



universität
wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Psychophysiologische Korrelate der positiven
versus negativen Rezeption audio-visueller Stimuli“

verfasst von / submitted by
Christian Thallner, BSc

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the
degree of

Master of Science (MSc)

Wien, 2019 / Vienna 2019

Studienkennzahl lt. Studienblatt / degree programme UA 066 840
code as it appears on the student record sheet:

Studienrichtung lt. Studienblatt / degree programme Masterstudium Psychologie
as it appears on the student record sheet:

Betreut von / Supervisor: Ao. Univ.-Prof. Dr. Michael Trimmel

Eidesstaatliches Erklärung

Hiermit erkläre ich ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Masterarbeit selbstständig angefertigt und keiner anderen Stelle vorgelegt habe. Genauso erkläre ich ehrenwörtlich keine als die angegebenen Quellen, welche wörtlich oder inhaltlich angeführt wurden sowie als solche kenntlich gemacht wurden, benutzt zu haben.

Christian Thallner

Wien, Oktober 2019

Danksagung

Ganz herzlich bedanken möchte ich mich bei meinen Eltern, ohne die ich mein Studium nie verwirklichen hätte können. Danke auch an meinen Bruder Dominik, welcher einen großen Einfluss auf mein Leben gehabt hat, und ohne den ich heute nicht der Mensch wäre, der ich bin. Du wirst immer in meinem Herzen bleiben! Ebenso bedanken möchte ich mich bei meiner geliebten Frau Susanne, die immer für mich da war, und mich auch in harten Zeiten unterstützt hat sowie bei meinen beiden Töchtern Lanea und Nila, die zusammen mit meiner Frau das Wichtigste in meinem Leben sind.

Natürlich gebührt auch großer Dank meinem Betreuer Univ.-Prof. Dr. Michael Trimmel für die Ermöglichung dieses spannenden Themas und der umfassenden Unterstützung.

Ebenfalls ein großes Dankschön an Studienassistenten Severin Maurer, welcher stets für meine Fragen ein offenes Ohr gehabt hat und mir bei aufgetretenen Problemen professionell zur Seite gestanden ist.

Auch ein großes Dankeschön an Herbert Pointstingel, der mir stets mit seinem umfassenden Fachwissen mit Rat und Tat zur Seite gestanden ist und natürlich auch an Darina Lavtarova, ohne die diese Bekanntschaft nie zustande gekommen wäre.

Nicht unerwähnt bleiben sollen die UntersuchungsteilnehmerInnen, ohne welche die Untersuchung nicht durchgeführt werden hätte können, und die maßgeblich aufgrund ihrer professionellen Mitarbeit zur Qualität dieser Untersuchung beigetragen haben.

Und zu guter Letzt möchte ich meinen Dank auch allen KollegInnen, LehrveranstalterInnen und ProfessorInnen aussprechen, denen ich im Laufe meines Studiums begegnet bin, und die mich in irgendeiner Weise positiv beeinflusst haben.

Danke Euch allen

Christian Thallner

„Das Herz hat seine Gründe, die der Verstand nicht kennt.“ Blaise Pascal

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung und Stand der Forschung	1
1.1. Emotionen beim Musikhören	5
1.1.1. Emotionen Begriffserklärung	5
1.1.2. 3-Ebenen-Prinzip	5
1.1.3. Abgrenzung zu ähnlichen Konstrukten	5
1.1.4. Funktionen der Emotionen	6
1.2. Emotionstheoretische Konzepte	7
1.2.1. Der kategoriale Ansatz	7
1.2.2. Der dimensionale Ansatz	7
1.3. Gründe für das Musikhören	10
1.3.1. Änderung der Emotionen durch Musikkonsum	11
1.3.2. Intensivierung bzw. Freisetzung von Emotionen	11
1.4. Wirkung von Musik	13
1.4.1. Musik und Körperreaktionen	13
1.4.2. Funktionelle Wirkung von Musik	13
1.4.3. Musik und Kognition	13
1.5. Problematik bei der Messung von Emotionen beim Musikhören	14
1.6. Physiologische Grundlagen	16
1.6.1. Das autonome Nervensystem	16
1.6.2. Sympathikus und Parasympathikus	17
1.6.3. Herz, Herzrate und Herzratenvariabilität	19
1.6.4. Messung der HRV	23
1.6.4.1. HRV-Analyse im Zeitbereich (Time-Domain Methods)	26
1.6.4.2. HRV-Analyse im Frequenzbereich (Frequency-Domain Methods)	28
1.6.4.3. Short Term Recording	30
1.6.4.4. Long Term Recording	31
1.6.5. Normwerte der HRV	31
1.6.6. Analyse der HRV	32

1.6.7. Einflüsse auf die HRV	33
1.7. Problemstellung, Ziel und Forschungsfrage	37
2. Methode	38
2.1. Design	38
2.2. Hypothesen	40
2.3. UntersuchungsteilnehmerInnen	40
2.4. Untersuchungsbedingungen der HRV	41
2.4.1. Baseline	41
2.4.2. Musikstücke	41
2.4.3. Fragebogen	41
2.5. Untersuchungsmaterialien	42
2.5.1. Musikstücke	42
2.5.2. Fragebogen	45
2.5.2.1. Das Berliner-Alltagsprachliche-Stimmungs-Inventar (BASTI)	45
2.5.2.2. Self-Assessment Manikin (SAM)	46
2.5.3. Geräte	47
2.6. Untersuchungsdurchführung, Instruktion und Untersuchungsablauf	48
2.7. Auswertung	49
2.7.1. Datenanalyse	49
2.7.2. Statistische Analyse	51
2.7.3. Ethikantrag	51
3. Ergebnisse	52
3.1. Darstellung der Ergebnisse der Varianzanalyse mit Messwiederholung zwischen den Musikstücken mit hoher und niedriger Emotionalität, gemessen mittels des SAM anhand der unterschiedlichen HRV-Parameter	52
3.1.1. Deskriptive Statistiken	52
3.1.2. Inferenzstatistische Ergebnisse	55
3.2. Darstellung der Ergebnisse der Varianzanalyse mit Messwiederholung zwischen den Musikstücken mit hoher und niedriger Emotionalität, gemessen mit dem BASTI	66
4. Diskussion und Kritik	73

5. Zusammenfassung	77
Literaturverzeichnis	78
Anhang A: Deskriptivstatistik	93
Anhang B: Analyse der HRV Parameter	95
Anhang C: Untersuchungsmaterialien	108

1. Einleitung und Stand der Forschung

Der Sinn für das Schöne wird oft ausgedrückt durch die Musik. Wohl niemand bestreitet die emotionale Wirkung und Vielfalt, die Musik auf unsere Gefühle auszulösen vermag. Ob beim Sport, im Auto, beim Komponieren und Musizieren, oder, um die emotionale Reaktion beim Betrachten eines spannenden Films zu verstärken. Längst hat die Musik Einzug in den Alltag der Menschen gefunden und ist aus diesem nicht mehr wegzudenken.

Von den Anfängen der Musik im Sinne eines genau definierten Zeitabschnitts zu sprechen ist nach Wörner (1993) aus zweierlei Hinsicht problematisch,

- da es sich in der Vorgeschichte um Zeitdimensionen von Zehntausenden und Hundetausenden von Jahren der Menschheitsentwicklung handelt, in denen sich nur wenig geschichtliche Prozesse zutragen;
- ist diese Entwicklung nicht ohne Lücken fassbar.

Konkrete, einigermaßen datierbare Nachweise bilden lediglich früheste Funde von Musikinstrumenten und Abbildungen, die ins Ende der Altsteinzeit fallen (Wörner, 1993). Archäologen entdeckten eine ca. 35000 Jahre alte kleine Flöte aus Vogelknochen, bestehend aus 22 Teilen und mit zwei Grifföffnungen versehen, welche zum Musizieren benutzt wurde. In der griechischen Mythologie wurde angenommen, Musikinstrumente seien göttlichen Ursprungs, und die Musik wurde primär dazu benutzt, um mit den Göttern Kontakt aufzunehmen bzw. Geister zu vertreiben (Spitzer, 2004). Im Laufe der Menschheitsgeschichte wurde Musik für Feste verwendet, bei der Arbeit (Feldarbeit, Getreidedreschen) eingesetzt, als Krieg- bzw. Kampfmusik verwendet und diente obendrein als Kommunikationsmittel (Spitzer, 2004).

Schon seit meiner Kindheit spielt Musik eine große Rolle in meinem Leben und ich begann früh, mich für unterschiedliche Musikrichtungen zu interessieren. Bald merkte

ich, dass Musik meine Stimmungen augenblicklich verändern konnte bzw. ich durch Musik bestimmte Gefühle intensiver zu erleben vermochte. In meinen Jugendjahren begann ich, Gitarre zu lernen und musizierte gemeinsam mit anderen Musikbegeisterten. Seitdem hat mich die Faszination „Musik“ nicht mehr losgelassen.

Ebenso war ich immer schon sehr sportbegeistert und begann mich brennend für die Methoden des Biofeedbacktrainings zu interessieren. Ich fand die Möglichkeit äußerst spannend, mit der eigenen Psyche willentlich in autonome Prozesse eingreifen und diese zu einem gewissen Grad verändern zu können. Die vorliegende Arbeit bildet sozusagen einen Schnittpunkt zwischen beiden Bereichen.

Nachdem hinlänglich bekannt ist, dass Musik emotionale Zustände auslöst und diese sich wiederum in physiologischen Reaktionen manifestieren (MacLean, 1955; Reeve, 2001), ist die Frage spannend, welchen Einfluss Emotionen dabei auf das autonome Nervensystem ausüben.

Die physiologischen Mechanismen des Herzens sind dabei von besonderer Bedeutung, da das Herz mit dem Gehirn kommuniziert und im Zuge dessen Informationsverarbeitung, Wahrnehmung, Emotionen und Gesundheit beeinflusst (McCraty, 2015).

Im alltäglichen Sprachgebrauch lässt sich der Zusammenhang zwischen dem Herzen und emotionalen Reaktionen anhand von Aussagen wie „ein Stein vom Herzen fallen“, „das Herz rutscht in die Hose“ oder „ein gebrochenes Herz“ sehr gut erkennen.

Das Herz spielt dabei eine weitaus größere Rolle als die einer reinen Blutpumpe. Es ist ein äußerst komplexes Informationsverarbeitungszentrum und beeinflusst über die Kommunikation mit dem kranialen Gehirn das Nervensystem, Hormonsystem und andere Leitbahnen (McCraty, 2015). Dadurch wirkt das Herz tiefgreifend auf die Gehirnfunktion und die meisten Hauptorgane des Körpers ein, und hat somit wesentlichen Einfluss auf die Lebensqualität (McCraty, 2015).

Die Beziehung zwischen dem Herzen und inneren emotionalen Zuständen lässt sich besonders deutlich durch der Herzratenvariabilität (HRV) beschreiben (McCraty, 2015).

Bei der Herzratenvariabilität, auf welche weiter unten genauer eingegangen wird, handelt es sich um einen Parameter der autonomen Funktion des Herzens (Malik, 1993), wobei die Variation des zeitlichen Abstandes zwischen zwei Herzschlägen in Millisekunden gemessen wird (Hottenrott, 2002). Sie beschreibt die Fähigkeit des Herzens, die Herzschlagabfolgen belastungsabhängig kontinuierlich anzupassen und zu verändern und ist somit ein Indikator für die Anpassungsfähigkeit des Organismus an exogene und endogene Belastungen (Hottenrott, 2002).

Es konnte gezeigt werden, dass negative Emotionen die HRV reduzieren und sich somit negativ auf das autonome Nervensystem auswirken, wohingegen positive Emotionen Kohärenz in den Herzrhythmen bewirken und die Balance im Nervensystem verbessern (McCraty, 2015).

Im Laufe der Zeit gewann die Anwendung der HRV innerhalb der Medizin immer mehr an Bedeutung. Bei psychischen Belastungen lassen sich durch die HRV Beanspruchungsindikatoren nutzen, um die vegetative Balance des Organismus zu beschreiben (Sammito et al., 2014). Auch bei der Risikobeschreibung bei Herzkreislauferkrankungen eignet sich die HRV sehr gut. So korrelieren niedrige HRV-Parameter mit der Mortalität bei Myokardinfarkten, Bypass-Operationen oder einer vorliegenden Herzinsuffizienz (Sammito et al., 2014). Die HRV-Ergebnisse werden dabei sowohl zur Unterstützung der diagnostischen Untersuchung als auch zur Verlaufskontrolle genutzt (Sammito et al., 2014). Depressionen erhöhen das Risiko für Herz-Kreislauferkrankungen und koronaren Erkrankungen (Waller et al., 2016). Es konnte gezeigt werden, dass Depressive eine eingeschränkte HRV aufweisen. Dieser Umstand wird umso deutlicher, je ausgeprägter die Depression ist (Stein et al., 2000).

Besonders spannend sind die Auswirkungen von Musik auf das autonome Nervensystem. In vielen Untersuchungen wurde gezeigt werden, dass der Einfluss von Musik Auswirkungen auf die HRV haben kann (Pérez Lloret, 2014; Trappe & Breker, 2015). Perez-Lloret und sein Team untersuchten im Jahr 2014 die Auswirkungen von entspannender Musik auf das autonome Nervensystem. 25 gesunden Erwachsenen wurden in zufälliger Reihenfolge Melodien (Stille, Klassik, New Age und romantische

Musik) dargeboten, während lineare und nicht-lineare HRV Analysen getätigt wurden. Anschließend mussten die Teilnehmenden beurteilen, welche Musik sie am meisten entspannte. Es zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen der Stillebedingung und der New-Age Musik. Der Parameter LF/HF ratio, charakteristisch für eine sympathovagale Balance, war in der New Age Bedingung höher, was durch einen Anstieg der Low Frequency (LF) erklärt werden kann. Allerdings ist diese Tatsache unabhängig von der persönlichen Präferenz der jeweiligen Person. Zwischen klassischer und romantischer Musik konnte kein Unterschied festgestellt werden.

Trappe und Breker (2014) beschreiben die Effekte von Musik auf das Herz-Kreislauf-System. Auch wenn das Hören von Musik ein sehr subjektives Empfinden darstellt, gibt es doch objektive Parameter, die unter verschiedenen Umständen durch Musik beeinflusst werden (Trappe & Breker, 2014). In ihren Untersuchungen fanden sie heraus, dass vor allem durch klassische und meditative Musikstücke Effekte auf das kardiovaskuläre System erzielt werden. Allerdings gibt es auch sehr wohl Studien, bei denen keine signifikanten Unterschiede zwischen Klassik, Heavy Metal, Lärm und Ruhe in Bezug auf Herzfrequenz und Blutdruck festgestellt wurden (Trappe & Breker, 2014).

Auch innerhalb der Musiktherapie lassen sich positive Effekte auf die HRV finden. In einer Studie von Presch et al. (2011), bei der die musiktherapeutische Wirkung bei Demenzpatienten auf Kognition, Verhalten, Schlaf und allgemeine Befindlichkeit untersucht wurde, zeigten sich positive Effekte bei Anwendung einer aktiven Musiktherapie auf die HRV. Bei der rezeptiven Musiktherapie konnten keine durchgängigen positiven Effekte auf die HRV gefunden werden.

1.1.Emotionen beim Musikhören

1.1.1. Emotionen Begriffserklärung

Das deutsche Wort leitet sich aus dem Französischen (émotion) ab, welches zu émouvoir (dt. bewegen, erregen) gehört. Dieses Wort kommt aus dem lateinischen emovere (dt. herausbewegen, emporwühlen), und ist auch im Wort Lokomotive enthalten (Duden, 2007).

Eine einheitliche Definition der Emotionen gibt es in der Literatur nicht. Reeve (2001) beschreibt in seiner Definition vier Komponenten der Emotion: „Emotionen sind ein subjektives, biologisches, zweckgerichtetes und soziales Phänomen (Ereignis) in einer bedeutsamen Situation.“ Anders ausgedrückt, handelt es sich bei Emotionen um ein komplexes Muster an Zuständen, die subjektiv und qualitativ bestimmbar sind, mit einer zeitlichen Begrenzung. Meistens beziehen sie sich auf eine persönliche bedeutsame Situation. Dies kann am Umgebungskontext liegen, aber auch dem Bewusstsein bzw. der Erinnerung entspringen (Reeve, 2001).

1.1.2. 3-Ebenen-Prinzip

Reeve beschreibt drei Ebenen, auf denen sich Emotionen manifestieren (Reeve, 2001).

- Ebene des Verhaltens (Ausdruck, Mimik)
- Ebene der Physiologie
- Ebene des Erlebens (Fühlen, Denken und Bewusstsein)

1.1.3. Abgrenzung zu ähnlichen Konstrukten

Emotionen sind von Stimmungen zu unterscheiden, welche meist schwächer ausgeprägt sind und länger anhalten. Der Bezug zu einem Auslöser ist weniger klar und Verhaltenspotential ist bei Stimmungen geringer (Trimmel, 2015).

Affekte unterscheiden sich von Emotionen dahingehend, dass sie kurze, heftige Emotionen sind. Oft spricht man davon, dass man „der Emotion ausgeliefert ist“ (Trimmel, 2015).

Ein drittes Konstrukt, welches mit dem Konstrukt der Emotionen Ähnlichkeiten aufweist, ist der Stress. Beim Stress handelt es sich um einen belastenden Zustand, der von längerer Dauer sein kann. In gewisser Weise ist es ein spezieller Emotionszustand, bei dem noch weitere Faktoren eine Rolle spielen (Trimmel, 2015).

1.1.4. Funktion der Emotionen

Bei den multidimensionalen Aspekten von Emotionen (Reeve, 2001) kommt zu dem oben genannten 3-Ebenen-Prinzip noch ein „funktionales“ Prinzip in Anlehnung an Darwin hinzu, welches sich auf eine „bedeutsame Situation“ bezieht.

- Subjektives Erleben und kognitive Prozesse: Das subjektive Erleben, welches auf der Bewusstseinssebene stattfindet, ist durch Selbstberichte erfassbar.
- Physiologische Veränderung: Das biologische Ausmaß dient zur Vorbereitung von motorischen Handlungen. Oft haben Emotionen in diesem Zusammenhang eine Aktivierungsfunktion. Diese kann entweder kortikal (auf hirnebene) sein, oder den ganzen Körper betreffen (z.B. bei Flucht). Die Physiologie kann dabei im zentralen und autonomen Nervensystem gemessen werden, aber auch im Hormonsystem.
- Ausdruck: Der Ausdruck von Emotionen dient der Kommunikation. Über Gesichtsausdruck, Körperhaltung und Vokalisationen wird der Ausdruck von anderen intuitiv erkannt und lässt dadurch auf die entsprechende Emotion schließen.
- „Funktion“ von Emotionen: Die Funktion von Emotionen geht mit einer zielgerichteten Motivation einher. Das kann das Vorhaben sein, einer Situation zu entkommen, etwas zu erreichen, etwas haben zu wollen oder etwas zu verbessern (bei negativen Emotionen), oder einen angenehmen Zustand möglichst lange aufrechtzuerhalten (bei positiven Emotionen), etc...

1.2.Emotionstheoretische Konzepte

1.2.1. Der kategoriale Ansatz

Der kategoriale Ansatz verfolgt das Ziel, konkrete, voneinander klar abgrenzbare Emotionen, sogenannte Basisemotionen, aufgrund ihrer qualitativen Ausprägungen zu differenzieren und in eigene Kategorien zu klassifizieren (Brandstätter et al., 2013).

Basisemotionen bzw. Primäremotionen sind eine überschaubare Anzahl an Emotionen, die sich in der Evolution durch natürliche Auslese herausgebildet haben. Nach Trimmel (2015) erfüllen jene Emotionen folgende Bedingungen: Basisemotionen sind angeboren und entstehen für alle Menschen aus den gleichen Umständen. Sie werden auf einzigartige und markante Weise ausgedrückt und rufen eine spezifische physiologische Reaktion hervor.

Die Frage, wie viele Basisemotionen es gibt, lässt sich allgemein nicht beantworten. Es herrscht Uneinigkeit unter den AutorInnen darüber, sich auf eine bestimmte Anzahl festzulegen. Die Bandbreite an Basisemotionen reicht von 2 bis 18 Kategorien (Herbon, Peter, Markert, van der Meer & Voskamp, 2005).

Paul Ekman (1973) beschäftigte sich mit dem Emotionsausdruck verschiedener Kulturen und wollte die interkulturelle Universalität des Gesichtsausdrucks zeigen (Trimmel, 2015). Ekman konnte in seinen Untersuchungen sechs Basisemotionen finden, die kulturunabhängig bei allen Menschen auftreten: Überraschung, Wut, Trauer, Ekel, Furcht und Freude (Trimmel, 2015).

1.2.2. Der dimensionale Ansatz

Der dimensionale Ansatz, welcher erstmals von Wundt (1903) Beachtung fand, beschreibt Emotionen als quantitative Ausprägungen auf einem Kontinuum verschiedener Dimensionen. Wundt formulierte die bipolaren Skalen Lust - Unlust, Erregung - Beruhigung und Spannung - Lösung. Er ging davon aus, dass jede Emotion auf den drei Skalen lokalisierbar ist, und diese sich über die Zeit ändern kann (Zeitkomponente).

Zumeist besteht das Reizmaterial aus visuellen Materialien (Bilder oder Filme), möglich sind aber auch olfaktorisches oder auditives Material (z.B. Musikstücke). Ebenso können durch das Vorstellen bzw. Wiedererinnern emotionaler Ereignisse, das Vorlesen selbstbezogener Aussagen oder das Nachahmen von Gesichtsausdrücken Emotionen induziert werden (Brandstätter et al., 2013).

Das Modell von Russel und Pratt (1980) beinhaltet zwei voneinander unabhängige Dimensionen, nämlich arousal (Erregung bzw. Aktiviertheit) und pleasure (Valenz bzw. Wohlgefallen). Gelegentlich finden noch weitere Dimensionen Anwendung bei den mehrdimensionalen Modellen wie z.B. dominance (Russell & Mehrabian, 1977), jedoch bilden Valenz und Erregung die fundamentalsten Dimensionen und werden deshalb am häufigsten verwendet (Russell, 1983).

Die statistische Analyse bezieht sich auf die von den Personen abgegebenen Selbsteinschätzungen zu emotionsrelevanten Aspekten. Methodisch werden anschließend mittels einer Faktorenanalyse Faktoren ermittelt, wobei sich die verschiedenen Skalen entsprechend ihrer Korrelationen untereinander anordnen lassen (Russel & Pratt, 1980). Die vorliegende Arbeit ist dem dimensionalen Ansatz zuzuschreiben mit der Dimension „Valenz“, wobei die Pole „Gefallen“ (positive Emotionalität) und „Nicht-Gefallen“ (negative Emotionalität) mittels des Self Assessment Manekin (SAM), welcher weiter unten genauer beschrieben wird, gemessen werden.

Im Folgenden werden zwei Modelle des dimensionalen Ansatzes vorgestellt:

Kreismodell (Circumplex Modell) von Russell

Das Kreismodell (Circumplex Modell) wurde 1980 von Russell und Pratt entwickelt und ordnet die Emotionen in einem zweidimensionalen Raum mit den Achsen Pleasure (Unlust - Lust) und Arousal (Erregung - Ruhe) an. Die Struktur der Emotionscluster ähnelt dabei der eines Kreises. Je weiter sich die Emotionen am Rand befinden, desto stärker sind sie ausgeprägt. Zur Mitte hin nimmt die Intensität der Emotionen ab. Das

Modell konnte in zahlreichen weiteren Studien repliziert werden (Russell, 1983; Russell et al., 1989; Västijäll, 2002).

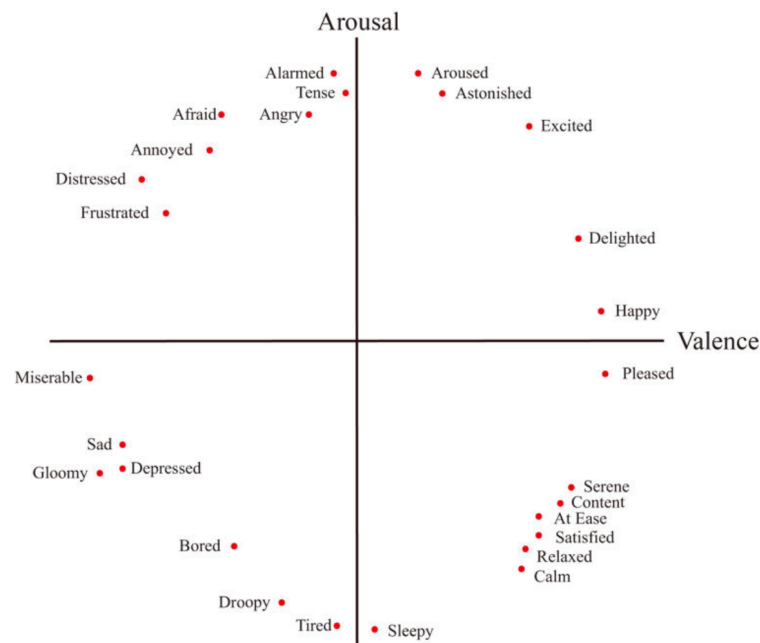


Abb. 1: Kreismodell (Circumplex Modell) von Russel & Pratt (1980) mit den zwei Dimension Pleasure und Arousal. Aus: Seo & Huh, 2019, S. 3).

Modell von Herbon et al. (2005)

Herbon, Peter, Markert, van der Meer und Voskamp haben 2005 ein zweidimensionales Modell in Anknüpfung an das Kreismodell (Russell, 1980) entwickelt, welches auf eine sprachliche Zuordnung verzichtet. Bei den Dimensionen handelt es sich um Valenz (valence) und Erregung (arousal) (Herbon et al, 2005). Das Besondere bei diesem Modell ist, dass die emotionalen Erlebnisse als Koordinatenpaar in einem zweidimensionalen Raum angeordnet werden (Herbon et al., 2005).

Bei Untersuchungen zur Interaktion mit technischen Systemen konnte gezeigt werden, dass emotionale Veränderungen auf beiden Dimensionen (Valenz und Erregung) mit physiologischen Veränderungen in der elektromodalen Aktivität, der Herzrate und der Pupillenerweiterung einhergehen (Herbon et al., 2005).

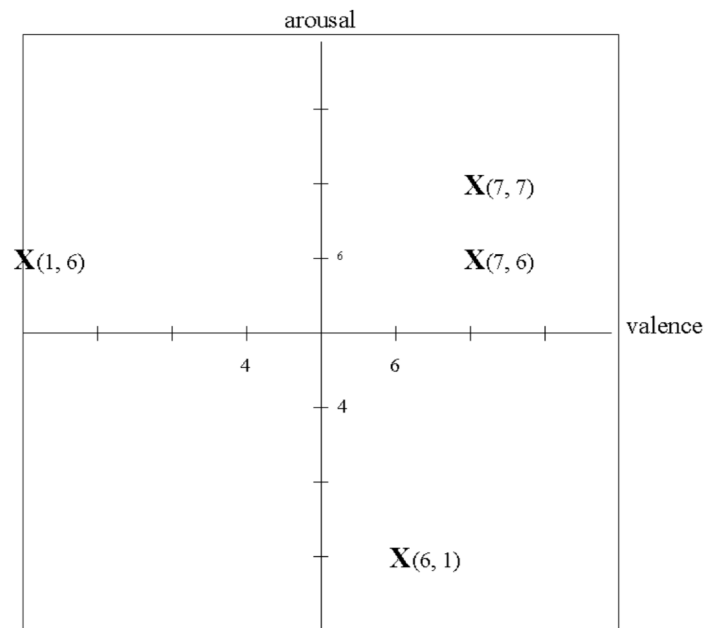


Abb. 2: Anordnung der Emotionen als Koordinatenpaar in einem zweidimensionalen Raum (Herbon et al., 2005).

1.3.Gründe für das Musikhören

Wenn man Menschen nach ihrer Absicht befragt, warum sie Musik hören, hört man immer wieder davon, dass es die Kraft der emotionalen Reaktionen ist, die durch die Musik ausgelöst wird.

Sloboda hat sich dieser Fragestellung im Jahr 1992 angenommen und untersuchte in seiner Studie die Gründe für das Musikhören. Dabei konnte er zwei wesentliche Argumente ausmachen.

1.3.1. Änderung der Emotionen durch Musikkonsum

Die Musik hilft der Person, von einem negativen psychischen Zustand in einen positiven Zustand zu gelangen. „Musik entspannt mich, wenn ich angespannt und ängstlich bin“ war eine Frage, welche die Stimmungsveränderung durch Musik beschreibt.

Neben der Funktion der Musik zur Entspannung wird diese auch zum Spenden von Trost sowie zur Reduzierung von Stress eingesetzt (Biglic & Acarogly, 2017; Thoma et al., 2013).

1.3.2. Intensivierung bzw. Freisetzung von Emotionen

Eine typische Antwort diesbezüglich war z.B. „Musik bringt mich wieder zu mir selbst, wenn meine Gefühle durch Stress unterdrückt werden oder unzugänglich sind. Eine andere Studie von Panksepp (1995) kam ebenfalls zum Schluss, dass die meisten Versuchspersonen Musik dazu nutzen, um Emotionen und Gefühle auszulösen.

Auch wenn Musikhören sehr oft als ganz persönliche Erfahrung erlebt wird, gibt es doch Gesetzmäßigkeiten, die bei unterschiedlichen Musikcharakteristiken auftreten und bestimmte Emotionen auslösen (Trappe, 2017). Juslin & Laukka (2004) geben einen guten Überblick, welche musikalischen Eigenschaften mit bestimmten Emotionen korrelieren. So steht zum Beispiel Freude oft mit schnellem Tempo, Major-Modus oder einer hohen Tonhöhe in Zusammenhang, während Traurigkeit meist bei Liedern durch langsames Tempo, Moll-Modus oder langsames Vibrato charakterisiert wird (Juslin & Laukka, 2004).

Folgende Musikeigenschaften konnten im Zusammenhang mit emotionalen Reaktionen gefunden werden: Geschwindigkeit, Modus, Harmonie, Tonalität, Tonhöhe, Mikro-Intonation, Kontur, Intervall, Rhythmus, Lautstärke, Klangfarbe, Timing, Verständlichkeit (Lautung), Akzentuierung konkreter Noten, Tonattacken, Abklingzeit und Vibrato (Juslin & Laukka, 2004).

In Anlehnung an den kategorialen Ansatz gibt es unterschiedliche Konstellationen von Musikeigenschaften für unterschiedliche Emotionen (Juslin & Laukka, 2004). Eine

bestimmte Musikeigenschaft kann für unterschiedliche emotionale Reaktionen verantwortlich sein. So kommt zum Beispiel „schnelles Tempo“ sowohl bei Wut als auch bei Freude vor (Juslin & Laukka, 2004).

In Abbildung 3 sind die Musikeigenschaften für die am Häufigsten untersuchten Emotionen zusammengefasst.

Emotion	Musical features
Happiness	Fast tempo, small tempo variability, major mode, simple and consonant harmony, medium-high sound level, small sound level variability, high pitch, much pitch variability, wide pitch range, ascending pitch, perfect 4th and 5th intervals, rising micro intonation, raised singer's formant, staccato articulation, large articulation variability, smooth and fluent rhythm, bright timbre, fast tone attacks, small timing variability, sharp contrasts between "long" and "short" notes, medium-fast vibrato rate, medium vibrato extent, micro-structural regularity
Sadness	Slow tempo, minor mode, dissonance, low sound level, moderate sound level variability, low pitch, narrow pitch range, descending pitch, "flat" (or falling) intonation, small intervals (e.g., minor 2nd), lowered singer's formant, legato articulation, small articulation variability, dull timbre, slow tone attacks, large timing variability (e.g., rubato), soft contrasts between "long" and "short" notes, pauses, slow vibrato, small vibrato extent, ritardando, micro-structural irregularity
Anger	Fast tempo, small tempo variability, minor mode, atonality, dissonance, high sound level, small loudness variability, high pitch, small pitch variability, ascending pitch, major 7th and augmented 4th intervals, raised singer's formant, staccato articulation, moderate articulation variability, complex rhythm, sudden rhythmic changes (e.g., syncopations), sharp timbre, spectral noise, fast tone attacks/decays, small timing variability, accents on tonally unstable notes, sharp contrasts between "long" and "short" notes, accelerando, medium-fast vibrato rate, large vibrato extent, micro-structural irregularity
Fear	Fast tempo, large tempo variability, minor mode, dissonance, low sound level, large sound level variability, rapid changes in sound level, high pitch, ascending pitch, wide pitch range, large pitch contrasts, staccato articulation, large articulation variability, jerky rhythms, soft timbre, very large timing variability, pauses, soft tone attacks, fast vibrato rate, small vibrato extent, micro-structural irregularity
Tenderness	Slow tempo, major mode, consonance, medium-low sound level, small sound level variability, low pitch, fairly narrow pitch range, lowered singer's formant, legato articulation, small articulation variability, slow tone attacks, soft timbre, moderate timing variability, soft contrasts between long and short notes, accents on tonally stable notes, medium fast vibrato, small vibrato extent, micro-structural regularity

Abb. 3: Überblick über die Korrelationen der Musikstruktur und diskreten Emotionen (Juslin & Laukka, 2004).

Besonders starke Emotionen in der Musik sog. „Strong Emotions in Music (SEM) gehen mit Reaktionen des autonomen Nervensystems einher. Als Beispiel einer starken Emotion beim Musikhören gilt das Gänsehauterleben (Chill-Effekt) (Altenmüller & Kopiez, 2005). Die beiden Autoren machen deutlich, dass starke Emotionen in der Musik vor allem dann entstehen, wenn strukturelle Veränderung in der Musik auftreten und die Erwartung des Hörers täuschen. Die Erhöhung der Lautstärke, der Beginn von etwas Neuem, die Verknüpfung mit positiven emotionalen Erinnerungen und eine allgemeine Vorliebe für das jeweilige Musikgenre sind Faktoren, die Chill-Reaktionen begünstigen können (Altenmüller & Kopiez, 2005).

1.4.Wirkung von Musik

1.4.1. Musik und Körperreaktionen

Zahlreiche Studien belegen Effekte von Musik auf die Herzfrequenz (HF), Herzratenvariabilität (HRV) und andere physiologische Parameter (Trappe & Breker, 2015).

Auch kann Musik dazu beitragen, Schmerzen und Angst zu reduzieren (Ferrer, 2007; Stratton, 1992), was den therapeutischen Nutzen von Musik unterstreicht.

Neurobiologisch stehen starke Emotionen beim Musikhören in Zusammenhang mit erhöhter noradrenerger Aktivität des Gehirns und mit der Ausschüttung von Dopamin und Endorphin (Altenmüller & Kopiez, 2005).

1.4.2. Funktionelle Wirkung von Musik

Bezüglich der Wirkung von funktioneller Musik - Musik am Arbeitsplatz, im Kaufhaus, Filmmusik etc. - ist die Studienlage nicht eindeutig. Während in der populärwissenschaftlichen Berichterstattung sehr oft von der beeindruckenden Wirkung der Hintergrundmusik auf das Kaufverhalten berichtet wird, konnten Kämpfe, Sedlmeier und Renkewitz (2011) in einer Metaanalyse nachweisen, dass ein Großteil der Studien keine Effekte erzielt.

Einen guten Einblick über Filmmusik, welche zweifelsohne Auswirkungen auf die Wahrnehmung in bestimmten filmischen Sequenzen hat, geben Pavlovic und Markovic (2011).

1.4.3. Musik und Kognition

Unzählige Untersuchungen beschäftigen sich mit dem Zusammenhang zwischen Musik und kognitiven Fähigkeiten. Spychiger (2006) gibt in ihrer Arbeit einen guten Überblick über die kognitiven Effekte musikalischer Betätigung.

In den Medien wird immer wieder vom sog. Mozarteffekt berichtet. Rauscher, Shaw und Ky haben 1993 herausgefunden, dass in einer Untersuchung mit 36 StudentInnen

diejenigen bessere Leistungen in der Raumwahrnehmung des Stanford-Binet-Intelligenztests aufwiesen, die für zehn Minuten Mozarts „Sonate für zwei Klaviere in D-Dur“ hörten, während die andere Gruppe lediglich Stille ausgesetzt war. Recht schnell verbreitete sich in der Öffentlichkeit die Meldung, der Konsum von klassischer Musik, insbesondere jene von Mozart, fördere die Intelligenz. Diese Entdeckung hat sich auch die Wirtschaft zunutze gemacht, indem CDs und Videos verkauft wurden, unter dem Vorwand, die Intelligenz junger Kinder zu fördern (Pietschnig, Voracek & Formann, 2010).

Allerdings wurden bald kritische Stimmen laut, die den Mozart-Effekt anzweifeln. Eine groß angelegte Meta-Studie von Pietschnig et al. (2010) konnte nur einen geringen Effekt nachweisen und die Autoren betonen die Schwierigkeit der Replikation der Rauscher-Studie. Jansen-Osmann (2006) macht in ihrer Übersichtsarbeit deutlich, dass der Mozart-Effekt vielmehr ein Erregungs- bzw. Stimmungseffekt ist, und darüber hinaus abhängig von der jeweiligen Versuchsanordnung aber auch im EEG nachweisbar ist (Trimmel, et al., 2017).

1.5.Problematik bei der Messung von Emotionen beim Musikhören

Schon im Jahr 1982 erkennt Harrer die Schwierigkeit der Erfassung von Emotionen beim Musikhören. Er betont, dass die Beobachtung einer Person, welche Musik hört, unter natürlichen Bedingungen kaum möglich ist. Außerdem sagt er, dass retrospektive Berichte über emotionale Reaktionen beim Musikhören mitunter problematisch seien, da diese mit Täuschungs- und Selbsttäuschungsmöglichkeiten verbunden sind.

Weitere Schwierigkeiten bei der Messung emotionaler Reaktionen beim Musikhören betreffen sowohl inter- als auch intraindividuelle Unterschiede.

Bezüglich der interindividuellen Unterschiede emotionaler Reaktionen in der Musik haben die Forscher der Forschungsgruppe vom Max-Planck-Institut für empirische Ästhetik (2018) ein kulturvergleichendes Experiment zur Wahrnehmung einfacher musikalischer Rhythmen durchgeführt.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Musikwahrnehmung kulturell geprägt ist. Die Rhythmuswahrnehmung ist wesentlich davon abhängig, mit welchen Formen der Rhythmuswahrnehmung die Individuen regelmäßig konfrontiert werden, und wie sehr diese ihnen aufgrund von Erfahrung vertraut sind (Hannon, Soley & Ullal, 2012; Polak et al., 2018).

Diese Ergebnisse stehen im Kontrast zur Kognitionsforschung, welche musikalische Praktiken (z.B. Musikstile) kulturell bedingt versteht und deren Wahrnehmung dagegen als biologisch determiniert betrachtet (Honing, ten Cate, Peretz & Trehub, 2015).

Einen wesentlichen Faktor für interindividuelle Unterschiede emotionaler Reaktionen beim Musikhören stellt das sogenannte “Darling, they are playing our tune-Phänomen“ dar (Davies, 1978). Diesem Phänomen liegt die Tatsache zu Grunde, dass zwischen bestimmten Gedächtnisinhalten und Musik episodische Assoziationen bestehen, die offensichtlich aber zufälliger Natur sind (Spitzer, 2007). Deshalb haben manche Lieder für manche Menschen eine sehr große Bedeutung. Zu einem späteren Zeitpunkt wird beim Hören des speziellen Musikstücks die Erinnerung samt der damit verbundenen Emotion ausgelöst (Spitzer, 2007).

Sloboda und O’Neill (2001) machen darauf aufmerksam, dass eine wesentliche Funktion in der Musik darin besteht, dass Menschen bestimmte Musikstücke konsumieren, um sich erwünschte Lebensereignisse sowie Erinnerungen und die damit verbundenen emotionalen Inhalte wieder ins Gedächtnis zu rufen. Die Autoren bezeichnen dies als „reminder of valued past events“.

Auch innerhalb der Person sind die Unterschiede emotionaler Reaktionen beim Musikhören groß. Hargreaves hat 1997 herausgefunden, dass mit der Vertrautheit eines Musikstücks dessen Gefallen steigt. Dies zeigt sich in einer umgekehrten U-Funktion. Zu Beginn nimmt das Gefallen eines bestimmten Musikstücks mit zunehmender Vertrautheit zu, bis ein Höhepunkt erreicht wird, woraufhin das Gefallen anschließend wieder abflaut, sobald sich eine gewisse Langeweile breit macht.

Sloboda (1996) macht deutlich, dass emotionale Reaktionen innerhalb der Person ein komplexes Gebilde darstellen, wobei auch unterschiedliche Faktoren beteiligt sind, die nicht unmittelbar mit dem jeweiligen Musikstück in Beziehung stehen müssen. Auch die Einstellungen und Entscheidungen der Person sind von Bedeutung. Der emotionale Fokus kann dabei auf verschiedene Aspekte der Musik gerichtet sein. Zum Beispiel können die Hörenden ihre Aufmerksamkeit der Struktur des Musikstücks widmen und die emotionalen Reaktionen durch das Wechselspiel von Dynamik, Spannung, Form und Auflösung auslösen. Oder der Interpret steht im Mittelpunkt der Wahrnehmung. Ebenso ist es denkbar, dass der Sound im Vordergrund steht und die Reinheit des Klanges geschätzt wird. Oder aber der Hörer nimmt die Musik als kulturelles Symbol wahr und erlebt Emotionen aufgrund der Gruppenzugehörigkeit (Sloboda, 1996).

Die vorliegende Masterarbeit beschäftigt sich mit den autonomen Reaktionen unterschiedlicher emotionaler Zustände ausgelöst durch das Hören verschiedener Musikstücke und der Frage, wie Musik auf die Herzratenvariabilität wirkt. Anders ausgedrückt: Lässt sich die Herzratenvariabilität durch Musik verändern? Ist es möglich, die HRV durch kurzfristig induzierte positive Emotionen durch Musik zu erhöhen?

1.6. Physiologische Grundlagen

1.6.1. Das autonome Nervensystem

Das Nervensystem (NS) besteht aus Gehirn und Rückenmark, was als Zentralnervensystem (ZNS) bezeichnet wird, und den kranialen und spinalen Nervenfasern sowie den peripheren Ganglien, die das periphere Nervensystem (PNS) bilden (Birbaumer & Schmidt, 2003).

Das autonome Nervensystem (AN), dessen Fasern, Ganglien und Kerne teils innerhalb, teils außerhalb des ZNS und PNS verlaufen, regelt neben dem endokrinen System den Informationsaustausch zwischen den einzelnen Organen des Körpers, indem es die

glatte Muskulatur aller Organe und Organsysteme sowie das Herz und die Drüsen innerviert. Unter anderem wird die Atmung, der Kreislauf, die Verdauung, der Stoffwechsel, die Drüsensekretion, die Körpertemperatur und die Fortpflanzung reguliert, wobei das Ausmaß der willentlichen Kontrolle ein Geringes ist (Birbaumer & Schmidt, 2003).

Birbaumer und Schmidt (2003) sehen in der Hauptaufgabe des autonomen Nervensystems die Anpassung des Körpers an die komplexen Umwelanforderungen. Ebenso sieht Schandry (1989) die wesentliche Funktion des AN in der „Anpassung der Funktionen der inneren Organe an veränderte äußere Bedingungen“ (S. 38).

Dadurch, dass die vegetativen Veränderungen aktiv vom Gehirn erzeugt werden, sind sie integrale Bestandteile jeglichen Verhaltens. Durch die psychophysiologische Messung vegetativer Vorgänge lassen sich Rückschlüsse auf die auslösenden zentralnervösen Prozesse ziehen (z. B. beim sogenannten Lügendetektor, wo die Hautdurchblutung einen Indikator emotionaler Belastung darstellt). Die Hauptanteile des autonomen Nervensystems bestehen aus dem Sympathikus, dem Parasympathikus, sowie dem enterischen System (Birbaumer & Schmidt, 2003), auf welches in der vorliegenden Arbeit nicht näher eingegangen wird.

1.6.2. Sympathikus und Parasympathikus

Der Sympathikus hat vorwiegend erregende Funktion und bereitet den Körper auf eine bevorstehende Leistungssteigerung in Stresssituationen im Sinne des „Fight-or-flight“-Prinzips (Garzorz-Stark, 2018). So kommt es bei einer Sympathikus-Dominanz beispielsweise zu einer Zunahme der Herzfrequenz sowie des Blutdrucks, zu einer Abnahme der Darmtätigkeit und zu einer Erweiterung der Pupillen (Birbaumer & Schmidt, 2003).

Im Gegensatz dazu ist die Wirkungsweise des Parasympathikus weitgehend antagonistisch zum Sympathikus im Sinne des „Rest-and-digest“-Prinzip (Garzorz-Stark, 2018). So bewirkt vermehrte Parasympathikus-Aktivität unter anderem eine

Abnahme der Herzfrequenz und des Blutdrucks, vermehrte Sekretion der Verdauungsdrüsen sowie der Speicheldrüsen (Birbaumer & Schmidt, 2003). Der größte Nerv des Parasympathikus ist der 10. Hirnnerv, allgemein besser bekannt als Nervus vagus, welcher fast alle inneren Organe innerviert (Birbaumer & Schmidt, 2003). Der zu Beginn erwähnte Antagonismus ist allerdings laut Birbaumer und Schmidt (2003) kein gegeneinander arbeitender, sondern deren Wirkungsweise geht vielmehr „Hand in Hand“, was als „funktioneller Synergismus“ bezeichnet wird. Eine Zunahme des Sympathikus bedingt eine gleichzeitige Abnahme des Parasympathikus und umgekehrt (Birbaumer & Schmidt, 2003). Sympathikus und Parasympathikus sind mit dem Hypothalamus in Verbindung, welcher in gewisser Weise den Kopf des autonomen Nervensystems darstellt, in dem er verschiedene Prozesse wie z.B. die Körpertemperatur, das Herz-Kreislaufsystem oder den Stoffwechsel reguliert (Gramann & Schandry, 2009).

Die Task Force (1996) beschreibt die biochemischen Prozesse bei Aktivierung der beiden Systeme folgendermaßen: Bei Aktivierung des sympathischen Systems wird am Ende der postganglionären Leitungstrecke Noradrenalin freigesetzt, beim parasympathischen System ist es Acetylcholin. Acetylcholin wird durch das Enzym Acetylcholinesterase sehr schnell abgebaut, wodurch die Synapse bald wieder für weitere Signalverarbeitung bereit ist. Noradrenalin hingegen wird erst durch eine Wiederaufnahme in die präsynaptische Membran rückgeführt. Deshalb laufen auch alle Veränderungen von Variablen, die durch den Nervus Vagus zustande kommen schnell ab (High Frequency, HF), die durch den Sympathikus vermittelten langsamer (Low Frequency, LF). Normalerweise ist das Herz, wenn es in Ruhe ist (d.h. der Organismus verrichtet keine Arbeit), unter dem Einfluss des vagalen, parasympathischen Einfluss der Herznerven (Birbaumer & Schmidt, 2003; Sammito et al. 2014).

Bei chronischem Stress ist das sympathische System dominant, was ein Ungleichgewicht in der sympathovagalen Balance zur Folge hat (Hottenrott, 2007). Vereinfacht zusammengefasst, ist der Sympathikus bei Erregung dominant, während der Parasympathikus bei Ruhe und Erholung aktiv ist.

1.6.3. Herz, Herzrate und Herzratenvariabilität

Hauptaufgabe des menschlichen Herzens besteht in der Versorgung der Organe mit Blut. Dabei pumpt der linke Teil des Herzens Blut in das arterielle Versorgungssystem, während der rechte Teil über die Körpervenen das Blut aus dem Körperinneren aufnimmt und in die Lunge schickt, von wo es wieder zum linken Herz zurückfließt. Dadurch entsteht ein Kreislauf (Birbaumer & Schmidt, 2003).

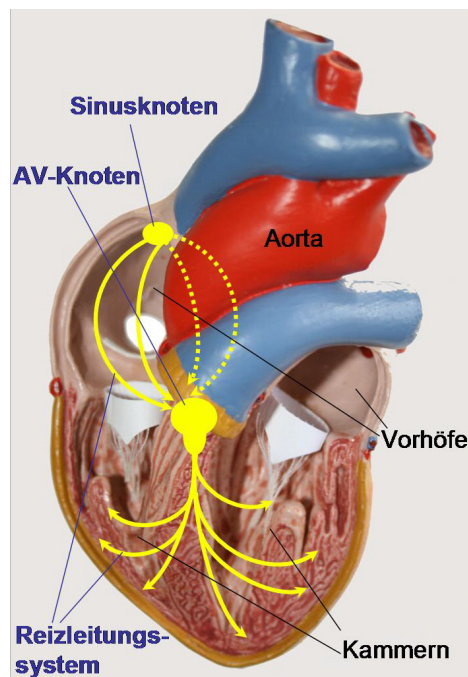


Abb. 4: Menschliches Herz (www.main-herz.de).

Unter der Herzrate bzw. Herzschlagfrequenz versteht man die Anzahl der Herzaktion während einer Minute. Sie wird durch die Aktivität des Sympathikus und Parasympathikus über den Sinusknoten (Schrittmacherzentrum des Herzens) gesteuert. Die normale Ruheherzschlagfrequenz liegt bei Erwachsenen normalerweise zwischen 60 und 80 Schlägen in der Minute. Bei Kindern ist sie in der Regel höher (120 S/min). Bei ausdauertrainierten Personen kann die Herzschlagfrequenz Werte unter 50 S/min annehmen (Sammuto et al, 2014).

Unter der Herzratenvariabilität wird die Fähigkeit des Herzens bezeichnet, durch Variation der Herzschlagabfolge auf unterschiedliche Belastungen zu reagieren (Hottenrott, 2002). Anders ausgedrückt: Die Herzratenvariabilität ist die Variation des zeitlichen Abstandes zwischen zwei Herzschlägen gemessen in Millisekunden (Hottenrott, 2002).

Schon im 3. Jahrhundert nach Christus erkannte ein chinesischer Arzt namens Wang Shu-Ho die Wichtigkeit der Variabilität der Herzschläge zueinander, in dem ihm folgendes auffiel: *“Wenn das Herz so regelmäßig wie das Klopfen eines Spechtes oder das Tröpfeln des Regens auf dem Dach wird, wird der Patient innerhalb von vier Tagen sterben“* (<http://www.hrv24.de/HRV-Geschichte.htm>, abgerufen 20. 10. 2019).

Erstrebenswert und somit Zeichen einer gut ausgeprägten Herzratenvariabilität ist ein optimales Zusammenwirken des Sympathikus und Parasympathikus als Ausdruck einer guten Anpassungsfähigkeit des Organismus an exogene und endogene Belastungen. Eine geringe HRV hingegen liegt dann vor, wenn das Gleichgewicht der beiden Äste des vegetativen Nervensystems nicht in Balance sind (Task Force, 1996). Grafisch wird dieses Verhältnis gut durch das Waagenmodell von Hottenrott (2002) dargestellt.

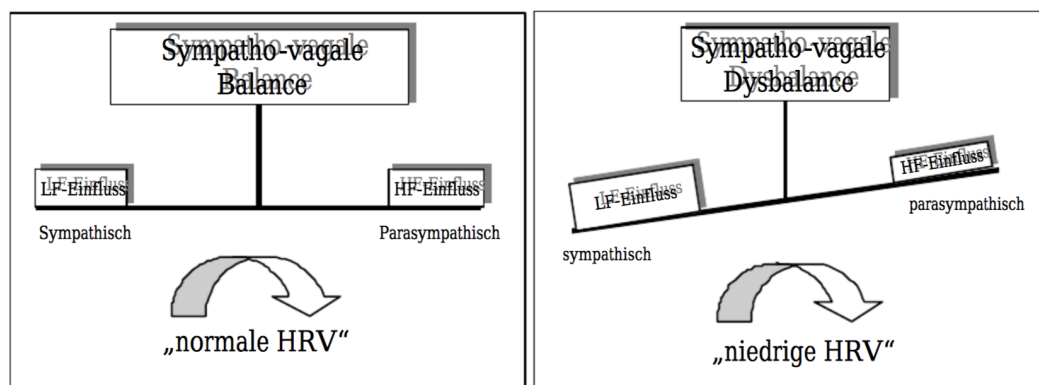


Abb. 5: „Sympatho-vagale Balance/Dysbalance (Hottenrott, 2002, S.12).

Allerdings wurde im Laufe der Zeit Kritik bezüglich des Waagenmodells laut (Billmann, 2013; Billmann et al., 2015). So schreibt Billmann (2013), dass das Verhältnis zwischen LF und HF

durch verschiedene Faktoren verzerrt wird deshalb sympatho-vagale Balance nicht korrekt abbildet.

Er erklärt das damit, dass bei der LF auch der Parasympathikus einen beträchtlichen Anteil einnimmt. Ebenso ist bei der HF nicht nur der Parasympathikus beteiligt, sondern auch der Sympathikus. Zwar ist der sympathische Anteil weitaus geringer als der des Parasympathikus, nichtsdestotrotz beeinflusst und verzerrt dieser Umstand das Verhältnis zwischen hoch- und niederfrequenten Schwingungen.

Ein weiterer Aspekt, der die Interpretation des LF/HF Verhältnisses unbrauchbar macht, ist jener, dass die Beziehung zwischen Sympathikus und Parasympathikus weder linear, noch reziprok ist (Billman, 2013).

Sehr anschaulich erklärt Servan-Schreiber (2005) die Funktionsweise von Sympathikus und Parasympathikus auf die Herzratenvariabilität am Beispiel der Beschleunigung eines Autos. Der Sympathikus, stellvertretend für das Gaspedal, ist notwendig, um das Auto bzw. das Herz zu beschleunigen. Ständiges Beschleunigen allerdings stellt einen Risikofaktor dar und bringt das Auto bzw. den Körper in Gefahr. Durch den dauerhaften Einfluss des Sympathikus wird das Herz elektrisch instabiler, was Herzrhythmusstörungen zur Folge haben kann. Das kann sogar so weit führen, dass lebensbedrohliches Kammerflimmern ausgelöst wird.

Als lebenswichtige Bremse fungiert der Parasympathikus, welcher entschleunigende Funktion hat und so das Herz dabei vor den oben genannten Gefahren schützt.

Noch spezifischer lässt sich die Funktionsweise von Sympathikus und Parasympathikus auf die Herzratenvariabilität am Beispiel einer Autofahrt im hügeligen Terrain veranschaulichen. Die verschiedenen Gänge stehen dabei synonym für die HRV. Genauso wie Sympathikus und Parasympathikus für unterschiedliche Anforderungen aktiviert werden, bedient sich ein Autofahrer den Gängen, abhängig von den jeweiligen Straßenbedingungen. Niedrige Gänge stehen symbolisch für den Sympathikus (viel Beschleunigung, hohe Drehzahl z.B. Steigung). Hohe Gänge entsprechen dem Parasympathikus (Fahren im niedrigen Drehzahlbereich, z.B. konstante Geschwindigkeit auf der Autobahn).

Um die Techniken der HRV in experimentellen Studien objektiv anzuwenden, und Planung, Durchführung sowie Auswertung nach verbindlichen Standards für die HRV-Messung und -Analyse im Zeit- und Frequenzbereich zu gewährleisten, haben sich mit der „Task Force of the European Society of Cardiology“ und der „North American Society of Pacing and Electrophysiology“ Richtlinien etabliert (Task Force, 1996).

1.6.4. Messung der HRV

Das Elektrokardiogramm (EKG) dient als Grundlage der HRV-Messung, da es die natürliche Variation des Herzens abbildet (Hottenrott, 2002). Das dabei aufgezeichnete Bild besteht aus mehreren Potentialschwankungen (Zacken bzw. Wellen), die mit den Buchstaben P, Q, R, S und T bezeichnet werden (Hottenrott, 2002). Um die Herzperiodendauer zu bestimmen, wird der QRS-Komplex herangezogen (Hottenrott, 2002).



Abb. 6: Typischer Ausdruck eines EKG-Bildes. (Quelle <http://www.mandet.de/images/ekg.jpg>).

Die Task Force (1996) bezeichnet die Abstände zwischen den QRS-Komplexen als NN-Intervalle, während sie in anderen Arbeiten oft als RR-Intervalle bezeichnet werden (Schandry, 1998).

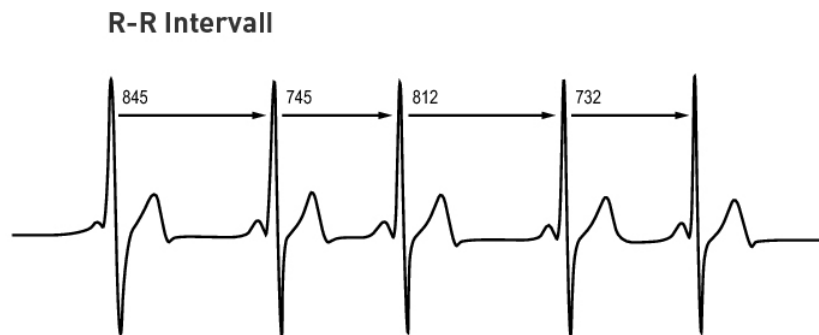


Abb. 7: EKG mit RR-Intervallen (Quelle: <https://www.burnoutprotector.com/de/hrv/>).

Die folgende Abbildung veranschaulicht die Abfolge eines Herzschlages mit den dazugehörigen Wellen:

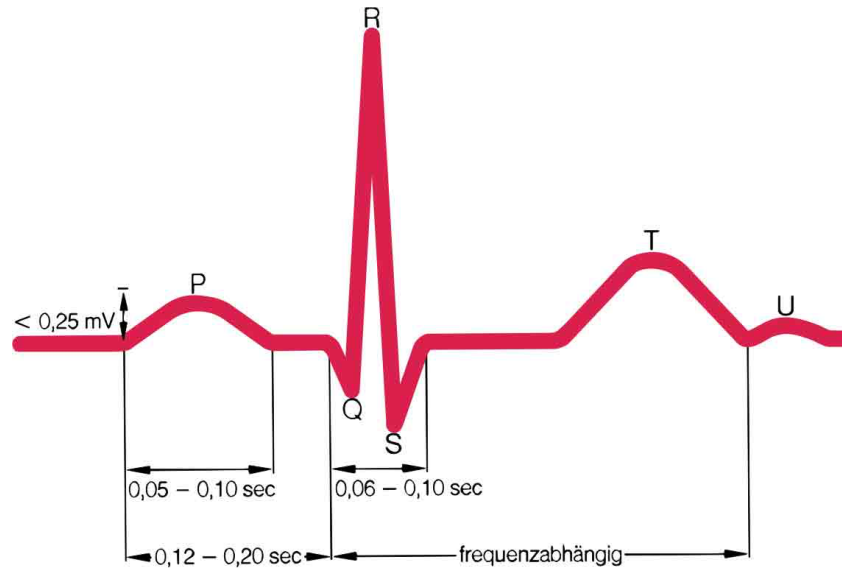


Abb. 8: Schematische Darstellung der Komponenten eines Herzschlages, grafisch veranschaulicht durch ein EKG (Quelle: <http://www.drphweiss.ch/wp-content/uploads/2016/09/wekgnormal.jpg>)

Dadurch, dass sich die Herzfrequenz umgekehrt proportional zum RR-Intervall verhält, bedeutet eine hohe Herzfrequenz einen kürzeren Abstand zwischen den R-Zacken und umgekehrt.

Nach Sammito et al. (2014) sollen EKG-Geräte, welche für die HRV-Analyse zur Anwendung kommen, über folgende drei Voraussetzungen verfügen:

- Nichtinvasivität,
- Mechanische Robustheit (vor allem bei Felduntersuchungen bei widrigen Bedingungen) und
- Rückwirkungsfreiheit (d.h. dass das Verfahren das Messergebnis selbst nicht beeinflusst).

Die Task Force (1996) unterscheidet in der HRV-Messung prinzipiell zwei Messmethoden, nämlich die HRV-Analyse im Zeitbereich, und jene im Frequenzbereich. Nicht-lineare Methoden finden ebenfalls Anwendung in der HRV-Messung, wurden in der vorliegenden Arbeit aber nicht angewandt.

Die folgende Abbildung zeigt alle drei Möglichkeiten der HRV-Analyse zusammengefasst in einer Grafik.

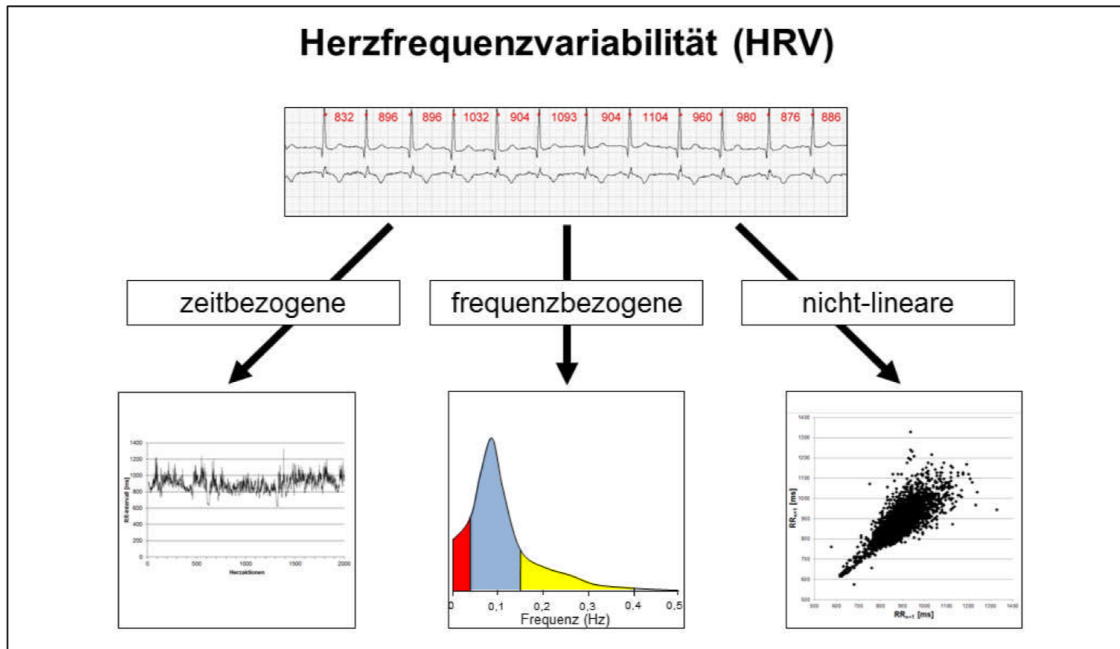


Abb.9: Möglichkeiten der HRV-Analyse (Sammito, 2014, S. 14).

1.6.4.1.HRV-Analyse im Zeitbereich (Time-Domain Methods)

Bei den Methoden in der Zeitdomäne (Time-Domain Methods) besteht die Möglichkeit, einerseits die Herzrate und andererseits die NN-Intervalle zu jedem beliebigen Zeitpunkt zu bestimmen (Task Force, 1996). Die Task Force (1996) empfiehlt primär folgende Parameter bei der zeitbezogenen Messung:

1. SDNN: „Standard deviation of all NN intervals“ (S. 358), und meint die Standardabweichung aller RR-Intervalle (Task Force, 1996). Die SDNN spiegelt die autonome Aktivität wider, wobei zu beachten ist, dass sie nur bei annähernd gleicher Messdauer und annähernd gleicher Aktivität verglichen werden darf, da sich die SDNN mit steigendem Aktivitätslevel erhöht (Task Force, 1996),

2. RMSSD: „The square root of the mean of the sum of the squares of differences between adjacent NN intervals“ (S. 358), was der Quadratwurzel des Mittelwertes der Summe der quadrierten Differenzen zwischen benachbarten RR-Intervallen entspricht (Task Force, 1996). Dieser Parameter stellt ein gutes Maß für den Parasympathikus dar und zeigt eine gute Korrelation sowohl mit der pNN50 als auch mit der HF (Task Force, 1996,
3. pNN50: „The proportion derived by the dividing NN50 by the total number of NN intervals“ (S. 355), womit der Anteil sukzessiver RR-Intervalle mit einem Unterschied von >50 ms im Vergleich zum vorherigen Intervall gemeint ist, bezogen auf die Gesamtzahl von RR-Intervallen in einer bestimmten Zeiteinheit (Übers. v. Verf.),
4. SDANN: „Standard deviation of the averages of NN intervals of all 5 min segments of the entire recording“ (S. 358), worunter die Standardabweichung aller Mittelwerte der RR-Intervalle in allen Fünf-Minuten-Abschnitten der gesamten Aufzeichnung gemeint ist (Übers. v. Verf.),
5. HRV triangular index: Integral of the density (i.e . the numbers of all NN intervals) divided by the maximum of the density distribution“ (S. 356), was der Teilung des Integrals der Dichteverteilung (Anzahl aller RR-Intervalle) durch das Maximum der Dichteverteilung entspricht (Übers. v. Verf.).

Dadurch, dass geometrische Methoden der HRV-Parameter ungeeignet sind, kurzfristige Änderungen in der HRV zu erfassen (Task Force, 1996), kommen lediglich statistische Methoden in der vorliegenden Arbeit zur Anwendung. Die Task Force (1996) zählt zu den geometrischen Methoden den HRV triangular index und die TINN (Triangular interpolation of NN interval histogram).

In Abbildung 10 sind in Anlehnung an die HRV Guidelines nach der Task Force (1996) ausgewählte Parameter im Zeitbereich zusammengefasst:

Variable	Units	Description
Statistical measures		
SDNN	ms	Standard deviation of all NN intervals.
SDANN	ms	Standard deviation of the averages of NN intervals in all 5 min segments of the entire recording.
RMSSD	ms	The square root of the mean of the sum of the squares of differences between adjacent NN intervals.
SDNN index	ms	Mean of the standard deviations of all NN intervals for all 5 min segments of the entire recording.
SDSD	ms	Standard deviation of differences between adjacent NN intervals.
NN50 count		Number of pairs of adjacent NN intervals differing by more than 50 ms in the entire recording. Three variants are possible counting all such NN intervals pairs or only pairs in which the first or the second interval is longer.
pNN50	%	NN50 count divided by the total number of all NN intervals.
Geometric measures		
HRV triangular index		Total number of all NN intervals divided by the height of the histogram of all NN intervals measured on a discrete scale with bins of 7-8125 ms (1/128 s). (Details in Fig. 2)
TINN	ms	Baseline width of the minimum square difference triangular interpolation of the highest peak of the histogram of all NN intervals (Details in Fig. 2.)
Differential index	ms	Difference between the widths of the histogram of differences between adjacent NN intervals measured at selected heights (e.g. at the levels of 1000 and 10 000 samples) ^[21] .
Logarithmic index		Coefficient φ of the negative exponential curve $k \cdot e^{-\varphi t}$ which is the best approximation of the histogram of absolute differences between adjacent NN intervals ^[22] .

Abb. 10: ausgewählte zeitbereichsbezogene Parameter der HRV (Task Force, 1996, S. 358).

1.6.4.2.HRV-Analyse im Frequenzbereich (Frequency-Domain Methods)

Bei der frequenzbereichsbezogenen HRV-Analyse (Frequency-Domain Methods) wird anhand der NN-Intervalle ein Leistungsspektrum errechnet (Sammito & Böckelmann, 2015). Die am Häufigsten eingesetzten Methoden sind laut Sammito und Böckelmann (2015) die nicht parametrische „Fast-Fourier Transformation“ (FFT) und die parametrische Autoregression (AR). Dabei erfolgt die Umwandlung von Schwankungen der NN-Intervallreihen in frequenzabhängige Oszillationen mittels einer Spektralanalyse. Die NN-Intervallreihen und periodischen Oszillationen des Herzschlages werden dadurch in unterschiedliche Frequenzen und Amplituden aufgespalten, wodurch wiederum verschiedene physiologische Prozesse und Regelsysteme abgebildet werden (Rüdiger, Klinghammer & Scheuch, 1998).

Weitere Analysen des Frequenzbereiches sind das Zero-Crossing-Verfahren (Hottenrott, 2002), die diskrete (DWT) und kontinuierliche (CWT) Wavelet-Analyse (Aubert, Seps & Beckers, 2003; Hoos, 2006), die zirkuläre und nichtzirkuläre Autokorrelationsfunktionen sowie die trigonometrische regressive Spektralanalyse (TRS) (Rüdiger et al., 1998).

Die Task Force (1996) gibt folgende Frequenzen mit den dazugehörigen Frequenzbändern an:

1. ULF (Ultra Low Frequency): Frequenzbereich von bis zu 0.03 Hertz (Hz)
2. VLF (Very Low Frequency): Frequenzbereich von 0.03 bis 0.04 Hz
3. LF (Low Frequency): Frequenzbereich 0.04 bis 0.14 Hz
4. HF (High Frequency): Frequenzbereich von 0.15 bis 0.4 Hz

Bei der Analyse im Frequenzbereich differenziert die Task Force (1996) grundsätzlich zwischen Kurzzeitmessungen (Short Term Recording) und Langzeitmessungen (Long Term Recording).

In Abbildung 11 sind ausgewählte Parameter des Frequenzbereiches nach den HRV Guidelines der Task Force (1996) zusammengefasst:

Variable	Units	Description Analysis of short-term recordings (5 min)	Frequency range
5 min total power	ms ²	The variance of NN intervals over the temporal segment	approximately ≤ 0.4 Hz
VLF	ms ²	Power in very low frequency range	≤ 0.04 Hz
LF	ms ²	Power in low frequency range	0.04–0.15 Hz
LF norm	n.u.	LF power in normalised units $LF / (Total\ Power - VLF) \times 100$	
HF	ms ²	Power in high frequency range	0.15–0.4 Hz
HF norm	n.u.	HF power in normalised units $HF / (Total\ Power - VLF) \times 100$	
LF/HF		Ratio LF [ms ²]/HF [ms ²]	
Analysis of entire 24 h			
Total power	ms ²	Variance of all NN intervals	approximately ≤ 0.4 Hz
ULF	ms ²	Power in the ultra low frequency range	≤ 0.003 Hz
VLF	ms ²	Power in the very low frequency range	0.003–0.04 Hz
LF	ms ²	Power in the low frequency range	0.04–0.15 Hz
HF	ms ²	Power in the high frequency range	0.15–0.4 Hz
α		Slope of the linear interpolation of the spectrum in a log-log scale	approximately ≤ 0.04 Hz

Abb. 11: Ausgewählte frequenzbereichsbezogene Parameter der HRV (Task Force, 1996, S. 360).

1.6.4.3.Short Term Recording

Unter Kurzeitmessungen fallen alle Messungen mit einer Dauer zwischen drei und fünf Minuten, wobei die VLF, LF und HF analysiert werden (Task Force, 1996).

Die Task Force (1996) empfiehlt, die VLF in Untersuchungen nicht zur Interpretation heranzuziehen, da sie bislang noch nicht ausreichend erforscht wurde, und physiologische Rückschlüsse problematisch sein können.

Bei der physiologischen Zuordnung der LF herrscht unter den Forschern Uneinigkeit. Akselrod et al. (1981) konnten in Untersuchungen zeigen, dass sowohl Aktivierungen des sympathischen als auch des parasympathischen Systems zu höheren Werten in der LF führen.

Andere Forscher hingegen fanden Hinweise, dass sympathische Aktivität eindeutig eine Zunahme der LF-Komponente bei gleichzeitiger Abnahme der HF-Komponente bedingt. Daher wird sympathische Aktivität eher den niederfrequenten Komponenten der Herzratenvariabilität zugeschrieben (Malliani, Pagani, Lombardi & Cerutti, 1991; Pagani et al., 1986).

Bei der Interpretation der HF Werte ist die Zuordnung unter den Forschern hingegen klar. Der hohe Frequenzbereich wird der Aktivität des Parasympathikus zugeschrieben (Akselrod et al., 1981; Task Force, 1996) und hat entspannende Wirkung auf die Herzfrequenz (Hottenrott, 2002).

Außerdem machten Pagani et al. (1986) und Malliani et al. (1991) in ihren Arbeiten auf das Verhältnis zwischen der LF und der HF aufmerksam, was als Parameter LF/HF ratio bezeichnet wird und ein Maß für das Verhältnis zwischen sympathischer und parasympathischer Aktivität darstellt. Das Ergebnis der HF/LF ratio wird eher mit sympathischer Aktivität in Verbindung gebracht (Mallani et al. 1991; Pagani et al., 1986; Task Force, 1996). Andere Forscher sehen die Verwendung der LF/HF ratio zur Bestimmung der sympathovagalen Balance bei Kurzeitmessungen als problematisch an (Billman, 2013; Shaffer, McCraty & Zerr, 2014). Billman (2013) betont, dass die LF nicht nur von der sympathischen Aktivität abhängt. Zur Hälfte ist auch der

Parasympathikus beteiligt, sowie andere unspezifische Faktoren, die noch nicht zur Gänze erforscht sind. Die Beziehung zwischen Sympathikus und Parasympathikus ist komplex, nicht linear und nicht wechselseitig. Des Weiteren haben Atmung und Ruhe-Herzfrequenz einen gewissen Einfluss und somit einen Anteil an der LF/HF ratio. Auch Shaffer et al. (2014) betonen die Wirkung spezifischer Messmethoden der LF/HF ratio bei Kurzzeitmessungen. Allein die Körperposition während der Ruhebedingung hat erheblichen Einfluss auf das Verhältnis zwischen LF und HF.

Aus den oben genannten Gründen wird jener Parameter in der vorliegenden Arbeit nicht verwendet.

1.6.4.4. Long Term Recording

Bei den Langzeitmessungen, welche für gewöhnlich in einem Zeitraum von 24 Stunden durchgeführt werden, kommt zu den oben erwähnten Frequenzen (VLF, LF und HF) noch die ULF dazu (Task Force, 1996). Weil die ULF bis dato noch nicht restlos erforscht wurde, wird sie bei Untersuchungen eher selten eingesetzt (Task Force, 1996). Zusätzlich weist die Task Force (1996) darauf hin, dass es mitunter bei Langzeitmessungen schwierig sei, mögliche Einflüsse für eine solch lange Dauer konstant zu halten.

In der vorliegenden Untersuchung wurden Kurzzeitmessungen von jeweils fünf Minuten pro Bedingung nach Empfehlung der Task Force (1996) durchgeführt. Es wurden sowohl Parameter der Time-Domain Methods (SDNN, RMSSD und pNN50) als auch Parameter der Frequency-Domain Methods verwendet (VLF, LF und HF) verwendet. Ebenso wurde die Herzrate (HR) aufgezeichnet.

1.6.5. Normwerte der HRV

Nunan, Sandercock und Brodie haben 2010 folgende Normwerte für Kurzzeitmessungen definiert (siehe Abbildung 12).

HRV Parameter/Variable	Mittelwert	Standardabweichung	Range
SDNN (ms)	50	16	32–93
RMSSD (ms)	42	15	19–75
LF (ms ²)	519	291	193–1009
HF (ms ²)	657	777	83–3630
LF/HF ratio (ms ² .)	2.8	2.6	1.1–11.6

Abb. 12: HRV Normwerte für Kurzzeitmessung (Nunan et al., 2010).

1.6.6. Analyse der HRV

Das Prozedere bei der Analyse der HRV orientiert sich an den Vorgaben der Task Force (1996).

Die Task Force (1996) beschreibt die jeweiligen Prozessschritte, die notwendig sind, angefangen von der Aufzeichnung bis zur Interpretation der Daten (siehe Abbildung 13).

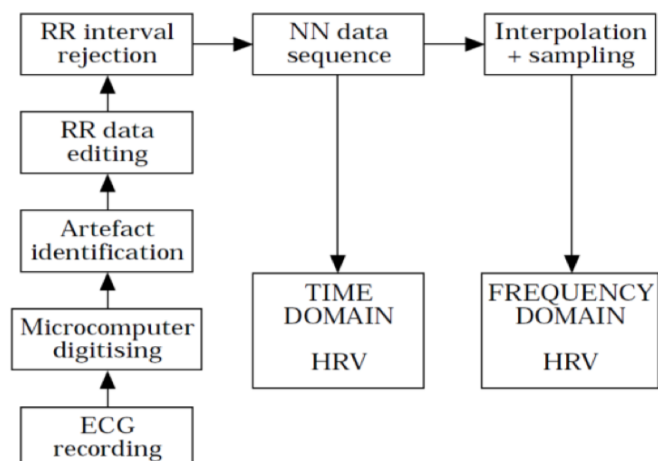


Abb. 13: Prozessschritte der HRV-Analyse (Task Force, 1996).

Dabei unterscheiden die ForscherInnen insgesamt vier Schritte:

- Datenaufzeichnung: Erfassung des EKG-Signals.
- Datenaufbereitung: Detektion der R-Zacken, Detektion der Artefakte, Bereinigung der Artefakte.
- Datenauswertung: Berechnung der HRV-Parameter.
- Dateninterpretation: Interpretation der HRV-Parameter.

1.6.7. Einflüsse auf die HRV

Es gibt eine große Zahl an Faktoren, die Auswirkungen auf die HRV haben. Da die Beschreibung aller möglichen Einflussfaktoren den Rahmen der Arbeit bei weitem sprengen würde, wird im Anschluss ein Auszug einiger wichtiger Faktoren gegeben.

- **Genetik**

Genetische Untersuchungen weisen auf einen Einfluss der Gene auf die HRV-Parameter hin. Singh et al. haben 2002 herausgefunden, dass 12-13% der Varianz der HRV-Messungen genetischen Faktoren zuzuschreiben sind. 24-Stunden-HRV-Messungen konnten zeigen, dass der Effekt der Genetik 35-47% auf den SDNN-Index und 40-48% auf den RMSSD-Index ausmacht.

- **Respiratorische Sinusarrhythmie RSA**

Die Atmung in Form einer respiratorische Sinusarrhythmie (RSA) hat Einfluss auf die HRV (Billman, 2011). Unter der RSA versteht man den Einfluss der Atmung auf die Herzfrequenz. Bei Einatmung wird die Herzfrequenz beschleunigt, bei Ausatmung verlangsamt (Masi, Hawkey, Rickett & Cacioppo, 2007). Unterschiedliche Studien konnten zeigen, dass die Atmung je nach Frequenz und Volumen auf unterschiedliche Weise die HRV beeinflusst (Beda, Jandre, Phillips, Gianella-Neto & Simpson, 2007; Beda, Simpson, Carvalho N.C. & Carvalho A.R., 2014). Beispielsweise führt Sprechen während der HRV-Messung zu einem irregulären und verlangsamtten Atemmuster, was

die HRV im LF-Frequenzbereich beeinflusst und somit die Aussagekraft der Messung negativ beeinflussen kann (Beda et al., 2007; Bernandi et al., 2000).

- **Alter**

Mit zunehmendem Alter nimmt die HRV ab, was sowohl die Gesamtvariabilität als auch die Parameter der Zeit- und Frequenzbereiche betrifft (Abhishekh et al., 2013; Voss, Heitmann, Schroeder, Peters & Perz, 2012). Die Autoren erklären dies durch eine altersbedingte Verschiebung der ANS-Verhältnisse mit einem reduzierten Vagotonus, was auch ein reduziertes LF/HF-Verhältnis zur Folge hat (Abhishekh et al., 2013).

- **Körperposition**

Die HRV verändert sich auch durch Änderung der Körperposition. Der Wechsel von Liegen zum Sitzen oder Stehen bedingt eine Verschiebung der sympatho-vagalen Balance in Richtung Sympathikus, der Vagotonus nimmt ab und der LF/HF-Quotient steigt an (Perini & Veicsteinas, 2003).

- **Aerobes Ausdauertraining**

Zum Thema Sport und HRV gibt es zahlreiche Studien. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass körperliche Aktivität von einer bestimmten Qualität geprägt sein muss, um positiv auf die HRV zu wirken. Sowohl Alltagsaktivität als auch reines Krafttraining beeinflussen die HRV wahrscheinlich nicht in positiver Weise. Moderates Ausdauertraining im aeroben Bereich hingegen verbessert die HRV, vor allem bei zuvor Inaktiven. Lebenslanges Ausdauertraining verbessert alle Parameter der Time Domain, die LF und die HF bei älteren Athleten gegenüber Untrainierten (Billman, 2013).

- **Zirkadianer Rhythmus**

Die HRV unterliegt einer zirkadianen Rhythmik, die vor allem auf den Wechsel zwischen Tag und Nacht beruht (Bonnemeier et al., 2003; Massin, Maeyns, Withofs, Ravet & Gérard, 2000). Während des Nachtschlafes erhöht sich die Gesamtvariabilität der HRV, was durch einen reduzierten Sympathikustonus und einen erhöhten Vagustonus bedingt ist (Bonnemeier et al., 2003; Massin et al., 2000).

- **Genussmittel**

Niedermaier et al. fanden 1993 heraus, dass regelmäßiger Nikotinkonsum mit erhöhtem Sympathikus und vermindertem Parasympathikus einhergeht. Erdem et al. haben ebenfalls 2012 den Einfluss von Nikotin auf die HRV untersucht und konnten zeigen, dass bei gesunden Rauchern die Gesamtvariabilität abnimmt und der LF/HF-Quotient im Vergleich zu gesunden Nichtrauchern zunimmt.

In einer Studie mit Typ-I-Diabetikern und gesunden Probanden konnten Richardson et al. im Jahr 2004 zeigen, dass eine moderate Menge an Koffein (zwei bis drei Tassen Filterkaffee) zu einer Verbesserung der HRV führte. Die Spektralanalyse ergab eine verstärkte Parasympathikusaktivität bei einer gleichzeitigen Abnahme der Sympathikusaktivität.

- **Kardiovaskuläre Erkrankungen**

Die HRV im Zusammenhang mit internistischen Erkrankungen wurde bislang sehr umfassend untersucht. Durch viele Studien konnte die HRV als unabhängiger Parameter für das Herz-Kreislauf-Risiko belegt werden. So konnte beispielsweise eine niedrige SDNN als Parameter für die Gesamtvariabilität mit Sterblichkeit bei Patienten mit koronarer Herzkrankheit (Stein, Domitrovich, Huikuri, Kleiger & Cast Investigators, 2005) nach einem Herzinfarkt und bei Patienten mit Herzinsuffizienz (Smilde, van Veldhuisen & van den Berg, 2009) nachgewiesen werden. Somit stellt die SDNN einen wichtigen Prädiktor einer erhöhten kardiovaskulären Mortalität dar (Task Force, 1996).

- **Emotionen**

Wie eingangs erwähnt, gibt es Zusammenhänge zwischen emotionalen und autonomen Prozessen (Birbaumer & Schmidt, 2003), weshalb sich zahlreiche Studien, ebenso auch die vorliegende Arbeit, mit den Auswirkungen von Emotionen auf die HRV befassen. Kreibitz (2010) beschreibt in ihrer Übersichtsarbeit die Auswirkungen unterschiedlicher HRV-Antwortmuster auf bestimmte Gemütszustände. Sowohl negative Emotionen wie Ärger, Angst, Furcht und Traurigkeit als auch das Empfinden von Glück haben eine Sympathikusaktivierung bei gleichzeitiger Parasympathikushemmung mit erhöhter Herzfrequenz zur Folge. In einer interessanten Studie von Sakuragi, Sugiyama und Takeuchi (2002) kam heraus, dass sowohl positive (Lachen), als auch negative Emotionen (Weinen) die parasympathische Aktivität erhöhen. Allerdings dauerte es bei der Aktivierung durch negative Emotionen wesentlich länger, bis das ursprüngliche basale Ausgangsniveau wieder erreicht wurde. Die Forscher kommen zum Schluss, dass positive Emotionen stärkere Effekte auf das autonome Nervensystem haben als negative Emotionen, letztere dafür schwächere und länger andauernde Effekte.

- **Mentale Belastungen /Depression**

Zahlreiche Forscher beschäftigten sich mit dem Zusammenhang zwischen Depression und HRV (u.a. Agelink, Ullrich & Andrich, 2002; Brunoni et al., 2013; Carney & Freedland, 2009; Wang et al., 2013). Bei Patienten mit manifester Depression ist im Vergleich zu Gesunden die sympathovagale Balance aus dem Gleichgewicht. Die vagusassoziierte HRV ist signifikant geringer, während die LF und der LF/HF-Quotient erhöht sind (Wang et al., 2013).

Auch bei Angststörungen wurde eine verminderte Vagusaktivität festgestellt (Pittig, Arch, Lam & Craske, 2013).

Clays et al. (2011) und Uusitalo et al. (2011) haben die Auswirkungen von chronischem Arbeitsstress auf die HRV untersucht. Erhöhter Arbeitsstress ging mit reduzierter Vagusaktivität, geringerer RMSSD und geringerer HF-Power einher (Uusitalo et al., 2011). Clays et al. (2011) konnten einen erhöhten LF/HF-Quotienten bei chronischem Arbeitsstress nachweisen.

1.7.Problemstellung, Ziel und Forschungsfrage

Die vorliegende Masterarbeit geht der Frage nach, welche Wirkmechanismen unterschiedliche Musiken auf das subjektive Erleben haben und welche Auswirkungen dies auf die physiologischen Parameter der Herzratenvariabilität hat und orientiert sich damit am derzeitigen Stand der Forschung (Mikutta et al., 2013; Perrez et al, 2014; Trappe & Breker, 2014; Zwaag, Westerink & van den Broek, 2011). Daraus ergibt sich folgende Forschungshypothese: Kurzfristige positive induzierte Emotionen, welche durch Musik ausgelöst werden, führen zu einer Erhöhung der Herzratenvariabilität.

2. Methode

2.1.Design

Bei der vorliegenden Untersuchung handelt es sich um eine quasiexperimentelle Untersuchung, da eine zufällige Aufteilung der Versuchspersonen auf die unterschiedlichen Gruppen aufgrund der Beschaffenheit des Experiments nicht möglich war (Bortz & Döring, 2006; Trimmel, 2009). Dabei handelt es sich um eine abhängige Stichprobe mit mehreren Messzeitpunkten.

Die Bedingungen waren folgende:

- t0 (Musikstück VSO) Baseline bzw. Ruhebedingung: Den Probanden wurde Meeresrauschen zu Beginn der Untersuchung für mindestens 5 Minuten vorgespielt (eine genaue Beschreibung erfolgt in Kapitel 3.1.2.).
- t1 (Musikstück positiv): Dabei handelt es sich um jenes Musikstück, welches von den Versuchspersonen anhand der Skala „pleasure“ (Qualität des emotionalen Erlebens) des Self-Assessment Manikin (SAM) positiv bewertet wurde. Es wurde angegeben, wie stark die erlebte Emotion im Augenblick war.
- t2 (Musikstück negativ): Dabei handelt es sich um jenes Musikstück, welches die Versuchsperson anhand der Dimension „pleasure“ (Qualität des emotionalen Erlebens) des SAM negativ bewertet haben. Angegeben wurde, wie stark die erlebte Emotion im Augenblick war.

Für die Auswahl der Bedingungen t1 und t2 waren folgende Kriterien relevant: Wichtig war, dass die positiven Musikstücke ein Rating zwischen 6 und 9 Punkten, und die negativen Musikstücke ein Rating zwischen 1 und 4 Punkten aufwiesen, wobei primär jene Musikstückpaare ausgewählt wurden, die am weitesten voneinander entfernt waren. Weiters war es erstrebenswert, Musikstücke pro Person auszuwählen, die sich

vom Stil her ähnelten und es sollten allgemein möglichst viele unterschiedliche Musikstücke zwischen den Personen vorhanden sein.

Bei 38 Versuchspersonen konnte keine Gruppierung vorgenommen werden, daher schieden sie aus der Untersuchung aus.

Eine Versuchsperson musste ausgesondert werden, da sie zu viele Ausreißer in den HRV-Variablen enthielt.

Die abhängigen Variablen (AV) stellen einerseits die verschiedenen Parameter der HRV sowie andererseits die unterschiedlichen Skalen der unten angeführten Fragebögen dar.

Folgende HRV-Parameter wurden verwendet: HR, SDNN, RMSSD, pNN50, VLF, LF, und HF. Eine genaue Beschreibung der Parameter erfolgt in Kapitel 1.6.

Die unabhängigen Variablen sind die unterschiedlichen Messzeitpunkte bzw. Musikstücke (abhängig von der empfundenen Emotionalität) in 3 Stufen.

Den Versuchspersonen wurden die Musikstücke in unterschiedlicher Reihenfolge vorgespielt, um Reihenfolgeeffekte zu vermeiden.

2.2.Hypothesen

Zur Beantwortung der oben angeführten Forschungsfrage wurde folgende operationale Hypothese gebildet, welche nachfolgend empirisch überprüft wird: Jene, von den UntersuchungsteilnehmerInnen ausgewählten Musikstücke, die positive Emotionen auslösen, erhöhen die kardiovaskulären Parameter der Herzratenvariabilität.

Anknüpfend daran ergibt sich folgende statistische Hypothese:

Es wird erwartet, dass sich Personen, welche positive emotionale Musikstücke hören, signifikant in den verschiedenen HRV Parametern von Personen unterscheiden, die negative emotionale Musikstücke hören.

- **Nullhypothese H0**

Es gibt keinen Unterschied zwischen Musikstücken, die positiv emotional bewertet werden und Musikstücken, die negativ emotional bewertet werden in den einzelnen HRV-Parametern.

- **Alternativhypothese H1**

Es wird erwartet, dass Musikstücke, welche positive Emotionen auslösen, die Parameter der HRV erhöhen im Vergleich zu Musikstücken, die negative Emotionen auslösen.

2.3.UntersuchungsteilnehmerInnen

Bei der Stichprobe handelte es sich um eine anfallende Stichprobe, da an der Untersuchung ausschließlich StudentenInnen teilnahmen und nicht randomisiert wurde. Die Stichprobe setzte sich aus 36 Frauen und 14 Männern zusammen, wobei die Alterspanne 18 bis 43 Jahre betrug. Ursprünglich haben 89 Personen an der Untersuchung teilgenommen, wobei allerdings 38 Personen die zuvor beschriebenen Auswahlkriterien des SAM nicht erfüllten und eine Person zu viele Ausreißer in den

HRV-Daten aufwies. Die Untersuchung fand am Zentrum für Public Health, Institut für Umwelthygiene der Medizinischen Universität Wien an sechs Terminen im Juli 2013 statt. Genaue Angaben bezüglich der deskriptiven Statistik mit Mittelwert und Standardabweichung sind in Kapitel 3.1.2. angeführt. Die Untersuchung wurde von der Ethikkommission der Universität Wien bewilligt

2.4. Untersuchungsbedingungen der HRV

2.4.1. Baseline

Nachdem die Versuchspersonen mit dem EKG verbunden wurden, und die EKG Geräte mit dem Palm synchronisiert wurden, begann die Untersuchung mit der Baseline. Während der Baseline wurden die Versuchspersonen angehalten, Klänge eines Meeresrauschens zu lauschen.

2.4.2. Musikstücke

Die genaue Beschreibung der Musikstücke ist in Kapitel 2.5.1. angeführt. Die Musikstücke wurden den Versuchspersonen zwischen fünf und zehn Minuten dargeboten, wobei bei der späteren EKG-Datenverarbeitung jede Bedingung jeweils fünf Minuten gemittelt wurde.

Die genaue Reihenfolge der Versuchsanordnung ist in den Zeitprotokollen im Anhang ersichtlich.

2.4.3. Fragebogen

Bei den Fragebogen, welche nach jeder Musikdarbietung (auch Baseline) ausgefüllt wurden, handelt es sich um das Berliner-Alltagssprachliche-Stimmungs-Inventar (BASTI) und dem Self-Assessment Manikin (SAM). Während die Fragebogen ausgefüllt wurden, wurde den Versuchspersonen das vorangegangene Musikstück erneut vorgespielt. Beide Fragebogen sind in Kapitel 2.5.2. beschrieben.

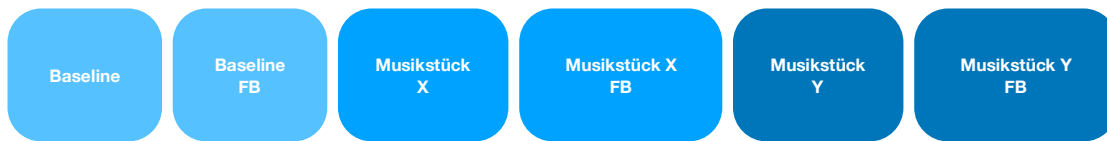


Abb. 14: Zeitliche Abfolge der Bedingungen während der Untersuchung.

2.5. Untersuchungsmaterialien

Um die Forschungshypothese überprüfen zu können, wurden verschiedene Musikstücke und Fragebogen verwendet, die im Folgenden näher beschrieben werden.

2.5.1. Musikstücke

Um ein möglichst breites Spektrum von Musikstilen abzudecken, wurden im Vorfeld unterschiedliche Musikstücke aus verschiedenen Genres ausgewählt. Im Folgenden sind alle Musikstücke inkl. einer kurzen Beschreibung angeführt. In der Klammer steht die Abkürzung, wie sie in der Untersuchung bezeichnet wurde.

- Meeresrauschen (VSO, VS): Bei diesem Stück handelt es sich um die Baseline, welche jedem Teilnehmer zu Beginn vorgespielt wurde. Zu hören ist ein ruhiges, angenehmes Setting an einem Strand. Im Hintergrund ist Meeresrauschen wahrzunehmen.
- Symphony No. 3 in E-flat major, Op. 55, "Eroica" - Scherzo: Allegro Vivace - Ludwig van Beethoven (B3): Durch dieses Werk, welches 1806 erschien, gelang Beethoven der entscheidende Schritt von der „klassischen“ Symphonie des 18. Jahrhunderts zur „großen“ Symphonie des 19. Jahrhunderts. Charakteristisch und in diesem Sinne auch neu ist die dabei zum Ausdruck kommende weltbürgerliche Sprache, durch die ungewöhnlichen Ausmaße, die kühn klingende Instrumentation

sowie die Harmonik („Symphonie Nr. 3 , Es-Dur; op. 55, „Eroica“ Ludwig van Beethoven“, n.d.).

- Symphony Nr. 6 F-major op. 68 (*Pastorale*) - Andante Molto Mosso (B6) Ludwig van Beethoven: Dieser Satz heißt übersetzt „Szene am Bach“ und wird als musikalisches Naturerlebnis verstanden. Beginnend mit einem Zwölfachteltakt, um ein Bild der friedvollen Natur in einen Klang zu transformieren, verdichtet sich die Stimmung durch regelmäßige Sechszehntelbewegungen. Raum und Zeit scheinen dadurch aufgehoben zu sein. Am Ende des Satzes erklingt die Vogelstimmen-Kadenz. Der Abschluss findet sich im Pianissimo. („Symphonie Nr. 6: 2. Satz (Andante molto mosso)“, n.d.).
- Sonata for Two Pianos in D, K. 448; 1st movement; Perahia & Lupu - Wolfgang Amadeus Mozart (MO): Dieses Stück wurde im Jahr 1781 von Wolfgang Amadeus Mozart in Sonatensatzform geschrieben (Cowdery, 1991). Die wahrgenommene Musik ist laut Thompson, Schellenberg und Husain (2002) angenehm und energetisch. Eine weitere interessante Tatsache ist, dass es sich bei diesem klassischen Meisterwerk um jenes Stück handelt, welches in früheren Studien verwendet wurde, um den sogenannten Mozart-Effekt zu untersuchen (Thompson et al., 2001; Rauscher, 1993).
- Albinoni's Adagio in G-minor (AL) - Herbert von Karajan: Dieses klassische Stück zeichnet sich dadurch aus, dass es sehr langsam und traurig ist (Thompson, 2001). Aufgrund der Tatsache, dass anstatt eines Cembalos eine Orgel zur Anwendung kommt, wird die mystische Stimmung noch verstärkt („Tomaso Albinoni und sein Adagio in g-Moll, n.d.).
- Fantasia for Two Pianos in F minor, D. 940 (1/3); 1st movement; Perahia & Lupu - Franz Schubert (SCH): Bei dieser Komposition handelt es sich um eine der bedeutendsten Kompositionen von Franz Schubert aus dem Jahre 1828 (Gibbs, 2000). Insgesamt besteht das Stück aus vier Sätzen, die ohne Unterbrechung miteinander

verbunden sind. Nach Interpretation des Autors ist die Stimmung traurig, melancholisch und schwer.

- Peking Opera (VO, VY): Die Peking-Oper wird als Nationaloper bezeichnet und gilt somit als einflussreichste Oper in ganz China. Sie ist ein wichtiger Teil zur internationalen Vermittlung chinesischer Kultur. Unterschiedliche Instrumente wie die Querflöte, Holztrompete, die chinesische Saiten-Gitarre oder die zweisaitige chinesische Geige kommen zum Einsatz, wobei das Huqin das Hauptinstrument darstellt („Die Pekingoper“, 2012).
- Last Train Home - Pat Metheny Group (LMS, LMT, LMO1; LMO2): In einem Artikel hebt Lewis (2014) die Wirkung der Nummer „Last Train Home (1987) von Pat Metheny als unbestreitbar ansteckend hervor. Charakteristisch ist das melodiose Zusammenspiel, das dahintuckernde Schlagzeug, prägnante Akkordfolgen sowie das Gitarrenspiel von Pat Metheny, welches einer Sitar ähnelt. Der Musikstil ist primär dem Jazz bzw. Subformen davon zuzuordnen („Pat Metheny Group“, n.d.).
- Last Train Home - Pat Metheny Group Live Concert (LMO, LMG): Beschreibung siehe oben. Livemitschnitt aus dem Jahr 1991.
- Billie Jean - Michael Jackson (VJT, VJV): Billie Jean ist ein Lied von Michael Jackson aus dem Jahr 1982. Das Lied ist der Dance-Musik zuzuordnen, wobei die Basslastigkeit die Charakteristik des Stückes darstellt („The 500 Greatest Songs Since You Were Born: Number 1“, 2005). Das Lied wurde zum Welthit.
- Gangnam Style - Psy (VYT; VYV): Gangnam Style ist ein K-Pop-Lied des südkoreanischen Künstlers Park Jae-Sang (Barrett, 2012). Der virale Erfolg des Musikvideos auf der Plattform YouTube führte dazu, dass das Lied im Jahr 2012 zum ersten Mal in der Geschichte die 2 Milliardenmarke an Klicks geknackt hat (Dobuzinskis, 2012).

- Body Rock (Davis Redfield Mix) - Bryce Feat J-Malik (H70, H82): Bei dieser Nummer aus dem Jahr 2013 handelt es sich um das Musikgenre Dance & Electronic. Dabei werden durch die Technik des Samplings und dem Verwenden von Loops repetitive Klangpatterns erzeugt, die dem Musikstück eine gewisse Endlosstruktur verleihen (Kirchner, 2011).

2.5.2. Fragebogen

2.5.2.1. Das Berliner-Alltagssprachliche-Stimmungs-Inventar (BASTI).

Das Berliner-Alltagssprachliche-Stimmungs-Inventar (BASTI) wurde vorgegeben, um die subjektiv erlebten Stimmungen während des Musikhörens zu erfassen. Der BASTI besteht aus 26 Items, die zu 13 Dimensionen zusammengefasst wurden.

Mit Hilfe der hierarchischen Clusteranalyse wurden typische Stimmungsbegriffe skaliert und insgesamt 10 Dimensionen gebildet (Schimmak, 1997). Die zehn spezifischen Dimensionen sind: „Teilnahmslosigkeit“, „Sentimentalität“, „Deprimiertheit“, „Geladene Stimmung“, „Mürrische Stimmung“, „Ängstlichkeit“, „Nervosität“, „Ausgelassenheit“, „Heitere Stimmung“ und „Entspannung“ (Schimmak, 1997).

Außerdem wurden drei weitere, globale, bipolare Dimensionen von Steyer, Schwenkmezger, Notz und Eid (1994) hinzugefügt. Die drei globalen, bipolaren Dimensionen sind „angenehm-unangenehm“, „erregt-ruhig“ und „wach-müde“.

Das Antwortformat des BASTI entspricht einer siebenstufigen Intensitätsskala, mit überhaupt nicht (0) bis maximale Intensität (6) (Schimmanek, 1997).

Objektivität als Gütekriterium ist durch die Vorgabe und Auswertung am Computer gewährleistet. Nach Schimmak (1997) ist die interne Konsistenz (Cronbachs Alpha) der zehn Stimmungsskalen befriedigend.

Schimmak (1997) konnte dem BASTI gute Übereinstimmungsvalidität durch einen Vergleich der BASTI-Werte mit NEO-FFI-Werten bescheinigen.

2.5.2.2. Self-Assessment Manikin (SAM)

Das Self-Assessment Manikin (SAM) ist ein sprachfreies, bildhaft dargestelltes Verfahren zur Erfassung affektiver Reaktionen, welche in den drei Dimensionen Freude (pleasure), Erregung (arousal) und Dominanz (dominance) ihren Ausdruck finden (Bradley & Lang, 1994).

In unserem Fragebogen wurde die Stimmung mit folgender Frage erhoben: „Welche Stimmung löst dieses Musikstück in Ihnen aus?“ Diese Frage bezieht sich auf die Qualität des emotionalen Erlebens. Mit der Frage: „Meine augenblicklich erlebte Aktivierung/Erregung entspricht...“ wird die innere Aktivierung (Arousal) gemessen, was die Intensität des emotionalen Erlebens widerspiegelt. Die Dimension Dominanz, ausgedrückt durch die Frage „Ich bin der Emotion ausgeliefert (1)“ bzw. „Ich kontrolliere die Emotion (9)“, findet in der vorliegenden Arbeit keine Verwendung (Bradley & Lang, 1994).

Gemessen wurde anhand einer neunstufigen Semantischen Differenzial Skala, welche von Mehrabian und Russel (1974) entwickelt wurde, wobei die Versuchspersonen auf einer neun Punkte Bewertungsskala pro Dimension die Musikstücke bewerten mussten (Bradley & Lang, 1994).

Freude wurde durch fünf Figuren von lächelnd bis traurig symbolisiert. Erregung wurde durch Bilder ausgedrückt, bei denen die Figur bei starker Ausprägung aufgewühlt veranschaulicht wurde, und bei schwacher Ausprägung entspannt.

Die Dimension Dominanz zeigt eine kleine Figur bei wenig Dominanz, und eine große Figur bei großer Dominanz (Bradley & Lang, 1994).

Das Verfahren ist durch die Vorgabe der computerisierten Version objektiv und reliabel. In einer Arbeit von Bradley und Lang (1994) wurde dem SAM durch den Vergleich mit einem Semantischen Differential ausreichende Validität bestätigt.

2.5.3. Geräte

Notebooks und Tablets

Die Beantwortung der Fragebogen wurde elektronisch durchgeführt. Die UntersuchungsteilnehmerInnen verwendeten entweder eigene mitgebrachte handelsübliche Notebooks, bzw. wurden ihnen Tablets der Marke ACER® Notebook, Modell Acer Travelmate 290 vom Institut für Umwelthygiene zur Verfügung gestellt. Mittels eines speziellen Passwortes erhielten die TeilnehmerInnen Onlinezugang und konnten die Fragebogen bearbeiten.

Medilog® AR12, EVO Scientific Biosignal Recorder

Bei diesem EKG Rekorder handelte es sich um ein Produkt der Schiller Handelsgesellschaft m.b.H., welches zur Messung der Herzaktivität diente. Mit diesem Gerät sind sowohl Kurzzeit- als auch Langzeit-EKG-Aufzeichnungen im hohen Frequenzbereich möglich. Die Elektroden wurden ordnungsgemäß knapp unterhalb des rechten Schlüsselbeins, knapp unterhalb des unteren Rippenbogens sowie in der Mitte am Brustbein angebracht. Die exakte Anordnung der Elektroden ist in Abbildung 15 dargestellt. Den UntersuchungsteilnehmerInnen wurden die Geräte umgehängt und die Elektroden sowie wegstehende Kabel zusätzlich mit Klebeband fixiert, um ein vorzeitiges Abreißen der Elektroden und Kabel zu verhindern.

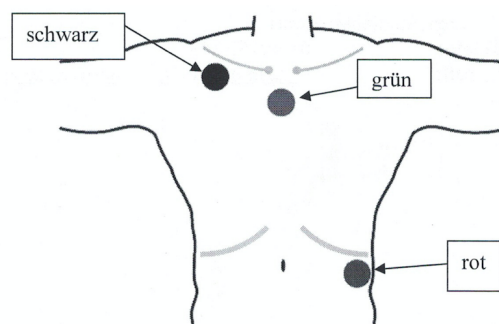


Abb. 15: Informationsblatt Medilog (2012)

PalmOne Zire 72s

Bei dem Gerät, das dazu verwendet wurde, um die EKG- Geräte (auch als TOM-Geräte bezeichnet) zu konfigurieren und zu synchronisieren, handelt es sich um einen Handheld der Firma Palm Inc. mit der Modellbezeichnung PalmOne Zire 72s.

Lautsprecher

Bei den Lautsprechern handelte es sich um die Lautsprecher der Hörsaalvideopräsentationsanlage.

PC

Der PC, der zur Nachbearbeitung der physiologischen Daten verwendet wurde, war ein PC der Hörsaalvideopräsentationsanlage.

2.6. Untersuchungsdurchführung, Instruktion und Untersuchungsablauf

Die Untersuchung fand in einem Hörsaal im Institut für Umwelthygiene in Wien statt. Zu Beginn der Untersuchung wurden den Teilnehmern grundlegende Informationen zur Untersuchung gegeben. Es wurde auf verschiedene Aspekte der HRV im Zusammenhang mit Musik kurz eingegangen und den Teilnehmern wurde versichert, dass ihre Daten streng vertraulich behandelt werden und die Anonymität gewahrt wird. Außerdem stimmten die TeilnehmerInnen durch ihre Unterschrift der Einwilligungserklärung zu, an der experimentellen Studie teilzunehmen.

Im Anhang C befindet sich das Muster der ProbandInneninformation und die Einwilligungserklärung zur Teilnahme an der experimentellen Studie. Nach der Instruktion bezüglich der Handhabung mit den Tom-Geräten wurden die Probanden mit den Geräten ausgestattet und begannen mit dem Anbringen der Elektroden. Zusätzlich zu den drei Elektroden wurden zwei weitere Elektroden unter der linken Achselhöhle bzw. an der Oberfläche des linken Arms geklebt, um die Hautleitfähigkeit und den Hautwiderstand zu messen. Die Ergebnisse dieser Messung sind aber nicht Gegenstand

dieser Untersuchung und werden für andere Zwecke verwendet. Anschließend wurden die TOM Geräte mit dem Palm konfiguriert. Informationen zum Ausfüllen der Fragebogen beendeten die Instruktionsphase und es begann die eigentliche Untersuchung, bei welcher den Personen unterschiedliche Musikstücke für die Dauer von mindestens fünf Minuten vorgespielt wurde. Die Lautstärke wurde bei allen Musikstücken konstant mit einer Lautstärke von 70 Dezibel gehalten bis auf Musikstück Body Rock (Davis Redfield Mix) - Bryce Feat J-Malik, welches mit einer Lautstärke von 82 Dezibel vorgespielt wurde. Nach jedem Musikstück bekamen die Teilnehmenden das gleiche Musikstück nochmals zu hören, wobei sie unterschiedliche Fragebogen ausfüllen mussten. Während der Untersuchungen wurden Zeitprotokolle verwendet, um einen detaillierten Überblick über Anfang und Ende der verschiedenen Bedingungen bzw. etwaige Vorkommnisse zu erhalten. Im Anhang C befinden sich die Zeitprotokolle aller sechs Untersuchungen. Die Untersuchungen dauerten insgesamt zwischen 135 Minuten und 175 Minuten.

2.7.Auswertung

2.7.1. Datenanalyse

Die Messung und Analyse der HRV-Parameter basierte auf international anerkannte Richtlinien der Task Force (1996).

Die EKG Daten, die mittels tragbarer EKG Rekorder aufgezeichnet wurden, wurden auf einer Speicherkarte (SanDisk Inc.) gespeichert, auf einen Computer übertragen und dort gesichert. In einem weiteren Schritt wurden die Daten auf einen anderen Computer in das Programm Medilog Darwin (Medilog AR 12) übertragen und bearbeitet. Dort erfolgte zunächst eine Template Analyse für jedes File und anschließend eine Klassifizierung in QRS Komplexen und Arrhythmien. Die Herzschläge der Versuchspersonen wurden genauestens untersucht, um mögliche Artefakte aufzudecken und zu bereinigen. Artefakte können beispielsweise durch Bewegungen während der Testung entstehen oder durch fehlerhafte Elektroden verursacht werden. Abbildung 16 veranschaulicht sehr schön das Prinzip der Bereinigung von Artefakten während einer

5-min Normal-to-Normal-Messung (NN-Messung). Artefakte können entstehen, in dem fälschlicherweise Herzschläge erkannt werden bzw. treten sie ebenfalls auf, wenn Herzschläge gar nicht erst registriert werden (sog. „missing beats“) (Sammito et al., 2014).

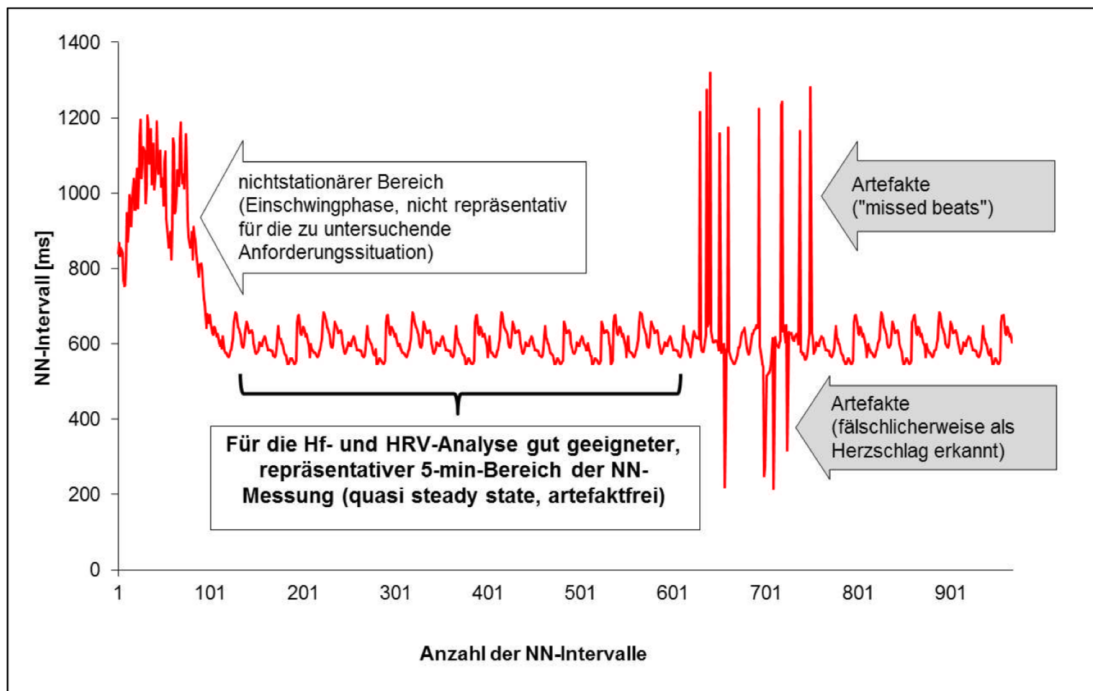


Abb. 16: Prinzip der Artefaktbereinigung einer 5-min NN-Messung (Sammito et al., 2014).

Die Bedingungen wurden in 5 min Intervalle unterteilt, um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Die bereinigten Daten wurden schließlich aus dem Programm Medilog Darwin mittels eines von Herrn Ao. Univ.-Prof. Dr. Michael Trimmel zur Verfügung gestellten Makros in das Programm Microsoft Office Excel (2003) übertragen. Insgesamt wurden dadurch sechs Excelsheets erzeugt, die im Anschluss in das Statistikprogramm SPSS 15.0 für Windows importiert und weiterbearbeitet wurden. Die weitere statistische Analyse erfolgte mit dem Programm SPSS 24 (Statistical Package for Social Science, IBM®) auf dem MacBook Pro der Firma Apple.

Letztendlich entstand ein Gesamtdatensatz, der sowohl die demographischen, physiologischen Daten der HRV sowie die Fragebogendaten von allen

Versuchspersonen in einem Datensatz vereinte. Anschließend wurden pro Versuchsperson je zwei Blöcke mit den positiven und negativen Musikstücken gebildet. Jene Versuchspersonen, bei denen aufgrund der oben genannten Kriterien des SAM keine passenden Musikstücke ausgewählt werden konnten, schieden aus dem Datensatz aus.

2.7.2. Statistische Analyse

Zur statistischen Analyse der gewonnen Daten wurde das Softwarepaket SPSS 24 (Statistical Package for Social Science, IBM®) für den Mac verwendet.

Die Auswahl der beiden Musikstücke der UntersuchungsteilnehmerInnen bezüglich positiver und negativer Emotionalität erfolgte anhand der Angaben in den subjektiven Beurteilungen des Items sam_emo („Meine im Augenblick erlebte Stimmung/Emotion entspricht...“ (Skala: 1-9) des Fragebogens SAM. Dadurch ergaben sich zwei abhängige Gruppen, deren Unterschiede in den einzelnen HRV Parametern durch die Analyse von 5 min Ableitungen untersucht wurden.

Zur Beantwortung der Hypothesen, die sich aus der Fragestellung ergaben (Überprüfung der Unterschiede in den HRV Parametern zwischen den beiden Gruppen positive vs. negative Emotionalität), wurde eine 3 x 8 ANOVA mit Messwiederholung durchgeführt.

2.7.3. Ethikantrag

Da es sich bei der vorliegenden Masterarbeit um eine physiologische Untersuchung handelt, musste die Untersuchung im Vorfeld von der lokalen Ethikkommission der Medizinischen Universität Wien bewilligt werden. Ein Antragsformular zur Beurteilung eines Projekts durch die Ethikkommission der Universität Wien wurde gemeinsam mit Herrn Ao. Univ.-Prof. Dr. Michael Trimmel ausgefüllt und online bei der Ethikkommissions-Sitzung eingereicht und bewilligt. Im Anhang C befindet sich der ausgefüllte Ethikantrag.

3. Ergebnisse

3.1. Darstellung der Ergebnisse der Varianzanalyse mit Messwiederholung zwischen den Musikstücken mit hoher und niedriger Emotionalität, gemessen mittels des SAM anhand der unterschiedlichen HRV-Parameter

Die Voraussetzungen für eine einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) mit Messwiederholung sind allesamt erfüllt.

Aufgrund des zentralen Grenzwertsatzes ($n > 30$) kann angenommen werden, dass die Stichprobenverteilung annähernd normalverteilt ist (Bortz & Schuster, 2010). Der Stichprobenumfang ist mit 50 deutlich größer, wodurch die Voraussetzung der Normalverteilung gegeben ist.

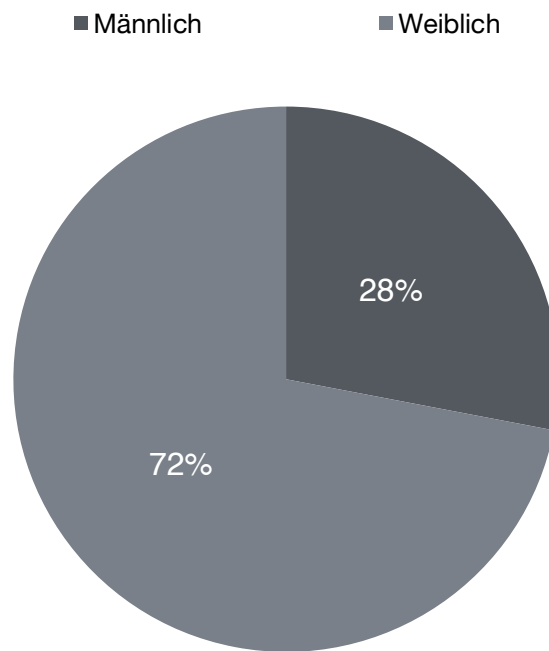
Für alle nachfolgenden Verfahren wird ein Signifikanzniveau von $\alpha = .05$ angenommen (Bortz & Döring, 2006).

Zur Bestimmung der Effektstärke (partielles Eta-Quadrat, η^2) orientiert sich der Autor an die Interpretation nach Cohen (1988).

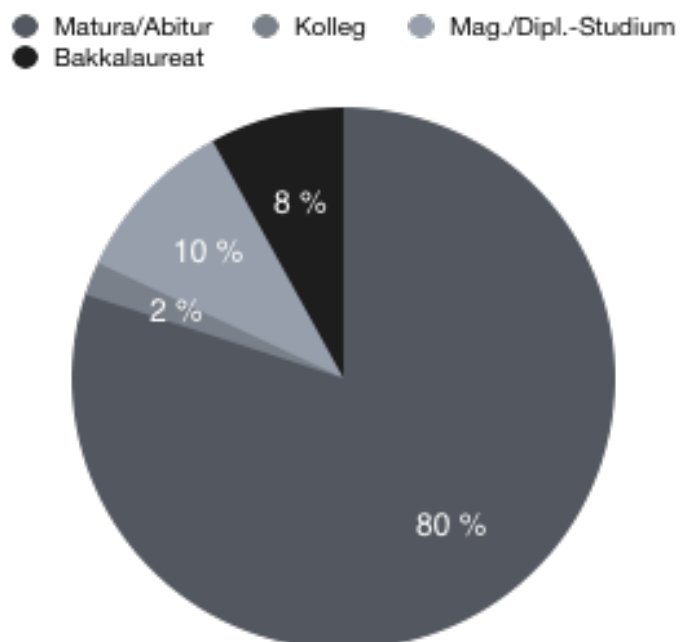
3.1.1. Deskriptive Statistiken

Die Tabellen A1 bis A3 im Anhang A geben einen Überblick über die deskriptiven Statistiken der einzelnen HRV-Parameter der drei Bedingungen. Es lässt sich ein Trend erkennen, dass Musikstücke, die negative Emotionen auslösen, höhere Werte in der Physiologie aufweisen, als jene Musikstücke, die positive Emotionen zur Folge haben.

Tabelle A4 zeigt die deskriptive Statistik der Stichprobe in Bezug auf die Altersverteilung.

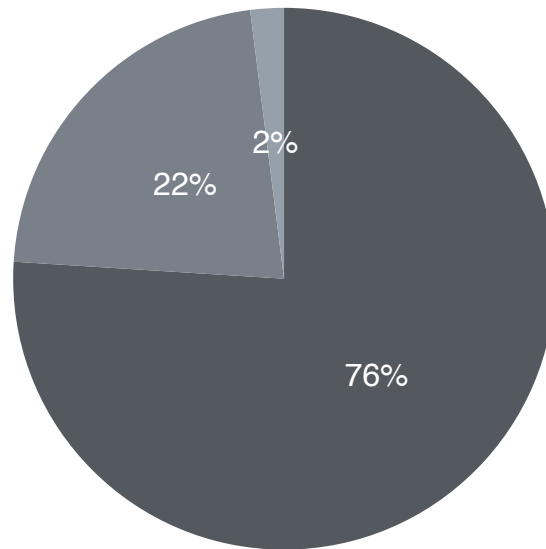


Kreisdiagramm 1: Geschlechterverteilung



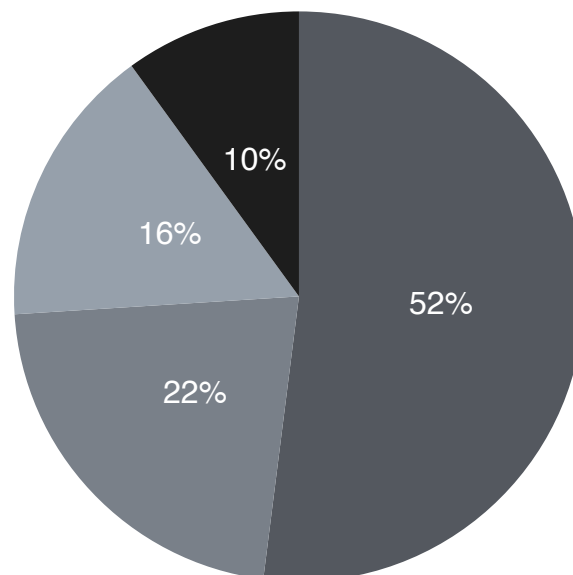
Kreisdiagramm 2: Ausbildung

■ 18-25 Jahre ■ 26-35 Jahre ■ 36-45 Jahre



Kreisdiagramm 3: Altersverteilung

■ gar nicht ■ manchmal/gelegentlich
■ regelmäßig/öfter ■ keine Angabe



Kreisdiagramm 4: Musikaktivität

3.1.2. Inferenzstatistische Ergebnisse

Herzrate (HR)

Im Anhang B befinden sich die Tabellen zu den inferenzstatistischen Ergebnissen.

Der Mauchly-Test auf Sphärizität liefert ein knapp signifikantes Ergebnis, weshalb Sphärizität nicht angenommen werden kann und nach Greenhouse-Geisser interpretiert wird.

Es gibt einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den drei Bedingungen in der Herzrate: $F(2,98) = 15.30, p < .001$.

Das partielle η^2 beträgt .24, was besagt, dass 24 % der Unterschiede durch die Gruppenzugehörigkeit erklärt werden.

Nach Cohen (1988) handelt es sich dabei um einen großen Effekt.

Post-hoc-Analysen mittels Bonferroni-Tests ergeben, dass die Bedingung Baseline ($M = 81.53, SD = 11.38$) signifikant ($p < .001$) höhere Werte in der Herzrate hat als die Bedingung positives Musikstück ($M = 78.28, SD = 9.35$). Außerdem ergeben die weiteren Post-Hoc-Analysen, dass die Bedingung Baseline ($M = 81.53, SD = 11.38$) signifikant höhere Werte ($p < .001$) in der Herzrate hat als die Bedingung negatives Musikstück ($M = 77.34, SD = 10$).

Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Bedingungen positives Musikstück und negatives Musikstück in der Herzrate ($p = .15$).

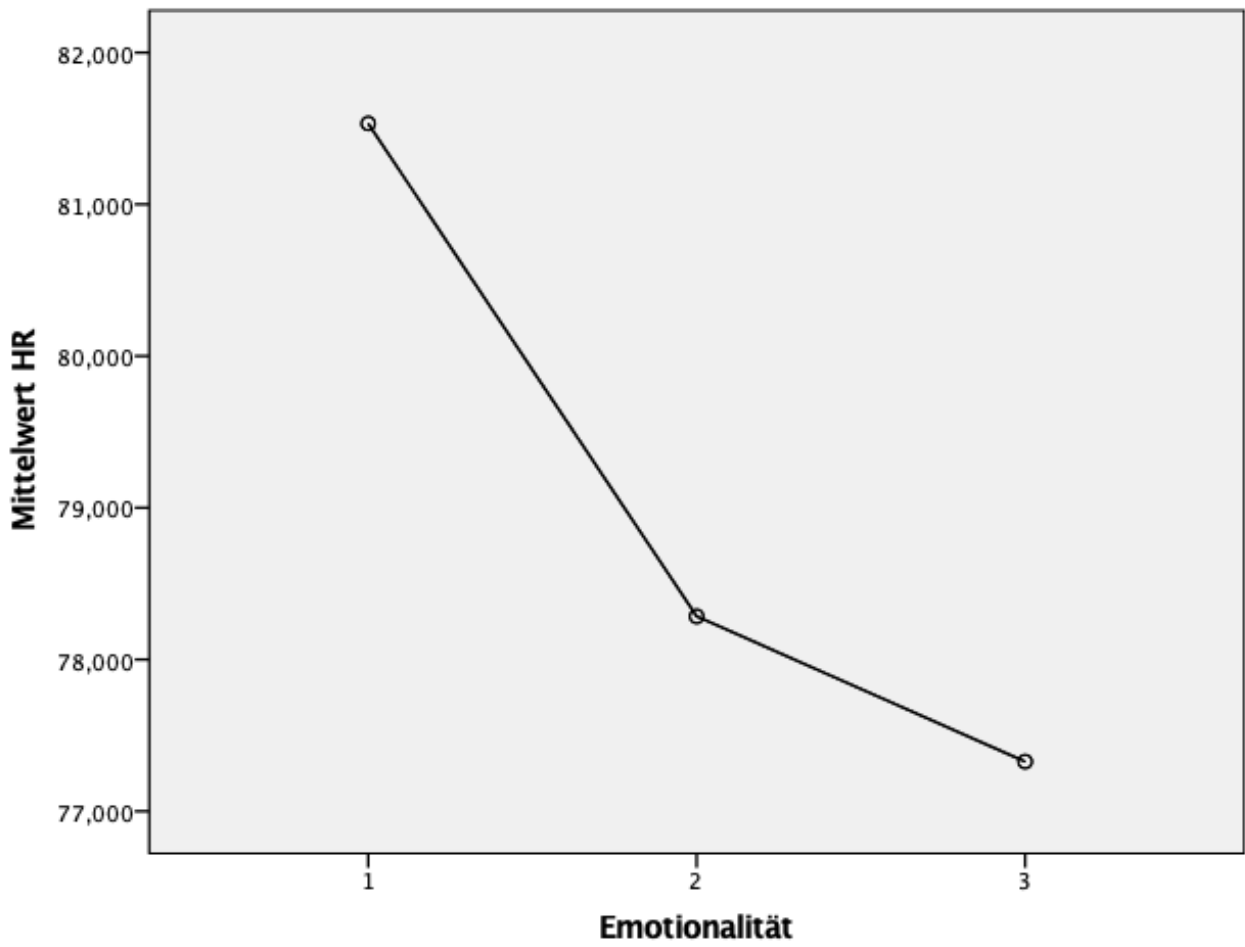


Abb. 17: Mittelwerte des Parameters HR für jede der drei Bedingungen (Baseline, positive Emotionalität, negative Emotionalität).

SDNN

Im Anhang B befinden sich die Tabellen zu den inferenzstatistischen Ergebnissen.

Der Mauchly-Test auf Sphärizität liefert kein signifikantes Ergebnis, weshalb Sphärizität angenommen werden kann und Homoskedastizität somit zwischen den Stufen gegeben ist.

Es gibt einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den drei Bedingungen im Parameter SDNN: $F(2,98) = 3.93, p < .023$.

Das partielle η^2 beträgt .07, was bedeutet, dass 7 % der Unterschiede durch die Gruppenzugehörigkeit erklärt werden. Nach Cohen (1988) handelt es sich dabei um einen mittleren Effekt.

Post-hoc-Analysen mittels Bonferroni-Tests ergeben, dass die Bedingung negatives Musikstück ($M = 64.10, SD = 23.74$) signifikant höhere Werte ($p = .042$) in der SDNN hat als die Baseline ($M = 62.88, SD = 21.88$). Es gibt sowohl keinen signifikanten Unterschied zwischen den Bedingungen Baseline und positives Musikstück in der SDNN ($p = 1$) als auch nicht in den Bedingungen positives Musikstück und negatives Musikstück ($p = .062$).

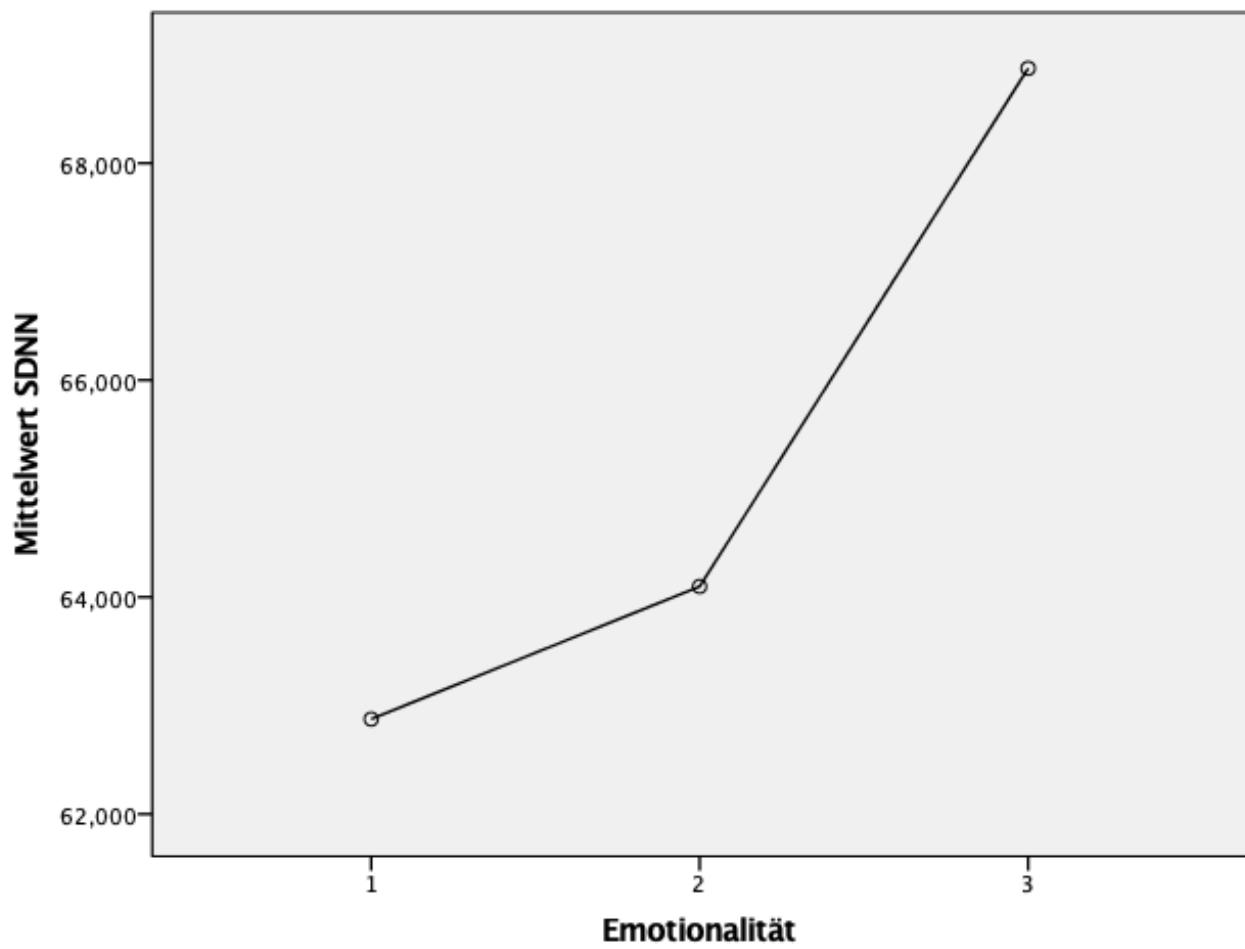


Abb. 18: Mittelwerte des Parameters SDNN für jede der drei Bedingungen (Baseline, positive Emotionalität, negative Emotionalität).

RMSSD

Im Anhang B befinden sich die Tabellen zu den inferenzstatistischen Ergebnissen.

Der Mauchly-Test auf Sphärizität liefert kein signifikantes Ergebnis, weshalb Sphärizität angenommen werden kann und Homoskedastizität somit zwischen den Stufen gegeben ist.

Es gibt einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den drei Bedingungen im Parameter RMSSD: $F(2,98) = 4.08$, $p < .020$.

Das partielle η^2 beträgt .08, was besagt, dass 8% der Unterschiede durch die Gruppenzugehörigkeit erklärt werden. Nach Cohen (1988) handelt es sich dabei um einen mittleren Effekt.

Post-hoc-Analysen mittels Bonferroni-Tests ergeben, dass die Bedingung negatives Musikstück ($M = 39.21$, $SD = 23.74$) signifikant höhere Werte ($p = .006$) in der RMSSD aufweist als die Bedingung Baseline ($M = 35.70$, $SD = 17.45$). Es gibt sowohl keinen signifikanten Unterschied zwischen den Bedingungen Baseline und positives Musikstück in der RMSSD ($p = .292$) als auch nicht in den Bedingungen positives Musikstück und negatives Musikstück ($p = 1$).

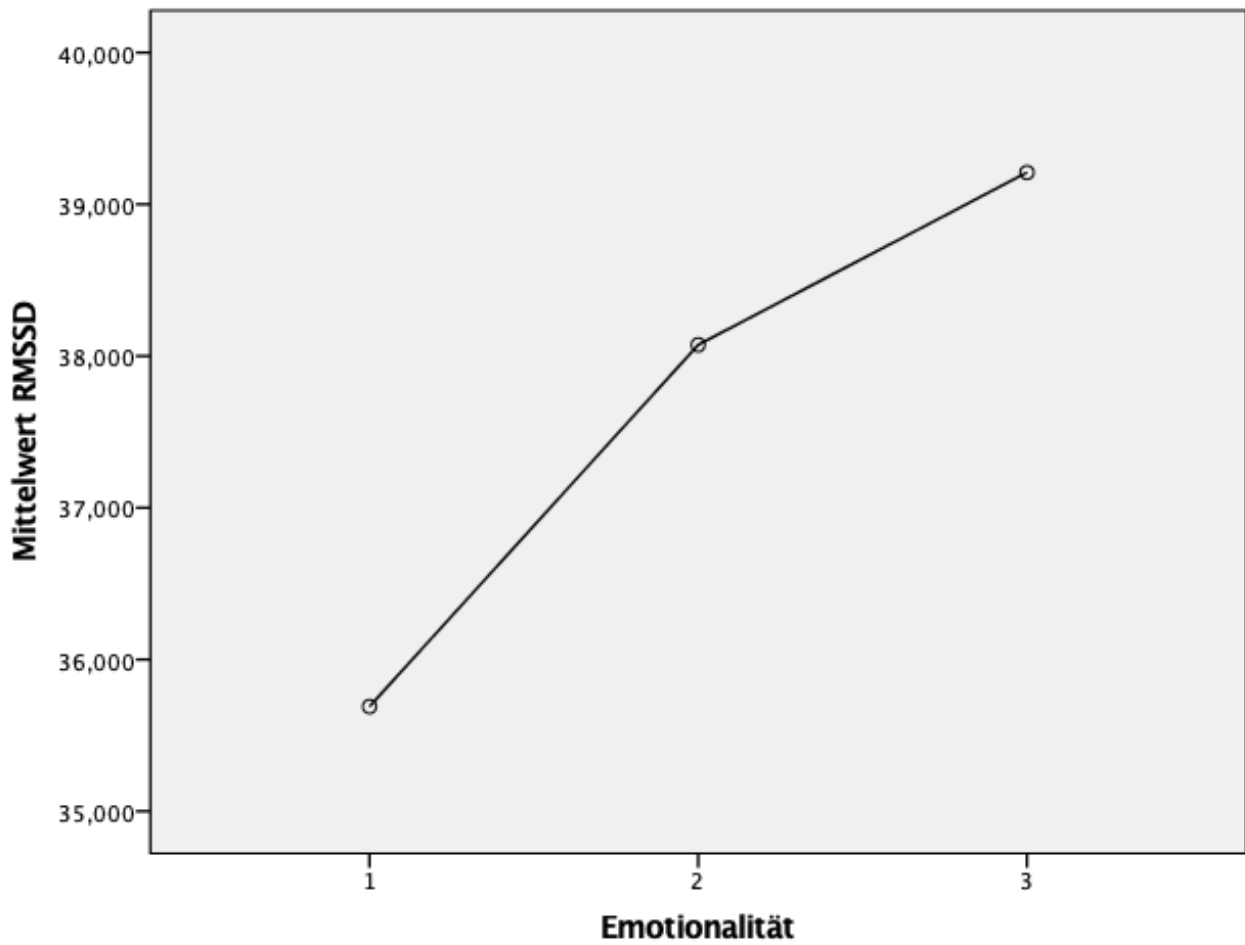


Abb. 19: Mittelwerte des Parameters RMSSD für jede der drei Bedingungen (Baseline, positive Emotionalität, negative Emotionalität).

pNN50

Im Anhang B befinden sich die Tabellen zu den inferenzstatistischen Ergebnissen.

Der Mauchly-Test auf Sphärizität liefert ein knapp signifikantes Ergebnis, weshalb Sphärizität nicht angenommen werden kann und Homoskedastizität somit zwischen den Stufen nicht gegeben ist. Die Interpretation erfolgt nach Greenhouse-Geisser.

Es gibt einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den drei Bedingungen im Parameter pNN50: $F(2,98) = 3.75, p < .032$.

Das partielle η^2 beträgt .07, was besagt, dass 7% der Unterschiede durch die Gruppenzugehörigkeit erklärt werden. Nach Cohen (1988) handelt es sich dabei um einen mittleren Effekt.

Post-hoc-Analysen mittels Bonferroni-Tests ergeben, dass die Bedingung negatives Musikstück ($M = 17.68, SD = 14.57$) signifikant ($p = .009$) höhere Werte in der pNN50 hat als die Bedingung Baseline ($M = 14.86, SD = 13.76$). Es gibt sowohl keinen signifikanten Unterschied zwischen den Bedingungen Baseline und positives Musikstück in der PNN50 ($p = .241$) als auch nicht in den Bedingungen positives Musikstück und negatives Musikstück ($p = 1$).

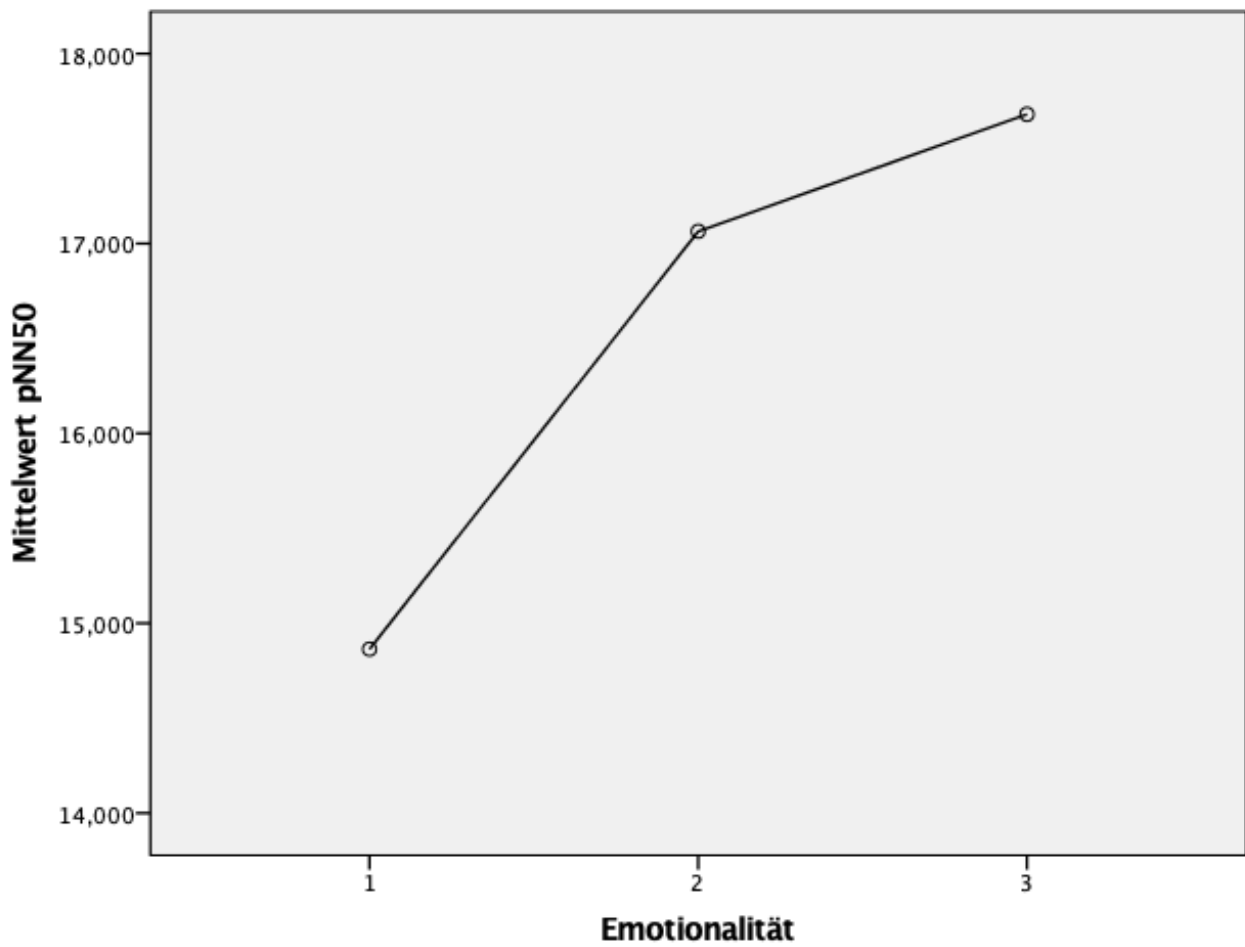


Abb. 20: Mittelwerte des Parameters pNN50 für jede der drei Bedingungen (Baseline, positive Emotionalität, negative Emotionalität).

Very Low Frequenz (VLF)

Im Anhang B befinden sich die Tabellen zu den inferenzstatistischen Ergebnissen.

Der Mauchly-Test auf Sphärizität liefert kein signifikantes Ergebnis, weshalb Sphärizität angenommen werden kann und Homoskedastizität somit zwischen den Stufen nicht gegeben ist.

Es gibt keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den drei Bedingungen im Parameter VLF: $F(2,98) = .91, p < .407$.

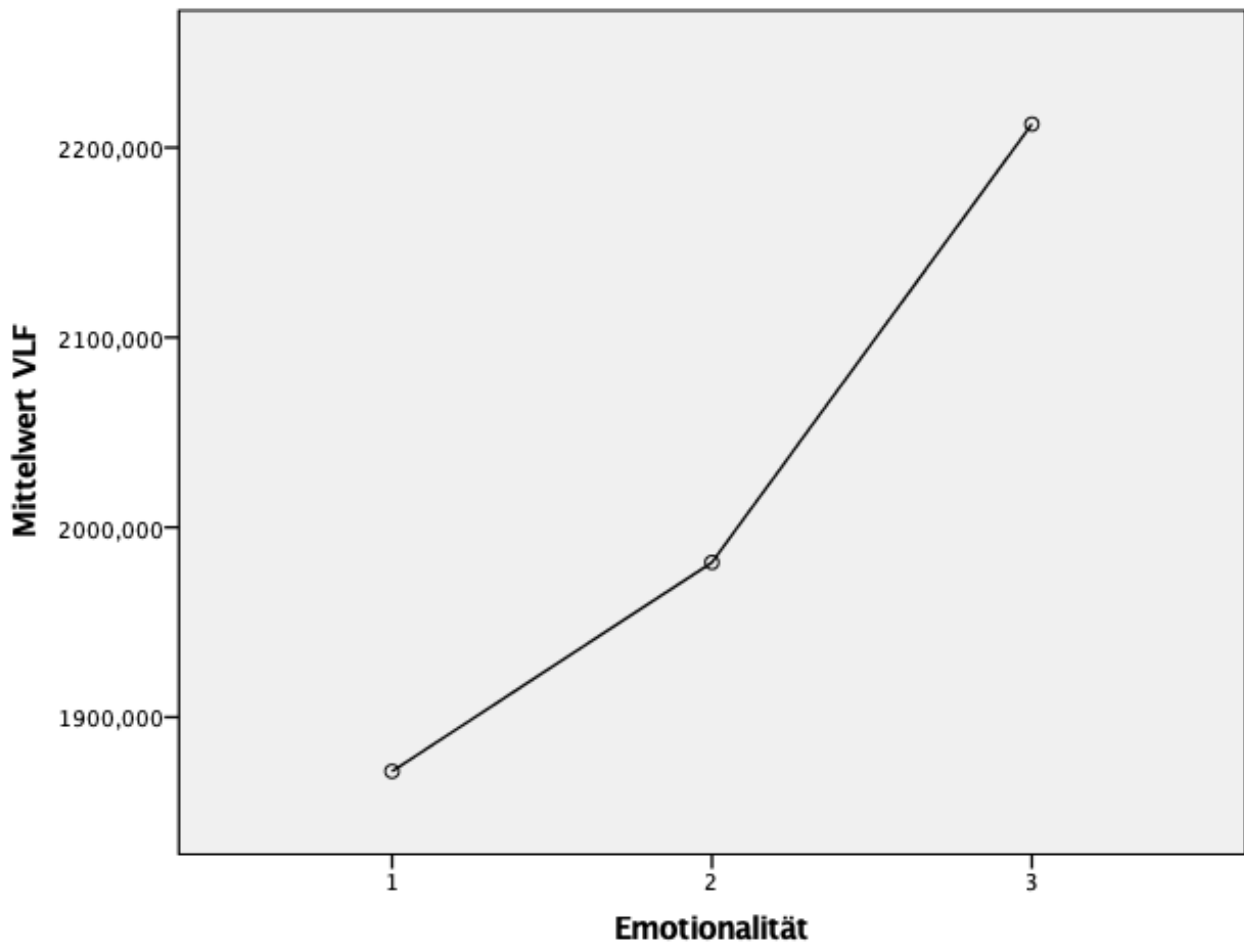


Abb. 21: Mittelwerte des Parameters VLF für jede der drei Bedingungen (Baseline, positive Emotionalität, negative Emotionalität).

Low Frequenzy (LF)

Im Anhang B befinden sich die Tabellen zu den inferenzstatistischen Ergebnissen.

Der Mauchly-Test auf Sphärizität liefert ein knapp signifikantes Ergebnis, weshalb Sphärizität nicht angenommen werden kann und nach Greenhouse-Geisser interpretiert wird.

Es gibt keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den drei Bedingungen im Parameter LF: $F(2,98) = 2.17, p < .133$.

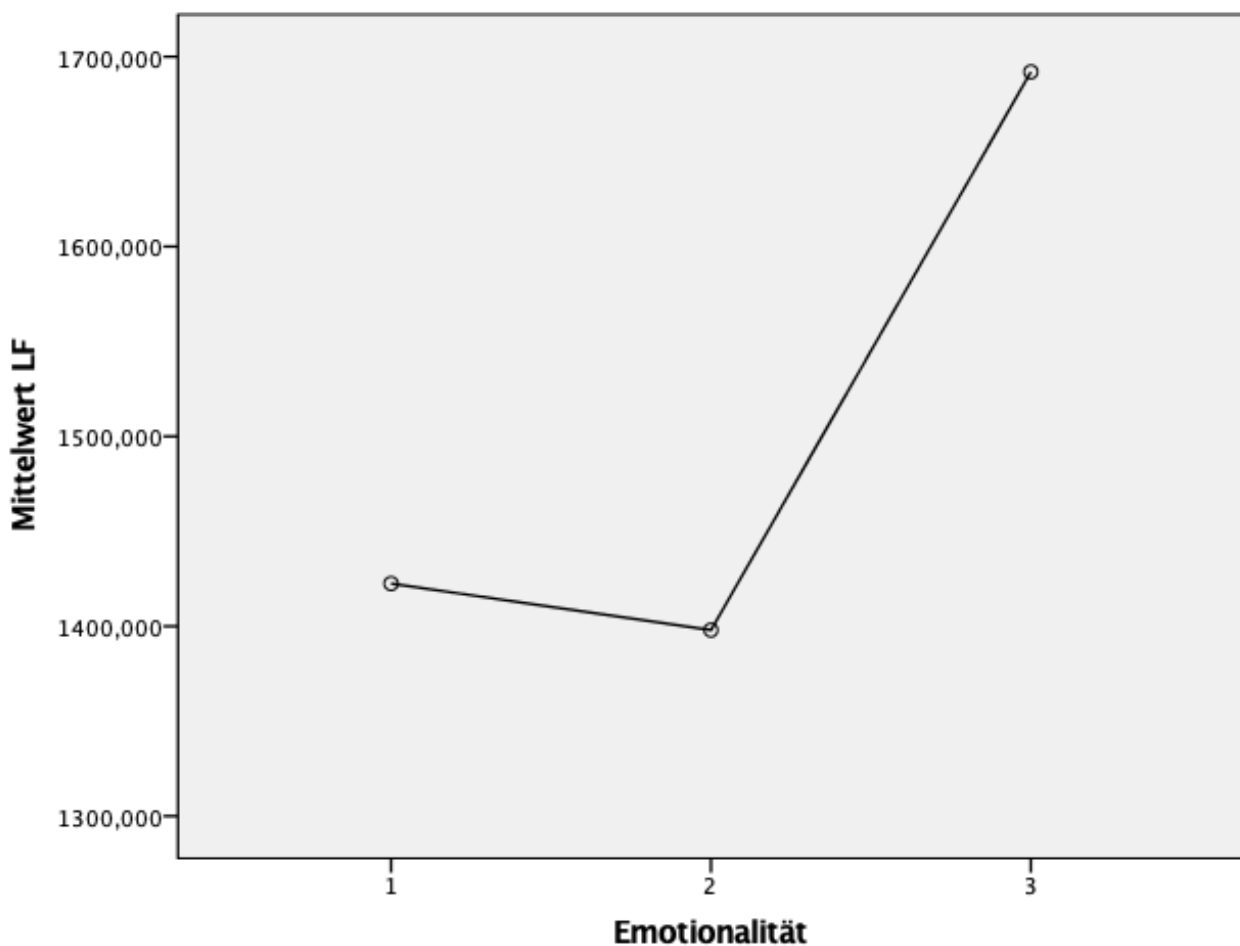


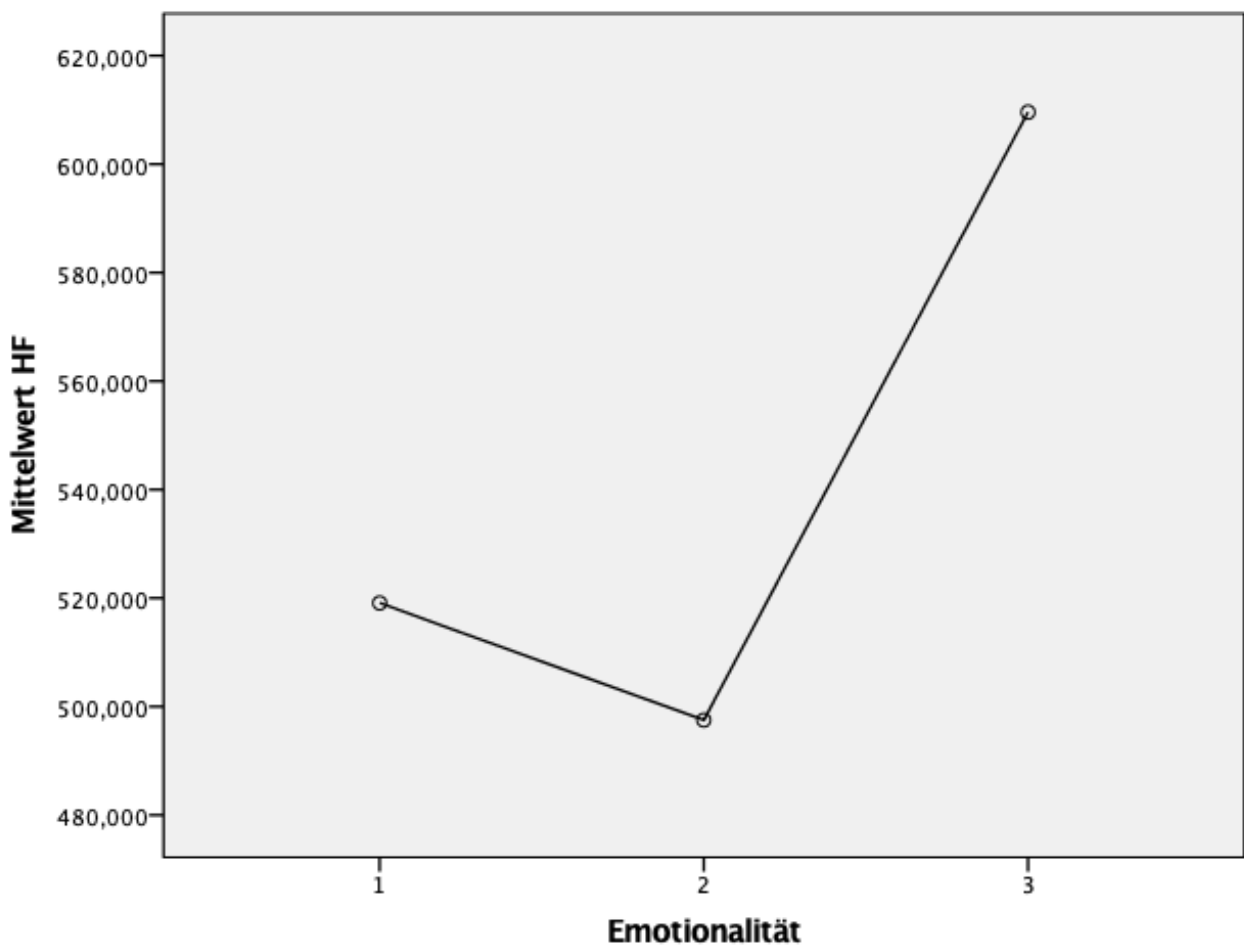
Abb. 22: Mittelwerte des Parameters LF für jede der drei Bedingungen (Baseline, positive Emotionalität, negative Emotionalität).

High Frequenzy HF

Im Anhang B befinden sich die Tabellen zu den inferenzstatistischen Ergebnissen.

Der Mauchly-Test auf Sphärizität liefert kein signifikantes Ergebnis, weshalb Sphärizität angenommen werden kann und somit Homoskedastizität zwischen den Stufen gegeben ist. Es gibt keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den drei Bedingungen in der HF: $F(2,98) = 1.89, p < .157$.

Abb. 23: Mittelwerte des Parameters HF für jede der drei Bedingungen (Baseline, positive Emotionalität,



negative Emotionalität).

3.2.Darstellung der Ergebnisse der Varianzanalyse mit Messwiederholung zwischen den Musikstücken mit hoher und niedriger Emotionalität, gemessen mit dem BASTI

Ängstlichkeit

Der Mauchly-Test auf Sphärizität liefert ein signifikantes Ergebnis, weshalb Sphärizität nicht angenommen werden kann und somit Homoskedastizität zwischen den Stufen nicht gegeben ist.

Es gibt einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den drei Bedingungen in der Ängstlichkeit: $F(2,98) = 5.38, p < .12$.

Post-hoc-Analysen mittels Bonferroni-Tests ergeben, dass das neutrale Musikstück ($M = .75, SD = .93$) signifikant höhere Werte ($p = .00$) in der Ängstlichkeit hat als das positive Musikstück ($M = .45, SD = .75$). Außerdem gibt es einen signifikanten Unterschied zwischen der Bedingung positives Musikstück ($M = .45, SD = .75$) und negatives Musikstück ($M = .78, SD = .94$) in der Ängstlichkeit ($p = .02$). Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Bedingungen neutrales und negatives Musikstück in der Ängstlichkeit ($p = 1.00$).

Ausgelassenheit

Der Mauchly-Test auf Sphärizität liefert kein signifikantes Ergebnis, weshalb Sphärizität angenommen werden kann und somit Homoskedastizität zwischen den Stufen gegeben ist.

Es gibt einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den drei Bedingungen in der Ausgelassenheit: $F(2,98) = 36.72, p < .00$.

Post-hoc-Analysen mittels Bonferroni-Tests ergeben, dass das neutrale Musikstück ($M = 1.69, SD = 1.18$) signifikant ($p = .00$) niedrigere Werte in der Ausgelassenheit hat als das positive Musikstück ($M = .45, SD = .75$) und signifikant niedrigere Werte hat ($p = .00$) als das negatives Musikstück ($M = .86, SD = 1.11$). Außerdem gibt es einen

signifikanten Unterschied zwischen den Bedingungen positives und negatives Musikstück in der Ausgelassenheit ($p = .00$).

Deprimiertheit

Der Mauchly-Test auf Sphärizität liefert ein signifikantes Ergebnis, weshalb Sphärizität nicht angenommen werden kann und somit Homoskedastizität zwischen den Stufen nicht gegeben ist.

Es gibt einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den drei Bedingungen in der Deprimiertheit: $F(2,98) = 12.29, p < .00$.

Post-hoc-Analysen mittels Bonferroni-Tests ergeben, dass das negative Musikstück ($M = 1.27, SD = 1.38$) sowohl signifikant ($p = .04$) höhere Werte in der Deprimiertheit hat, als das neutrale Musikstück ($M = .75, SD = .92$), als auch signifikant höhere Werte ($p = .00$) als das positive Musikstück ($M = .46, SD = .85$). Außerdem gibt es einen signifikanten Unterschied zwischen der Bedingung positives Musikstück und negatives Musikstück in der Deprimiertheit ($p = .00$).

Entspannung

Der Mauchly-Test auf Sphärizität liefert kein signifikantes Ergebnis, weshalb Sphärizität angenommen werden kann und somit Homoskedastizität zwischen den Stufen gegeben ist.

Es gibt einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den drei Bedingungen in der Entspannung: $F(2,98) = 21.69, p < .00$.

Post-hoc-Analysen mittels Bonferroni-Tests ergeben, dass das neutrale Musikstück ($M = 3.23, SD = 1.14$) signifikant ($p = .00$) höhere Werte in der Entspannung hat als das negative Musikstück ($M = 2.05, SD = 1.20$). Es gibt einen signifikanten Unterschied zwischen dem positiven Musikstück ($M = 3.16, SD = 1.34$) und dem negativen Musikstück in der Entspannung ($p = .00$).

Geladene Stimmung

Der Mauchly-Test auf Sphärizität liefert kein signifikantes Ergebnis, weshalb Sphärizität angenommen werden kann und somit Homoskedastizität zwischen den Stufen gegeben ist.

Es gibt keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den drei Bedingungen in der Dimension Geladene Stimmung: $F(2,98) = .21, p < .81$.

Heitere Stimmung

Der Mauchly-Test auf Sphärizität liefert kein signifikantes Ergebnis, weshalb Sphärizität angenommen werden kann und somit Homoskedastizität zwischen den Stufen gegeben ist.

Es gibt einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den drei Bedingungen in der heiteren Stimmung: $F(2,98) = 43.64, p < .00$.

Post-hoc-Analysen mittels Bonferroni-Tests ergeben, dass das neutrale Musikstück ($M = 2.77, SD = 1.18$) signifikant ($p = .00$) höhere Werte in der heiteren Stimmung hat als das negative Musikstück ($M = 1.56, SD = 1.24$). Außerdem hat das positive Musikstück ($M = 3.20, SD = 1.35$) signifikant höhere Werte als das Negative ($p = .00$). Zwischen der neutralen und der positiven Bedingung gibt es keinen signifikanten Unterschied in der heiteren Stimmung $p = .07$.

Müde-wach

Der Mauchly-Test auf Sphärizität liefert ein signifikantes Ergebnis, weshalb Sphärizität nicht angenommen werden kann und somit Homoskedastizität zwischen den Stufen nicht gegeben ist.

Es gibt einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den drei Bedingungen in der Dimension müde-wach: $F(2,98) = 64.62, p < .00$.

Post-hoc-Analysen mittels Bonferroni-Tests ergeben, dass das neutrale Musikstück ($M = .54$, $SD = 2.22$) signifikant ($p = .05$) höhere Werte in der Dimension müde-wach hat als das negative Musikstück ($M = -.38$, $SD = 2.40$). Ebenso hat das positive Musikstück ($M = 3.08$, $SD = 1.30$) signifikant höhere Werte als das negative Musikstück ($p = .00$). Es gibt einen signifikanten Unterschied zwischen dem neutralen und dem positiv bewerteten Musikstück ($p = .00$).

Mürrische Stimmung

Der Mauchly-Test auf Sphärizität liefert ein knapp nicht signifikantes Ergebnis, weshalb Sphärizität angenommen werden kann und somit Homoskedastizität zwischen den Stufen gegeben ist.

Es gibt einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den drei Bedingungen in der mürrischen Stimmung: $F(2,98) = 11.73$, $p < .00$.

Post-hoc-Analysen mittels Bonferroni-Tests ergeben, dass das negative Musikstück ($M = 1.25$, $SD = 1.26$) signifikant ($p = .01$) höhere Werte in der mürrischen Stimmung hat als das neutrale Musikstück ($M = .73$, $SD = .95$). Ebenfalls hat das negativ bewertete Musikstück signifikant höherer Werte als das Positive ($M = .49$, $SD = .83$) ($p = .00$).

Ein signifikanter Unterschied zwischen der Bedingung neutrales Musikstück und positives Musikstück in der mürrischen Stimmung kann nicht festgestellt werden ($p = .23$).

Nervosität

Der Mauchly-Test auf Sphärizität liefert kein signifikantes Ergebnis, weshalb Sphärizität angenommen werden kann und somit Homoskedastizität zwischen den Stufen gegeben ist.

Es gibt keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den drei Bedingungen in der Dimension Nervosität: $F(2,98) = 2.33$, $p < .10$.

Ruhig-erregt

Der Mauchly-Test auf Sphärizität liefert ein nicht signifikantes Ergebnis, weshalb Sphärizität angenommen werden kann und somit Homoskedastizität zwischen den Stufen gegeben ist.

Es gibt einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den drei Bedingungen in der Dimension ruhig-erregt: $F(2,98) = 86.17, p < .00$.

Post-hoc-Analysen mittels Bonferroni-Tests ergeben, dass sich alle drei Bedingungen signifikant voneinander in der Dimension ruhig-erregt unterscheiden. Das positive Musikstück ($M = 2.04, SD = 1.55$) hat signifikant ($p = .00$) höhere Werte als das neutrale Musikstück ($M = -2.56, SD = 2.13$). Ebenfalls hat das positive Musikstück signifikant ($p = .00$) höhere Werte als das negative ($M = -1.20, SD = 2.30$).

Das neutrale Musikstück hat signifikant niedrigere Werte als das negative Musikstück ($p = .00$).

Sentimentalität

Der Mauchly-Test auf Sphärizität liefert ein nicht signifikantes Ergebnis, weshalb Sphärizität angenommen werden kann und somit Homoskedastizität zwischen den Stufen gegeben ist.

Es gibt einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den drei Bedingungen in der Dimension Sentimentalität: $F(2,98) = 4.00, p < .02$.

Post-hoc-Analysen mittels Bonferroni-Tests ergeben, dass das negative Musikstück ($M = 1.44, SD = 1.51$) signifikant ($p = .05$) höhere Werte in der Sentimentalität hat als das positive Musikstück ($M = .86, SD = 1.05$).

Es gibt keinen signifikanten Unterschied sowohl zwischen dem neutralen ($M = 1.13, SD = 1.15$) und dem positiven Musikstück ($p = .48$), als auch nicht zwischen dem neutralen und dem negativen Musikstück ($p = .32$).

Teilnahmslosigkeit

Der Mauchly-Test auf Sphärizität liefert ein nicht signifikantes Ergebnis, weshalb Sphärizität angenommen werden kann und somit Homoskedastizität zwischen den Stufen gegeben ist.

Es gibt einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den drei Bedingungen in der Dimension Teilnahmslosigkeit: $F(2,98) = 13.51, p < .00$.

Post-hoc-Analysen mittels Bonferroni-Tests ergeben, dass das negative Musikstück ($M = 1.89, SD = 1.60$) signifikant ($p = .00$) höhere Werte in der Dimension Teilnahmslosigkeit hat als das neutrale Musikstück ($M = 1.75, SD = 1.36$). Ebenso hat das negative Musikstück signifikant ($p = .00$) höhere Werte als das positive Musikstück ($M = 1.07, SD = 1.25$).

Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen dem neutralen und dem positiven Musikstück ($p = 1.00$).

Unangenehm-angenehm

Der Mauchly-Test auf Sphärizität liefert ein knapp nicht signifikantes Ergebnis, weshalb Sphärizität angenommen werden kann und somit Homoskedastizität zwischen den Stufen gegeben ist.

Es gibt einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den drei Bedingungen in der Dimension unangenehm-angenehm: $F(2,98) = 45.10, p < .00$.

Post-hoc-Analysen mittels Bonferroni-Tests ergeben, dass sich alle drei Bedingungen signifikant voneinander in der Dimension unangenehm-angenehm unterscheiden. Das positive Musikstück ($M = 3.42, SD = 1.26$) hat signifikant ($p = .00$) höhere Werte als das neutrale Musikstück ($M = 1.82, SD = 2.35$). Ebenfalls hat das positive Musikstück signifikant ($p = .00$) höhere Werte als das negative Musikstück ($M = -.32, SD = 3.00$).

Das neutrale Musikstück hat signifikant ($p = .00$) höhere Werte als das negative Musikstück.

Zusammenfassung der Ergebnisse des BASTI (Manipulation Check)

Der Fragebogen BASTI dient als Manipulation Check. Aufgrund der Ergebnisse wird davon ausgegangen, dass die Versuchspersonen den Fragebogen ehrlich beantworteten.

4. Diskussion und Kritik

In der vorliegenden Studie wurde untersucht, inwieweit kurzfristig induzierte Emotionen, welche durch Musik ausgelöst werden, das kardiovaskuläre System beeinflussen. 50 Versuchspersonen konnten für diese Untersuchung akquiriert werden, um ihre physiologischen Parameter mittels EKG aufzeichnen zu lassen und entsprechende Fragebogen auszufüllen.

Die eingangs formulierte Forschungshypothese, dass durch Musik positiv induzierte Emotionen die physiologischen Parameter der Herzratenvariabilität erhöhen, konnte nicht bestätigt werden. Es traten wider Erwarten gegenteilige Effekte ein. Die Parameter SDNN, RMSSD und pNN50, allesamt Marker einer gut funktionierenden parasympathischen Aktivität und damit stellvertretend für eine große HRV, unterscheiden sich signifikant zwischen der negativen Bedingung und der Baseline.

Post-hoc-Analysen des Parameters SDNN mittels Bonferroni-Tests haben ergeben, dass die Bedingung negatives Musikstück ($M = 64.10$, $SD = 23.74$) signifikant höhere Werte ($p = .042$) in der SDNN hatte als die Baseline ($M = 62.88$, $SD = 21.88$).

Beim Parameter RMSSD ergaben Post-hoc-Analysen mittels Bonferroni-Tests, dass die Bedingung negatives Musikstück ($M = 39.21$, $SD = 23.74$) signifikant höhere Werte ($p = .006$) in der RMSSD hatte als die Bedingung Baseline ($M = 35.70$, $SD = 17.45$).

Post-hoc-Analysen des Parameters pNN50 mittels Bonferroni-Tests haben ergeben, dass die Bedingung negatives Musikstück ($M = 17.68$, $SD = 14.57$) signifikant ($p = .009$) höhere Werte in der pNN50 hatte als die Bedingung Baseline ($M = 14.86$, $SD = 13.76$). Zwischen der negativen und der positiven Bedingung sowie zwischen der positiven Bedingung und der Baseline gab es keine signifikanten Unterschiede. Dies würde bedeuten, dass negative Emotionen durch Musik induziert im Vergleich zu einer Ausgangsbedingung zu einer Erhöhung der kardiovaskulären Parameter der HRV führen.

Bei den frequenzbasierten Messmethoden (VLF, LF und HF) konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bedingungen festgestellt werden.

Ein möglicher Erklärungsversuch für das Zustandekommen der Ergebnisse könnte durch die durchaus hohe Umgebungstemperatur erklärt werden. Die Durchschnittstemperatur in den ersten fünf Experimenten betrug 28 Grad Celsius. Lediglich beim letzten Experiment war es mit 22 Grad Celsius etwas kühler. In Untersuchungen konnte herausgefunden werden, dass Hitze und hohe Umgebungstemperaturen zu einer erhöhten sympathischen Aktivität und zu einer reduzierten HRV führen können (Ren et al., 2011; Wu et al., 2013).

Auffallend ist, dass sich die Bedingung Baseline ($M = 81.53$, $SD = 11.38$) sowohl signifikant ($p < .001$) von der Bedingung positives Musikstück ($M = 78.28$, $SD = 9.35$) als auch von der Bedingung negatives Musikstück ($M = 77.34$, $SD = 10$) ($p < .001$) unterscheidet. Hitze und hohe Umgebungstemperaturen können dazu führen, dass die Herzrate erhöht ist (Triebig, Ketner & Schiele, 2011).

Dass die Herzrate allerdings in der Baselinebedingung bei den Versuchspersonen signifikant höher war als in den anderen beiden Bedingungen, kann damit begründet werden, dass die TeilnehmerInnen anfangs wahrscheinlich nervös waren. Schließlich stellt die Verkabelung an EKG-Geräten kein alltägliches Unterfangen dar und wurde daher von einigen als befremdlich wahrgenommen.

Eine weitere Verzerrung der Ergebnisse könnte dadurch entstanden sein, dass die Abstände der Musikstücke zu gering waren. So ist es denkbar, dass die Emotionen, die von einem Musikstück ausgelöst wurden, auf das folgende Musikstück weiter gewirkt haben. Takeuchi hat 2002 herausgefunden, dass es durch die Aktivierung negativer Emotionen viel länger dauert, bis das physiologische Ausgangsniveau wiederhergestellt wird, als dies bei positiven Emotionen der Fall ist. Dieser Umstand könnte für die vorliegenden Ergebnisse mitverantwortlich sein.

Eine andere Erklärung dafür, dass die emotionalen Reaktionen des positiven Musikstücks sich nicht signifikant von den anderen Bedingungen unterschieden, könnte darin begründet sein, dass die ausgelösten Emotionen nicht stark genug waren. Die Musikauswahl hat die Genres „Rock“ und „Hip-Hop“ nicht berücksichtigt – Musikrichtungen, die vor allem bei jungen Menschen äußerst beliebt sind. Eine mögliche Lösung dieses Umstandes könnte das Vorspielen des eigenen Lieblingsstücks der Versuchsperson sein. Dadurch wäre das Auslösen einer SEM sehr wahrscheinlich.

Bei der Betrachtung der deskriptiven Statistik fällt auf, dass lediglich 1% der Versuchspersonen musikalisch aktiv waren. Interessant wäre der Vergleich der Auswirkungen emotionaler Reaktionen durch Musik zwischen Musikern und Nicht-Musikern. In einer Studie von Marti aus dem Jahr 2012 konnte festgestellt werden, dass sich durch Chorsingen die Parameter im Zeitbereich (SDNN, RMSSD, pNN50) gegenüber den Ausgangswerten signifikant erhöhten ($p < 0,0001$). Trappe und Berker (2014) weisen in ihrer Arbeit darauf hin, dass Musiker sensibler auf musikbedingte Veränderungen der kardiovaskulären Reaktivität reagieren als Nicht-Musiker, welchen Umstand sich vor allem die Musiktherapie zu Nutze machen könnte.

Zukünftige Forschung auf diesem Gebiet wird auf jeden Fall spannend zu beobachten sein, da die Möglichkeiten des Datensammelns immer vielfältiger und ihre Durchführung immer einfacher wird. Mittlerweile ist es mittels der Apple Watch Series 4 sogar schon möglich, verwertbare EKG-Aufzeichnungen durchzuführen.

Einen äußerst interessanten musiktherapeutischen Ansatz in Bezug auf die HRV bietet die Praxis für integrale Therapie von Bernd Heiler, welche sich mit Biofeedback und Neurofeedback befasst. Der Ansatz des Sound of Soul® ist folgender: Die HRV wird mit Hilfe eines EKGs erstellt, welche wiederum in individuelle Musik umgewandelt wird. Dieser Herzklang gibt die körpereigenen Schwingungen wieder und bietet die Möglichkeit, unterschiedliche Stilrichtungen und Instrumente zu verwenden. Die Herzmusik ist dem Patienten jederzeit als Audiodatei verfügbar, wodurch er sich in eine optimale vegetative Balance begeben kann und somit die Stimulierung und Stärkung des Nervus Vagus möglich ist. Da ich diesen Ansatz als sehr interessant und

vielversprechend erachte, bin ich der Meinung, dass sich zukünftige wissenschaftliche Forschung in diesem Bereich durchaus lohnt.

Musik im Zusammenhang mit der Herzratenvariabilität ist ein spannendes Forschungsfeld, welches in Zukunft sicher noch viele nützlichen Erkenntnisse offenbaren wird.

5. Zusammenfassung

Die Erforschung der Herzratenvariabilität im Zusammenhang mit Musik ist in den letzten Jahren stark gestiegen.

Während sich viele Studien der HRV mittels Langzeitmessungen (24h EKG) bedienen, ist das Ziel dieser Masterarbeit, die Erforschung der durch Musik induzierten emotionalen Reaktionen auf die verschiedenen kardiovaskulären Parameter der HRV bei Kurzzeitmessungen. Ausgehend vom derzeitigen Forschungsstand wird erwartet, dass Musikstücke, die positive emotionale Reaktionen auslösen, zu einer Erhöhung der HRV führen, während negativ induzierte Emotionen zu keinem Anstieg der HRV führen.

Bei 36 Frauen und 14 Männer wurde mittels EKG-Geräte die Herzratenvariabilität gemessen, während sie unterschiedliche Musikstücke für die Dauer von fünf Minuten dargeboten bekamen.

Das Musikmaterial beinhaltete eine große Bandbreite an unterschiedlichen Musiken, die von klassischer Musik bis zu modernem Pop reichte.

Durch das Ausfüllen des Self-Assessment Manikin (SAM) wurden die emotionalen Befindlichkeiten der UntersuchungsteilnehmerInnen erfasst, auf deren Basis die jeweiligen Musikstücke ausgewählt wurden. Die statistische Auswertung erfolgte mittels einer Varianzanalyse (ANOVA) mit Messwiederholung. Das Berliner-Alltagssprachliche-Stimmungs-Inventar (BASTI) diente als Manipulation-Check. Die Ergebnisse konnten die Hypothese nicht bestätigen. Es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den positiven und negativen Musikstücken in der HRV gefunden. Gründe dafür könnten in der hohen Umgebungstemperatur bzw. dem geringen Abstand der Musikstücke sowie an der Auswahl der Musikstücke gelegen haben.

Keywords: Herzratenvariabilität (HRV), Musik, emotionale Reaktionen, Short-Term Recording, autonome Reaktionen, kardiovaskuläres System, EKG

Literaturverzeichnis

- Abhishekh, H. A., Nisarga, P., Kisan, R., Meghana, A., Chandran, S., Raju, T. et al. (2013). Influence of age and gender on autonomic regulation of heart. *Journal of clinical monitoring and computing*, 27(3), 259–264.
- Akselrod, S., Gordon, D., Ubel, F. A., Shannon, D. C., Barger, A. C., & Cohen, R. J. (1981). Power Spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. *Science*, 213(4504), 220–222.
- Agelink, M. W., Boz, C., Ullrich, H. & Andrich, J. (2002). Relationship between major depression and heart rate variability.: Clinical consequences and implications for antidepressive treatment. *Psychiatric research*, 113(1-2), 139–149.
- Altenmüller, E. & Kopiez, R. (2005). Schauer und Tränen: zur Neurobiologie der durch Musik ausgelösten Emotionen. *Musik: gehört, gesehen und erlebt. Festschrift Klaus-Ernst Behne zum*, 65, 159–180.
- Aubert, A. E., Seps, B., & Beckers, F. (2003). Heart rate variability in athletes. *Sport medicine*, 33(12), 889–919.
- Barrett, D. (2012). „Gangnam Style“ holds Guinness World Record for most „liked“ video in Youtube history. Abgerufen am 04.10.2018, von <http://www.guinnessworldrecords.com/news/2012/9/gangnam-style-now-most-liked-video-in-youtube-history-44977/>
- Bergenthal, C. H. (n.d.). EKG Bild [Abbildung]. Abgerufen am 12.10.2018, in <https://www.mandet.de/images/ekg.jpg>

- Bernandi, 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 Collage of Cardiology*, 35(6), 1462–1469.
- Biglic, S. & Acaroglu, R. (2017). Effects of listening to music on comfort of chemotherapy patients. *Western journal of nursing research*, 39(6), 745–762.
- Billman, G. E. (2011). Herat rate variability - a historical perspective. *Frontiers in Physiology*, 2, 86–98.
- Billman, G. E. (2013). The LF/HF ratio does not accurately measure cardiac sympatho-vagal balance. *Frontiers in Physiology*, 4, 26.
- Billman, G.E., Huikuri, H.V., Sacha, J., Trimmel, K. (2015). An introduction to heart rate variability: Methodological considerations and clinical applications. *Frontiers in Physiology*, 6, 55. doi:10.3389/fphys.2015.00055
- Birbaumer, N. & Schmidt, R. F. (2003). *Biologische Psychologie*. (5., vollständig überarbeitete und ergänzte Auflage). Berlin: Springer-Verlag.
- Bonnemeier, H., Wiegand, U. K., Brandes, A., Kluge, N., Katus, H. A., Richardt, G. et al. (2003). Circadian profile of cardiac autonomic nervous modulation in healthy subjects: differing effects of aging and gender on heart rate variability. *Journal of cardiovascular electrophysiology*, 14(8), 791–799.
- Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler* (4. Auflage). Berlin: Springer.
- Bortz, J. & Schuster, C. (2010). *Statistik für Human-und Sozialwissenschaftler* (7. Vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage). Berlin: Springer.

- Bradley, M. M. & Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of behavior therapy and experimental psychiatry*, 25(1), 49–59.
- Brandstätter, V., Schüler, J., Puca, R.M. & Lozo, L. (2013). *Motivation und Emotion*. Berlin Heidelberg: Springer.
- Brunoni, A. R., Kemp, A. H., Dantas, E. M., Goulart, A. C., Nunes, M. A., Boggio, P. S. et al. (2013). Heart rate variability is a trait marker of major depressive disorder: evidence from the sertraline vs. electric current therapy to treat depression clinical study. *International journal of Neuropsychopharmacology*, 16(9), 1937–1949.
- Carney, R. M. & Freedland, K.E. (2009). Depression and heart rate variability in patients with coronary heart disease. *Cleveland Clinic journal of medicine*, 76(2), 13–17.
- Clays, E., De Bacquer, D., Crasset, V., Kittel, F., De Smet, P., Kornitzer, M. et al. (2011). The perception of work stressors is related to reduced parasympathetic activity. *International archives of occupational and environmental health*, 84(2), 185–191.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis in the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum.
- Cowdery, W. (1991). *The Compleat Mozart: A Guide to the Musical Works of Wolfgang Amadeus Mozart*. New York: W. W. Norton & Company.
- Davies, J. B. (1978). *The psychology of music*. Redwood City: Stanford University Press.
- Die Pekingoper. (2012, 16. Juli). Abgerufen am 04.10.2018, von http://german.beijingreview.com.cn/german2010/zhuanti/txt/2012-07/16/content_468211.htm
- Dobuzinskis, A. (2012). Psy's „Gangnam Style“ video becomes YouTube's most viewed. Abgerufen am 04.10.2018, <https://www.reuters.com/article/entertainment-us-psy/psys-gangnam-style-video-becomes-youtubes-most-viewed-idUSBRE8AN0BT20121124>

- Dudenredaktion (2007). *Duden: Das Herkunftswörterbuch: Etymologie der deutschen Sprache*. Mannheim: Lemma Edition.
- Eid, M., Notz, P., Steyer, R. & Schwenkmezger, P. (1994). Validating scales for the assessment of mood level and variability by latent state-trait analyses. *Personality and Individual Differences*, 16(1), 63–76.
- Erdem, A., Ayhan, S. S., Öztürk, S., Özlü, M. F., Alcelik, A., Sahin, S. et al. (2015). Cardiac autonomic function in healthy young smokers. *Toxicology and industrial health*, 31(1), 67–72.
- Ferrer, A. J. (2007). The effect of live music on decreasing anxiety in patients undergoing chemotherapy treatment. *Journal of Music Therapy*, 44(3), 242–255.
- Garzorz-Stark, N. (2018). *Basics Neuroanatomie eBook*. Elsevier Health Sciences.
- Gibbs, C. H. (2000). *The Life of Schubert*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Gramann, K. & Schandry, R. (2009): *Psychophysiologie: Körperliche Indikatoren psychischen Geschehens* (Vol. 4). Weinheim: Beltz Verlag.
- Hannon, E. E., Soley, G. & Ullal, S. (2012). Familiarity overrides complexity in rhythm perception: A cross-cultural comparison of American and Turkish listeners. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 38(3), 543.
- Hargreaves, D. J. & North, A.C. (1997). *The social psychology of music*. New York: University Press.
- Harrer, G. (1982). Das „Musikerlebnis“ im Griff des naturwissenschaftlichen Experiments. *Grundlagen der Musiktherapie und Musikpsychologie*, 2, 3–53.

Heiler, B. (n.d.). Sound of Soul® Entspannen, Loslassen, Krafttanken. Stimulation des Selbstheilungsnervs – Nervus Vagus. Abgerufen am 17.10.2019, in https://www.praxis-muenchen-zentrum.de/biofeedback/sound_of_soul/herz-musik.php

Herbon, A., Peter, C., Markert, L., van der Meer, E. & Voskamp, J. (2005). Emotion studies in HCI - a new approach. In: *Proceedings of the 2005 HCI international conference, Las Vegas*.

Honing, H., ten Cate, C., Peretz, I. & Trehub, S. E. (2015). Without it no music: cognition, biology and evolution of musicality. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 370(1664).

Hoos, O. (2006). Spektralanalyse der Herzfrequenzvariabilität im Sport - Methoden und Anwendungen, Möglichkeiten und Grenzen. *Herzfrequenzvariabilität: Methoden und Anwendungen in Sport und Medizin. Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaften*, 162, 28–63.

Hottenrott, K. (2002a). Grundlagen zur Herzfrequenzvariabilität und Anwendungsmöglichkeiten im Sport. In K. Hottenrott (Eds.) , *Herzfrequenzvariabilität im Sport - Prävention, Rehabilitation und Training*. Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, Vol. 129 (pp. 9-26). Hamburg: Czwalina.

Hottenrott, K. (2002b). *Herzfrequenzvariabilität im Sport - Prävention, Rehabilitation und Training*. Hamburg: Czwalina.

Hottenrott, K. (2007). *Training with the Heart Rate Monitor*. Oxford: Meyer & Meyer Verlag.

- Jansen-Osmann, P. (2006). Der Mozart Effekt-Eine wissenschaftliche Legende? Oder: Der Einfluss von Musik auf die kognitive Leistungsfähigkeit. *Musik-, Tanz und Kunsttherapie*, 17(1), 1–10.
- Juslin, P. N. & Laukka, P. (2004). Expression, perception, and induction of musical emotions: A review and a questionnaire study of everyday listening. *Journal of new music research*, 33(3), 217–238.
- Kämpfe, J., Sedlmeier, P. & Renkewitz, F. (2011). The impact of background music on adult listeners: A meta-analysis. *Psychology of Music*, 39(4), 424–448.
- Kirchner, B. (2011). *Eventgemeinschaften. Das Fusion Festival und seine Besucher*. Wiesbaden: VS Verlag.
- Kleinschrot, D. & Rost, C. (n.d.). Das menschliche Herz [Abbildung]. Abgerufen am 12.10.2018, in https://www.main-herz.de/images/website_reizleitungssystem.jpg
- Kreibig, S. D. (2010). Autonomic nervous system activity in emotion: A review. *Biological psychology*, 84(3), 394–421.
- Lewis, J. (2014). Pat Metheny: 10 of the best. Abgerufen am 04.10.2018, in <https://www.theguardian.com/music/musicblog/2014/aug/12/pat-metheny-10-of-the-best>
- MacLean, P. D. (1955). The limbic system (visceral brain) and emotional behavior. *AMA Archives of Neurology & Psychiatry*, 73(2), 130–134.
- Malik, M. (1993). Components of the heart rate variability - what they really mean and what we really measure. *AM J Cardiol*, 72, 821–822.

- Malliani, A., Pagani, M., Lombardi, F. & Cerutti, S. (1991). Cardiovascular neural regulation explored in frequency domain. *Circulation*, 84, 482–498.
- Marti, T. (2012). Wirkungen des Chorsingens auf die cardiorespiratorische Koordination und das subjektive Befinden bei Erwachsenen. *RoSE-Research on Steiner Education*, 3(1).
- Massi, C. M., Hawkey, L. C., Rickett, E. M. & Cacioppo, J. T. (2007). Respiratory sinus arrhythmia and diseases of aging: Obesity, diabetes mellitus, and hypertension. *Biological psychological*, 74(2), 212–223.
- Massin, M. M., Maeyns, K., Withofs, N., Ravet, F. & Gérard, P. (2000). Circadian rhythm of heart rate and heart rate variability. *Archives of disease in childhood*, 83(2), 179–182.
- McCraty, R. (2015). *Science of the heart: Vol. 2. Exploring the role of the heart in human performance*. Boulder Creek: HearthMath Institute.
- Merhabian, A. & Russel, J. A. (1974). *An approach to environmental psychology*. Cambridge, MA, US: The MIT Press.
- Mikutta, C. A., Schwab, S., Niederhauser, S., Wuermle, O., Strik, W. & Altdorfer, A. (2013). Music, perceived arousal, and intensity: Psychophysiological reactions to Chopin's „Tristesse". *Psychophysiology*, 50(9), 909–919.
- Niedermaier, O. N., Smith, M. L., Beightol, L. A., Zukowska-Grojec, Z., Goldstein, D. S. & Eckberg, D. L. (1993). *Influence of cigarette smoking on human autonomic function*. *Circulation*, 88(2), 562–571.

- Nunan, D., Sandercock, G. R., & Brodie, D. A. (2010). A quantitative systematic review of normal values for short-term heart rate variability in healthy adults. *Pacing and clinical electrophysiology*, 33(11), 1407–1417.
- Pagani, M., Lombardi, F., Guzzetti, S., Rimoldi, O., Furlan, R., Pizzinelli, P. et al. (1986). Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympatho-vagal interaction in man and conscious dog. *Circulation Research*, 59, 178–193.
- Panksepp, J. (1995). The emotional sources of “chills“ induced by music. *Music perception*, 13(2), 171–202.
- Pat Metheny Group. (n.d.). Abgerufen am 04.10.2018, in <https://www.allmusic.com/artist/pat-metheny-group-mn0000178654/related>
- Pavlovic, I. & Markovic, S. (2011). The effect of music background on the emotional appraisal of film sequences. *Psihologija*, 44(1), 71–91.
- Pérez Lloret, S., Diez, J. J., Domé, M. N., Alvarez Delvenne, A., Braidot, N., Cardinali, D. P. & Vigo, D. E. (2014). Effects of different “relaxing” music styles on the autonomic nervous system. *Noise & Health*, 16, 279–284.
- Perini, R. & Veicsteinas, A. (2003). Heart rate variability and autonomic activity at rest and during exercise in various physiological conditions. *European journal of applied physiology*, 90(3-4), 317–325.
- Pietschnig, J., Voracek, m. & Formann, A. K. (2010). Mozart effect-Shmozart effect: A meta-analysis. *Intelligence*, 38(3), 314–323.
- Pittig, A., Arch, J. J., Lam, C. W. & Craske, M. G. (2013). Heart rate and heart rate variability in panic, social anxiety, obsessive-compulsive, and generalized

- anxiety disorders at baseline and in response to relaxation and hyperventilation. *International journal of psychophysiology*, 87(1), 19–27.
- Polak, R., Jacoby, N., Fischinger, T., Goldberg, D., Holzapfel, A. & London, J. (2018). Rhythmic prototypes across cultures: a comparative study of tapping synchronization. *Music Perception. An Interdisciplinary Journal*, 36(1), 1–23.
- Presch, M., Hartl, L., Tucek, G., Minnich, B., Kullich, W. & Bernatzky, G. (2011). Einflüsse von aktiver und rezeptiver Musiktherapie auf Kognition, Verhalten, Schlaf und allgemeine Befindlichkeit von Demenzpatienten - eine Pilotstudie. *Schweizerische Zeitschrift für Ganzheitsmedizin/Swiss Journal of Integrative Medicine*, 23(4), 218–223.
- Rauscher, F. H., Shaw, G. L. & Ky, K. N. (1993). Music and spatial task performance. *Nature*, 365, 611.
- Reeve, J. (2001). *Understanding motivation and emotion*. New York: Wiley.
- Ren. C., O’neill, M. S., Park, S.K., Sparrow, D., Vokonas, P. & Schwartz, J. (2011). Ambient temperature, air, pollution, and heart rate variability in an aging population. *American journal of epidemiology*, 173(9), 1013–1021.
- Richardson, T., Rozkovec, A., Thomas, P., Ryder, J., Meckes, C. & Kerr, D. (2004). Influence of caffeine on heart rate variability in patients with long-standing type 1 diabetes. *Diabetes Care*, 27(5), 1127–1131.
- Russell, J. A. (1983). Pancultural aspects of the human conceptual organization of emotions. *Journal of personality and social psychology*, 45(6), 1281–1288.
- Russell, J. & Mehrabian, A. (1977). Evidence for a three-factor theory of emotion. *Journal of Research in Personality*, 11, 179–183.

- Russell, J. A. & Pratt, G.A. (1980). A Description of the Affective Quality Attributed to Environments. *Journal of personality and social psychology*, 38, 311–322.
- Russell, J. A., Lewicka, M. & Niit, T. (1989). A cross-cultural study of a circumplex model of affect. *Journal of personality and social psychology*, 57(5), 848–856.
- Rüdiger, H., Klinghammer, L., & Scheuch, K. (1998). The trigonometric regressive spectral analysis - a method for mapping of beat-to-beat recorded cardiovascular parameters on to frequency domain in comparison with Fourier transformation. *Computer methods and programs in biomedicine*, 58(1), 1–15.
- Sakuragi, S., Sugiyama, Y., Takeuchi, K. (2002). Effect of laughing and weeping on mood and heart rate variability. *Journal of physiological anthropology and applied human science*, 21(3), 159–165.
- Sammito, S., & Böckelmann, I. (2015). Analyse der Herzfrequenzvariabilität: Mathematische Basis und praktische Anwendung. *Herz*, 40(1), 76–84.
- Sammito, S., Thielmann, B., Seibt, R., Klusmann, A., Weippert, M. & Böckelmann, I. (2014). Leitlinie Nutzung der Herzschlagfrequenz und der Herzfrequenzvariabilität in der Arbeitsmedizin und der Arbeitswissenschaft. *Das Portal der wissenschaftlichen Medizin*, 11, 1–60.
- Shaffer, F., McCraty, R. & Zerr, C.L. (2014). A healthy heart is not a metronome: an integrative review of the heart's anatomy and heart rate variability. *Frontiers in psychology*, 5, 1040.
- Schandry, R. (1989). *Lehrbuch der Psychophysiologie. Körperliche Indikatoren psychischen Geschehens*. (2., überarbeitete und erweiterte Auflage). München: Psychologie Verlags Union.

- Schimmanek, U. (1997). Das Berliner-Alltagsprachliche- Stimmungs-Inventar (BASTI): Ein Vorschlag zur kontextvaliden Erfassung von Stimmungen. *Diagnostica*, 43, 150–173.
- Seo, Y. S. & Huh, J. H. (2019). Automatic emotion-based music classification for supporting intelligent IoT applications. *Electronics*, 8(2), 164.
- Servan-Schreiber, D. (2015). *Die neue Medizin der Emotionen: Stress, Angst, Depression: Gesund werden ohne Medikamente*. München: Antje Kunstmann.
- Singh, J. P., Larson, M. G., O'Donnel, C. J., Tsuji, H., Corey, D. & Levy, D. (2002). Genome scan linkage results for heart rate variability (the Framingham Heart Study). *The American journal of cardiology*, 90(12), 1290–1293.
- Sloboda (1992). Empirical studies of emotional response to music. In: M. Riess-Jones & S. Holleran (Eds.) , *Cognitive bases of musical communication* (pp. 33–46). Washington DC: American Psychological Association.
- Sloboda, J. A. (1996). Emotional responses to music. A review. In K. Riederer & T. Lahti (Eds.) , *Proceedings of the Nordic acoustical meeting* (pp. 385-392). Helsinki: The Acoustical Society of Finland.
- Sloboda, J.A. & O'neill, S.A. (2001). Emotions in everyday listening to music. *Music & Emotion: Theory and research*, 415–429.
- Smilde, T. D., van Veldhuisen, D. J. & van den Berg, M. P. (2009). Prognostic value of heart rate variability and ventricular arrhythmias during 13-year follow-up in patients with mild to moderate heart failure. *Clinical Research in Cardiology*, 98(4), 233–239.

- Spitzer, M. (2007). *Musik im Kopf: hören, musizieren, verstehen und erleben im neuronalen Netzwerk*. Stuttgart: Schattauer Verlag.
- Spychiger, M. (2006). Ansätze zur Erklärung der kognitiven Effekte musikalischer Betätigung. *Macht Mozart schlau? Die Förderung kognitiver Kompetenzen durch Musik*, 113–130.
- Stein, P. K., Carney, R. M., Freedland, K. E., Skala, J. A., Jaffe, A. S., Kleiger, R. E. et al. (2000). Severe depression is associated with markedly reduced heart rate variability in patients with stable coronary heart disease. *Journal of psychosomatic research*, 48(4-5), 493–500.
- Stein, P. K., Domitrovich, P. P., Huikuri, H. V., Kleiger, R.E. & Cast Investigators. (2005). Traditional and nonlinear heart rate variability are each independently associated with mortality after myocardial infarction. *Journal of cardiovascular electrophysiology*, 16(1), 13–20.
- Stratton, V. N. (1992). Influence of music and socializing on perceived stress while waiting. *Perceptual and motor skills*, 75(1), 334–334.
- Symphonie Nr. 3, Es-Dur; op. 55, „Eroica“ Ludwig van Beethoven. (n.d.). Abgerufen am 02.10.2018, in <http://www.aeiou.at/bt-ero.htm>
- Symphonie Nr. 6: 2. Satz (Andante molto mosso). (n.d.). Abgerufen am 02.10.2018, in <http://www.aeiou.at/b6-satz2.htm>
- Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing Electrophysiology (1996). Heart Rate Variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *European Heart Journal*, 17, 354–381. Abgerufen am 21.09.2018, in

https://www.escardio.org/static_file/Escardio/Guidelines/Scientific-Statements/guidelines-Heart-Rate-Variability-FT-1996.pdf

The 500 greatest Songs Since You Were Born: Number 1. (n.d.). Abgerufen am 04.10.2018, in

<https://web.archive.org/web/20051215132835/http://www.blender.com/guide/articles.aspx?ID=1777>

Thoma, M.V., La Marca, R., Brönnimann, R., Finkel, L., Ehlert, U. & Nater, U. M. (2013). The effect of music on the human stress response. *PloS one*, 8(8), e70156.

Thompson, W. F., Schellenberg, E. G. & Husain, G. (2001). Arousal, mood and the Mozart effect. *Psychological Science*, 12, 248–251.

Tomaso Albinoni und sein Andagio in g-Moll. (n.d.). Abgerufen am 02.10.2018, in http://www.causa-nostra.com/Rueckblick/Tomaso%20Albinoni%20und%20sein%20Adagio%20in%20g-moll_r1306a01.htm

Trappe, H. J. & Breker, I. M. (2015). Effekte von Musik auf das Herz-Kreislauf-System. *Musik-, Tanz und Kunsttherapie*, 25, 26–33.

Trappe, H. J. (2017). EKG-Befunde bei speziellen Herzerkrankungen. *Der Kardiologe*, 11(5), 398–410.

Trimmel, M. (2009). *Wissenschaftliches Arbeiten in Psychologie und Medizin*. Wien: Facultas. WUV, UTB.

Trimmel, M. (2015). Einführung in die Psychologie. Motivation, Emotion und Lernprinzipien. Münster: Lit.

- Trimmel, M., Goger, C., Spitzer, U., & Geiss-Granadia, T. (2017). Brain DC potentials evoked by listening to Mozart's Sonata K. 448, Albinoni's Adagio, Schubert's Fantasia, and Brown Noise: Indications of a Mozart Effect independent of mood and arousal. *Journal of Psychology and Brain Studies*, 1(1), 1-7.
- Triebig, G., Ketner, M. & Schiele, R. (2011). *Arbeitsmedizin- Handbuch für Theorie und Praxis*. (3., vollständig überarbeitete Auflage). Stuttgart: Gentner.
- Uusitalo, A., Mets, T., Martinmäki, K., Mauno, S., Kinnunen, U. & Rusko, H. (2011). Heart rate variability related to effort at work. *Applied ergonomics*, 42(6), 830–838.
- Van der Zwaag, M. D., Westerink, J. H. & van der Broek, E. L. (2011). Emotional and psychophysiological responses to tempo, mode, and percussiveness. *Musicae Scientiae*, 15(2), 250–269.
- Von Känel, R., Fuchs, W. J. & van Nuffel, M. (n.d.). EKG Bild mit RR-Intervallen [Abbildung]. Abgerufen am 14.10.2018, in <https://www.burnoutprotector.com/de/hrv/>
- Västfjäll, D., Friman, M. Gärling, T. & Kleiner, M. (2002). The measurement of core affect. A swedish self-report measure derived from the affect circumplex. *Scandinavian Journal of Psychology*, 43(1), 19–31.
- Voss, A., Heitmann, A., Schroeder, R., Peters, A. & Perz, S. (2012). Short-term heart rate variability – age dependence in healthy subjects. *Physiological measurement*, 33(8), 1289–1311.
- Waller, C., Bauersachs, J., Hoppmann, U., Höch, J., Krause, S., Szabo, F. et al. (2016). Blunted cortisol stress response and depression-induced hypocortisolism is

- related to inflammation in patients with CAD. *Journal of American Collage of Cardiology*, 67(9), 1124–1126.
- Wang, Y., Zhao, X., O’Neil, A., Turner, A., Liu, X. & Berk, M. (2013). Altered cardiac autonomic nervous function in depression. *BMC psychiatry*, 13(1), 187.
- Weiss, P. (n.d.). QRS-Komplex [Abbildung]. Abgerufen am 18.10.2018, in <https://www.drphweiss.ch/wp-content/uploads/2016/09/wekgnormal.jpg>
- Wörner, K. H. (1993). *Geschichte der Musik: ein Studien-und Nachschlagebuch*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Wu, S., Deng, F., Liu, Y., Shima, M., Niu, J., Huang, Q. & Guo, X. (2013). Temperature, traffic -related air pollution, and heart rate variability in a panel of healthy students. *Environmental research*, 120, 82–89.
- Wundt, W. (1903). *Grundzüge der physiologischen Psychologie* (Bd. 3; 5. Aufl.). Leipzig: Engelmann.

Anhang A: Deskriptivstatistik

Tabelle A1. Deskriptive Statistik der HRV-Parameter für die Bedingung Baseline.

	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
HR	50	81.53	11.38	57,25	110.94
SDNN	50	62.88	21.88	28.80	127.20
RMSSD	50	35.69	17.45	11.00	86.60
pNN50	50	14.86	13.76	0.26	48.64
VLF	50	1871.49	1725.98	1.90	7351.60
LF	50	1422.48	1111.28	1.00	5637.10
HF	50	519.10	544.03	2.10	2337.30

Tabelle A2. Deskriptive Statistik der HRV-Parameter für die Bedingung positive Emotionalität.

	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
HR	50	78.29	9.35	60.12	97.67
SDNN	50	64.10	23.74	31.40	143.00
RMSSD	50	38.07	16.60	11.50	82.20
pNN50	50	17.06	14.64	0.62	52.32
VLF	50	1981.54	1611.62	189.00	7622.40
LF	50	1397.97	1212.43	272.80	6928.90
HF	50	497.52	519.81	49.00	2311.30

Tabelle A3. Deskriptive Statistik der HRV-Parameter für die Bedingung negative Emotionalität.

	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
HR	50	77.33	10.00	57.47	97.80
SDNN	50	68.87	23.42	24.60	126.60
RMSSD	50	39.21	17.13	10.00	81.00
pNN50	50	17.68	14.57	0	51.96
VLF	50	2212.38	1844.46	258.20	9050.10
LF	50	1692.02	1707.10	77.50	8656.10
HF	50	609.58	645.07	6.90	2960.70

Tabelle A4. Deskriptive Statistik der Stichprobe in Bezug auf die Altersverteilung

	<i>N</i>	<i>M (Alter)</i>	<i>SD (Alter)</i>	<i>Min (Alter)</i>	<i>Max (Alter)</i>
Frauen	36	23.69	4.98	18	43
Männer	14	24.29	4.10	20	35
Gesamt	50	23.86	4.71	18	43

Anhang B: Analyse der HRV Parameter

Tabelle B1. Ergebnisse der Multivariaten Tests der ANOVA mit Messwiederholung für den Parameter HR.

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Sig.
Emotionalität	Pillai-Spur	.32	11.08	48	.00	.32
	Wilks-Lambda	.68	11.08	48	.00	.32
	Hotteling-Spur	.46	11.08	48	.00	.32
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	.46	11.08	48	.00	.32

Anmerkung. Signifikante Effekte (bei einem angenommenen Signifikanzniveau von .05) sind fett gedruckt.
 df = Freiheitsgrade; F = F ratio; p = Wahrscheinlichkeit.

Tabelle B2. Ergebnisse des Mauchly-Tests der ANOVA mit Messwiederholung für den Parameter HR.

Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approx. Chi-Quadrat	df	Sig.	Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Emotionalität	.88	6.41	2	.04	.89	.92	.50

Anmerkung. Signifikante Effekte (bei einem angenommenen Signifikanzniveau von .05) sind fett gedruckt.
 df = Freiheitsgrade; F = F ratio; p = Wahrscheinlichkeit.

Tabelle B3. Ergebnisse des Tests der Innersubjekteffekte der ANOVA mit Messwiederholung für den Parameter HR.

Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	partielles η^2
Emotionalität	Spährizität angenommen	485.86	2	242.93	15.30	.00	.24
	Greenhouse-Geisser	485.86	1.78	273.29	15.30	.00	.24
	Huynh-Feldt	485.86	1.84	264.05	15.30	.00	.24
	Untergrenze	485.86	1.00	485.86	15.30	.00	.24
Fehler (Emotionalität)	Spährizität angenommen	1555.96	98	15.88			
	Greenhouse-Geisser	1555.96	87.11	17.86			
	Huynh-Feldt	1555.96	90.16	17.26			
	Untergrenze	1555.96	49.00	31.75			

Anmerkung. Signifikante Effekte (bei einem angenommen Signifikanzniveau von .05) sind fett gedruckt. df = Freiheitsgrade; F = F ratio; p = Wahrscheinlichkeit.

Tabelle B4. Ergebnisse des Bonferroni-korrigierten post hoc-Tests der ANOVA mit Messwiederholung für den Parameter HR.

(I) Emotionalität	(J) Emotionalität	Mittlere Differenz(I-J)	Standardfehler	Sig.	95 % Konvidenzintervall für die Differenz	
					Untergrenze	Obergrenze
1	2	3.25	.80	.00	1.63	4.86
	3	4.21	.91	.00	2.38	6.03
2	3	.96	.66	.15	-.37	2.28

Anmerkung. Signifikante Effekte (bei einem angenommen Signifikanzniveau von .05) sind fett gedruckt.

Tabelle B5. Ergebnisse der Multivariaten Tests der ANOVA mit Messwiederholung für den Parameter SDNN.

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Sig.
Emotionalität	Pillai-Spur	.15	4.31	2.00	48	.02
	Wilks-Lambda	.85	4.31	2.00	48	.02
	Hotteling-Spur	.18	4.31	2.00	48	.02
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	.18	4.31	2.00	48	.02

Anmerkung. Signifikante Effekte (bei einem angenommenen Signifikanzniveau von .05) sind fett gedruckt.
 df = Freiheitsgrade; F = F ratio; p = Wahrscheinlichkeit.

Tabelle B6. Ergebnisse des Mauchly-Tests der ANOVA mit Messwiederholung für den Parameter SDNN.

Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approx. Chi-Quadrat	df	Sig.	Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Emotionalität	.95	2.45	2	.29	.95	.99	.50

Anmerkung. Signifikante Effekte (bei einem angenommenen Signifikanzniveau von .05) sind fett gedruckt.
 df = Freiheitsgrade; F = F ratio; p = Wahrscheinlichkeit.

Tabelle B7. Ergebnisse des Tests der Innersubjekteffekte der ANOVA mit Messwiederholung für den Parameter SDNN.

Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	partielles η^2
Emotionalität	Spährizität angenommen	1004.66	2	502.33	3.93	.02	.07
	Greenhouse-Geisser	1004.66	1.91	527.30	3.93	.03	.07
	Huynh-Feldt	1004.66	1.98	507.32	3.93	.02	.07
	Untergrenze	1004.66	1.00	1004.66	3.93	.05	.07
Fehler (Emotionalität)	Spährizität angenommen	12518.82	98	127.74			
	Greenhouse-Geisser	12518.82	93.36	134.10			
	Huynh-Feldt	12518.82	97.04	129.01			
	Untergrenze	12518.82	49.00	255.49			

Anmerkung. Signifikante Effekte (bei einem angenommen Signifikanzniveau von .05) sind fett gedruckt. df = Freiheitsgrade; F = F ratio; p = Wahrscheinlichkeit.

Tabelle B8. Ergebnisse des Bonferroni-korrigierten post hoc-Tests der ANOVA mit Messwiederholung für den Parameter SDNN.

(I) Emotionalität	(J) Emotionalität	Mittlere Differenz(I-J)	Standardfehler	Sig.	95 % Konvidenzintervall für die Differenz	
					Untergrenze	Obergrenze
1	2	-1.22	2.41	1.00	-7.21	4.76
	3	-5.10	2.35	.04	-11.82	-.17
2	3	-4.78	1.10	.06	-9.72	.17

Anmerkung. Signifikante Effekte (bei einem angenommen Signifikanzniveau von .05) sind fett gedruckt.

Tabelle B9. Ergebnisse der Multivariaten Tests der ANOVA mit Messwiederholung für den Parameter RMSSD.

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Sig.
Emotionalität	Pillai-Spur	.18	5.21	2.00	48.00	.01
	Wilks-Lambda	.82	5.21	2.00	48.00	.01
	Hotteling-Spur	.22	5.21	2.00	48.00	.01
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	.22	5.21	2.00	48.00	.01

Anmerkung. Signifikante Effekte (bei einem angenommenen Signifikanzniveau von .05) sind fett gedruckt.
df = Freiheitsgrade; *F* = F ratio; *p* = Wahrscheinlichkeit.

Tabelle B10. Ergebnisse des Mauchly-Tests der ANOVA mit Messwiederholung für den Parameter RMSSD.

Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approx. Chi-Quadrat	df	Sig.	Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Emotionalität	.01	4.46	2	.10	.92	.95	.50

Anmerkung. Signifikante Effekte (bei einem angenommenen Signifikanzniveau von .05) sind fett gedruckt.
df = Freiheitsgrade; *F* = F ratio; *p* = Wahrscheinlichkeit.

Tabelle B11. Ergebnisse des Tests der Innersubjekteffekte der ANOVA mit Messwiederholung für den Parameter RMSSD.

Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	partielles η^2
Emotionalität	Spährizität angenommen	322.74	2	161.37	4.08	.02	.08
	Greenhouse-Geisser	322.74	1.83	176.00	4.08	.02	.08
	Huynh-Feldt	322.74	1.90	169.72	4.08	.02	.08
	Untergrenze	322.74	1.00	322.74	4.08	.05	.08
Fehler (Emotionalität)	Spährizität angenommen	3875.27	98	39.54			
	Greenhouse-Geisser	3875.27	89.86	43.13			
	Huynh-Feldt	3875.27	93.18	41.59			
	Untergrenze	3875.27	49.00	79.09			

Anmerkung. Signifikante Effekte (bei einem angenommenen Signifikanzniveau von .05) sind fett gedruckt. df = Freiheitsgrade; F = F ratio; p = Wahrscheinlichkeit.

Tabelle B12. Ergebnisse des Bonferroni-korrigierten post hoc-Tests der ANOVA mit Messwiederholung für den Parameter RMSSD.

(I) Emotionalität	(J) Emotionalität	Mittlere Differenz(I-J)	Standardfehler	Sig.	95 % Konvidenzintervall für die Differenz	
					Untergrenze	Obergrenze
1	2	-2.38	1.41	.29	-5.88	1.11
	3	-3.52	1.08	.01	-6.20	-.85
2	3	-1.14	1.26	1.00	-4.26	1.00

Anmerkung. Signifikante Effekte (bei einem angenommenen Signifikanzniveau von .05) sind fett gedruckt.

Tabelle B13. Ergebnisse der Multivariaten Tests der ANOVA mit Messwiederholung für den Parameter pNN50.

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Sig.
Emotionalität	Pillai-Spur	.17	4.74	2.00	48.00	.01
	Wilks-Lambda	.84	4.74	2.00	48.00	.01
	Hotteling-Spur	.20	4.74	2.00	48.00	.01
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	.20	4.74	2.00	48.00	.01

Anmerkung. Signifikante Effekte (bei einem angenommen Signifikanzniveau von .05) sind fett gedruckt.
df = Freiheitsgrade; *F* = F ratio; *p* = Wahrscheinlichkeit.

Tabelle B14. Ergebnisse des Mauchly-Tests der ANOVA mit Messwiederholung für den Parameter pNN50.

Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approx. Chi-Quadrat	df	Sig.	Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Emotionalität	.89	6.06	2	.05	.89	.93	.50

Anmerkung. Signifikante Effekte (bei einem angenommen Signifikanzniveau von .05) sind fett gedruckt.
df = Freiheitsgrade; *F* = F ratio; *p* = Wahrscheinlichkeit.

Tabelle B15. Ergebnisse des Tests der Innersubjekteffekte der ANOVA mit Messwiederholung für den Parameter pNN50.

Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	partielles η^2
Emotionalität	Spährizität angenommen	219.36	2	109.68	3.75	.03	.07
	Greenhouse-Geisser	219.36	1.79	122.68	3.75	.03	.07
	Huynh-Feldt	219.36	1.85	118.49	3.75	.03	.07
	Untergrenze	219.36	1.00	219.36	3.75	.06	.07
Fehler (Emotionalität)	Spährizität angenommen	2863.75	98	29.22			
	Greenhouse-Geisser	2863.75	87.61	32.69			
	Huynh-Feldt	2863.75	90.71	31.57			
	Untergrenze	2863.75	49.00	58.44			

Anmerkung. Signifikante Effekte (bei einem angenommen Signifikanzniveau von .05) sind fett gedruckt.
 df = Freiheitsgrade; F = F ratio; p = Wahrscheinlichkeit.

Tabelle B16. Ergebnisse des Bonferroni-korrigierten post hoc-Tests der ANOVA mit Messwiederholung für den Parameter pNN50.

(I) Emotionalität	(J) Emotionalität	Mittlere Differenz(I-J)	Standardfehler	Sig.	95 % Konvidenzintervall für die Differenz	
					Untergrenze	Obergrenze
1	2	-2.20	1.23	.24	-5.26	.86
	3	-2.82	.91	.01	-5.10	-.57
2	3	-.62	1.08	1.00	-3.30	2.06

Anmerkung. Signifikante Effekte (bei einem angenommen Signifikanzniveau von .05) sind fett gedruckt.

Tabelle B17. Ergebnisse der Multivariaten Tests der ANOVA mit Messwiederholung für den Parameter VLF.

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Sig.
Emotionalität	Pillai-Spur	.04	.98	2.00	48.00	.04
	Wilks-Lambda	.96	.98	2.00	48.00	.04
	Hotteling-Spur	.04	.98	2.00	48.00	.04
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	.04	.98	2.00	48.00	.04

Anmerkung. Signifikante Effekte (bei einem angenommen Signifikanzniveau von .05) sind fett gedruckt.
 df = Freiheitsgrade; F = F ratio; p = Wahrscheinlichkeit.

Tabelle B18. Ergebnisse des Mauchly-Tests der ANOVA mit Messwiederholung für den Parameter VLF.

Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approx. Chi-Quadrat	df	Sig.	Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Emotionalität	.99	.52	2	.77	.99	1.00	.50

Anmerkung. Signifikante Effekte (bei einem angenommen Signifikanzniveau von .05) sind fett gedruckt.
 df = Freiheitsgrade; F = F ratio; p = Wahrscheinlichkeit.

Tabelle B19. Ergebnisse des Tests der Innersubjekteffekte der ANOVA mit Messwiederholung für den Parameter VLF.

Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	partielles η^2
Emotionalität	Spährizität angenommen	3026759.16	2	1513379.58	.91	.41	.02
	Greenhouse-Geisser	3026759.16	1.98	1529680.38	.91	.41	.02
	Huynh-Feldt	3026759.16	2.00	1513379.58	.91	.41	.02
	Untergrenze	3026759.16	1.00	3026759.16	.91	.35	.02
Fehler (Emotionalität)	Spährizität angenommen	163673671	98	1670139.50			
	Greenhouse-Geisser	163673671	96.96	1688128.78			
	Huynh-Feldt	163673671	98.00	1670139.50			
	Untergrenze	163673671	49.00	3340279.00			

Anmerkung. Signifikante Effekte (bei einem angenommenen Signifikanzniveau von .05) sind fett gedruckt.
 df = Freiheitsgrade; F = F ratio; p = Wahrscheinlichkeit.

Tabelle B20. Ergebnisse der Multivariaten Tests der ANOVA mit Messwiederholung für den Parameter LF.

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Sig.
Emotionalität	Pillai-Spur	.08	1.97	2.00	48.00	.08
	Wilks-Lambda	.92	1.97	2.00	48.00	.08
	Hotteling-Spur	.08	1.97	2.00	48.00	.08
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	.08	1.97	2.00	48.00	.08

Anmerkung. Signifikante Effekte (bei einem angenommenen Signifikanzniveau von .05) sind fett gedruckt.
 df = Freiheitsgrade; F = F ratio; p = Wahrscheinlichkeit.

Tabelle B21. Ergebnisse des Mauchly-Tests der ANOVA mit Messwiederholung für den Parameter LF.

Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approx. Chi- Quadrat	df	Sig.	Greenhouse -Geisser	Huynh- Feldt	Untergrenze
Emotionalität	.72	15.62	2	.00	.78	.80	.50

Anmerkung. Signifikante Effekte (bei einem angenommen Signifikanzniveau von .05) sind fett gedruckt.
 df = Freiheitsgrade; F = F ratio; p = Wahrscheinlichkeit.

Tabelle B22. Ergebnisse des Tests der Innersubjekteffekte der ANOVA mit Messwiederholung für den Parameter LF.

Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	partielles η^2
Emotionalität	Spährizität angenommen	2661987.14	2	1330993.57	2.17	.12	.04
	Greenhouse- Geisser	2661987.14	1.57	1700664.07	2.17	.13	.04
	Huynh-Feldt	2661987.14	1.68	1655722.71	2.17	.13	.04
	Untergrenze	2661987.14	1.00	2661987.14	2.17	.15	.04
Fehler (Emotionalität)	Spährizität angenommen	60244633.1	98	614741.154			
	Greenhouse- Geisser	60244633.1	76.70	785478.52			
	Huynh-Feldt	60244633.1	78.78	764722.62			
	Untergrenze	60244633.1	49.00	1229482.31			

Anmerkung. Signifikante Effekte (bei einem angenommen Signifikanzniveau von .05) sind fett gedruckt.
 df = Freiheitsgrade; F = F ratio; p = Wahrscheinlichkeit.

Tabelle B23. Ergebnisse der Multivariaten Tests der ANOVA mit Messwiederholung für den Parameter HF.

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Sig.
Emotionalität	Pillai-Spur	.07	1.78	2.00	48.00	.07
	Wilks-Lambda	.93	1.78	2.00	48.00	.07
	Hotteling-Spur	.07	1.78	2.00	48.00	.07
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	.07	1.78	2.00	48.00	.07

Anmerkung. Signifikante Effekte (bei einem angenommen Signifikanzniveau von .05) sind fett gedruckt.
df = Freiheitsgrade; *F* = F ratio; *p* = Wahrscheinlichkeit.

Tabelle B24. Ergebnisse des Mauchly-Tests der ANOVA mit Messwiederholung für den Parameter HF.

Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approx. Chi-Quadrat	df	Sig.	Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Emotionalität	.93	3.37	2	.19	.94	.97	.50

Anmerkung. Signifikante Effekte (bei einem angenommen Signifikanzniveau von .05) sind fett gedruckt.
df = Freiheitsgrade; *F* = F ratio; *p* = Wahrscheinlichkeit.

Tabelle B25. Ergebnisse des Tests der Innersubjekteffekte der ANOVA mit Messwiederholung für den Parameter LF.

Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	partielles η^2
Emotionalität	Spährizität angenommen	353536.68	2	176768.34	1.89	.16	.04
	Greenhouse-Geisser	353536.68	1.87	188756.72	1.89	.16	.04
	Huynh-Feldt	353536.68	1.95	181793.30	1.89	.16	.04
	Untergrenze	353536.68	1.00	353536.68	1.89	.18	.04
Fehler (Emotionalität)	Spährizität angenommen	9173489.90	98	93607.04			
	Greenhouse-Geisser	9173489.90	91.78	99955.44			
	Huynh-Feldt	9173489.90	95.29	96267.99			
	Untergrenze	9173489.90	49.00	187214.08			

Anmerkung. Signifikante Effekte (bei einem angenommen Signifikanzniveau von .05) sind fett gedruckt.
 df = Freiheitsgrade; F = F ratio; p = Wahrscheinlichkeit.

Anhang C: Untersuchungsmaterialien

Zeitprotokoll Untersuchung erster Termin

DA THALLNER AE01				
Zeitprotokoll Erhebung am 18.06.2013			ACHTUNG: AUF AUSGEDRUCKTEM ZEITPROTOKOLL STEHT EIN FALSCHES DATUM: 18.06. wäre das richtige DATUM!!!!	
Bedingung	Minuten	Beginn	Ende	Anmerkungen
Alle sitzen		18:40:00	18:41:14	
Einleitung		18:41:15	18:43:13	
VSO		18:43:14	18:48:14	
VSO_FB		18:48:15	18:56:44	18:49:10 Codeeingabe "VSO"
B6		18:58:00	19:04:50	Störung von 18:58:10 - 18:58:20 und 18:58:50 - 18:58:55
B6_FB		19:04:51	19:12:50	
B3		19:14:00	19:19:16	
B3_FB		19:19:17	19:24:25	
LOS		19:25:22	19:30:22	
LOS_FB		19:30:26	19:35:27	19:36:19 letzte Person fertig geworden
LOT		19:36:20	19:41:22	
LOT_FB		19:41:25	19:46:12	(plus 13 Sekunden möglich)
LOG		19:46:45	19:51:45	
LOG_FB		19:51:46	19:56:46	Video abgeschaltet um 19:56:00
LMO		19:56:46	20:01:46	
LMO_FB		20:01:46	20:06:10	
LMG		20:07:15	20:12:15	
LMG_FB		20:12:16	20:15:51	
LMS		20:16:50	20:21:50	
LMS_FB		20:21:50	20:25:11	
LMT		20:28:37	20:33:15	
LMT_FB		20:33:37	20:36:54	
VS		20:38:17	20:43:17	
VS_FB		20:43:20	20:46:51	
VO		20:47:38	20:52:38	
VO_FB		20:52:38	20:56:55	
VY		20:58:05	21:03:05	
VY_FB		21:03:05	21:06:58	
Ort: Hörsaal 2, Institut für Umwelthygiene				
Temperatur: 18:47:30 - 26 °C; 19:20:36 - 27 °C; 20:09:00 - 28 °C				

Zeitprotokoll Untersuchung zweiter Termin

DA THALLNER AE02				
Zeitprotokoll Erhebung am 19.06.2013				
Bedingung	Minuten	Beginn	Ende	Anmerkungen
Alle sitzen		14:36:34	14:39:19	ab 14:37:43 sitzen wirklich alle
Einleitung		14:39:20	14:39:38	
VSO		14:40:39	14:46:00	
VSO_FB		14:47:44	14:56:19	bis 14:48:00 versehentlich mit Bild
B3		14:56:20	15:01:34	
B3_FB		15:01:35	15:07:05	
B6		15:07:52	15:12:57	
B6_FB		15:12:58	15:18:40	
LOS		15:21:53	15:26:54	
LOS_FB		15:26:55	15:32:18	
LOT		15:32:19	15:37:28	
LOT_FB		15:37:29	15:42:17	
LOG		15:42:17	15:47:19	
LOG_FB		15:47:19	15:52:19	
LMO		15:52:20	15:57:20	
LMO_FB		15:57:21	16:01:22	
LMG		16:01:45	16:06:45	
LMG_FB		16:06:46	16:10:38	
LMS		16:10:39	16:15:39	
LMS_FB		16:15:40	16:20:00	16:19:20 abgeschaltet (Video)
LMT		16:20:00	16:25:00	
LMT_FB		16:25:00	16:30:18	16:28:37 abgeschaltet (Video)
VY		16:30:19	16:35:25	
VY_FB		16:35:25	16:39:28	16:38:12 abgeschaltet (Video)
VO		16:39:28	16:44:28	
VO_FB		16:44:29	16:48:36	16:47:53 abgeschaltet (Video)
VS		16:48:37	16:53:37	
VS_FB		16:53:37	16:58:05	
Ort: Hörsaal 2, Institut für Umwelthygiene				
Temperatur: 15:00:00 - 26°C konstant				

Zeitprotokoll Untersuchung dritter Termin

DA THALLNER AE03				
Zeitprotokoll Erhebung am 20.06.2013				
Bedingung	Minuten	Beginn	Ende	Anmerkungen
Alle sitzen		14:45:00	14:46:00	
Einleitung		14:46:00	14:49:23	
VSO		14:50:04	14:57:32	
VSO_FB		14:57:32	15:06:37	
B6		15:08:20	15:13:34	15:07:30 - 15:08:20 Problem mit Einstellung
B6_FB		15:13:35	15:20:17	15:19:29 abgeschaltet
B3		15:20:18	15:25:22	
B3_FB		15:25:22	15:31:14	15:30:32 abgeschaltet
Mo		15:31:15	15:36:15	
Mo_FB		15:36:15	15:41:24	15:41:53 - 15:41:57 Fehler (erneut Mozart abgespielt)
AL		15:42:20	15:47:25	
AL_FB		15:47:25	15:53:09	15:52:30 abgeschaltet
Sch		15:53:09	15:58:09	
Sch_FB		15:58:10	16:04:37	16:03:18 abgeschaltet
LMO		16:04:37	16:09:37	
LMO_FB		16:09:37	16:14:49	16:14:19 abgeschaltet
VO		16:14:50	16:19:50	
VO_FB		16:19:51	16:25:54	16:24:29 abgeschaltet
VY		16:25:55	16:30:55	
VY_FB		16:30:56	16:35:34	16:34:39 abgeschaltet
VS		16:35:55	16:40:35	
VS_FB		16:40:35	16:45:09	16:44:29 abgeschaltet
H70		16:45:10	16:50:10	
H70_FB		16:50:11	16:54:51	16:53:47 abgeschaltet
H82		16:51:51	16:59:51	
H82_FB		17:00:00	17:05:22	
Ort: Hörsaal 2, Institut für Umwelthygiene				
Temperatur: 14:50:00 - 26°C; 16:12:00 - 27°C				

Zeitprotokoll Untersuchung vierter Termin

DA THALLNER AE04				
Zeitprotokoll Erhebung am 21.06.2013				
Bedingung	Minuten	Beginn	Ende	Anmerkungen
Alle sitzen		14:42:00	14:45:37	TOM 204 schaltet sich immer wieder aus
Einleitung		14:45:38	14:50:04	
VSO		14:50:05	14:55:05	
VSO_FB		14:55:06	15:05:07	15:02:28 abgeschaltet
B3		15:05:07	15:10:28	
B3_FB		15:10:28	15:17:59	15:16:00 abgeschaltet
B6		15:18:00	15:25:15	
B6_FB		15:25:16	15:32:53	15:28:53 - 15:29:03 Ton angehalten; 15:32:01 abgeschaltet
Sch		15:32:54	15:37:55	
Sch_FB		15:37:55	15:43:49	15:43:08 abgeschaltet
AL		15:43:50	15:49:12	
AL_FB		15:49:13	15:55:48	15:55:26 abgeschaltet
Mo		15:55:49	16:01:03	
Mo_FB		16:01:03	16:06:03	16:06:03 - 16:07:35 Erklärung "Mozart-Effekt"
LMO		16:07:36	16:12:38	
LMO_FB		16:12:39	16:19:12	16:18:04 Ton aus
VY		16:19:13	16:24:24	
VY_FB		16:24:25	16:29:32	16:28:44 Video abgeschaltet
VO		16:29:32	16:34:44	
VO_FB		16:34:45	16:40:10	
VS		16:40:11	16:45:19	
VS_FB		16:45:20	16:50:41	
Ort: Hörsaal 2, Institut für Umwelthygiene				
Temperatur: 14:58:00 - 28°C; 15:14:00 - 29°C				

Zeitprotokoll Untersuchung fünfter Termin

DA THALLNER AE05				
Zeitprotokoll Erhebung am 25.06.2013				
Bedingung	Minuten	Beginn	Ende	Anmerkungen
Alle sitzen		14:32:10	14:32:19	
Einleitung		14:35:20	14:37:43	
VSO		14:37:44	14:44:11	
VSO_FB		14:44:12	14:51:58	14:46:38 - 14:46:39 kurze Unterbrechung
B6		14:53:25	14:58:57	14:52:56 kurze Störung (falsches Stück)
B6_FB		14:58:58	15:04:14	15:04:30 abgeschaltet
B3		15:05:15	15:10:17	
B3_FB		15:10:17	15:16:20	15:15:23 abgeschaltet
AL		15:16:21	15:21:21	
AL_FB		15:21:22	15:27:58	15:26:54 abgeschaltet
Mo		15:27:59	15:33:14	15:27:33 - 15:27:41 Störung (falsches Stück)
Mo_FB		15:33:15	15:38:37	15:38:18 abgeschaltet
Sch		15:38:38	15:43:38	
Sch_FB		15:43:39	15:50:19	15:48:48 abgeschaltet
LMO		15:50:20	15:55:27	
LMO_FB		15:55:27	16:01:39	16:00:33 abgeschaltet
VJO		16:02:25	16:07:25	
VJO_FB		16:07:26	16:13:09	16:12:26 abgeschaltet
VJT		16:13:09	16:18:13	
VJT_FB		16:18:14	16:23:01	16:22:16 abgeschaltet
VJV		16:24:08	16:29:20	16:23:01 - 16:24:08 falsch (auf Video vergessen)
VJV_FB		16:29:21	16:34:50	16:33:08 abgeschaltet
VYO		16:34:51	16:39:51	
VYO_FB		16:39:52	16:44:05	16:43:11 abgeschaltet
VYT		16:44:06	16:49:06	
VYT_FB		16:49:07	16:52:56	16:52:18 abgeschaltet
VYV		16:52:57	16:57:57	
VYV_FB		16:57:58	17:02:23	
Ort: Hörsaal 2, Institut für Umwelthygiene				
Temperatur: 14:30:00 - 22°C				

Zeitprotokoll Untersuchung sechster Termin

DA THALLNER AE06				
Zeitprotokoll Erhebung am 25.06.2013				
Bedingung	Minuten	Beginn	Ende	Anmerkungen
Alle sitzen				TOM 213 keine Verbindung; PALM Zire 71 Batterie schwach
Einleitung			18:49:51	
VSO		18:49:52	18:54:52	
VSO_FB		18:54:53	19:03:40	19:02:50 abgeschaltet
LMO1		19:03:40	19:08:40	
LMO1_FB		19:08:41	19:16:31	19:14:13 abgeschaltet
B3_FB		19:16:32	19:22:49	19:22:07 abgeschaltet
B3		19:22:50	19:27:50	
B6_FB		19:28:53	19:34:25	19:34:03 abgeschaltet
B6		19:34:25	19:39:42	
LMO2		19:40:58	19:45:58	
LMO2_FB		19:46:00	19:52:07	19:51:31 abgeschaltet
VYV		19:52:08	19:57:13	
VYV_FB		19:57:14	20:02:59	20:01:28 - 20:01:40 Musikunterbrechung; 20:02:40 abgeschaltet
VYT		20:03:00	20:08:00	
VYT_FB		20:08:00	20:14:14	20:12:40 abgeschaltet
VYO		20:14:15	20:19:16	
VYO_FB		20:19:17	20:24:06	20:23:30 abgeschaltet
VJV		20:24:07	20:29:32	
VJV_FB		20:39:32	20:34:02	20:33:30 abgeschaltet
VJT		20:34:03	20:39:11	
VJT_FB		20:39:11	20:43:39	20:43:16 abgeschaltet
VJO		20:43:40	20:47:20	
VJO_FB		20:47:21	20:51:50	20:51:04 abgeschaltet
H70_FB		20:51:51	20:56:58	
H82_FB		20:57:47	21:02:47	
Ort: Hörsaal 2, Institut für Umwelthygiene				
Temperatur: 20:59:00 - 25°C				

**ProbandInneninformation¹ und Einwilligungserklärung
zur Teilnahme an der experimentellen Studie**

*„Psychophysiologische Korrelate der positiven Rezeption audio-visueller
Stimuli“*

Sehr geehrte Teilnehmerin, sehr geehrter Teilnehmer!

Wir laden Sie ein an der oben genannten experimentellen Studie teilzunehmen. Die genaue Aufklärung darüber erfolgt in einem direkten Gespräch mit dem Versuchsleiter.

Ihre Teilnahme an dieser experimentellen Studie erfolgt freiwillig. Sie können jederzeit ohne Angabe von Gründen aus der Studie ausscheiden.

Unverzichtbare Voraussetzung für die Durchführung einer experimentellen Studie ist jedoch, dass Sie Ihr Einverständnis zur Teilnahme an dieser Studie schriftlich erklären. Bitte lesen Sie den folgenden Text als Ergänzung zum Informationsgespräch mit dem Versuchsleiter sorgfältig durch und zögern Sie nicht Fragen zu stellen.

Bitte unterschreiben Sie die Einwilligungserklärung nur

- wenn Sie Art und Ablauf der experimentellen Studie vollständig verstanden haben,
- wenn Sie bereit sind, der Teilnahme zuzustimmen und
- wenn Sie sich über Ihre Rechte als Teilnehmer an dieser Studie im Klaren sind.

Zu dieser experimentellen Studie, sowie zur ProbandInneninformation und Einwilligungserklärung wurde von der zuständigen Ethikkommission eine befürwortende Stellungnahme abgegeben.

1. Was ist der Zweck der experimentellen Studie?

Mit der geplanten Untersuchung soll geprüft werden, ob Beschallung mit Umweltgeräuschen mittlerer Intensität zu gleichartigen oder differenzierten Einbußen der kognitiven Leistung sowie der subjektiv empfundenen und der kardiovaskulären Belastung führt. Des Weiteren soll geprüft werden ob dieser Effekt von der Lärmempfindlichkeit moduliert wird.

¹ Wegen der besseren Lesbarkeit wird im weiteren Text zum Teil auf die gleichzeitige Verwendung weiblicher und männlicher Personenbegriffe verzichtet. Gemeint und angesprochen sind – sofern zutreffend – immer beide Geschlechter.

1. Wie läuft die experimentelle Studie ab?

Diese experimentelle Studie wird an der Universität Wien durchgeführt. Es werden insgesamt ungefähr 100 Personen daran teilnehmen. Ihre Teilnahme an dieser experimentellen Studie wird voraussichtlich 96 Minuten dauern.

2. Worin liegt der Nutzen einer Teilnahme an der experimentellen Studie?

Es wird nicht erwartet, dass Sie aus Ihrer Teilnahme an dieser experimentellen Studie unmittelbar einen Nutzen ziehen werden. Durch Ihre Teilnahme an dieser Studie könnten jedoch grundlegende wertvolle Erkenntnisse bezüglich des Einflusses von Umweltlärm moderater Intensität auf kognitive Leistung und psychophysiologische Belastung gewonnen werden.

4. Gibt es Risiken, Beschwerden und Begleitorscheinungen?

Es werden keine Risiken, Beschwerden oder Begleitorscheinungen erwartet.

5. Was ist zu tun beim Auftreten von Symptomen, Begleitorscheinungen und/oder Verletzungen?

Sollten im Verlauf der Studie dennoch irgendwelche Symptome, Begleitorscheinungen oder Verletzungen auftreten, teilen Sie diese bitte unverzüglich dem Versuchsleiter mit.

6. Wann wird die experimentelle Studie vorzeitig beendet?

Sie können jederzeit, auch ohne Angaben von Gründen, Ihre Teilnahmebereitschaft widerrufen und aus der experimentellen Studie ausscheiden.

7. In welcher Weise werden die im Rahmen dieser experimentellen Studie gesammelten Daten verwendet?

Sofern gesetzlich nicht etwas anderes vorgesehen ist, haben nur der Diplomand und dessen Betreuer Zugang zu den vertraulichen Daten, in denen Sie namentlich genannt werden. Diese Personen unterliegen der Schweigepflicht.

Die Weitergabe der Daten erfolgt ausschließlich zu statistischen Zwecken und Sie werden ausnahmslos nicht namentlich genannt. Auch in etwaigen Veröffentlichungen der Daten dieser experimentellen Studie werden Sie nicht namentlich genannt.

8. Entstehen für die Teilnehmer Kosten? Gibt es einen Kostenersatz oder eine Vergütung?

Durch Ihre Teilnahme an dieser experimentellen Studie entstehen für Sie keine zusätzlichen Kosten. Sie erhalten für Ihre Teilnahme keine Vergütung.

9. Möglichkeit zur Diskussion weiterer Fragen

Für weitere Fragen im Zusammenhang mit dieser experimentellen Studie steht Ihnen der Diplomand gerne zur Verfügung. Auch Fragen, die Ihre Rechte als Teilnehmer an dieser experimentellen Studie betreffen, werden Ihnen gerne beantwortet.

Name der Kontaktperson: Christian Thallner (Diplomand)

Ständig erreichbar unter: 0660 3712873

Name der Kontaktperson: ao. Univ.-Prof. Dr. Michael Trimmel (Betreuer des Diplomanden)

Ständig erreichbar unter: 0664 8001634911

10. Einwilligungserklärung

Name der/des Probandin/en in Druckbuchstaben:

Geb. Datum: Code*:

* Der Code setzt sich so zusammen: 4 Buchstaben des Projekts – in diesem Falle „THCH“ – und eine 2-stellige fortlaufende Nummer mit „01“ beginnend; zum Beispiel:

→ Code: THCH01

Ich erkläre mich bereit, an der experimentellen Studie „Psychophysiologische Korrelate der positiven Rezeption audio-visueller Stimuli“ teilzunehmen.

Ich bin von Herrn Christian Thallner ausführlich und verständlich über den Studienablauf, mögliche Belastungen und Risiken, sowie über Wesen, Bedeutung und Tragweite der experimentellen Studie und sich für mich daraus ergebenden Anforderungen aufgeklärt worden. Ich habe darüber hinaus den Text dieser ProbandInnenaufklärung und Einwilligungserklärung, die insgesamt vier Seiten umfasst gelesen. Aufgetretene Fragen wurden mir vom Versuchsleiter verständlich und genügend beantwortet. Ich hatte ausreichend Zeit, mich zu entscheiden. Ich habe zurzeit keine weiteren Fragen mehr.

Ich werde den Anordnungen, die für die Durchführung der experimentellen Studie erforderlich sind, Folge leisten, behalte mir jedoch das Recht vor, meine freiwillige Mitwirkung jederzeit zu beenden, ohne dass mir daraus Nachteile entstehen.

Ich bin zugleich damit einverstanden, dass meine im Rahmen dieser Studie ermittelten Daten aufgezeichnet werden.

Die Bestimmungen des Datenschutzgesetzes in der geltenden Fassung werden eingehalten.



**Studie: Die Auswirkungen unterschiedlicher visueller und akustischer Stimuli
auf die Herzratenvariabilität**

Verpflichtungserklärung für den Umgang mit UntersuchungsteilnehmerInnendaten

Ich, Christian Thallner, verpflichte mich, UntersuchungsteilnehmerInnendaten, zu denen ich im Rahmen meiner Diplomarbeit Zugang erhalte, geheim zu halten und keinesfalls an Personen weiterzugeben, die nicht in die Erstellung meiner Diplomarbeit involviert sind. Die Daten werden ausschließlich anonymisiert in meiner Diplomarbeit wiedergegeben. Eine nachträgliche Identifizierung einzelner Personen aus meiner Diplomarbeit wird somit nicht möglich sein.

.....
Datum und Unterschrift