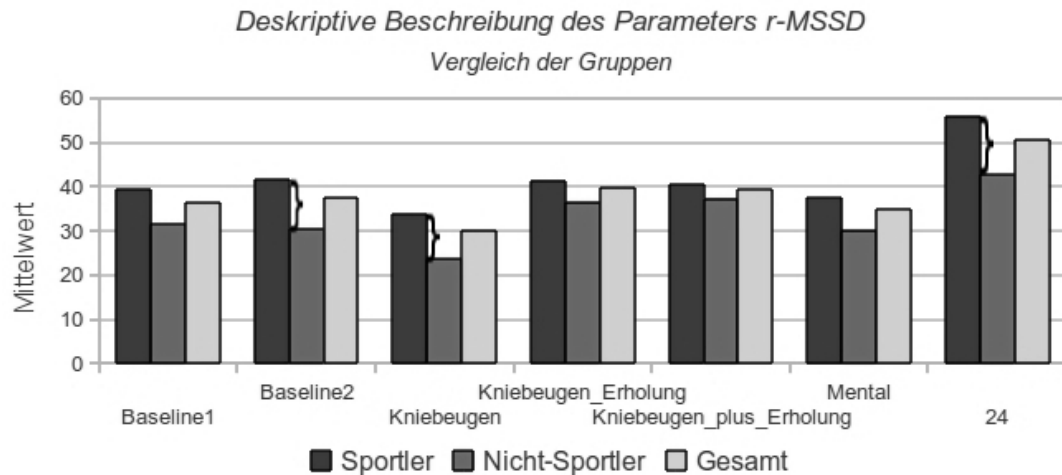
*. Dieser Unterschied ist auf dem Niveau $\alpha = .05$ signifikant.

Fortsetzung der Tabelle auf der nächsten Seite

t-Test für die HRV-Parameter zwischen den Sportlern und Nicht-Sportlern.

		Signifikanz		Mittlere Diff- ferenz	Standardfehler der Differenz	Untere	Obere	95% KI der Differenz
T	df							
VLF_24	62	-2,665*	0,010	-1317,95	494,62189	-2306,68	-329,2122	
LF_24	62	-3,233*	0,002	-598,077	185,00859	-967,904	-228,250	
HF_24	62	-1,639	0,106	-268,553	163,80723	-595,999	58,89317	
Total_24	62	-2,917*	0,005	-2238,25	767,25460	-3771,97	-704,533	
LF/HF_24	62	0,947	0,347	0,04414	0,04662	-0,049053	0,13733	
*, Dieser Unterschied ist auf dem Niveau $\alpha = .05$ signifikant.								
Ende der Tabelle.								

Tabelle 3.6.: t-Test für die HRV-Parameter zwischen den Sportlern und Nicht-Sportlern



Klammer bedeutet signifikanten Unterschied bei $\alpha = .05$.

Abbildung 3.5.: Deskriptive Darstellung der Mittelwerte des Parameters r-MSSD.

Abbildung 3.5 zeigt die Mittelwerte des Parameters r-MSSD in den drei Gruppen für alle Bedingungen. In diesem Parameter haben die Sportler stets den höchsten Wert erreicht.

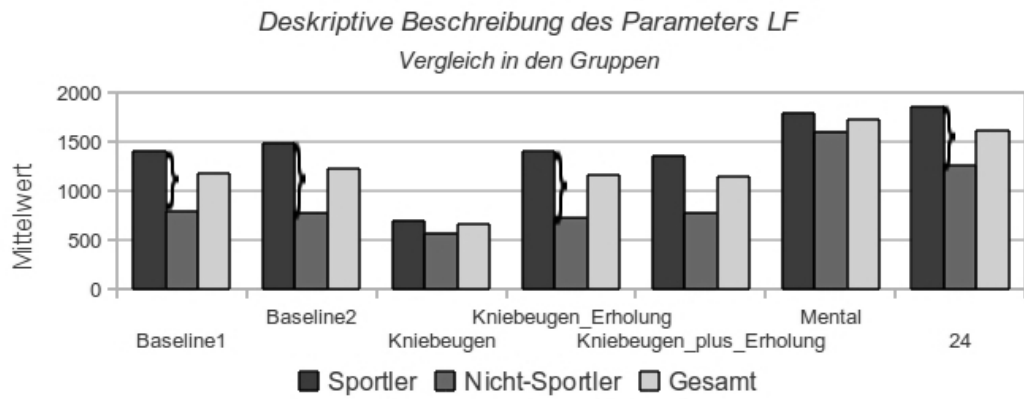
Abbildung 3.6 zeigt die Mittelwerte des Parameters LF für alle Bedingungen der drei Gruppen. Auch in diesem Parameter weisen die Sportler in jeder Bedingung den höchsten Wert auf.

Abbildung 3.7 zeigt die Mittelwerte des Parameters VLF in den Bedingungen für die drei Gruppen. In diesem Parameter erreichten die Sportler mit Ausnahme der Bedingung Kniebeugen, stets den höchsten Wert.

Abbildung 3.8 zeigt die Mittelwerte des Parameters HF in allen Bedingungen bei allen drei Gruppen. Erwartungsgemäß erreichten die Sportler in jeder Bedingung einen höheren Wert in diesem Parameter.

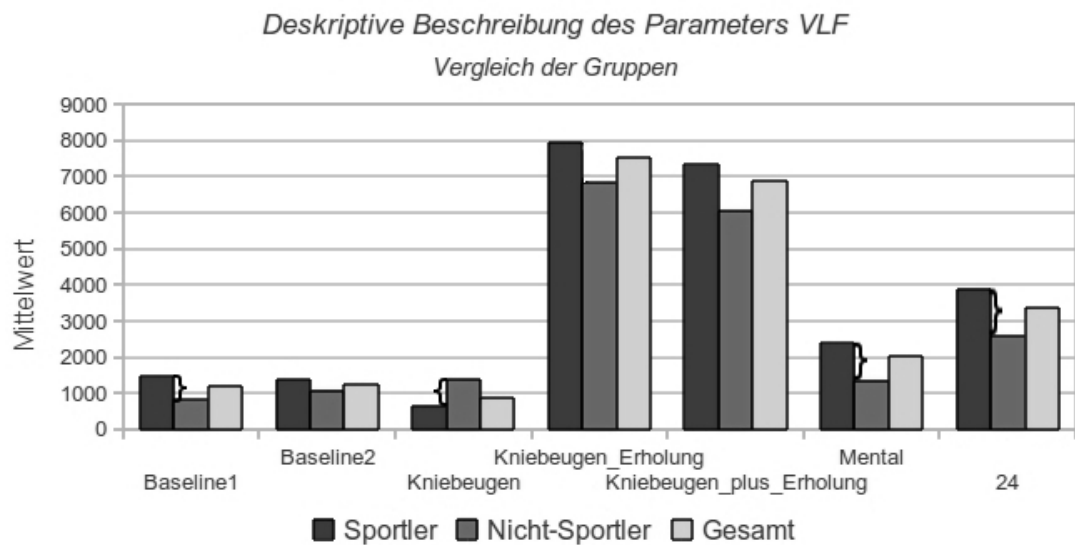
Abbildung 3.9 zeigt die Mittelwerte des Parameters LF/HF für alle Bedingungen und alle drei Gruppen. In diesem Parameter ergaben sich kaum Unterschiede. In der 24-Stunden-Ableitung und der Bedingung Kniebeugen erreichten die Nicht-Sportler den höchsten Wert, ansonsten haben die Sportler den höchsten Wert erreicht.

Abbildung 3.10 zeigt die Mittelwerte des Parameters Total für alle Bedingungen in den drei Gruppen. Auch hier erreichten die Sportler in beinahe allen Bedingungen den



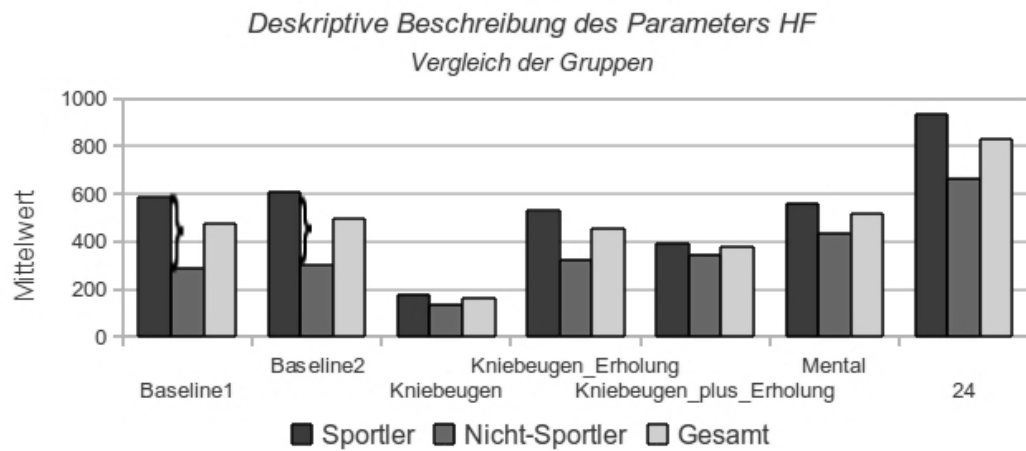
Klammer bedeutet signifikanten Unterschied bei $\alpha = .05$.

Abbildung 3.6.: Deskriptive Darstellung der Mittelwerte des Parameters LF.



Klammer bedeutet signifikanten Unterschied bei $\alpha = .05$.

Abbildung 3.7.: Deskriptive Darstellung der Mittelwerte des Parameters VLF.



Klammer bedeutet signifikanten Unterschied bei $\alpha = .05$.

Abbildung 3.8.: Deskriptive Darstellung der Mittelwerte des Parameters HF.

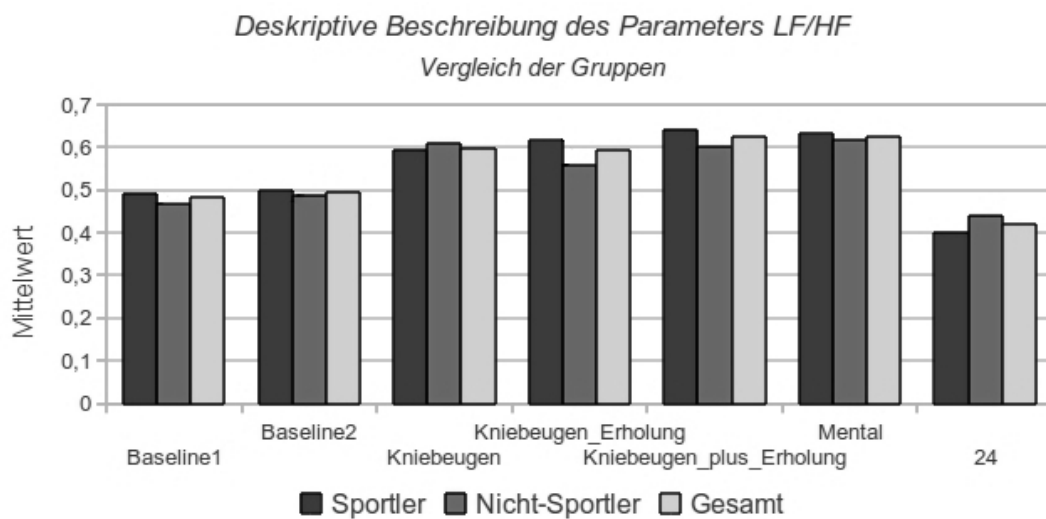
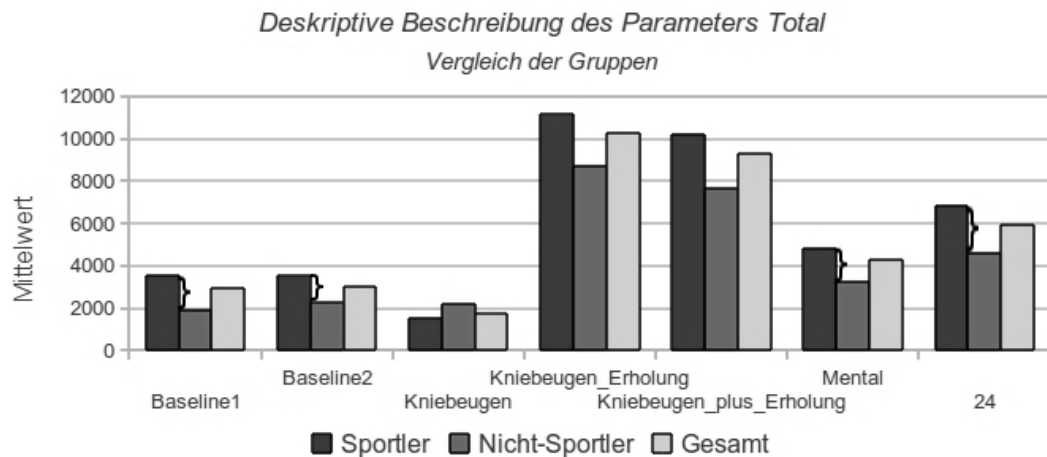


Abbildung 3.9.: Deskriptive Darstellung der Mittelwerte des Parameters LF/HF.



Klammer bedeutet signifikanten Unterschied bei $\alpha = .05$.

Abbildung 3.10.: Deskriptive Darstellung der Mittelwerte des Parameters Total.

höchsten Wert. Lediglich in der Bedingung Kniebeugen erreichten die Nicht-Sportler den höchsten Wert, die Sportler erreichten die geringste Ausprägung.

Um die Forschungshypothese zu überprüfen, wurden Korrelationen zwischen der metabolischen Rate und den HRV-Parametern berechnet. Zusammenhänge zwischen den Parametern aus Kurzzeit- und Langzeitaufzeichnungen wurden bereits in mehreren Studien aufgezeigt (Bigger et al., 1993). Ob beide Aufzeichnungsarten gleich gut geeignet sind, um die HRV bei Sportlern zu beurteilen, oder ob die Zusammenhänge signifikante Differenzen aufweisen wird nun überprüft. Die Korrelationen wurden sowohl mit den Kurzzeit- als auch mit den Langzeitparametern berechnet. Danach wurden die Korrelationskoeffizienten mit Hilfe von Fishers z -Werten transformiert. So konnte überprüft werden, ob Unterschiede zwischen den Kurz- und Langzeitparametern signifikant ausfallen, oder ob keine signifikanten Differenzen vorliegen. Es wurden die Parameter LF, VLF, HF, LF/HF, Total, SDNN, pNN50 und r-MSSD verglichen. Der Parameter ULF wurde nicht in die Analyse einbezogen, da diese für das Kurzzeitintervall nicht interpretierbar ist (Malik et al., 1996). Demzufolge wäre der Vergleich nicht sinnvoll.

In Tabelle 3.7 findet sich eine Gegenüberstellung der Kurzzeit- und Langzeitparameter.

Die Ergebnisse in Tabelle 3.7 zeigen die Korrelationskoeffizienten zwischen der metabolischen Rate und den Parametern der HRV im Protokoll beziehungsweise in der 24

Stunden Aufzeichnung. Es ergaben sich einige signifikante Zusammenhänge. So zeigten sich durchwegs positive Zusammenhänge zum Parameter r-MSSD in allen Bedingungen. Zum SDNN ergaben sich ebenfalls durchwegs positive Zusammenhänge. Hier fielen die Zusammenhänge nur in den beiden Erholungs-Bedingungen negativ aus. Zum VLF fielen die Zusammenhänge ebenfalls positiv aus. Nur in der Bedingung Kniebeugen wurde der Zusammenhang negativ. Die Zusammenhänge zu den Parametern pNN50, LF, HF und LF/HF fielen alle positiv aus. Beim Parameter Total fiel der Zusammenhang zur Kniebeugen-Bedingung negativ aus, die Zusammenhänge zu den restlichen Bedingungen fielen positiv aus. In der Langzeitaufzeichnung finden sich signifikant positive Zusammenhänge zu allen Parametern außer LF/HF. Zu diesem fiel der Zusammenhang negativ aus und erreichte, im Gegensatz zu den anderen auch nicht das Signifikanzniveau. Bei den Sportlern zeigten sich nur wenige signifikante Zusammenhänge. Es ergaben sich positive Korrelationskoeffizienten zu den SDNN Werten der verschiedenen Bedingungen. Auch zu dem Parameter r-MSSD bestand zumeist ein positiver Zusammenhang. Interessant ist hier, dass durchaus auch positive Zusammenhänge zu dem Parameter LF ermittelt wurden. Die Zusammenhänge zum Parameter HF verhielten sich erwartungsgemäß, fielen dementsprechend also positiv aus.

Korrelationskoeffizienten der metabolischen Rate mit den HRV-Parametern

		Gesamtstichprobe		Nicht-Sportler		Sportler	
		MET	N	MET	N	MET	N
SDNN_5_Baseline1	ρ	0,34**	67	0,24	25	0,14	42
	Sig.	0,00		0,13		0,19	
SDNN_5_Baseline2	ρ	0,26*	65	0,22	24	0,02	41
	Sig.	0,02		0,15		0,46	

*. Dieser Korrelationskoeffizient ist auf einem Niveau von $\alpha = .05$ signifikant

**. Dieser Korrelationskoeffizient ist auf einem Niveau von $\alpha = .01$ signifikant

Fortsetzung der Tabelle auf der nächsten Seite.

Tabelle 3.7: Korrelationskoeffizienten der metabolischen Rate mit den HRV-Parametern

		Gesamt- stichprobe		Nicht- Sportler		Sportler	
		MET	N	MET	N	MET	N
SDNN_5_Kniebeugen	ρ	0,33**	60	-0,09	21	0,17	39
	Sig.	0,01		0,34		0,16	
SDNN_5_Kniebeugen_Erholung	ρ	-0,23*	62	0,16	22	-0,2	40
	Sig.	0,04		0,24		0,11	
SDNN_5_Kniebeugen_plus_Erholung	ρ	-0,13	61	0,15	22	-0,31*	39
	Sig.	0,15		0,25		0,03	
SDNN_5_Mental	ρ	0,25*	62	0,06	22	-0,14	40
	Sig.	0,03		0,40		0,20	
r-MSSD_5_Baseline1	ρ	0,23*	67	0,39*	25	0,13	42
	Sig.	0,03		0,03		0,20	
r-MSSD_5_Baseline2	ρ	0,31**	65	0,34*	24	0,15	41
	Sig.	0,01		0,05		0,17	
r-MSSD_5_Kniebeugen	ρ	0,19	60	-0,49*	21	0,08	39
	Sig.	0,07		0,01		0,31	
r-MSSD_5_Kniebeugen_Erholung	ρ	0,06	62	0,15	22	-0,17	40
	Sig.	0,33		0,26		0,15	
r-MSSD_5_Kniebeugen_plus_Erholung	ρ	0,06	61	0,12	22	-0,13	39
	Sig.	0,33		0,29		0,21	
r-MSSD_5_Mental	ρ	0,15	62	0,16	22	-0,05	40
	Sig.	0,12		0,24		0,39	
VLF_5_5Baseline1	ρ	0,22*	67	-0,03	25	0,04	42
	Sig.	0,04		0,44		0,39	
*. Dieser Korrelationskoeffizient ist auf einem Niveau von $\alpha = .05$ signifikant ** . Dieser Korrelationskoeffizient ist auf einem Niveau von $\alpha = .01$ signifikant Fortsetzung der Tabelle auf der nächsten Seite.							

Tabelle 3.7: Korrelationskoeffizienten der metabolischen Rate mit den HRV-Parametern

		Gesamt- stichprobe		Nicht- Sportler		Sportler	
		MET	N	MET	N	MET	N
VLF_5_Baseline2	ρ	0,27*	67	0,18	25	0,15	42
	Sig.	0,02		0,20		0,17	
VLF_5_Kniebeugen	ρ	-0,06	62	-0,06	21	-0,11	41
	Sig.	0,33		0,40		0,25	
VLF_5_Kniebeugen_Erholung	ρ	0,08	64	0,11	23	-0,18	41
	Sig.	0,26		0,31		0,14	
VLF_5_Kniebeugen_plus_Erholung	ρ	0,14	64	0,21	23	-0,14	41
	Sig.	0,14		0,17		0,19	
VLF_5_Mental	ρ	0,29**	65	0,31	23	-0,03	42
	Sig.	0,01		0,08		0,42	
pNN50_5_Baseline1	ρ	0,26*	67	0,09	25	0,20	42
	Sig.	0,02		0,34		0,10	
pNN50_5_Baseline2	ρ	0,28*	65	0,22	25	0,26	42
	Sig.	0,01		0,15		0,05	
pNN50_5_Kniebeugen	ρ	0,21	60	0,13	21	0,02	41
	Sig.	0,06		0,30		0,44	
pNN50_5_Kniebeugen_Erholung	ρ	0,08	62	0,10	23	0,00	41
	Sig.	0,27		0,32		0,49	
pNN50_5_Kniebeugen_plus_Erholung	ρ	0,11	61	0,25	23	-0,06	41
	Sig.	0,20		0,13		0,35	
pNN50_5_Mental	ρ	0,20	62	0,13	23	0,30*	42
	Sig.	0,06		0,28		0,03	
*. Dieser Korrelationskoeffizient ist auf einem Niveau von $\alpha = .05$ signifikant **. Dieser Korrelationskoeffizient ist auf einem Niveau von $\alpha = .01$ signifikant Fortsetzung der Tabelle auf der nächsten Seite.							

Tabelle 3.7: Korrelationskoeffizienten der metabolischen Rate mit den HRV-Parametern

		Gesamt- stichprobe		Nicht- Sportler		Sportler	
		MET	N	MET	N	MET	N
LF_5_Baseline1	ρ	0,33**	67	0,12	25	0,06	42
	Sig.	0,00		0,28		0,35	
LF_5_Baseline2	ρ	0,49**	67	0,17	25	0,13	42
	Sig.	0,00		0,22		0,21	
LF_5_Kniebeugen	ρ	0,09	62	0,17	21	0,00	41
	Sig.	0,23		0,23		0,50	
LF_5_Kniebeugen_Erholung	ρ	0,25*	64	0,08	23	-0,09	41
	Sig.	0,02		0,37		0,29	
LF_5_Kniebeugen_plus_Erholung	ρ	0,15	64	0,25	23	-0,09	41
	Sig.	0,11		0,13		0,29	
LF_5_Mental	ρ	0,32**	65	0,33	23	0,07	42
	Sig.	0,01		0,06		0,33	
HF_5_Baseline1	ρ	0,20	67	0,06	25	0,07	42
	Sig.	0,05		0,39		0,32	
HF_5_Baseline2	ρ	0,34**	67	0,20	25	0,21	42
	Sig.	0,00		0,16		0,09	
HF_5_Kniebeugen	ρ	0,08	62	0,03	21	-0,05	41
	Sig.	0,27		0,45		0,38	
HF_5_Kniebeugen_Erholung	ρ	0,13	64	0,10	23	0,02	41
	Sig.	0,15		0,33		0,46	
HF_5_Kniebeugen_plus_Erholung	ρ	0,07	64	0,20	23	-0,11	41
	Sig.	0,29		0,18		0,24	
*. Dieser Korrelationskoeffizient ist auf einem Niveau von $\alpha = .05$ signifikant							
**. Dieser Korrelationskoeffizient ist auf einem Niveau von $\alpha = .01$ signifikant							
Fortsetzung der Tabelle auf der nächsten Seite.							

Tabelle 3.7: Korrelationskoeffizienten der metabolischen Rate mit den HRV-Parametern

		Gesamt- stichprobe		Nicht- Sportler		Sportler	
		MET	N	MET	N	MET	N
HF_5_Mental	ρ	0,19	65	0,21	23	0,07	42
	Sig.	0,07		0,17		0,34	
Total_5_Baseline1	ρ	0,31**	67	-0,3	25	0,03	42
	Sig.	0,01		0,08		0,43	
Total_5_Baseline2	ρ	0,36**	67	0,02	25	0,00	42
	Sig.	0,00		0,47		0,50	
Total_5_Kniebeugen	ρ	-0,01	62	-0,03	21	0,01	41
	Sig.	0,48		0,45		0,47	
Total_5_Kniebeugen_Erholung	ρ	0,15	64	0,10	23	0,06	41
	Sig.	0,12		0,33		0,36	
Total_5_Kniebeugen_plus_Erholung	ρ	0,19	64	0,18	23	0,09	41
	Sig.	0,07		0,21		0,28	
Total_5_Mental	ρ	0,32**	65	-,41*	23	0,08	42
	Sig.	0,00		0,03		0,31	
LF/HF_5_Baseline1	ρ	0,04	67	0,42*	25	0,04	42
	Sig.	0,37		0,02		0,40	
LF/HF_5_Baseline2	ρ	0,04	67	0,34	24	0,02	41
	Sig.	0,38		0,05		0,46	
LF/HF_5_Kniebeugen	ρ	0,03	62	-,42*	21	0,14	39
	Sig.	0,42		0,03		0,20	
LF/HF_5_Kniebeugen_Erholung	ρ	0,12	64	0,13	22	-0,19	40
	Sig.	0,18		0,29		0,12	
*. Dieser Korrelationskoeffizient ist auf einem Niveau von $\alpha = .05$ signifikant							
**. Dieser Korrelationskoeffizient ist auf einem Niveau von $\alpha = .01$ signifikant							
Fortsetzung der Tabelle auf der nächsten Seite.							

Tabelle 3.7: Korrelationskoeffizienten der metabolischen Rate mit den HRV-Parametern

		Gesamt- stichprobe		Nicht- Sportler		Sportler	
		MET	N	MET	N	MET	N
LF/HF_5_Kniebeugen_plus_Erholung	ρ	0,14	64	0,05	22	-0,10	39
	Sig.	0,14		0,42		0,27	
LF/HF_5_Mental	ρ	0,00	65	0,19	22	-0,10	40
	Sig.	0,50		0,20		0,28	
SDNN_24	ρ	0,38**	62	-0,06	25	0,01	37
	Sig.	0,00		0,39		0,48	
r-MSSD_24	ρ	0,30**	62	-0,15	25	0,12	37
	Sig.	0,01		0,23		0,25	
pNN50_24	ρ	0,31**	64	0,17	25	0,02	39
	Sig.	0,01		0,21		0,46	
ULF_24	ρ	0,29*	64	0,10	25	0,21	39
	Sig.	0,01		0,32		0,10	
VLF_24	ρ	0,38**	64	0,17	25	0,14	39
	Sig.	0,00		0,21		0,20	
LF_24	ρ	0,43**	64	-0,09	25	-0,12	39
	Sig.	0,00		0,34		0,24	
HF_24	ρ	0,26*	64	0,08	25	0,15	39
	Sig.	0,02		0,34		0,18	
Total_24	ρ	0,43**	64	0,29	25	0,26	39
	Sig.	0,00		0,08		0,05	
LF/HF_24	ρ	-0,01	64	-0,11	25	0,04	39
	Sig.	0,48		0,30		0,41	
*. Dieser Korrelationskoeffizient ist auf einem Niveau von $\alpha = .05$ signifikant							
**. Dieser Korrelationskoeffizient ist auf einem Niveau von $\alpha = .01$ signifikant							
Ende der Tabelle.							

Tabelle 3.7.: ρ en der metabolischen Rate mit den HRV-Parametern

Die Berechnung von Fishers z -Werten konnte nicht mit SPSS 17 durchgeführt werden. So wurden die z -Werte über Excel gerechnet. Nachdem die z -Werte der Korrelationen berechnet wurden, wurde mit diesen an Hand der *Formel von Fisher (Vergleich von Korrelationen, o. J.)* weiter gerechnet. Die Differenz zwischen den Kurzzeit- und den jeweiligen Langzeitwerten wurde ermittelt. Diese wurde dann mit dem kritischen z -Wert ($z = 1.96$ bzw. $z = -1.96$) verglichen, um zu überprüfen, ob der Unterschied signifikant ausfällt, oder ob kein statistisch signifikanter Unterschied vorliegt. Als signifikant werden Werte $z > 1.96$ bzw. $z < -1.96$ angesehen. Es wurden die zweiseitigen kritischen Werte herangezogen, da keine Annahme in eine Richtung vorgenommen wurde. Signifikante Ergebnisse sind mit einem Stern markiert. Als Signifikanzniveau wurde $\alpha = .05$ gewählt.

Die Ergebnisse der Tabelle 3.8 weisen darauf hin, dass es in dieser Stichprobe doch ein paar signifikante Unterschied im Zusammenhang mit dem Sport- und Bewegungsausmaß und den Kurzzeit- und Langzeitparametern gibt. So fielen der Unterschied zwischen Baseline2 und den Langzeitparametern bei LF, HF und Total signifikant aus. Im SDNN gab es zwei signifikante Unterschiede, die die Bedingungen Kniebeugen_Erholung und Kniebeugen_plus_Erholung betreffen. Andere signifikante Unterschiede haben sich nicht gezeigt.

Wie die Ergebnisse in Tabelle 3.9 zeigen, gibt es in der Gruppe der Sportler keine Unterschiede im Zusammenhang mit dem Sportausmaß der HRV Parameter aus den Kurzzeit- und Langzeitparametern.

In der Tabelle 3.10 sind die Ergebnisse der Gruppe der Nicht-Sportler dargestellt.

Während sich in der Gruppe der Sportler keine signifikanten Differenzen zwischen den Kurzzeit- und Langzeitparametern im Zusammenhang zur metabolischen Rate zeigen, fallen hier zumindest zwei Unterschiede signifikant aus. So weicht der Zusammenhang im Parameter LF/HF in der Bedingung Mental signifikant vom Zusammenhang des Langzeitparameters LF/HF mit der metabolischen Rate ab. Die anderen Unterschiede fallen aber auch hier nicht signifikant aus. Damit kann für beide Gruppen geschlussfolgert werden, dass keine signifikanten Unterschiede im Zusammenhang mit dem Sportausmaß vorliegen.

Auf Grund dieser Ergebnisse kann die Hypothese, welche besagt, dass Sportler ein besseres Wohlbefinden bestätigt werden. Die Hypothese bezüglich des Angstempfindens kann

Unterschiede im Zusammenhang mit der metabolischen Rate der 24-Stunden und 5-Minuten-Parameter in der Gesamtstichprobe

	Baseline 1	Baseline 2	Kniebeugen	Kniebeugen Erholung	Kniebeugen.plus Erholung	Mental
<i>z</i> -Wert VLF	0,22	0,27	-0,05	0,08	0,14	0,3
Differenz zu $z_{(24)} = 0,356$	-0,74	-0,47	-2,49*	-1,52	-1,2	-0,33
<i>z</i> -Wert LF	0,341	0,53	0,09	0,25	0,15	0,33
Differenz zu $z_{(24)} = 0,46$	1,9	2,97*	-1,98	1,94	0,85	1,83
<i>z</i> -Wert HF	0,201	0,35	0,08	0,14	0,07	0,19
Differenz zu $z_{(24)} = ,46$	1,121	1,96	-1,01	0,75	0,4	1,06
<i>z</i> -Wert LF/HF	0,042	0,04	0,03	0,12	0,14	0
Differenz zu $z_{(24)} = 0,47$	0,233	0,22	0,17	0,66	0,76	0,01
<i>z</i> -Wert Total	0,318	0,38	-0,01	0,15	0,19	0,33
Differenz zu $z_{(24)} = .26$	1,779	2,09*	-2,57*	0,83	1,03	1,85
<i>z</i> -Wert SDNN	0,352	0,267	0,34	-0,234	-0,133	0,253
Differenz zu $z_{(24)} = 0,36$	-0,248	-0,528	-0,313	-3,207*	-3,188*	-1,096
<i>z</i> -Wert r-MSSD	0,236	0,318	0,190	0,058	0,057	0,153
Differenz zu $z_{(24)} = 0,40$	-0,153	-0,805	-0,613	0,313	0,308	0,832
<i>z</i> -Wert pNN50	0,27	0,284	0,210	0,08	0,112	0,198
Differenz zu $z_{(24)} = -0,07$	1,511	1,56	-0,58	0,43	0,61	1,08
* Signifikant auf dem Niveau $\alpha = .05$.						

Tabelle 3.8.: Die *z*-Werte und Differenzen zwischen den 5-Minuten- und 24-Stunden-Parametern der HRV für die Gesamtstichprobe auf dem Signifikanzniveau $\alpha = .05$

Unterschiede im Zusammenhang mit der metabolischen Rate der 24-Stunden und 5-Minuten-Parametern in der Gruppe der Sportler

	Baseline 1	Baseline 2	Kniebeugen	Kniebeugen-Erholung	Kniebeugen-plus-Erholung	Mental
z-Wert VLF	0,04	0,15	-0,11	-0,18	-0,14	-0,03
Differenz zu $z_{(24)} = 0,02$	-0,74	-0,26	-1,39	-1,69	-1,52	-1,05
z-Wert LF	0,20	0,27	-0,2	0	-0,06	0,31
Differenz zu $z_{(24)} = 0,14$	0,27	0,54	-1,38	-0,61	-0,86	0,72
z-Wert HF	0,06	0,13	0	-0,09	-0,09	0,07
Differenz zu $z_{(24)} = -0,12$	0,77	1,07	0,51	0,12	0,12	0,81
z-Wert LF/HF	0,03	0	0,01	0,06	0,09	0,08
Differenz zu $z_{(24)} = 0,27$	-1,03	-1,16	-1,11	-0,9	-0,77	-0,81
z-Wert Total	0,07	0,21	-0,05	0,02	-0,11	0,07
Differenz zu $z_{(24)} = 0,15$	-0,36	0,26	-0,87	-0,57	-1,13	-0,36
z-Wert SDNN	0,14	0,02	0,17	-0,2	-0,32	-0,14
Differenz zu $z_{(24)} = 0,12$	0,1	-0,4	0,22	-1,34	-1,8	-1,07
z-Wert r-MSSD	0,13	0,15	0,08	-0,17	-0,13	-0,05
Differenz zu $z_{(24)} = 0,01$	0,53	0,61	0,31	-0,75	-0,58	-0,24
Zz-Wert pNN50	0,04	0,02	0,14	-0,19	-0,1	-0,1
Differenz zu $z_{(24)} = 0,04$	0	-0,09	0,43	-0,97	-0,6	-0,57

Tabelle 3.9.: Die z-Werte und Differenzen zwischen den 5-Minuten- und 24-Stunden-Parametern der HRV für die Gruppe der

Sportler auf dem Signifikanzniveau $\alpha = .05$

Unterschiede im Zusammenhang mit der metabolischen Rate der 24-Stunden und 5-Minuten-Parameter in der Gruppe der Nicht-Sportler

	Baseline 1	Baseline 2	Kniebeugen	Kniebeugen_Erholung	Kniebeugen_plus_Erholung	Mental
<i>z</i> -Wert VLF	-0,03	0,18	0,16	0,11	0,21	0,32
Differenz zu $z_{(24)} = 0,10$	-0,4	0,3	0,22	0,07	0,4	0,75
<i>z</i> -Wert LF	0,09	0,22	0,30	0,1	0,26	0,13
Differenz zu $z_{(24)} = 0,17$	-0,27	0,17	0,34	-0,23	0,27	-0,13
<i>z</i> -Wert HF	0,12	0,17	0,18	0,08	0,26	0,34
Differenz zu $z_{(24)} = -0,09$	0,68	0,85	0,84	0,54	1,1	1,39
<i>z</i> -Wert LF/HF	-0,31	0,02	0,22	0,1	0,18	-0,44
Differenz zu $z_{(24)} = 0,29$	-2*	-0,91	-0,22	-0,63	-0,36	-2,36*
<i>z</i> -Wert Total	0,06	0,2	0,18	0,1	0,2	0,21
Differenz zu $z_{(24)} = 0,08$	-0,08	0,39	0,31	0,05	0,38	0,42
<i>z</i> -Wert SDNN	0,24	0,22	0,06	0,16	0,15	0,06
Differenz zu $z_{(24)} = -0,15$	1,32	1,23	0,67	1,01	0,97	0,68
<i>z</i> -Wert r-MSSD	0,41	0,36	-0,24	0,15	0,12	0,16
Differenz zu $z_{(24)} = -0,06$	1,58	1,41	-0,54	0,71	0,61	0,74
<i>z</i> -Wert pNN50	0,45	0,35	-0,32	0,13	0,05	0,19
Differenz zu $z_{(24)} = -0,11$	1,9	1,56	-0,63	0,79	0,54	0,99
* Signifikant auf dem Niveau $\alpha = .05$.						

Tabelle 3.10.: Die *z*-Werte und Differenzen zwischen den 5-Minuten- und 24-Stunden-Parametern der HRV für die Gruppe der Nicht-Sportler auf dem Signifikanzniveau $\alpha = .05$

nicht vollständig akzeptiert werden. Denn der Zusammenhang zu der Skala STAI-Trait fiel positiv aus. Demnach würde nur ein negativer Zusammenhang zu der Skala STAI-State vorhanden sein. Auch die Hypothese, wonach Sportler die Anforderungen weniger stark empfinden lässt sich bestätigen, allerdings nur für die Gesamtstichprobe. Die Hypothese, welche besagt, dass es einen Zusammenhang zwischen der metabolischen Rate und dem Abschneiden im Test NAMEN ERFINDEN gibt konnte nicht global bestätigt werden. So zeigte sich nur ein Zusammenhang bei den Nicht-Sportler, der in die negative Richtung verlief. Bei der Gruppe der Sportler war kaum ein Zusammenhang vorhanden. Sportler wiesen auch keine bessere Erholungsfähigkeit auf. Unterschiede in der Stärke des Zusammenhangs zwischen den Kurzzeit- und Langzeitparametern mit der metabolischen Rate lagen in der Gruppe der Sportler nicht vor. Bei der Gesamtstichprobe und der Gruppe der Nicht-Sportler gab es jeweils nur einen signifikanten Unterschied. Somit lässt sich für die Forschungshypothese schließen, dass es keine Unterschiede zwischen den Kurzzeitparametern und den Langzeitparametern gibt. Demnach sind die Aussagen, die man aus den Kurzzeitanalysen erhält ebenso informativ, wie die Informationen aus den Langzeitparametern.

4. Diskussion

4.1. Interpretation

4.1.1. Zusammenhang zwischen der metabolischen Rate und dem Wohlbefinden beziehungsweise der Ängstlichkeit.

Eine Frage dieser Untersuchung bezog sich auf den Zusammenhang zwischen der metabolischen Rate und dem Wohlbefinden beziehungsweise der Ängstlichkeit. Die H1 lautete: Es gibt einen positiven Zusammenhang zwischen der metabolischen Rate, PANAS-Positiv, Glücklich_TRI-S und Frisch_TRI-T und einen negativen zu den Variablen PANAS-Negativ und Melancholisch_TRI-T. Für die Gesamtstichprobe konnte die Hypothese bezüglich des Wohlbefindens angenommen werden. So fiel der Zusammenhang zu der Skala PANAS-Positiv positiv signifikant aus. Der Zusammenhang zu der Negativ-Skala erreichte das Signifikanzniveau nicht, verlief aber wie erwartet in negative Richtung. Bezüglich des TRI ergaben sich positiv signifikante Korrelationen zu den Faktoren Frisch_TRI-T und Glücklich_TRI-S. Somit kann die H1 für die Gesamtstichprobe in Bezug auf das Wohlbefinden angenommen werden. Die H1 bezüglich der Ängstlichkeit lautete: Es gibt einen negativen Zusammenhang zwischen der metabolischen Rate und den Variablen STAI-State und STAI-Trait. Bei den STAI-Skalen zeigten sich die Zusammenhänge in erwarteter Weise. So fiel der Zusammenhang zu der Skala STAI-State erwartungsgemäß negativ aus. Der Zusammenhang zu der Skala STAI-Trait fiel ebenfalls negativ aus und wurde auch signifikant. Dieser Befund geht auch einher mit der Untersuchung von Scully et al. (1998). In dieser Untersuchung haben sich sowohl hinsichtlich Trait-Anteilen als auch hinsichtlich State-Anteilen negative Zusammenhänge ergeben. In dieser Untersuchung wäre nur der Zusammenhang zu den Trait-Anteilen signifikant geworden. Demnach kann die H1 nur

für die Trait-Komponente angenommen werden.

In den Gruppen Sportler und Nicht-Sportler fielen die Zusammenhänge geringer aus und erreichten das Signifikanzniveau $\alpha = .05$ nicht. Bei den Sportlern lag ein positiver Zusammenhang zur Skala PANAS-Positiv vor. Die Zusammenhänge zu den Faktoren Frisch_TRI-T und Glücklich_TRI-S fielen zwar positiv aus, aber nicht signifikant. Der Zusammenhang zur Skala PANAS-Negativ fiel in dieser Gruppe negativ aus. Bei den Nicht-Sportlern zeigt sich das selbe Bild. So kann die H1 bezüglich des Wohlbefindens nur für die Gesamtstichprobe angenommen werden. In Bezug auf das Angestempfinden verliefen hier nun die Zusammenhänge in erwartete Richtung. So fiel der Zusammenhang zu der Skala STAI-Trait negativ aus wurde aber nicht signifikant. Signifikant negativ fiel in dieser Gruppe der Zusammenhang zu der Skala STAI-State aus. In der Gruppe der Nicht-Sportler fielen beide Zusammenhänge negativ aus, erreichten das Signifikanzniveau aber nicht. Somit kann für die Sportler die H1 in Bezug auf die State-Anteile angenommen werden. Für die Nicht-Sportler kann die H1 nicht angenommen werden, da keine Signifikanz erreicht wurde.

4.1.2. Unterschied in dem Ausmaß der frühen Erholung zwischen Sportlern und Nicht-Sportlern.

Die H1 lautet: Es gibt einen Unterschied in den HRV-Parametern der Bedingungen Kniebeugen_Erholung und Kniebeugen_plus_Erholung in den beiden Gruppen Sportlern und Nicht-Sportlern. Die Frage, ob Sportler eine bessere Erholungsfähigkeit haben wurde mit dem t -Test geprüft. Es ergaben sich kaum signifikante Unterschiede im Ausmaß der Erholung in den ersten 5 Minuten nach der Belastung. Einzig im Parameter LF in der Bedingung Kniebeugen_Erholung gab es einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Die Mittelwerte der Parameter weisen zwar darauf hin, dass die Werte der Sportler höher sind, aber eben nicht signifikant höher. Einzig der Parameter LF dürfte in der Erholungsfähigkeit durch den Sport verbessert sein. Bei den anderen Parameter konnten Sportler keinen Vorteil vorweisen. In dieser Stichprobe zeichnen sich Sportler also nicht durch einen generellen Vorteil in der Erholungsfähigkeit der HRV aus. Es bleibt

somit die H0 bestehen, welche besagt, dass kein Unterschied vorhanden ist.

4.1.3. Zusammenhang zwischen der metabolischen Rate und der empfundenen Belastung.

Die H1 lautete: Es gibt einen negativen Zusammenhang zwischen der metabolischen Rate und der Variable NASA-Gesamtscore. In der Gesamtstichprobe konnte die Hypothese bezüglich der Einschätzung der Anforderung bestätigt werden. Es zeigte sich ein signifikant negativer Zusammenhang zwischen der wahrgenommenen Anforderung und der metabolischen Rate. Je höher das Sportausmaß der Person ist, desto weniger belastend hat sie die Situation erlebt und umgekehrt. Auch dieses Ergebnis geht einher mit Ergebnisse früherer Untersuchungen wie beispielsweise von Aldana et al. (1996), Rosengren (1971, zitiert nach Aldana et al., 1996) und (Rimmele et al., 2007). Der Zusammenhang zum NASA-Score fiel in der Gruppe der Sportler sehr gering aus. Mit einem Korrelationskoeffizienten von $r = .05$ kann man kaum von einem Zusammenhang sprechen. In der Gruppe der Nicht-Sportler ergab sich ein Zusammenhang von $r = .09$. In beiden Bewegungsbereichen liegt kaum ein Zusammenhang vor. Das Ergebnis der Gesamtstichprobe geht einher mit früheren Untersuchungsergebnisse, wonach Sportler weniger Stress empfinden. Vergleicht man aber nur Sportler untereinander, so wie hier in der Gruppenanalyse, liegt kein Zusammenhang mehr vor. Die Hypothese konnte also nur für die Gesamtstichprobe, nicht aber für die beiden Gruppen angenommen werden.

4.1.4. Zusammenhang zwischen der metabolischen Rate und der Herzratenvariabilität.

Die Zusammenhänge fielen in der Gesamtstichprobe am höchsten aus. Signifikante Unterschiede zwischen den Sportlern und Nicht-Sportlern zeigten sich bei den Parametern SDNN, r-MSSD, LF, VLF, HF, Total und pNN50. Lediglich im Parameter LF/HF gab es keinen signifikanten Unterschied. Die Unterschiede fielen in der Art aus, dass Sportler einen besseren Wert erreichten als Nicht-Sportler. Ob Unterschiede im Ausmaß des Zusammenhangs zwischen der metabolischen Rate und den HRV-Parametern von Kurzzeit-

und Langzeitableitungen vorhanden sind, wurde über Fishers z -Werte geprüft. Die H1 lautete: Es gibt einen Unterschied im Ausmaß des Zusammenhangs zwischen der metabolischen Rate und den Kurzzeit- beziehungsweise Langzeitparametern der HRV. Die Frage nach dem Zusammenhang zwischen der metabolischen Rate und den Kurzzeit- bzw. Langzeitparametern wurde je nach Verteilung mit der Korrelation nach Spearman oder der Pearson-Produkt-Moment-Korrelation berechnet. Es erreichten durchaus einige Zusammenhänge das Signifikanzniveau $\alpha = .05$. Vor allem zu den Langzeitparametern hin gab es nur einen nicht signifikanten Zusammenhang, der den Parameter LF/HF betraf. Interessanter als die Frage nach dem reinen Zusammenhang zwischen den Parametern und der metabolischen Rate war die Frage nach dem Unterschied in der Sensitivität der Kurzzeit- bzw. Langzeitparameter. Diese Frage wurde über die Berechnung von Fishers z -Werte geklärt. Diese wiesen darauf hin, dass in der Gesamtstichprobe bei vier Parametern signifikante Unterschiede vorliegen. Beim Parameter SDNN unterschied sich der Zusammenhang zwischen dem Kurzzeitparameter in den Bedingungen Kniebeugen_Erholung und Kniebeugen_plus_Erholung signifikant vom Langzeitparameter. Auch in den Parametern VLF und Total wurden Unterschiede signifikant. So zeigte sich beim Parameter VLF ein signifikanter Unterschied in der Bedingung Kniebeugen. Beim Parameter Total unterschieden sich die Bedingungen Kniebeugen und Baseline_2 signifikant vom dem Langzeitparameter. Beim Parameter LF gab es einen signifikanten Unterschied in der Bedingung Baseline_2. Die Unterschiede in den Bedingungen Baseline_2 fielen derart aus, dass die Zusammenhänge mit den Kurzzeitparametern höher waren, als die Zusammenhänge zu den Langzeitparametern. In den anderen Bedingungen war der Zusammenhang des Langzeitparameters stärker. Von einem generellen Unterschied zwischen Kurzzeit- und Langzeitparametern kann man auf Grund dieser Ergebnisse nicht ausgehen. Somit können auch Kurzzeitparameter herangezogen werden um den Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und der HRV abzubilden. In der Gruppe der Sportler, gab es keinen einzigen signifikanten Unterschied in Bezug auf den Zusammenhang zwischen Kurzzeit- und Langzeitparametern mit der HRV. Dies ist aber durchaus nicht negativ zu werten, da in der sportmedizinischen Praxis nur auf Kurzzeitanalysen zurückgegriffen werden kann. Diese sind laut dieser Untersuchung aber nicht weniger gut geeignet um

den Zusammenhang zwischen dem Sportausmaß und der HRV darzulegen, da sich in der Gruppe der Leistungssportler keine signifikanten Unterschiede im Zusammenhang ergeben haben. Dieses Ergebnis geht auch einher mit Ergebnissen früherer Untersuchungen, die zeigen konnten, dass auch Kurzzeitparameter im klinischen Kontext geeignet sind, da auch diese in einem Zusammenhang mit der Mortalität stehen. Man fand auch bereits Zusammenhänge zwischen den Parametern der Kurzzeit- und Langzeitanalysen (Bigger et al., 1993). In der Gruppe der Nicht-Sportler gab es nur im Parameter LF/HF signifikante Unterschiede im Zusammenhang mit der metabolischen Rate und den Kurzzeit- und den Langzeitparametern. So ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen LF/HF in den Bedingungen Baseline1 und Mental. Da in der Gruppe der Sportler keine Unterschiede im Zusammenhang zum Vorschein kamen kann man auf Basis dieser Ergebnisse schließen, dass im Hochleistungssport beide Analyseverfahren in ihrer Sensitivität gleichwertig sind, während im durchschnittlichen Bewegungsausmaß zumindest in einzelnen Parametern und Bedingungen Unterschiede vorliegen. Für die Praxis bedeutet dies, dass man durchaus auf Kurzzeitanalysen zurückgreifen kann, um Aussagen über die HRV von Spitzensportlern zu machen. Da diese Analysen im sportmedizinischen Kontext bereits großen Anklang finden (Horn, 2003), geht dieses Ergebnis mit der Praxis einher und bestätigt somit dieses Vorgehen. Kurzzeitanalysen wären demnach nicht nur ökonomischer, sie liefern auch gleichwertige Ergebnisse.

4.2. Kritik

Es muss hier angemerkt werden, dass die Untersuchungen mit den Sportlern teilweise am Abend durchgeführt wurden. Auch wenn die Teilnehmer darauf hingewiesen wurden kein Training zu absolvieren haben viele am Nachmittag Sport betrieben, wenn auch in geringerem Ausmaß als sonst. Dies könnte sich ebenfalls auf die HRV ausgewirkt und diese negativ beeinflusst haben, da frühere Untersuchungen bereits zeigen konnten, dass die HRV nach starker körperlicher Anstrengung durchaus länger benötigt, um in den Ausgangszustand zurückzukehren (Takahashi et al., 2001; Terziotti et al., 2001; Mourots et al., 2004, zitiert nach Kaikkonen, Rusko und Martinmäki, 2007). Zu dem leichten Trai-

ning am Nachmittag kam für die Volleyballer und die Handballer noch die Belastung des Matches am Vortag hinzu. Vor allem der Wettkampfstress vom Vortag könnte die HRV noch nachträglich beeinträchtigt haben. In dieser Untersuchung waren die passiven Vergleichspersonen im durchschnittlichen Bereich des Bewegungsausmaßes angesiedelt. Sowohl nach dem Lüdenscheider Aktivitätsfragebogen, als auch nach der Paffenbarger Kurve fiel diese Gruppe in einen Bewegungsbereich, der keine gesundheitlichen Defizite erwarten lässt. Zukünftige Forschung könnte sich mit dem Vergleich zwischen Leistungssportlern und Personen mit zu geringem Bewegungsausmaß beschäftigen.

Zusammenfassung

Gegenstand dieser Arbeit ist der Zusammenhang der HRV-Parameter mit dem Sport- und Bewegungsausmaß. Untersucht wird, ob es Unterschiede im Zusammenhang zwischen den Kurzzeit- und Langzeitparametern mit der HRV gibt. Auch der Zusammenhang zwischen der sportlichen Aktivität, dem Wohlbefinden und dem Empfinden von Angst wird untersucht. Hierzu wurden Sportler und Nicht-Sportler untersucht. Die Analysen wurden sowohl für die Gesamtstichprobe als auch für die beiden Gruppen selbst durchgeführt. Auch der Zusammenhang zu der Stresswahrnehmung wird überprüft. Ob es einen Unterschied zwischen den Gruppen im Erholungsausmaß in der frühen Erholung gibt, wurde mit dem *t*-Test berechnet, die anderen Hypothesen wurden mit Korrelationsanalysen geprüft. Das Sportausmaß wird hierbei über die metabolische Rate quantifiziert und mit den HRV-Parametern korreliert. Diese werden sowohl aus den Kurzzeitintervallen während eines standardisierten Protokolls entnommen, als auch aus der 24-Stunden-Aufzeichnung. Um auf Unterschiede im Zusammenhang zu prüfen wurden die Korrelationskoeffizienten zu Fishers *z*-Werten umgerechnet. Danach wurden auf signifikante Differenzen zwischen den Aufzeichnungsarten geprüft. Die Ergebnisse sprechen dafür, dass bei den Sportlern keine signifikanten Unterschiede im Zusammenhang vorliegen. In der Gesamtstichprobe und bei den Nicht-Sportlern wurden Unterschiede ermittelt. Weiters wurden in der Gesamtstichprobe positive Zusammenhänge zwischen der metabolischen Rate und dem Wohlbefinden aufgezeigt. Bei den Sportlern und Nicht-Sportlern verliefen die Zusammenhänge zwar in erwarteter Weise, erreichten aber das Signifikanzniveau nicht. Der Zusammenhang zur Ängstlichkeit fiel in der Gesamtstichprobe und den beiden Gruppen in erwarteter Weise aus. Für die Gesamtstichprobe konnte auch ein negativer Zusammenhang zwischen der metabolischen Rate und der Wahrnehmung der Belastung festgestellt werden.

Abstract

The subject of the available work is a comparison of short-term- and long-term-analysis of the HRV. The question is, if the correlations to the amount of sports done by a person per week, measured by the metabolic rate (MET), are significantly different. The amount of sport is measured by an electronic questionnaire. Another question is, if sport goes together with better well-being and a lower level of anxiety. It is also tested, if there is a difference in the early recovery between sportive and non-sportive people. Well-being and the amount of anxiety is measured by PANAS, TRI and STAI. The HRV data and the questionnaire data of 68 persons are evaluated by correlation analysis and the *t*-Test. The subjects are divided into two groups according to their MET, by means of the Paffenbarger curve. To test the hypothesis about the significant differences in the correlations, the Fisher's *z*-Werte are calculated. The results show no differences for the sportive group. But the correlation indices between short-term- and long-term-analysis of the HRV and the MET show some significant differences for the overall sample and the non-sportive group. The correlations support the hypothesis, that sport goes together with a better well-being and a lower level of anxiety in the overall-sample. Results in the sportive and non-sportive group couldn't support the hypothesis, because the correlations didn't reach significance. The *t*-Test shows that there are nearly no differences in early recovery of the HRV between these two groups. Only one parameters, the LF shows significant differences in amount of early recovery. The correlation between MET and NASA was only found significant in the overall-sample.

Literaturverzeichnis

- Aldana, S. G., Sutton, L. D., Jacobson, B. H. & Quirk, M. G. (1996). Relationships between leisure time physical activity and perceived stress. *Perceptual and Motor Skills*, 82, 315–321.
- Bernardi, L., Valle, F., Coco, M., Calciati, A. & Sleight, P. (1996). Physical activity influences heart rate variability and very-low-frequency components in holter electrocardiograms. *Cardiovascular Research*, 32, 234–237.
- Bernardi, L., Wdowczyk-Szulc, J., Valenti, C., Castoldi, S., Passino, C., Spadacini, G. et al. (2000). Effects of Controlled Breathing, Mental Activity and Mental Stress With or Without Verbalization on Heart Rate Variability. *Journal of the American College of Cardiology*, 35, 1462–1469.
- Bigger, J., Fleiss, J., Rolnitz, L. & Steinman, R. (1993). The ability of several short-term measures of RR variability to predict mortality after myocardial infarction. *Circulation*, 88, 927–934.
- Bjoerkander, I., Forslund, L., Ericson, M., Rehnqvist, N., Hjemdahl, P. & Kahan, T. (2009). Long-term stability of heart rate variability in chronic stable angina pectoris, and the impact of an acute myocardial infarction. *Clinical Physiological Function Imaging*, 29, 201–208.
- Caro. (o. J.). *Fragebogen für Sportler*. Heruntergeladen am 26. 7. 2009 um 9:00 von <http://www.blv-sport.de/service/mehrkampfstudie/>.
- Dishman, R. K., Nakamura, Y., Garcia, M. E., Thompson, R. W., Dunn, A. L. & Blair, S. N. (2000). Heart rate variability, trait anxiety, and perceived stress among physically fit men and women. *International Journal of Psychophysiology*, 37, 121–133.
- Energieverbrauch - Energiebedarf*. (2001). Heruntergeladen am 30. 11. 2009 von <http://de.fitness.com/exercise/articles/energieumsatz.php>.
- Fox, K. R. (1999). The influence of physical activity on mental well-being. *Public Health Nutrition*, 2, 411–418.
- Galinier, M., Pathak, A., Fourcade, J., Androdias, C., Curnier, D., Varnous, S. et al. (2000). Depressed low frequency power of heart rate variability as an independent predictor of sudden death in chronic heart failure. *European Heart Journal*, 21, 475–482.
- Hart, S. & Stavenlad, L. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. In P. A. Hancock & N. Meshikati (Hrsg.), *Human mental workload* (S. 139–183). Amsterdam: Elsevier.
- Hoos, O. (2006). Spektralanalyse der Herzfrequenzvariabilität im Sport- Methoden und Anwendungen, Möglichkeiten und Grenzen. *DVS-Schriften*, 162, 28–63.
- Horn, A. (2003). *Diagnostik der Herzfrequenzvariabilität in der Sportmedizin - Rahmenbedingungen und methodische Grundlagen*. Unveröffentlichte Diplomarbeit.

- Hottenrott, K., Hoos, O. & Esperer, H. D. (2006). Herzfrequenzvariabilität und Sport. *Herz*, 31, 544–552.
- Huikuri, H. V., Mäkilä, T., Airaksinen, K. J., Mitrani, R., Castellanos, A. & Myerburg, R. J. (1999). Measurement of heart rate variability: A clinical tool or a research toy? *Journal of the American College of Cardiology*, 34, 1878–1883.
- Kaikkonen, P., Nummela, A. & Rusko, H. (2007). Heart rate variability dynamics during early recovery after different endurance exercises. *European Journal of Applied Psychology*, 102, 79–86.
- Kaikkonen, P., Rusko, H. & Martinmäki, K. (2007). Post-exercise heart rate variability of endurance athletes after different high-intensity exercise interventions. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 18, 511–519.
- Klasmann, J. K. (2005). Gesundes Schwingen. *Psychologie Heute*, 7, 20–26.
- Laux, L., Glanzmann, P., Schaffner, P. & Spielberger, C. D. (1981). *State-Trait-Angstinventar. Theoretische Grundlagen und Handanweisung*. Weinheim: Beltz Test GmbH.
- Lucini, D., Fede, G. D., Parati, G. & Pagani, M. (2005). Impact of chronic psychosocial stress on autonomic cardiovascular regulation in otherwise healthy subjects. *Hypertension*, 46, 1201–1206.
- Lüdenscheider Aktivitätsfragebogen. (2002). Heruntergeladen am 30. 11. 2009 von <http://www.sportkrankenhaus.de/fileadmin/Sportmedizin/Downloads/...LuedenscheiderAktivitaets-Fragebogen.pdf>.
- Malik, M., Bigger, J. T., Camm, A. J., Kleiger, R. E., Malliani, A., Moss, A. J. et al. (1996). Heart rate variability standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *European Heart Journal*, 17, 354–381.
- Martinelli, F. S., Chacon-Mikahil, M. P. T., Martins, L. E. B., Lima-Filho, E. C., Golfetti, R., Paschoal, M. A. et al. (2005). Heart rate variability in athletes and non-athletes at rest and during head-up tilt. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 38, 639–647.
- Montano, N., Porta, A., Cogliati, C., Constantino, G., Tobaldini, E., Casali, K. R. et al. (2009). Heart rate variability explored in the frequency domain: A tool to investigate the link between heart and behavior. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 33, 71–80.
- Moser, M., Lehofer, M., Hoehn-Saric, R., McLeod, D. R., Hildebrandt, G., Steinbrenner, B. et al. (1998). Increased heart rate in depressed subjects in spite of unchanged autonomic balance? *Journal of Affective Disorders*, 48, 115–124.
- Mück-Weymann, M. (2002). Die Variabilität der Herzschlagfolge. Ein globaler Indikator für Adaptivität in bio-psychosozialen Funktionskreisen. *Praxis Klinische Verhaltensmedizin und Rehabilitation*, 60, 324–330.
- Rimmele, U., Zellweger, B. C., Marti, B., Seiler, R., Mohiyeddini, C., Ehlert, U. et al. (2007). Trained men show lower cortisol, heart rate and psychological responses to psychosocial stress compared with untrained men. *Psychoneuroendocrinology*, 32, 627–635.
- Ritvanen, T., Louhevaara, V., Helin, P., Halonen, T. & Hänninen, O. (2007). Effect of aerobic fitness on the physiological stress responses at work. *International Journal*

- of Occupational Medicine and Environmental Health*, 20, 1–8.
- Schubert, C., Lambertz, M., Nelesen, R. A., Bardwell, W., Choi, J.-B. & Dimsdale, J. E. (2009). Effects of stress on heart rate complexity - a comparison between short-term and chronic stress. *Biological Psychology*, 80, 325–332.
- Scully, D., Kremer, J., Meade, M. M., Graham, R. & Dudgeon, K. (1998). Physical exercise and psychological well being: a critical review. *British Journal of Sports Medicine*, 32, 111–120.
- Shinba, T., Kariya, N., Matsui, Y., Ozawa, N., Matsuda, Y. & Yamamoto, K.-I. (2008). Decrease in heart rate variability response to task is related to anxiety and depressiveness in normal subjects. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 62, 603–609.
- Summers, H., Kathleen, M., Lustyk, B., Heitkemper, M. & Jarrett, M. E. (1999). Effect of aerobic fitness on the physiological stress response in women. *Biological Research For Nursing*, 1, 48–56.
- Thayer, J. F. & Brosschot, J. F. (2005). Psychosomatics and psychopathology: looking up and down from the brain. *Psychoneuroendocrinology*, 30, 1050–1058.
- Tiedemann. (2003). *Sport, Vorschlag einer Definition*. Heruntergeladen am 27. 7. 2009 um 8:30 von <http://www.sportwissenschaft.uni-hamburg.de/tiedemann/...documents/sportdefinition.html>.
- Vergleich von Korrelationen*. (o.J.). Heruntergeladen am 26. 12. 2009 um 15:00 von http://www.mathe-online.at/materialien/georg.pernerstorfer/files/...Kap7/untersch_zw_pmk.pdf.
- Watson, D., Clark, L. A. & Tellegen, A. (1988). Development and validation of brief measures of positive and negative affect: The PANAS scales. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54, 1063–1070.

A. Anhang

A.1. Kolmogorov-Smirnov-Test

Test auf Normalverteilung der metabolischen Rate und der Fragebogen-Daten

	Nicht-Sportler			Sportler			Gesamt		
	Stat.	df	Sig.	Stat.	df	Sig.	Stat.	df	Sig.
Metabolische Rate	0,26	17	0,00	0,12	42	0,10	0,14	62	0,00
Gesamtwert STAI Trait	0,11	25	0,20*	0,10	43	0,20*	0,11	62	0,05
Gesamtwert STAI-State	0,18	25	0,04	0,10	43	0,20*	0,19	62	0,00
Gesamtwert NASA	0,08	18	0,20*	0,05	42	0,20*	0,09	68	0,20*
PANAS Positiv	0,14	18	0,20*	0,08	42	0,20*	0,07	66	0,20*
PANAS Negativ	0,18	18	0,15	0,16	42	0,01	0,16	66	0,00
Leistungsfähig_TRI-T	0,15	17	0,20*	0,09	41	0,20*	0,10	58	0,20*
Frisch_TRI-T	0,17	17	0,20*	0,13	41	0,09	0,12	58	0,03
Melancholisch_TRI-T	0,29	17	0,00	0,19	41	0,00	0,19	58	0,00
Besorgt_TRI-S	0,22	20	0,02	0,22	41	0,00	0,19	61	0,00
Glücklich_TRI-S	0,13	20	0,20*	0,10	41	0,20*	0,08	61	0,20*
Anstrengungsbereit_TRI-S	0,13	20	0,20*	0,12	41	0,14	0,14	61	0,00
Konzentrationsfähig_TRI-S	0,18	20	0,08	0,07	41	0,20*	0,07	61	0,20*

*. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

Tabelle A.1.: Kolmogrov-Smirnov-Test für die Fragebögen und die metabolische Gruppe der beiden Gruppen

Ergebnisse des Kolmogorov-Smirnov-Tests für die HRV-Parameter im Protokoll der Gruppen

	Nicht-Sportler			Sportler			Gesamt		
	Stat.	df	Sig.	Stat.	df	Sig.	Stat.	df	Sig.
SDNN_5_Baseline1	0,13	20	0,20*	0,14	37	0,07	0,08	57	0,20*
SDNN_5_Baseline2	0,11	20	0,20*	0,09	37	0,20*	0,07	57	0,20*
SDNN_5_Kniebeugen	0,14	20	0,20*	0,11	37	0,20*	0,13	57	0,02
SDNN_5_Kniebeugen_Erholung	0,15	20	0,20*	0,21	37	0,00	0,17	57	0,00
SDNN_5_Kniebeugen_plus_Erholung	0,13	20	0,20*	0,15	37	0,04	0,14	57	0,01
SDNN_5_Mental	0,12	20	0,20*	0,08	37	0,20*	0,09	57	0,20*
r-MSSD_5_Baseline1	0,21	20	0,02	0,11	37	0,20*	0,11	57	0,06
r-MSSD_5_Baseline2	0,10	20	0,20*	0,12	37	0,17	0,12	57	0,06
r-MSSD_5_Kniebeugen	0,17	20	0,14	0,17	37	0,01	0,17	57	0,00
r-MSSD_5_Kniebeugen_Erholung	0,18	20	0,08	0,20	37	0,00	0,17	57	0,00
r-MSSD_5_Kniebeugen_plus_Erholung	0,17	20	0,12	0,19	37	0,00	0,16	57	0,00

*. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

Fortsetzung der Tabelle auf der nächsten Seite

Tabelle A.2: Ergebnisse des Kolmogorov-Smirnov-Tests für die HRV-Parameter im Protokoll der Gruppen– fortgesetzt auf der nächsten Seite

Ergebnisse des Kolmogorov-Smirnov-Tests für die HRV-Parameter im Protokoll der Gruppen

	Nicht-Sportler			Sportler			Gesamt		
	Stat.	df	Sig.	Stat.	df	Sig.	Stat.	df	Sig.
r-MSSD_5_Mental	0,17	20	0,16	0,13	37	0,13	0,13	57	0,02
ULF_5_Baseline1	0,41	20	0,00	0,30	37	0,00	0,33	57	0,00
ULF_5_Baseline2	0,42	20	0,00	0,31	37	0,00	0,39	57	0,00
ULF_5_Kniebeugen	0,42	20	0,00	0,44	37	0,00	0,42	57	0,00
ULF_5_Kniebeugen_Erholung	0,21	20	0,02	0,18	37	0,01	0,18	57	0,00
ULF_5_Kniebeugen_plus_Erholung	0,23	20	0,01	0,19	37	0,00	0,20	57	0,00
ULF_5_Mental	0,45	20	0,00	0,30	37	0,00	0,35	57	0,00
VLF_5_Baseline1	0,20	20	0,04	0,16	37	0,02	0,18	57	0,01
VLF_5_Baseline2	0,28	20	0,00	0,19	37	0,00	0,18	57	0,00
VLF_5_Kniebeugen	0,27	20	0,00	0,24	37	0,00	0,25	57	0,00
VLF_5_Kniebeugen_Erholung	0,16	20	0,17	0,15	37	0,04	0,15	57	0,00
VLF_5_Kniebeugen_plus_Erholung	0,20	20	0,03	0,16	37	0,02	0,16	57	0,00
VLF_5_Mental	0,27	20	0,00	0,13	37	0,10	0,18	57	0,00
LF_5_Baseline1	0,21	20	0,02	0,18	37	0,00	0,22	57	0,00
LF_5_Baseline2	0,17	20	0,15	0,16	37	0,02	0,15	57	0,00
LF_5_Kniebeugen	0,15	20	0,20*	0,21	37	0,00	0,21	57	0,01
LF_5_Kniebeugen_Erholung	0,15	20	0,20*	0,18	37	0,00	0,18	57	0,00
LF_5_Kniebeugen_plus_Erholung	0,16	20	0,20*	0,22	37	0,00	0,18	57	0,00
LF_5_Mental	0,22	20	0,01	0,17	37	0,01	0,13	57	0,02
HF_5_Baseline1	0,16	20	0,20*	0,21	37	0,00	0,23	57	0,00
HF_5_Baseline2	0,16	20	0,18	0,18	37	0,00	0,22	57	0,00
HF_5_Kniebeugen	0,25	20	0,00	0,24	37	0,00	0,23	57	0,00
HF_5_Kniebeugen_Erholung	0,37	20	0,00	0,29	37	0,00	0,30	57	0,00
HF_5_Kniebeugen_plus_Erholung	0,36	20	0,00	0,24	37	0,00	0,27	57	0,00
HF_5_Mental	0,33	20	0,00	0,25	37	0,00	0,26	57	0,00
Total_5_Baseline1	0,18	20	0,09	0,19	37	0,00	0,21	57	0,00
Total_5_Baseline2	0,20	20	0,03	0,15	37	0,04	0,15	57	0,04
Total_5_Kniebeugen	0,23	20	0,01	0,20	37	0,00	0,20	57	0,00
Total_5_Kniebeugen_Erholung	0,17	20	0,14	0,12	37	0,17	0,13	57	0,02
Total_5_Kniebeugen_plus_Erholung	0,19	20	0,05	0,16	37	0,02	0,16	57	0,00
Total_5_Mental	0,21	21	0,02	0,13	37	0,14	0,11	57	0,20*
pNN50_5_Baseline1	0,20	21	0,02	0,15	37	0,04	0,15	58	0,00
pNN50_5_Baseline2	0,18	21	0,06	0,15	37	0,04	0,16	58	0,00
pNN50_5_Kniebeugen	0,20	21	0,03	0,20	37	0,00	0,21	58	0,00
pNN50_5_Kniebeugen_Erholung	0,19	21	0,06	0,19	37	0,00	0,15	58	0,00
pNN50_5_Kniebeugen_plus_Erholung	0,23	21	0,01	0,18	37	0,00	0,15	58	0,00
pNN50_5_Mental	0,16	21	0,16	0,15	37	0,04	0,16	58	0,00
LF/HF_5_Baseline1	0,10	20	0,20*	0,09	37	0,20*	0,09	57	0,20*
LF/HF_5_Baseline2	0,13	20	0,20*	0,07	37	0,20*	0,05	57	0,20*
LF/HF_5_Kniebeugen	0,13	20	0,20*	0,11	37	0,20*	0,07	57	0,20*
LF/HF_5_Kniebeugen_Erholung	0,14	20	0,20*	0,10	37	0,20*	0,07	57	0,20*
LF/HF_5_Kniebeugen_plus_Erholung	0,16	20	0,19	0,09	37	0,20*	0,11	57	0,19
LF/HF_5_Mental	0,16	20	0,19	0,09	37	0,20*	0,07	57	0,20*

*. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

Ende der Tabelle.

Tabelle A.2.: Ergebnisse des Kolmogorov-Smirnov-Tests für die HRV-Parameter im Protokoll der Gruppen

Ergebnisse des Kolmogorov-Smirnov-Tests für die HRV-Parameter in der Langzeitaufzeichnung der Gruppen

	Nicht-Sportler			Sportler			Gesamt		
	Stat.	df	Sig.	Stat.	df	Sig.	Stat.	df	Sig.
r-MSSD_24	0,16	24	0,10	0,12	40	0,18	0,11	62	0,05
SDNN_24	0,32	24	0,00	0,33	40	0,00	0,08	62	,20*
ULF_24	0,21	24	0,01	0,24	40	0,00	0,16	62	0,00
VLF_24	0,19	24	0,03	0,12	40	0,17	0,19	62	0,00
LF_24	0,21	24	0,01	0,14	40	0,05	0,08	62	,20*
HF_24	0,23	24	0,00	0,14	40	0,07	0,13	62	0,01
Total_24	0,54	24	0,00	0,07	40	,20*	0,11	62	0,06
LF/HF_24	0,34	24	0,00	0,09	40	,20*	0,09	62	,20*
pNN50_24	0,15	24	0,18	0,08	42	,20*	0,08	62	,20*

*. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

Tabelle A.3.: Kolmogorov-Smirnov-Test für die drei Gruppen der 24-Stunden-HRV-Parameter.

A.2. Faktorenanalyse

Rotierte Faktorenmatrix der Items des TRI-S und TRI-T

	Melancholisch TRI-T	Frisch TRI-T	Leistungsfähig TRI-T	Besorgt TRI-S	Glücklich TRI-S	Anstrengungsbe- reit TRI-S	Konzentrations- fähig TRI-S
erfrischt	-,321	,651	,049	-,049	,660	,409	,095
müde	,078	-,234	-,128	,067	-,310	-,394	,065
entspannt	-,166	,176	,038	-,159	,328	,343	-,010
leistungsfähig	-,071	,151	,696	-,057	,310	,715	,184
leistungsmotiviert	-,291	,109	,657	-,021	,090	,782	,189
schläfrig	,027	-,225	-,257	,061	-,258	-,389	-,055
nervös	,313	-,201	,006	,758	-,089	,093	-,059
konzentrationsfähig	,077	,240	,691	-,038	,383	,757	,290
gereizt	,327	-,122	,046	,355	-,122	,020	,050
teilnahmslos	,006	-,039	-,152	-,008	,068	-,470	,030
gelangweilt	,176	,039	,079	,034	-,035	-,178	-,026
melancholisch	,724	-,097	-,087	,291	-,140	-,157	-,060
mürrisch	,231	-,057	-,136	,009	-,182	-,152	-,142
unruhig	,252	,018	,043	,608	-,311	-,164	,085
leistungsoptimistisch	-,315	,336	,476	-,062	,240	,724	,385
deprimiert	,534	-,339	-,161	,704	-,266	-,288	-,129

Fortsetzung der Tabelle auf der nächsten Seite.

Tabelle A.4: Rotierte Faktorenmatrix der Items des TRI-S und TRI-T

	Melancholisch TRI-T	Frisch TRI-T	Leistungsfähig TRI-T	Besorgt TRI-S	Glücklich TRI-S	Anstrengungsbe- reit TRI-S	Konzentrations- fähig TRI-S
niedergeschlagen	,524	-,368	-,136	,577	-,330	-,284	-,136
heiter	-,185	,684	,271	-,218	,757	,227	,070
verstimmt	,691	-,231	,028	,406	-,201	-,048	-,087
gleichgültig	,033	,013	-,144	,016	,043	-,119	,185
betrübt	,414	-,249	-,200	,455	-,320	-,020	-,195
energiegeladen	-,288	,392	,597	-,055	,488	,692	,245
ängstlich	,569	,055	-,259	,498	-,146	,031	,042
anstrengungsbereit	-,320	,366	,567	-,122	,078	,866	,203
beunruhigt	,716	-,209	-,160	,851	-,217	,026	-,129
guter Stimmung	-,207	,542	,236	-,272	,749	,286	,169
glücklich	-,208	,671	,281	-,172	,798	,260	-,070
besorgt	,655	-,334	-,117	,900	-,179	-,077	-,039
frisch	-,232	,829	,185	-,171	,532	,419	,167
schwermütig	,620	-,294	-,229	,798	-,132	-,201	-,142
Ende der Tabelle.							

Tabelle A.4.: Rotierte Faktorenmatrix der Items des TRI-S und TRI-T

Lebenslauf

Angaben zur Person

Nachname(n) / Vorname(n)

Adresse(n)

Telefon

E-mail

Staatsangehörigkeit(en)

Geburtsdatum

Geschlecht

Kitzler, Marion

Täglicher Markt 7/10, A-3500 Krems

+43 650 / 63 47 166

m.kitzlertele2.at

österr.

31. 12. 1986

weiblich

Ausbildung

1992

1993 - 1997

1997 - 2005

seit 2005

Vorschule Pädak Krems

Volksschule Pädak Krems

BRG Ringstraße Krems (Matura, abgelegt: 2. Juni 2005)

Studium der Psychologie an der Universität Wien

Berufliche Erfahrungen

Kurzzeitige Tätigkeiten

08/2004

07/2007

02/2008-03/2008

Ferialjob bei Mc Donalds in Krems

Einmalige Dateneingabe für das Gallup-Institut

Pflichtpraktikum beim Institut für Kinderrechte & Elternbildung

Langzeitige Tätigkeiten

seit September 2005

seit Oktober 2008

Regalbetreuung bei Drogerie Müller

Lernbegleitung beim Hilfswerk