

# **Einfluss des Hörens von Musik auf Emotionen, die aktuelle Stimmung sowie Stress- und Immunparameter nach Inhalation eines Gasmisches aus 35 % CO<sub>2</sub> und 65 % O<sub>2</sub>**

Dissertation  
zur Erlangung des akademischen Grades  
Dr. med.

an der Medizinischen Fakultät  
der Universität Leipzig

*eingereicht von:*

Albrecht Böhlig,  
geboren am 12.05.1985 in Leipzig

*angefertigt in:*

Universität Leipzig, Medizinische Fakultät, Institut für Klinische Immunologie

*Betreuer:*

Prof. Dr. med. Ulrich Sack,  
Prof. Dr. rer. nat. Stefan Koelsch

*Beschluss über die Verleihung des Doktorgrades vom: 22.11.2011*

---

## Bibliographische Beschreibung

Böhlig, Albrecht

***Einfluss des Hörens von Musik auf Emotionen, die aktuelle Stimmung sowie Stress- und Immunparameter nach Inhalation eines Gasgemisches aus 35 % CO<sub>2</sub> und 65 % O<sub>2</sub>***

Universität Leipzig, Dissertation

106 S., 113 Lit., 14 Abb., 7 Tab.

### Referat:

In der vorliegenden Arbeit wurden die Auswirkungen des Musikhörens nach der einmaligen Inhalation eines Gasgemisches aus 35 % CO<sub>2</sub> und 65 % O<sub>2</sub> auf Emotionen, die aktuelle Stimmung sowie auf die Stress- und Immunparameter Noradrenalin, Leptin, Somatostatin und TNF- $\alpha$  untersucht. Außerdem wurden die Stress- und Immunparameter betreffs ihres Zusammenhangs mit den Emotionen und Stimmungen sowie ihrer Geschlechter- und Tageszeiteffekte näher betrachtet.

In die Studie wurden 143 gesunde Probanden eingeschlossen, die randomisiert jeweils einer Experimentalgruppe und einer Kontrollgruppe zugeteilt wurden. Die Experimentalgruppe hörte nach der Inhalation des Gasgemisches fröhliche belebende Instrumentalmusik, während die Versuchspersonen der Kontrollgruppe nach Zugabe des Gasgemisches neutrale Zwölftonfolgen dargeboten bekamen. Während des Hörens wurden die Emotionen an Hand standardisierter Fragebögen bewertet. Die aktuelle Stimmung wurde jeweils vor und nach dem Experiment erhoben. Zu 6 definierten Zeitpunkten wurden den Probanden Blutproben entnommen, die auf die Stress- und Immunparameter untersucht wurden.

Dabei zeigte sich die Inhalation des Gasgemisches aus 35 % CO<sub>2</sub> und 65 % O<sub>2</sub> als wirkungsvoller Stressor, der die Schlüsselmechanismen der humanen Stressantwort zu aktivieren imstande war. Das Hören der Instrumentalmusik erbrachte signifikant positive Effekte auf die Einschätzung der Emotionen und aktuellen Stimmung verglichen mit dem Hören von Zwölftonfolgen. In den Konzentrationen der Stress- und Immunparameter zeigten sich im Vergleich von Instrumentalmusik mit Zwölftonfolgen jedoch keine eindeutigen Unterschiede.

Diese Arbeit liefert damit einen Beleg zur positiven Wirkung von Musik und unterstützt die Bestrebungen, vergleichbare musikalische Stimuli im klinischen Alltag therapeutisch einzusetzen.

---

---

## Vorbemerkung

Die vorliegende Arbeit entstand aus einem gemeinsamen Projekt der Medizindoktoranden Maximilian G. Hohenadel und Albrecht Böhlig. Sie vereint Merkmale der Medizin und Psychologie und untersucht die Wirkungen der Applikation eines standardisierten Stressors und die Erholung davon mit dem Hören von verschiedenen akustischen Stimuli. Als Stressor diente dabei die einmalige Inhalation eines Gasgemisches aus 35 % CO<sub>2</sub> und 65 % O<sub>2</sub>. Während des Experiments wurden die psychologischen Aspekte von Emotionen und aktueller Stimmungslage erhoben sowie zu definierten Zeitpunkten Stress- und Immunparameter im Blut bestimmt.

In der vorliegenden Arbeit wird der Einfluss des Musikhörens nach der Inhalation des Gasgemisches an Hand der emotionalen Bewertung der Probanden, der aktuellen Stimmungseinschätzung sowie an Hand des Verlaufs der Stress- und Immunparameter Noradrenalin, Leptin, Somatostatin und TNF- $\alpha$  ausführlich untersucht. Außerdem werden die Stress- und Immunparameter im Hinblick auf den Zusammenhang mit den Emotionen und Stimmungen sowie auf Geschlechter- und Tageszeiteffekte näher betrachtet.

Die genauere Untersuchung der Stresshormone Cortisol und ACTH sowie des Zytokins IL-6 wird in der Arbeit von Maximilian G. Hohenadel dargestellt.

---

---

## Abkürzungsverzeichnis

ACTH	Adrenocorticotropes Hormon
BMI	Body Mass Index
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
CRH	Corticotropin-Releasing-Hormon
df	degrees of freedom, Freiheitsgrade
EDTA	Ethylendiamintetraessigsäure
EG	Experimentalgruppe
EIA	Enzyme Immunoassay
EKG	Elektrokardiogramm
ELISA	Enzyme-linked Immunosorbent Assay
ERV	expiratorisches Reservevolumen
F, T, U, $\chi^2$	statistische Testgrößen
GEMS	Geneva Emotional Music Scale
HRV	Herzratenvariabilität
IL-6	Interleukin-6
IRV	inspiratorisches Reservevolumen
KG	Kontrollgruppe
M1 – M6	Messzeitpunkte 1 – 6
N	Anzahl
N <sub>2</sub>	Stickstoff
NADPH	Nicotinamidadenindinucleotidphosphat (reduzierte Form)
O <sub>2</sub>	Sauerstoff
PANAS	Positiver Affekt Negativer Affekt Schedule
POMS	Profile Of Mood States
SAM	Self-Assessment Manikin
SD	Standardabweichung
TMB	Tetramethylbenzidin
TNF- $\alpha$	Tumor Nekrose Faktor- $\alpha$
VC	Vitalkapazität

---

---

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Theoretischer Hintergrund</b> .....	<b>3</b>
2.1	Wirkungen von Musik auf Emotionen .....	3
2.2	Wirkungen von Musik auf die aktuelle Stimmung .....	5
2.3	Induktion einer akuten Stressreaktion durch Inhalation von 35 % CO <sub>2</sub> .....	7
2.4	Einfluss von akutem Stress und Auswirkungen des Musikhörens auf Stress- und Immunparameter .....	9
2.4.1	Noradrenalin .....	9
2.4.2	Leptin .....	11
2.4.3	Somatostatin .....	12
2.4.4	TNF- $\alpha$ .....	13
2.5	Zusammenfassung .....	14
2.6	Fragestellungen und Hypothesen .....	15
2.6.1	Fragestellungen und Hypothesen bezüglich Musik und Emotionen .....	15
2.6.2	Fragestellungen und Hypothesen bezüglich Musik und aktueller Stimmung .....	17
2.6.3	Fragestellungen und Hypothesen bezüglich der Stress- und Immunparameter .....	18
<b>3</b>	<b>Material und Methoden</b> .....	<b>20</b>
3.1	Versuchspersonen .....	20
3.1.1	Anwerbung der Teilnehmer sowie Ein- und Ausschlusskriterien .....	20
3.1.2	Beschreibung der Gruppen .....	20
3.2	Fragebögen .....	22
3.2.1	Profile Of Mood States (POMS) .....	22
3.2.2	Emotions- und Bekanntheitsfragebogen .....	23
3.3	Akustische Stimuli .....	24
3.3.1	Stimuli der Experimentalgruppe .....	24
3.3.2	Stimuli der Kontrollgruppe .....	25
3.4	Elektrokardiogramm (EKG) .....	27
3.5	Ablauf der Inhalation von 35 % CO <sub>2</sub> .....	27
3.6	Durchführung des Experiments .....	29

---

---

3.7	Bestimmung der Stress- und Immunparameter .....	32
3.7.1	Noradrenalin .....	33
3.7.2	Leptin .....	33
3.7.3	Somatostatin .....	34
3.7.4	TNF- $\alpha$ .....	34
3.8	Statistische Auswertung .....	35
3.8.1	Musik und Emotionen .....	35
3.8.2	Musik und aktuelle Stimmung .....	36
3.8.3	Stress- und Immunparameter .....	38
<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>39</b>
4.1	Vorbemerkungen .....	39
4.2	Musik und Emotionen .....	39
4.2.1	Der Self-Assessment Manikin mit den Dimensionen Valenz und Erregung .....	39
4.2.2	Die 6 Ekman'schen Basisemotionen .....	43
4.2.3	Bekanntheit der Musikstücke .....	45
4.2.4	Chills .....	45
4.3	Musik und aktuelle Stimmung .....	47
4.4	Stress- und Immunparameter .....	52
4.4.1	Tests der Gruppierungen auf Unabhängigkeit .....	53
4.4.2	Effekt des Stresstests und der akustischen Stimulation ohne Gruppentrennung .....	55
4.4.3	Unterschiede zwischen Experimental- und Kontrollgruppe .....	58
4.4.4	Zusammenhang zwischen psychologischen und physiologischen Daten .....	59
4.4.5	Geschlechtervergleich (Frauen versus Männer) .....	68
4.4.6	Tageszeitenvergleich (11:00 Uhr versus 14:00 Uhr versus 17:00 Uhr) .....	72
<b>5</b>	<b>Diskussion</b> .....	<b>79</b>
5.1	Musik und Emotionen .....	79
5.1.1	Valenz und Erregung .....	80
5.1.2	Basisemotionen .....	81
5.1.3	Bekanntheit der Musikstücke .....	82
5.1.4	Chills .....	82
5.2	Musik und aktuelle Stimmung .....	83

---

---

5.3	Stress- und Immunparameter.....	85
5.3.1	Effekt des Stresstests und der akustischen Stimulation .....	85
5.3.2	Unterschiede zwischen Experimental- und Kontrollgruppe .....	87
5.3.3	Zusammenhang zwischen psychologischen und physiologischen Daten.....	87
5.3.4	Geschlechtereffekte.....	89
5.3.5	Tageszeitereffekte .....	90
5.4	Fehleranalyse.....	91
5.5	Schlussfolgerungen .....	93
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>94</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>102</b>
<b>8</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>111</b>
8.1	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis .....	111
8.2	Einverständniserklärung der Probanden, Fragebögen und Experimentinstruktionen .....	113
8.3	Statistische Kennwerte .....	118
8.4	Danksagung .....	122
8.5	Selbstständigkeitserklärung.....	123
8.6	Lebenslauf.....	124

---



## 1 Einleitung

Seitdem es Menschen gibt, existiert die Musik als eine universelle Form der Kommunikation, mit der die Überwindung von sprachlichen und kulturellen Barrieren möglich ist. Über die gesamte Geschichte der Menschheit und in allen verschiedenen Kulturen haben sich die Menschen an Musik erfreut und diese selbst aktiv gestaltet (Koelsch, Siebel 2005).

Durch das Hören von Musik kann die akute Stressantwort als evolutionsbiologisch überlebenswichtige Reaktion moduliert werden. Beispielsweise zeigten Möckel et al. (1995), dass Musik als Mittel zur Reduktion von Stress bei Patienten mit arterieller Hypertonie und bei gesunden Probanden dienen konnte. Weiterhin wurde festgestellt, dass nicht jede Art von Musik zur Stressreduktion sinnvoll ist. Klassische Musik führte in der Untersuchung von Chafin et al. (2004) als einzige Stilrichtung zur objektiv nachweisbaren besseren Erholung von einem Stressor verglichen mit gleichen Bedingungen ohne Musik.

Es wurde bereits nachgewiesen, dass Musik als Element der Stressbewältigung Emotionen und Stimmungen gesunder Probanden positiv beeinflussen kann. Beispielsweise wurde Musik an Hand der Ergebnisse von Befragungen dazu benutzt, um Spannungen abzubauen und depressiven Zuständen entgegenzuwirken (Thayer et al. 1994). Genauso kann das Hören von tonaler Musik zum Empfinden angenehmer Emotionen führen (Koelsch et al. 2006). Außerdem ist Musik eines der effektivsten Mittel, um Stimmungen zu induzieren (Panksepp, Bernatzky 2002).

Musik vermag aber nicht nur emotionale, sondern auch physiologische Reaktionen im Menschen hervorzurufen. Die Wahrnehmung von Musik und die Erinnerungen daran können nicht nur Effekte auf Emotionen, sondern auch auf das autonome Nervensystem und das Immunsystem haben (Koelsch 2005).

Die Effekte des Musikhörens auf das autonome Nervensystem sind bisher an Hand von Messungen des Hautleitwiderstandes (VanderArk, Ely 1993; Allen, Blascovich 1994), der Herzfrequenz (Scheufele 2000; Witvliet, Vrana 2007) und der Herzratenvariabilität (Escher, Évéquoz 1999; Orini et al. 2010) untersucht worden. Bei der Betrachtung der immunologischen Auswirkungen zeigte sich beispielsweise, dass bestimmte Arten von Musik immunmodulierend wirken können, gemessen am Immunglobulin A im Speichel (McCraty et al. 1996).

Über den Einfluss dieser Vorgänge auf im Blut messbare Stresshormone und Immunparameter gibt es in der Literatur je nach Stilrichtung der verwendeten Musik divergierende Angaben. Zum Beispiel hatten die Probanden in der Studie von Möckel et al. (1994) nach dem Hören von Musik mit meditativem Charakter im Mittel bedeutend niedrigere Cortisol- und Noradrenalinspiegel als vorher. Eine deutliche Reduktion der Konzentrationen dieser Stresshormone konnte mit dem Hören von klassischer Musik jedoch nicht hervorgerufen werden (Möckel et al. 1994).

Um die humane Stressantwort zu aktivieren, erwies sich die einmalige Inhalation eines Gasgemisches aus 35 % CO<sub>2</sub> und 65 % O<sub>2</sub> (im Folgenden: 35 % CO<sub>2</sub>) als wirkungsvoller und einfach zu applizierender Stressor, der sowohl die adrenokortikotrope Achse als auch das sympathische Nervensystem und damit die Schlüsselmechanismen der Stressreaktion stimulieren kann (Wetherell et al. 2006).

Die vorliegende Arbeit untersucht als Erweiterung der bisherigen Studien die Auswirkungen des Musikhörens nach einmaliger Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub> auf Emotionen, die aktuelle Stimmung sowie im peripheren Blut messbare Stress- und Immunparameter von gesunden Testpersonen. Des Weiteren sollen die Stress- und Immunparameter betreffs ihres Zusammenhangs mit den psychologischen Daten und betreffs ihrer Geschlechter- und Tageszeiteffekte näher betrachtet werden. Dabei sollen die Emotionen während des Hörens der akustischen Stimuli erhoben werden. Zur Evaluation der Stimmung soll jeweils vor und nach dem Experiment eine Einschätzung derselben erfolgen. Die Messung der Stress- und Immunparameter bezieht den Einfluss der Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub> mit ein, indem zu definierten Zeitpunkten vor, während und nach dem Experiment Blutentnahmen stattfinden. Nach der Darstellung eines Überblicks über die bisherigen Erkenntnisse im theoretischen Teil wird in dem darauf folgenden empirischen Teil auf die Durchführung des Experiments genauer eingegangen. Anschließend werden die Ergebnisse der aktuellen Untersuchung im Kontext des aktuellen Kenntnisstands dargestellt.

## 2 Theoretischer Hintergrund

### 2.1 Wirkungen von Musik auf Emotionen

Für den Begriff „Emotion“ existiert keine einheitliche Definition. Kleinginna und Kleinginna (1981) stellten in einer Übersicht die Definitionen von 102 verschiedenen Autoren zusammen. Aus der Zusammenschau einer ganzen Reihe von verschiedenen Definitionen schlussfolgerten sie, dass Emotionen ein komplexes Zusammenspiel von Interaktionen zwischen subjektiven und objektiven Faktoren sind, die von neuronalen und hormonalen Systemen vermittelt werden. Diese Systeme können (a) zu affektiven Erfahrungen führen, welche sich in Gefühlen wie Erregung oder Lust bzw. Unlust zeigen können. Des Weiteren können sie (b) kognitive Prozesse wie emotional relevante Bewertungen generieren, das heißt Emotionen beeinflussen die Art unseres Denkens. Außerdem initiieren diese Systeme (c) vielfältige physiologische Prozesse und führen (d) zu einem Verhalten, welches oft, aber nicht immer expressiv, zielgerichtet und adaptiv ist (Kleinginna, Kleinginna 1981). Der Grundgedanke liegt somit in der Anpassung an erregungsauslösende Umweltbedingungen durch Veränderung von physiologischen Parametern und Verhalten.

Zu den theoretischen Ansätzen, wie Emotionen operationalisiert werden können, gehört der dimensionale Ansatz. Dieser geht davon aus, dass Emotionen auf einem Kontinuum liegen und nach ihrer Lokalisation auf verschiedenen Dimensionen erfasst werden können. Dazu entwickelte Lang (1980) den Self-Assessment Manikin (SAM). Dieser erhebt die emotionalen Dimensionen der „Valenz“ mit den Polen „unangenehm“ und „angenehm“, der „Erregung“ mit der Ausprägung von „sehr entspannt“ bis „sehr erregt“ und der „Dominanz“ mit den Polen „unterwürfig“ und „dominierend“ nonverbal mit Hilfe von Bilderskalen, so dass mit diesem Verfahren eine direkte Einschätzung der emotionalen Reaktion auf eine affektive Erfahrung mit wenig Aufwand möglich ist (Bradley, Lang 1994). In vielen wissenschaftlichen Untersuchungen kam das auf die Dimensionen der Valenz und Erregung reduzierte Modell zur Anwendung. In der Studie von Roy et al. (2008) wurde beispielsweise an Hand des SAM-Fragebogens dargestellt, dass die positive emotionale Valenz durch das Hören von angenehmer Musik zur Schmerzlinderung beiträgt.

Ein weiterer Ansatz zur theoretischen Erfassung von Emotionen ist der kategoriale Ansatz. Dieser postuliert die Existenz verschiedener Basisemotionen, von denen angenommen wird, dass sie angeboren und universell sind, unabhängig von Rasse und Kultur dasselbe emotionale Ausdrucksverhalten auslösen und nicht weiter auf andere Emotionen zurückgeführt werden können. Welche Emotionen zu den Basisemotionen gehören, ist nicht eindeutig geklärt. Einer der wichtigsten Vertreter dieses Konzepts, Paul Ekman, postulierte mit seinen Mitarbeitern auf der Basis vieler internationaler Studien (Ekman, Friesen 1971; Ekman et al. 1987) die „Big Six“, die 6 Basisemotionen Freude, Ärger, Ekel, Angst, Trauer und Überraschung. Für eine Basisemotion ist ein frühes Auftreten in der Entwicklung einer Person und eine kurze Zeitdauer der Emotion charakteristisch (Ekman 1992). Allerdings besteht Uneinigkeit über die Anzahl der Basisemotionen. So geht zum Beispiel Plutchik (1991) von 8 verschiedenen Basisemotionen aus.

Nicht alle Autoren stimmen jedoch der Verallgemeinerbarkeit dieser Emotionstheorien zu. So entwarfen Zentner et al. (2008) die „Geneva Emotional Music Scale“ (GEMS), die als Modell speziell zur Messung musikalisch induzierter Emotionen dient und den besonderen Eigenschaften musikinduzierter Emotionen Rechnung tragen soll.

Es bestehen kontroverse Angaben über die Möglichkeit des Auslösens von Emotionen durch Musik. Einige Autoren argumentieren, dass ein unvermitteltes Empfinden von durch Musik ausgelösten Gefühlen nicht möglich sei, da das Hören von Musik kulturellen Lernprozessen unterliege (Kivy 1990). Außerdem zeigte Müller (1994), dass Musik nicht zur Auslösung von Basisemotionen imstande sei. Panksepp und Bernatzky (2002) gehen jedoch davon aus, dass im Menschen vollständige Basisemotionen durch Musik erzeugt werden können. In der Studie von Sloboda (1991) berichteten die Testpersonen über starke physiologische Reaktionen während des Musikhörens wie Weinen, Herzklopfen und Gänsehaut. Diese mit emotionalen Reaktionen einhergehenden physiologischen Aktivitäten konnten dabei auf Aspekte der musikalischen Struktur wie Harmonie, Rhythmus oder Melodie zurückgeführt werden. Goldstein (1980) und Panksepp (1995) konnten ein „Erschauern“ der Probanden während des Hörens von Musik beobachten. Diese physiologische Reaktion des Fröstelns mit Piloarrektion wird am häufigsten durch Musik ausgelöst (Goldstein 1980) und wird auch als „Chills“ bezeichnet (Panksepp 1995). Krumhansl (1997) legte dar, dass sich musikalische Emotionen in psychophysiologischen

Reaktionen widerspiegeln. Das Auftreten derartiger Reaktionen beschrieb Krumhansl als Verhaltensindikator für die Fähigkeit von Musik, Emotionen hervorzurufen. Zahlreiche Autoren vertreten daher die Meinung, dass Musik ein sehr gut geeignetes Medium ist, um Emotionen zu induzieren. Dieser Sachverhalt gilt für viele Menschen als die Hauptmotivation zum Musikhören (Panksepp 1995).

Emotionen können somit durch Musik beeinflusst werden. Zur Darstellung der Zusammenhänge zwischen Musikhören und Emotionen wird sich in der aktuellen Untersuchung den Theorien von Lang (1980) und Ekman (1992) angeschlossen. Folglich wird zur Erfassung von Emotionen sowohl der dimensionale Ansatz mit den Emotionsdimensionen „Valenz“ und „Erregung“ als auch der kategoriale Ansatz mit den 6 Basisemotionen verwendet.

## **2.2 Wirkungen von Musik auf die aktuelle Stimmung**

Stimmungen und Emotionen unterliegen einem engen Zusammenhang (Stratton, Zalanowski 1991), obwohl für beide noch keine einheitlichen Definitionen existieren. Im Gegensatz zu Emotionen beziehen sich Stimmungen nicht auf ein Objekt. Die Emotion „Freude“ impliziert beispielsweise immer die Freude über etwas Bestimmtes. Dagegen haben Stimmungen, wie hier im Beispiel die Stimmung der „Fröhlichkeit“, keinen bestimmten Gegenstand und halten länger an als Emotionen. Die Emotionen entwickeln sich erst auf dem Boden eines allgemeinen Stimmungsuntergrundes und werden durch diesen beeinflusst (Bollnow, Boelhaue 2009).

Die Konstrukte der Stimmung und der Emotionen sind nicht deutlich voneinander abgrenzbar (Stratton, Zalanowski 1991). Auch wenn Stimmungen keine klar definierten Konstrukte darstellen, stützt sich die Erforschung der Stimmungen auf subjektive kognitive Reaktionen und Verhaltensantworten, während im Gegensatz dazu die physiologische Erregung gewöhnlich mit Emotionen in Verbindung gebracht wird (Lazarus 1984). Rigg (1964) beschrieb in Übereinstimmung dazu, dass physiologische Reaktionen wie Erregung selten mit Stimmungen assoziiert seien. Dagegen berichteten Stratton und Zalanowski (1991), dass die Verknüpfung von physiologischen Reaktionen mit Stimmungen weder eindeutig bewiesen noch widerlegt ist.

Da die empfundenen Emotionen beim Musikhören sich auf das Objekt Musik beziehen und eine kürzere Dauer als Stimmungen haben, liegt die Annahme nahe, dass sich die Reaktionen auf Musik eher auf Emotionen als auf Stimmungen beziehen (Juslin, Västfjäll 2008). In der experimentellen Psychologie zeigte sich jedoch, dass Musik eine sehr effektive Methode zum Erzeugen von Stimmungen darstellt (Panksepp, Bernatzky 2002). Stimmungen können in diesem Zusammenhang auch unabhängig von Emotionen als eigene Wirkform von Musik untersucht werden.

Stimmungen werden am häufigsten durch das Bearbeiten von Fragebögen erhoben. In der Forschung wird zum Bewerten der Stimmung oft der Positiver Affekt Negativer Affekt Schedule (PANAS) verwendet (Watson et al. 1988). Ebenso weit verbreitet ist der Profile Of Mood States (POMS), der in seiner amerikanischen Originalversion von McNair et al. (1971) begründet wurde. Dieser Fragebogen erhebt die Stimmung von Testpersonen an Hand der 4 Stimmungsskalen „Niedergeschlagenheit“, „Müdigkeit“, „Tatendrang“ und „Missmut“.

Der Profile Of Mood States ist ein gutes Messinstrument, um zu erfassen, ob Musik Stimmungen beeinflussen kann. Er ist wegen seiner Kürze gut für Untersuchungen sowohl im klinischen als auch im außerklinischen Bereich geeignet, da mit diesem einheitlichen Fragebogen die Ergebnisse internationaler Studien gut vergleichbar sind (Gulke et al. 2006).

In der Literatur sind nur wenige Studien dokumentiert, die den Einfluss des Musikhörens auf Stimmungen untersuchten. Dabei zeigten sich bei einigen Untersuchungen Hinweise darauf, dass Musik die Stimmung beeinflussen und verändern kann. Pignatiello et al. (1986) berichteten an Hand von Fragebogenmaßen, dass Musik von depressivem, neutralem oder begeisterndem Charakter die entsprechende Stimmung im Hörer hervorrufen konnte. Ähnliches zeigte Shatin (1970), der jedoch darauf hinwies, dass nicht alle Hörer genau gleiche Stimmungsänderungen auf ein bestimmtes Musikstück zeigen, es aber trotzdem häufig vorkommende Änderungsmuster der Stimmung gibt, die dann für viele Musikstücke vorhergesagt werden können. In der Untersuchung von Wheeler (1985) zeigte sich, dass der Effekt des Musikhörens auf die aktuelle Stimmung einerseits von der Stimmungslage vor dem Hören und andererseits davon abhängt, wie sehr dem oder der Zuhörenden die Musik gefällt. Weiterhin konnte dargelegt werden,

dass die Stimmung durch das Hören angenehmer Musik positiv und durch das Hören unangenehmer Musik negativ beeinflusst werden konnte.

Die aktuelle Stimmung kann folglich durch Musik verschiedener Stilrichtungen beeinflusst und moduliert werden. In der aktuellen Untersuchung wird zum Analysieren des Zusammenhangs zwischen Musikhören und aktueller Stimmung der Profile of Mood States verwendet.

### **2.3 Induktion einer akuten Stressreaktion durch Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub>**

Bedrohliche und vom Gehirn als das Individuum gefährdend interpretierte Stimuli können beim Menschen eine sofortige stereotype Reaktion auslösen. Diese sogenannte Stressreaktion ist charakterisiert durch gesteigerte Vigilanz und Wahrnehmung, Aktivierung von autonomen Nervenbahnen und eine katabole Stoffwechselsituation (Habib et al. 2001). Um auf einen Stressor adäquat zu reagieren, bedient sich der Mensch sowohl behavioraler als auch physiologischer und neuroendokriner Reaktionen (Argyropoulos et al. 2002). Neuroendokriner lassen sich dabei die Aktivierung der adrenokortikotropen Achse und die Aktivierung des autonomen Nervensystems, bestehend aus Sympathikus und Parasympathikus, unterscheiden. Während die CRH-Ausschüttung im Hypothalamus die adrenokortikotrope Achse aktiviert und damit die länger dauernde Stressantwort vornehmlich über das Glucocorticoid Cortisol induziert, sorgen die vom Nebennierenmark und von sympathischen Nervenendigungen gebildeten Hormone Adrenalin und Noradrenalin bei Aktivierung des Sympathikus für die schnelle „Fight or Flight“ - Reaktion auf akuten Stress (Wetherell et al. 2006). Darüber hinaus hat die akute Stressantwort modulierende Effekte auf das Immunsystem (Maier, Watkins 1998). Einerseits dienen diese Reaktionen der Adaptation in Notsituationen, um das Überleben des Individuums zu sichern, andererseits kann exzessiver Stress gesundheitsschädigend wirken (Chrousos, Gold 1992; McEwen 1998).

Um die Aktivierung sowohl der adrenokortikotropen Achse als auch des sympathischen Nervensystems an gesunden Probanden zu untersuchen und damit die Wechselwirkungen dieser in die Stressantwort involvierten Systeme näher zu betrachten, kam bereits in mehreren Untersuchungen die Inhalation von

Gasgemischen mit einem höheren Anteil von Kohlenstoffdioxid als in normaler atmosphärischer Luft zur Anwendung (z. B. Argyropoulos et al. 2002; Kaye et al. 2004; van Duinen et al. 2005; Wetherell et al. 2006; Griez et al. 2007). Die Studie von van den Hout et al. (1987) lieferte die Erkenntnis, dass es betreffs der psychologischen Auswirkungen keinen Unterschied zwischen dem Einsatz eines Gasgemisches aus 35 % CO<sub>2</sub> und 65 % O<sub>2</sub> (Hyperkapnie, Hyperoxie) sowie eines Gasgemisches aus 35 % CO<sub>2</sub>, 20 % O<sub>2</sub> und 45 % N<sub>2</sub> (Hyperkapnie, Normoxie) gab. In der Untersuchung von Kaye et al. (2004) zeigte sich einerseits, dass nur die Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub> bedeutende Effekte auf Stresshormone hatte, verglichen mit 5 % und 25 % CO<sub>2</sub>. Andererseits konnte ein Gasgemisch mit 50 % CO<sub>2</sub> nicht von allen Probanden vollständig inhaliert werden, so dass die Probanden mit Inhalation von 50 % CO<sub>2</sub> in dieser Studie aus der Analyse ausgeschlossen wurden (Kaye et al. 2004). Daher wird in der aktuellen Untersuchung der CO<sub>2</sub>-Anteil des Gasgemisches auf 35 % und der O<sub>2</sub>-Anteil auf 65 % festgelegt.

Ein Gasgemisch aus 35 % CO<sub>2</sub> und 65 % O<sub>2</sub> wurde neben dem Einsatz bei gesunden Probanden auch in der Psychiatrie verwendet und konnte dort spezifisch bei Patienten mit Angststörungen die erhöhte Suszeptibilität gegenüber akuter Hyperkapnie zeigen. Bei solchen Patienten ruft die Inhalation dieses Gasgemisches Angstgefühle bis hin zu Panikattacken hervor (Perna et al. 1995; Papp et al. 1997).

Die einmalige Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub> durch gesunde Testpersonen führt über die Erhöhung des alveolären zu einer Erhöhung des arteriellen Kohlenstoffdioxid-Partialdrucks und kann über eine Aktivierung der adrenokortikotropen Achse zum Anstieg des Cortisolspiegels im Serum und über eine Aktivierung des Sympathikus zum Anstieg des Serum-Noradrenalinspiegels führen. Damit wird begleitend mit einem Anstieg des arteriellen Blutdrucks die physiologische Stressantwort der Probanden in Gang gesetzt. Gleichzeitig kann es zu Symptomen der Übelkeit und Atemnot sowie zu subjektiv empfundenen Angstgefühlen kommen, die allerdings von sehr kurzer Dauer sind (Wetherell et al. 2006). Während der Effekt der Noradrenalinfreisetzung und des Blutdruckanstiegs nach Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub> in der Literatur als relativ konsistent angegeben wird (Wetherell et al. 2006), gibt es bezüglich des Verlaufs des Cortisols im Speichel divergierende Angaben. So kann man zwischen sogenannten „Non-Respondern“, also Probanden ohne bedeutenden Anstieg des Speichel-Cortisols nach dem Stressor, und „Respondern“, die auf den Stressor mit einem deutlichen Cortisolanstieg im Speichel reagieren, unterscheiden

(Kirschbaum et al. 1995; Kunz-Ebrecht et al. 2003). Des Weiteren ergaben die Ergebnisse der Studie von Wetherell et al. (2006), dass die „Non-Responder“ bereits vor Applikation des Stressors im Mittel höhere Cortisolkonzentrationen im Speichel als die „Responder“ hatten und damit sowohl „Responder“ als auch „Non-Responder“ nach der Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub> ein vergleichbares physiologisches Stressniveau aufwiesen. Jedoch zeigten Reynolds et al. (1998) am Dexamethason-Hemmtest, dass die Cortisolkonzentration im Speichel größeren Schwankungen als im Plasma unterliegt und daher nur für Untersuchungen an größeren Stichproben zu empfehlen ist. In der Studie von van Duinen et al. (2005) wiesen die Werte des Speichel-Cortisols ähnliche Verläufe wie die des Hormons im Serum auf.

Die Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub> ist demnach eine einfache, leicht zu handhabende Methode, welche die Schlüsselssysteme der humanen Stressantwort aktiviert und gut reproduzierbar ist (Wetherell et al. 2006). Es gibt bisher jedoch noch keine Daten über die Auswirkungen der einmaligen Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub> auf Hormone wie Leptin und Somatostatin sowie auf Zytokine wie TNF- $\alpha$ .

## **2.4 Einfluss von akutem Stress und Auswirkungen des Musikhörens auf Stress- und Immunparameter**

Die Reaktion des Menschen auf einen stressvollen Stimulus besteht in der Auslösung von psychologischen wie auch physiologischen Reaktionen (Argyropoulos et al. 2002). Nachfolgend sollen die in der aktuellen Untersuchung näher betrachteten Stress- und Immunparameter auf ihre Eigenschaften, ihre Reaktionen in der akuten Stressantwort und im Hinblick auf den Einfluss des Musikhörens analysiert werden.

### **2.4.1 Noradrenalin**

Das Stresshormon Noradrenalin entsteht aus Dopamin durch das Enzym Dopamin- $\beta$ -Hydroxylase (LeBlanc, Ducharme 2007). Es wird im Wesentlichen von sympathischen Nervenendigungen als Neurotransmitter freigesetzt. Im Gegensatz dazu sezerniert das Nebennierenmark vornehmlich Adrenalin, welches dort aus dem Vorläufer Noradrenalin synthetisiert wird (Wortsmann et al. 1984). Noradrenalin zeigt

eine zirkadiane Rhythmik mit den höchsten Spiegeln am späten Morgen und Tiefstwerten in der Nacht (Prinz et al. 1979). Bezüglich der Geschlechterunterschiede gibt es in der Literatur inkonsistente Angaben. Einige Autoren berichteten beispielsweise von einer höheren mittleren Noradrenalin-Konzentration in Ruhe bei Männern (z. B. Christou et al. 2005), während andere keinen Geschlechterunterschied fanden (z. B. Pullinen et al. 1999). Die Plasma-Halbwertszeit des Hormons beträgt 1 bis 2 Minuten (Elmfeldt et al. 1994).

Erhöhte Sympathikusaktivität, beispielsweise unter einer akuten Stressreaktion, führt zu einer gesteigerten Noradrenalin-Freisetzung (LeBlanc, Ducharme 2007). Dieses Hormon gehört zu den ersten Mediatoren, die den Körper in der akuten Stresssituation auf die „Fight or Flight“ – Reaktion vorbereiten (Sabban et al. 2006). Diese Reaktion umfasst den Anstieg der Herzfrequenz und des Herzzeitvolumens sowie die periphere Vasokonstriktion mit konsekutivem Anstieg des arteriellen Blutdrucks (Hopkins 1997). Darüber hinaus werden unter akutem Stress noradrenerge Neuronengruppen im Zentralen Nervensystem (ZNS), wie der Locus coeruleus, aktiviert (Sved et al. 2002). Dieser leitet über eine Stimulation des Nucleus paraventricularis die Aktivierung der adrenokortikotropen Achse und damit die Cortisolsekretion ein (Curtis et al. 2002). Neuronen des ZNS, die den Transmitter Noradrenalin benutzen, können ebenso das Corpus amygdaloideum aktivieren. Diese Hirnregion ist eine wichtige Schaltstelle für angstbezogenes Verhalten (Tsigos, Chrousos 2002).

Bezüglich des Einflusses von Musik auf im Blut messbare Noradrenalin-Spiegel stehen sich in der Literatur abhängig von der verwendeten Stilrichtung divergierende Angaben gegenüber. So zeigten Möckel et al. (1994), dass meditative Musik die Noradrenalin-Konzentrationen im Vergleich zum Ausgangswert im Mittel bedeutend senken konnte. Gerra et al. (1998) berichteten, dass das Hören von moderner „Techno-Musik“ einen signifikanten Anstieg der mittleren Noradrenalinwerte hervorrief. In beiden Untersuchungen zeigten sich in der Vergleichsgruppe mit klassischer Musik keine bedeutenden Effekte auf dieses Stresshormon. In der Studie von Hirokawa, Ohira (2003) wiesen die mittleren Noradrenalin-Spiegel beim Hören von Musikstücken von stimulierendem Charakter mit hohen Tempi eine ansteigende Tendenz auf. Eine weitere Untersuchung lieferte in Übereinstimmung mit bisherigen Ergebnissen Hinweise darauf, dass der Verlauf der Katecholamine im Plasma

während des Musikhörens von der Geschwindigkeit des Rhythmus' abhängt (Yamamoto et al. 2003).

### **2.4.2 Leptin**

Leptin ist ein den Zytokinen ähnliches Polypeptid, welches von Adipozyten sezerniert wird. Das zirkulierende Leptin kann als indirektes Maß für die Körperfettmasse dienen. Es unterliegt einer zirkadianen Rhythmik mit einem nächtlichen Anstieg sowohl bei adipösen als auch bei normalgewichtigen gesunden Personen (Maruna et al. 2001). Die Mehrheit übergewichtiger Personen weist erhöhte Leptinspiegel auf. Dabei korreliert gewöhnlichweise der Leptinspiegel mit dem Body Mass Index (Haluzík et al. 1999). Der Body Mass Index berechnet sich aus dem Körpergewicht in Kilogramm geteilt durch die quadrierte Körpergröße in Metern und hat somit die Einheit  $\text{kg/m}^2$  (Schmidt, Lang 2007). Die Plasmaspiegel des Leptins sind bei Frauen im Schnitt bedeutend höher als bei Männern. Dieser Geschlechtseffekt bleibt selbst nach Korrektur eventueller BMI-Unterschiede zwischen den Geschlechtern bestehen (Fulda et al. 2010). Die mittlere Halbwertszeit beträgt sowohl bei normal- als auch bei übergewichtigen Personen zirka 25 Minuten (Klein et al. 1996).

Untersuchungen deuten darauf hin, dass Leptin regulatorische Funktionen auf die adrenokortikotrope Achse und auf die Immunantwort ausübt (Licinio et al. 1997; Flier 1998) und als ein Stresshormon der Akut-Phase-Reaktion angesehen werden kann (Bornstein 1997). Hohe Leptinwerte inhibieren dabei die Reaktion der adrenokortikotropen Achse auf akuten Stress (Heiman et al. 1997). Darüber hinaus ist Leptin in das komplexe Zusammenspiel von Zytokinen in der Entzündungsreaktion involviert (Maruna et al. 2001). Die Freisetzung von Testosteron und Katecholaminen inhibiert die Leptinsekretion (Scriba et al. 2000), während Insulin und Cortisol die Leptinfreisetzung der Adipozyten stimulieren (Cho et al. 2003).

Kain et al. (1999) zeigten an Hand von Untersuchungen an Patientinnen, die sich einer Hysterektomie unterzogen, dass durch den Stress der Operation Leptin und Cortisol einen gegensätzlichen Verlauf aufwiesen. Dem Anstieg des Cortisols stand zunächst ein Abfall der Leptinspiegel bis 2 Stunden postoperativ gegenüber. Nach zirka 24 Stunden wurde die Normalisierung des Cortisols von einem Leptinanstieg

begleitet. Das Hormon wirkt dabei direkt in der Nebennierenrinde und supprimiert dort die Cortisolproduktion (Pralong et al. 1998).

Auch Marana et al. (2008) wiesen einen Abfall des Leptins bei Patientinnen mit laparoskopischer Operation am Ovar nach, welcher einen günstigen Effekt auf die Energiekonservierung unter Stressbedingungen haben kann. Die nachlassende Leptinfreisetzung als Reaktion auf akuten Stress mit konsekutiv niedrigen Konzentrationen im peripheren Blut könnte dabei zur Aktivierung der adrenokortikotropen Achse beitragen (Ahima et al. 1996).

Über die Auswirkungen des Musikhörens auf die Leptinspiegel im Vergleich zu einer Kontrollbedingung fanden sich nach ausführlicher Recherche bislang keine Daten.

### **2.4.3 Somatostatin**

Somatostatin ist ein zyklisches Polypeptid, welches in den zwei biologisch aktiven Isoformen Somatostatin-14 und Somatostatin-28 vorkommt (Møller et al. 2003).

Die Bildungsorte sind im Wesentlichen das Zentrale Nervensystem, der Gastrointestinaltrakt und endokrine Drüsen. Von diesen Peptiden ist ihre inhibitorische Wirkung auf die endokrine Sekretion vieler Hormone bekannt, so unter anderem auf das hypophysäre Wachstumshormon, auf zahlreiche Hormone des Gastrointestinaltrakts, wie zum Beispiel Gastrin, Cholecystokinin, vasoaktives intestinales Polypeptid und Sekretin wie auch auf Glucagon und Insulin der Langerhans-Inseln des Pankreas. Genauso inhibiert Somatostatin beispielsweise die exokrine Sekretion der Magensäure und der pankreatischen Verdauungsenzyme (Reichlin 1983a; Reichlin 1983b). Vom Somatostatin wurde bereits eine zirkadiane Rhythmik mit einem Maximum in der Mittagszeit und einem Minimum in den frühen Morgenstunden berichtet (Kinova et al. 2002). Bezüglich der Geschlechterunterschiede in den Hormonspiegeln fanden sich bislang keine Daten. Somatostatin-14 hat eine sehr kurze Plasma-Halbwertszeit von unter 3 Minuten (Patel, Wheatley 1983).

Über das Verhalten dieses Hormons unter Stressbedingungen gibt es in der Literatur inkonsistente Angaben. Die während der Aktivierung der adrenokortikotropen Achse stattfindende Freisetzung des Corticotropin-Releasing-Hormons stimuliert die hypothalamische Somatostatin-Sekretion und kann damit indirekt suppressiv auf das Wachstumshormon unter chronischen Stressbedingungen wirken (Tsigos, Chrousos

2002). Im Gegensatz dazu ist im Tierversuch herausgefunden worden, dass die sympathische Stimulation mit konsekutiver Noradrenalinfreisetzung im Pankreas zwar die Glucagonsekretion der  $\alpha$ -Zellen fördert, aber gleichzeitig die Somatostatinfreisetzung der  $\delta$ -Zellen hemmt (Kurose et al. 1990; Hauge-Evans et al. 2010).

Nach umfangreicher Recherche fanden sich keine Daten über den Einfluss des Musikhörens auf im peripheren Blut messbare Somatostatinkonzentrationen.

#### **2.4.4 TNF- $\alpha$**

Der Tumor Nekrose Faktor- $\alpha$  ist ein Zytokin, welches vor allem von aktivierten Makrophagen sezerniert wird. Monozyten bzw. Makrophagen spielen in der Zytokinproduktion eine zentrale Rolle und haben daher modulatorische Effekte auf die Entzündungsreaktion (Beutler, Cerami 1989). Unter den Bedingungen einer Entzündungsantwort kommt es zu einem Anstieg der TNF- $\alpha$ -Spiegel im Serum (Okada et al. 2009). TNF- $\alpha$  induziert eine ganze Reihe von Effekten auf zellulärer Ebene, wie zum Beispiel die Produktion weiterer proinflammatorischer Zytokine und auch Zelltod durch Apoptose (Varfolomeev, Ashkenazi 2004). Dysfunktionen der TNF- $\alpha$ -Signalwege tragen zur Pathogenese vieler Krankheiten bei, so zum Beispiel Krebserkrankungen, Sepsis, Diabetes mellitus und andere Autoimmunerkrankungen (Feldmann, Maini 2003). Von den TNF- $\alpha$ -Spiegeln im Plasma ist eine zirkadiane Rhythmik bekannt (Gozal et al. 2010). Geschlechterunterschiede in der TNF- $\alpha$ -Sekretion sind beispielsweise durch In-vitro-Experimente an mit Lipopolysaccharid inkubierten Blutproben gesunder Probanden nachgewiesen worden (Imahara et al. 2005). Die Plasma-Halbwertszeit des TNF- $\alpha$  beträgt 6 bis 7 Minuten (Beutler et al. 1985).

Zytokine und andere humorale Inflammediatoren sind potente Aktivoren der zentralen Stressantwort. TNF- $\alpha$ , Interleukin-1 $\beta$  und Interleukin-6 können allein oder synergistisch die adrenokortikotrope Achse aktivieren und damit zur Induktion einer Stressreaktion beitragen (Chrousos 1995). Im Gegensatz dazu hat das als Folge der Stressantwort gebildete Cortisol ausgeprägte inhibitorische Effekte auf nahezu alle Komponenten der Immunantwort (Chrousos 1995; Elenkov et al. 1999). Psychologische Stressoren, so zum Beispiel anspruchsvolle Denkaufgaben, hatten bisher inkonsistente Effekte auf den Verlauf der TNF- $\alpha$ -Spiegel gezeigt. So

berichteten Dugué et al. (1993) und Steptoe et al. (2001), keine statistisch bedeutenden Veränderungen des TNF- $\alpha$  im Serum unmittelbar bzw. bis zu 2 Stunden nach der Applikation eines psychologischen Stressors an gesunden Probanden nachweisen zu können. Eine mögliche Ursache könnte dabei in der um mehrere Stunden verzögerten Reaktion des Parameters auf den Stress liegen (Steptoe et al. 2001).

Der Einfluss von Musik auf die Serumkonzentrationen dieses Zytokins wurde bisher beispielsweise an Sängern durch den Vergleich der Spiegel vor und nach einer Unterrichtsstunde untersucht. Auch hier zeigten sich unstete Ergebnisse, da das Zytokin bei Amateurmusikern im Mittel abfiel, bei professionellen Musikern hingegen im Schnitt anstieg, wobei allerdings nur eine kleine Stichprobe von insgesamt  $N = 16$  vorlag (Grape et al. 2003). In einer weiteren Untersuchung an Demenz-Patienten mit cerebrovaskulären Erkrankungen zeigte eine über mehrere Wochen durchgeführte regelmäßige Musiktherapie keine bedeutenden Effekte auf die mittleren Konzentrationen des TNF- $\alpha$  verglichen mit den Patienten, die keine Musiktherapie erhielten (Okada et al. 2009). Über die Auswirkungen des Hörens von Instrumentalmusik auf die TNF- $\alpha$ -Spiegel gesunder Probanden existieren bislang jedoch keine Daten.

### **2.5 Zusammenfassung**

Musik erzeugt im Menschen sowohl psychologische als auch physiologische Wirkungen. In vielen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass Emotionen (z. B. Krumhansl 1997) und Stimmungen (z. B. Pignatiello et al. 1986) durch Musik beeinflussbar sind. Genauso kann das Hören von Musik auch Effekte auf im Blut messbare Stresshormone wie beispielsweise Noradrenalin zeigen (z. B. Möckel et al. 1994). Viele bisherige Studien kombinierten die Applikation eines standardisierten Stressors mit darauf folgendem Musikhören (Hanser 1985; Scheufele 2000; Hirokawa, Ohira 2003; Chafin et al. 2004). Es ist dabei gezeigt worden, dass bestimmte musikalische Stilrichtungen zur Verbesserung der Stressbewältigung dienen können (Chafin et al. 2004). Ob das alleinige Hören von Instrumentalmusik auch Effekte auf Leptin, Somatostatin und TNF- $\alpha$  an gesunden Probanden hat, ist noch nicht untersucht worden.

Als wirksame Methode zur Induktion einer akuten Stressreaktion hat sich die einmalige Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub> erwiesen. Bisher wurden die Auswirkungen dieses Stresstests auf Stresshormone wie zum Beispiel Cortisol und Noradrenalin untersucht (Wetherell et al. 2006). Für die Auswirkungen dieses Stressors auf Leptin, Somatostatin und TNF- $\alpha$  existieren jedoch noch keine Daten.

Die vorliegende Arbeit soll als Erweiterung bisheriger Studien dienen und untersucht den Einfluss des Hörens von Musik nach der Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub> auf Emotionen, die aktuelle Stimmung sowie die Stress- und Immunparameter Noradrenalin, Leptin, Somatostatin und TNF- $\alpha$ . Zusätzlich sollen der Zusammenhang mit den psychologischen Daten sowie die Geschlechter- und Tageszeiteffekte der gemessenen physiologischen Parameter näher betrachtet werden.

## **2.6 Fragestellungen und Hypothesen**

### **2.6.1 Fragestellungen und Hypothesen bezüglich Musik und Emotionen**

In der vorliegenden Arbeit soll an Hand der emotionalen Dimensionen Valenz und Erregung sowie an Hand der 6 Ekman'schen Basisemotionen die Auswirkung des Hörens von Instrumentalmusik auf den emotionalen Status nach der Applikation eines Stressors im Vergleich zu einem neutralen Kontrollstimulus (Zwölftonfolgen) untersucht werden. Die Testpersonen sollen somit ihre emotionale Situation während des Hörens akustischer Stimuli in regelmäßigen Abständen wiederholt evaluieren. Gleichzeitig sollen die Probanden die Bekanntheit der Stücke einschätzen und das Auftreten von „Chills“ angeben.

Es wird in diesem Rahmen erwartet, dass die Probanden die gehörten Musikstücke emotional positiver bewerten als die gehörten Kontroll-Tonfolgen. Im einzelnen heißt das:

#### *Valenz und Erregung*

Die emotionalen Dimensionen Valenz und Erregung werden mit dem Self-Assessment Manikin (SAM) erhoben. Sowohl für die Valenz als auch für die Erregung umfasst dieser neun Antwortalternativen, die von „sehr unangenehm“ bis

„sehr angenehm“ auf der Skala der Valenz und von „sehr entspannt“ bis „sehr erregt“ auf der Erregungs-Skala reichen (Lang 1980).

- (1) Es wird angenommen, dass die Ausprägung der Dimension Valenz in der Experimentalgruppe durchschnittlich „angenehmer“ empfunden wird als in der Kontrollgruppe.
- (2) Des Weiteren wird erwartet, dass sich die mittlere Ausprägung der Valenz der Experimentalgruppe bedeutend vom Skalenmittelwert („neutral“) in Richtung höherer Werte („angenehm“) unterscheidet. Im Gegensatz dazu sollte sich die durchschnittliche Valenzausprägung der Kontrollgruppe nicht signifikant vom Skalenmittelwert unterscheiden.
- (3) Bezüglich der Erregung wird eine höhere mittlere Ausprägung dieser Dimension in der Experimentalgruppe als in der Kontrollgruppe angenommen.
- (4) Ferner wird erwartet, dass die Einschätzung der Erregung in der Experimentalgruppe im Mittel bedeutend höher als der Skalenmittelwert ausfällt. In der Kontrollgruppe wird hingegen kein signifikanter Unterschied der mittleren Erregung vom Skalenmittelwert erwartet.

### *Basisemotionen*

Für jede der 6 Basisemotionen wird ebenfalls eine neunstufige Antwortskala zur Einschätzung der Emotionsausprägung von „gar nicht“ bis „äußerst intensiv“ vorgegeben.

- (5) Bezüglich der Emotion „Freude“ wird eine bedeutend intensivere mittlere Ausprägung in der Experimentalgruppe als für die Testpersonen mit der Kontrollbedingung erwartet.
- (6) Für die Einschätzung der Emotionen „Ärger“, „Ekel“, „Angst“ und „Trauer“ wird erwartet, dass diese in der Experimentalgruppe im Mittel bedeutend schwächer erlebt werden als unter der Kontrollbedingung.

- (7) Außerdem soll untersucht werden, ob es bezüglich der Basisemotion „Überraschung“ signifikante Unterschiede in den mittleren Einschätzungen zwischen der Experimental- und der Kontrollgruppe gibt.

### *Bekanntheit*

Als Antwortkodierung dient auch hier eine neunstufige Skala, die von „gar nicht“ bis „sehr gut“ reicht.

- (8) Es wird erwartet, dass die gehörten Musikstücke den Probanden der Experimentalgruppe bedeutend besser bekannt sind als die Zwölftonfolgen der Kontrollgruppe. Folglich soll die Bekanntheit für die Experimentalgruppe signifikant höhere Mittelwerte zeigen als für die Kontrollgruppe.

### *Chills*

Die Häufigkeit von Fröstelreaktionen mit Piloarreaktion, die als „Chills“ bezeichnet werden (Panksepp 1995), kann von „gar nicht“, also „null mal“ bis hin zu „acht mal“ angegeben werden.

- (9) Bezüglich der „Chills“ wird eine bedeutend höhere mittlere Häufigkeit in der Experimentalgruppe als unter der Kontrollbedingung erwartet.

## **2.6.2 Fragestellungen und Hypothesen bezüglich Musik und aktueller Stimmung**

In der aktuellen Untersuchung soll die Stimmung in Abgrenzung von den Emotionen als eine weitere Wirkform von Musik näher betrachtet werden. Dazu wird mit Hilfe des Profile Of Mood States (POMS) jeweils vor („Prä“) und nach dem Experiment („Post“) die aktuelle Stimmung der Testpersonen erhoben. Dabei wird angenommen, dass die 4 POMS-Stimmungsskalen „Niedergeschlagenheit“, „Müdigkeit“, „Tatendrang“ und „Missmut“ die aktuelle Stimmung repräsentieren (McNair et al. 1971) und die Probanden über ihre jetzige Stimmung mittels Introspektion berichten können.

Es wird erwartet, dass das Musikhören im Vergleich zu der Kontrollbedingung nach Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub> eine positive Stimmungsänderung bewirkt. Das bedeutet Folgendes:

- (10) Es wird angenommen, dass sich die Testpersonen der Experimental- und Kontrollgruppe vor dem Experiment in der Ausprägung der 4 Stimmungsskalen im Mittel nicht signifikant voneinander unterscheiden.
- (11) Nach dem Experiment wird ein bedeutender Unterschied der mittleren Stimmungseinschätzung in den 4 Skalen zwischen Experimental- und Kontrollbedingung erwartet. Dabei soll die Experimentalgruppe im Mittel eine höhere Ausprägung der Stimmung auf der Skala „Tatendrang“ und eine geringere Stimmungsausprägung auf den Skalen „Niedergeschlagenheit“, „Müdigkeit“ und „Missmut“ als die Kontrollgruppe zeigen.
- (12) Ebenso wird angenommen, dass die Zunahme der Stimmungsausprägung auf der Skala „Tatendrang“ in der Experimentalgruppe durchschnittlich höher ist als in der Kontrollgruppe.
- (13) Entsprechend wird außerdem erwartet, dass die Abnahme der Stimmungsausprägung auf den Skalen „Niedergeschlagenheit“, „Müdigkeit“ und „Missmut“ in der Experimentalgruppe im Mittel größer ist als unter der Kontrollbedingung.

### **2.6.3 Fragestellungen und Hypothesen bezüglich der Stress- und Immunparameter**

Zusätzlich zu den Emotions- und Stimmungsmaßen sollen in der vorliegenden Arbeit die Auswirkungen der Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub> und des sich daran anschließenden Hörens von Instrumentalmusik im Vergleich zu einem neutralen Zwölftonfolgen-Stimulus auf die Hormone Noradrenalin, Leptin und Somatostatin sowie auf das Zytokin TNF- $\alpha$  untersucht werden. Zu insgesamt 6 verschiedenen Zeitpunkten vor, während und nach dem etwa eine Stunde dauernden Experiment werden dabei den

Versuchspersonen Blutproben entnommen und auf die Konzentrationen der genannten Parameter untersucht.

Es wird dabei erwartet, dass es nach der Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub> zu messbaren bedeutenden Änderungen der Plasma- bzw. Serumkonzentrationen von Stress- und Immunparametern kommt. Ebenso soll dargestellt werden, ob das Hören von Instrumentalmusik in der Erholungsphase von dem Stressor einen messbaren Einfluss auf die Parameter im Vergleich zum Hören von Zwölftonfolgen zeigt. Des Weiteren sollen mögliche Zusammenhänge zwischen den zu erhebenden Emotions- und Stimmungsdaten und den im Blut zu messenden Parametern untersucht sowie Geschlechter- und Tageszeiteffekte der Parameter näher betrachtet werden. Genauer heißt das Folgendes:

- (14) Es wird angenommen, dass das Hormon Noradrenalin auf die Applikation des Stressors mit einem schnellen Anstieg reagiert. Weiterhin soll untersucht werden, ob die Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub> einen supprimierenden Effekt auf das Leptin und darüber hinaus bedeutende Auswirkungen auf Somatostatin- und TNF- $\alpha$ -Spiegel hat.
- (15) Außerdem soll untersucht werden, ob der Einfluss des Musikhörens verglichen mit der Kontrollbedingung zu bedeutend unterschiedlichen Verläufen der Stress- und Immunparameter über die 6 Messzeitpunkte führt.
- (16) Des Weiteren soll der Zusammenhang zwischen den psychologischen und physiologischen Daten mit Hilfe der emotionalen Dimensionen der Valenz und Erregung sowie mit den Stimmungsdaten aus dem POMS aufgezeigt werden.
- (17) Bezüglich der Geschlechterunterschiede wird vom Leptin erwartet, dass Frauen im Mittel signifikant höhere Spiegel aufweisen als Männer. Außerdem soll untersucht werden, ob es betrifft der mittleren Noradrenalin-, Somatostatin- und TNF- $\alpha$ -Konzentrationen bedeutende Geschlechterunterschiede gibt.
- (18) Bedeutende Tageszeitenunterschiede werden für alle 4 Stress- und Immunparameter angenommen.

## **3 Material und Methoden**

### **3.1 Versuchspersonen**

#### **3.1.1 Anwerbung der Teilnehmer sowie Einschluss- und Ausschlusskriterien**

Die Versuchspersonen stammten zum größten Teil aus der Probandendatenbank des Max-Planck-Institutes für Kognitions- und Neurowissenschaften Leipzig. Einige Teilnehmer wurden über Aushänge und Einträge in Internetforen angeworben.

Um in die Studie eingeschlossen zu werden, sollten die Versuchspersonen zwischen 20 und 33 Jahre alt sein und außer nicht rezeptpflichtigen Analgetika, Eisentabletten und Kontrazeptiva keine Medikamente einnehmen.

Ausschlusskriterien für die Teilnahme waren Schwangerschaft, arterielle Hypertonie mit einem Ruhe-Blutdruck über 160 zu 90 mmHg, chronische Lungenerkrankungen wie Asthma bronchiale, psychiatrische und neurologische Erkrankungen wie Angststörungen, Migräne und Anfallsleiden sowie immunologische Erkrankungen mit Ausnahme von Allergien.

Die Teilnahme am Experiment war freiwillig. Um die Anonymität der Teilnehmer zu gewährleisten, wurde für jede Person ein persönlicher Identifikationscode erstellt. Dieser bestand aus den Initialen des Namens, dem Geburtsjahr und -monat, dem Geschlecht sowie dem Datum der Teilnahme. Im Anschluss an die Messung bekamen alle Probanden eine finanzielle Aufwandsentschädigung.

Die Studie wurde von der Ethikkommission an der Medizinischen Fakultät der Universität Leipzig genehmigt (Bearbeitungsnummer: 166/2006) und gemäß den Vorgaben der Deklaration von Helsinki des Weltärztebundes durchgeführt.

#### **3.1.2 Beschreibung der Gruppen**

Insgesamt nahmen an dem Experiment 143 Personen teil (männlich 72, weiblich 71) mit einem durchschnittlichen Alter von 24,9 Jahren (insgesamt: SD = 2,8 Jahre; männlich: SD = 2,9 Jahre; weiblich: SD = 2,5 Jahre). Davon gehörten 71 der Experimentalgruppe und 72 der Kontrollgruppe an. Die Muttersprache aller Teilnehmer war deutsch. Im Folgenden sollen die beiden Gruppen hinsichtlich ihres

Alters, ihres Body Mass Index (BMI), ihres arteriellen Blutdrucks sowie ihrer Schlaf- und Sportgewohnheiten näher beschrieben werden, um die Vergleichbarkeit der Gruppen darzustellen.

Die Experimentalgruppe bestand aus 49,3 % Frauen (N = 35) und 50,7 % Männern (N = 36), wobei das Durchschnittsalter bei 24,8 Jahren (SD = 2,9 Jahre) lag mit einer Spannweite von 20 bis 33 Jahren. Der Body Mass Index (BMI) reichte in dieser Gruppe von 17,4 bis 32,7 kg/m<sup>2</sup> mit einem Mittelwert von 22,5 kg/m<sup>2</sup> (SD = 2,6 kg/m<sup>2</sup>). Der mittlere arterielle Blutdruck, der vor dem Experiment einmalig gemessen wurde, lag bei 122 zu 77 mmHg (SD: 11,1 zu 8,9 mmHg).

Die durchschnittliche Schlafdauer pro Tag lag bei 7,489 Stunden (SD = 0,939 Stunden), wobei 15,5 % (N = 11) der Probanden einen unregelmäßigen Schlaf in Bezug auf Dauer und Schlafbeginn angaben. 83,1 % (N = 59) hatten regelmäßigen Schlaf und von 1,4 % (N = 1) der Testpersonen wurden die Schlafgewohnheiten nicht erfragt.

Regelmäßig Sport, das heißt mindestens einmal pro Woche, trieben 32,4 % (N = 23) der Probanden, wohingegen 66,2 % (N = 47) weniger als einmal pro Woche körperlich aktiv waren. Die regelmäßigen sportlichen Aktivitäten wurden von 1,4 % (N = 1) der Probanden nicht erfragt. Am Testtag waren 16,9 % (N = 12) der Versuchspersonen bereits sportlich aktiv gewesen, während dies von 78,9 % (N = 56) verneint wurde. Zum Sport am Testtag fehlen die Daten von 4,2 % (N = 3) der Testpersonen.

In die Kontrollgruppe wurden 50,0 % Frauen (N = 36) und ebenfalls 50,0 % Männer (N = 36) eingeschlossen. Hier lag das durchschnittliche Alter bei 24,9 Jahren (SD = 2,6 Jahre) bei einer Spannweite von 20 bis 32 Jahren. In dieser Gruppe zeigte sich eine Spannweite des Body Mass Index von 17,4 bis 29,1 kg/m<sup>2</sup> mit einem mittleren BMI von 22,1 kg/m<sup>2</sup> (SD = 2,4 kg/m<sup>2</sup>). Der vor dem Experiment einmalig ermittelte arterielle Blutdruck wurde im Mittel mit 122 zu 78 mmHg (SD: 10,9 zu 7,0 mmHg) gemessen.

In dieser Gruppe schliefen die Testpersonen durchschnittlich 7,493 Stunden (SD = 1,050 Stunden) pro Tag. Dabei gaben 19,4 % (N = 14) an, dass ihr Schlaf unregelmäßig sei, wohingegen 80,6 % (N = 58) über regelmäßigen Schlaf berichteten.

72,2 % (N = 52) waren regelmäßig sportlich aktiv, dagegen gaben 27,8 % (N = 20) der Versuchspersonen an, nicht ständig Sport zu treiben. Am Tag des Experiments hatten 26,4 % (N = 19) bereits eine sportliche Tätigkeit hinter sich, wohingegen 66,7 % (N = 48) dies nicht behaupteten. Von 6,9 % (N = 5) der Probanden wurden die Daten zur körperlichen Aktivität am Testtag nicht erhoben.

## 3.2 Fragebögen

Alle Probanden wurden über das Experiment aufgeklärt, bestätigten danach schriftlich ihr Einverständnis zur Teilnahme und füllten unmittelbar vor, während und nach dem Experiment standardisierte Fragebögen aus. Die Einverständniserklärung zur Teilnahme und die für die aktuelle Untersuchung relevanten Fragebögen sind im Anhang 8.2 aufgeführt.

### 3.2.1 Profile Of Mood States (POMS)

Der Profile Of Mood States (POMS), der von Biehl et al. (1986) ins Deutsche übersetzt wurde, beschreibt die aktuelle Stimmung und Befindlichkeit einer Testperson. Insgesamt umfasst dieser Fragebogen vier Stimmungsskalen – „Niedergeschlagenheit“ (Depression, Anxiety) mit 14 Adjektiven sowie die Skalen „Müdigkeit“ (Fatigue), „Tatendrang“ (Vigor) und „Missmut“ (Anger) mit jeweils 7 Adjektiven, so dass insgesamt 35 verschiedene Adjektive zur Beschreibung der aktuellen Stimmung eingesetzt werden. Dabei korrelieren die Skalen „Niedergeschlagenheit“, „Müdigkeit“ und „Missmut“ hoch miteinander ( $0,61 \leq r \leq 0,76$ ), wohingegen die Skala „Tatendrang“ mit den anderen drei Skalen negativ korreliert ( $-0,46 \leq r \leq -0,17$ ) (Biehl et al. 1986). Um ihre aktuelle Stimmung einzuschätzen, standen der Versuchsperson für die Bewertung jedes Adjektivs sieben alternative Antwortmöglichkeiten zur Verfügung, die von 1 („überhaupt nicht“) über 2 („sehr schwach“), 3 („schwach“), 4 („etwas“), 5 („ziemlich“), 6 („stark“) bis 7 („sehr stark“) reichten. In der amerikanischen Originalversion des Fragebogens bezieht sich diese Einschätzung auf den Zeitraum der „letzten Woche einschließlich heute“ (McNair et al. 1971). In der hier durchgeführten Untersuchung wurde dieser Zeitraum auf die „aktuelle Situation“ geändert. Der POMS wurde genau einmal vor

dem Experiment und einmal nach Abschluss des Versuchs erhoben, so dass ein Vergleich der Befindlichkeit vor und nach der Untersuchung möglich war.

### **3.2.2 Emotions- und Bekanntheitsfragebogen**

Der Emotions- und Bekanntheitsfragebogen setzte sich aus Elementen des Self-Assessment Manikin (Lang 1980), den sechs Emotionsausdrücken von Paul Ekman, der Bekanntheit des Stückes und der Häufigkeit von „Chills“ („Schauer über den Rücken“ oder „Gänsehaut“) zusammen. Nach jedem der 18 dargebotenen Stücke sollte die Versuchsperson diese Elemente bewerten.

Der Self-Assessment Manikin wurde von Lang (1980) entwickelt und erhebt bildhaft, wie die Probanden beziehungsweise auf ein Objekt oder Ereignis ihre aktuellen affektiven Reaktionen bezüglich Valenz, Erregung und Dominanz einschätzen (Bradley, Lang 1994). In der aktuellen Untersuchung wurde auf Grund der Fragestellung die Einschätzung auf die Dimensionen der Valenz und der Erregung beschränkt. Der Begriff „Erregung“ meinte hier sowohl freudige positive Erregung als auch negative, wie z. B. Ärger. Die Skala der Valenz erstreckte sich von dem Bild einer stirnrunzelnden, unglücklichen Figur („sehr unangenehm“) bis hin zu einer lächelnden, glücklichen („sehr angenehm“), während bei der Erregung die Antwortdimension von einer entspannten, schläfrigen Figur („sehr entspannt“) bis zu einer sehr erregten Figur mit weit aufgerissenen Augen („sehr erregt“) reichte (Bradley, Lang 1994). Insgesamt ergab sich eine neunstufige Antwortskala, die aus fünf Figurenbildern und vier Zwischenräumen bestand, die ebenfalls von der Testperson ausgewählt werden konnten. Die Antworten der Probanden wurden zur besseren Veranschaulichung so kodiert, dass sich für die Valenz eine Skala von -4 („sehr unangenehm“) über 0 („neutral“) bis hin zu 4 („sehr angenehm“) sowie für die Erregung eine Skala von 0 („sehr entspannt“) bis zu 8 („sehr erregt“) ergab.

Im zweiten Teil des Emotionsfragebogens sollten die Testpersonen die sechs Basisemotionen von Paul Ekman (Ekman 1992) Freude (Joy), Ärger (Anger), Ekel (Disgust), Angst (Fear), Trauer (Sad) und Überraschung (Surprise) beurteilen. Angepasst an die aktuelle Untersuchung wurde für Freude das Adjektiv „fröhlich“ verwendet, für Ärger das Wort „ärgerlich“, für Ekel „angeekelt“, für Angst „ängstlich“,

für Trauer „traurig“ und die Emotion Überraschung wurde durch das Adjektiv „überrascht“ ersetzt. Hier erstreckte sich die Antwortskala ebenfalls über neun Stufen und reichte von 0 („gar nicht“) bis 8 („äußerst intensiv“).

Als dritter Abschnitt des Emotions- und Bekanntheitsfragebogens diente die Beurteilung der Probanden, wie gut sie das gerade eben gehörte Stück bereits kannten. Auch hier reichten die Antwortmöglichkeiten über neun Stufen, beginnend bei 0 („gar nicht“) bis hin zu 8 („sehr gut“).

Im letzten Teil wurden die Testpersonen gebeten, anzugeben, wie oft ihnen während des gerade gehörten Stückes ein „Schauer über den Rücken“ gelaufen ist. Diese Reaktion des Fröstelns mit Piloarrektion, das heißt eine Gänsehaut, wird auch als „Chills“ bezeichnet (Panksepp 1995). Dabei reichte die Antwortskala von 0 („gar kein Chill“) über 1 („einmal Chill“) bis zu 8 („achtmal Chill“).

### **3.3 Akustische Stimuli**

Die akustischen Stimuli der Experimental- und Kontrollgruppe waren beide exakt 41:06 Minuten lang und bestanden aus jeweils 18 Titeln. Nach jedem gespielten Titel gab es eine Pause von 40 Sekunden, um der Versuchsperson genügend Zeit zum Ausfüllen des Emotions- und Bekanntheitsfragebogens zu geben. Somit betrug die Gesamtdauer der akustischen Stimulation und der Pausen jeweils 53:06 Minuten.

#### **3.3.1 Stimuli der Experimentalgruppe**

Die akustischen Stimuli der Experimentalgruppe beinhalteten eine Sammlung von 18 Instrumentalstücken aus verschiedenen Epochen und Kulturen, deren Melodie als belebend und fröhlich empfunden werden sollte. Dabei wurde bewusst auf Musik mit Gesang verzichtet, damit die erhobenen psychologischen und physiologischen Daten nicht durch Sprache, sondern nur durch Instrumentalmusik beeinflusst wurden. In Vorstudien wurden die hier zur Anwendung gekommenen Stücke aus 30 Musikstücken an Hand der Beurteilung von 24 Probanden in unstandardisierten Bewertungsfragebögen ausgewählt. Die verwendeten Musikstücke beinhalteten

Elemente der Stilrichtungen Klassik, Jazz, Irish Folk, Indio-Musik, Filmmusik und Reggae. Eine vollständige Liste der Stücke ist in Tabelle 1 wiedergegeben. Die Instrumentalstücke hatten eine Dauer von 41 Sekunden bis 3:11 Minuten mit Taktschlägen zwischen 106 und 132 pro Minute. Die Stimuli wurden alle auf dieselbe Lautstärke normiert.

### **3.3.2 Stimuli der Kontrollgruppe**

Die akustische Stimulation der Kontrollgruppe erfolgte ebenfalls mit 18 Stücken, welche jedoch computergenerierte Zwölftonfolgen waren, die mit dem Programm Matlab 7.0 (MathWorks, Natick, USA) erstellt wurden. Die Stimuli entsprachen in Dauer, Tempo, Tonumfang und Tonhöhe den jeweiligen Instrumentalstücken der Experimentalgruppe. Die Töne wurden im Rahmen des durch das Musikstück vorgegebenen Tonumfanges zufallsgeneriert und hatten zueinander keine diatonische Beziehung, so dass alle Töne der zwölfstufigen chromatischen Tonleiter gleichwertig waren. Mit Hilfe des Programms Reason 3.0 (Propellerhead Software, Stockholm, Schweden) wurden die Tonfolgen mit verschiedenen computergenerierten Instrumenten belegt, wobei die Klangfarbe des verwendeten Instruments dem Melodieinstrument des jeweils zugehörigen Musikstückes der Experimentalgruppe entsprach. In Tabelle 1 sind die Melodie-Instrumente der Kontrollgruppe ebenfalls dargestellt.

**Tabelle 1:** Stimuli der Experimentalgruppe und Instrumente der Kontrollgruppe

<b>Titel-Nr.</b>	<b>Titel</b>	<b>Herkunft</b>	<b>Komponist</b>	<b>Dauer min:sek</b>	<b>Tonumfang der Melodie</b>	<b>Melodie-Instrument der Kontrollgruppe</b>
1	Egyptian Reggae	Egyptian Reggae	Jonathan Richman	2:34	g – c <sup>''</sup>	Gitarre
2	El Canto De Mi Antara	El Condor Pasa	Joël Francisco Perri	2:40	d <sup>''</sup> – g <sup>'''</sup>	Panflöte
3	The Arrival of the Queen of Sheba	Classic Kennedy	Georg Friedrich Händel	2:54	f' – b <sup>b''</sup>	Streicher
4	Roter Salon	Jenseits der Stille	Niki Reiser	1:27	b <sup>b</sup> – d'	Klarinette
5	Magnum P.I.	Die grössten TV-Hits aller Zeiten	Mike Post/Pete Carpenter	0:58	f' – a <sup>b''</sup>	Bassgitarre
6	Enriqueta	Momentos	Rubén González	3:02	a – d <sup>''</sup>	Posaune
7	Baroque: Irish Folk	Irish Traditional & Baroque Music	Dordán	2:42	g' – d <sup>'''</sup>	Streicher
8	Indio Anden1	Andine Musik	Joël Francisco Perri	2:15	e' – a <sup>''</sup>	Blockflöte
9	Miss Marple's Theme	Saturn - Soundtrack Edition	Ron Goodwin	2:00	a – e <sup>'''</sup>	Streicher
10	The Lucky Penny	New Celtic Dimensions	Craobh Rua	2:38	d' – d <sup>'''</sup>	Banjo
11	Badinerie (Ouverture No. 2, BWV 1067)	Barockmusik	Johann Sebastian Bach	1:21	f' - d <sup>b'''</sup>	Violine
12	Indio Anden	Andine Musik	Joël Francisco Perri	2:12	e' – b <sup>''</sup>	Panflöte
13	An Angel Went Up in Flames	Brokeback Mountain	The Gas Band	2:33	a – a <sup>''</sup>	Violine
14	Fabiando	Momentos	Rubén González	3:11	E – g <sup>'''</sup>	Pianoforte
15	Prélude	Carmen Highlights	Georges Bizet	2:06	c' – a <sup>'''</sup>	Streicher
16	Up to Date	Generation Fernseh-Kult Vol. 2	Max Greger	0:41	b <sup>b'</sup> – a <sup>'''</sup>	Glockenspiel
17	Irish03	Irish Folk	unbekannt	3:05	e' – c <sup>#'''</sup>	Violine
18	Ouverture (Ausschnitt)	Wilhelm Tell	Gioachino Rossini	2:47	b – g <sup>#'''</sup>	Streicher

Die Stimuli bestanden aus insgesamt 18 Stücken, entweder fröhliche, belebende Instrumentalmusik für die Experimentalgruppe oder computergenerierte, genau gleich lange Zwölfton-Stimuli für die Kontrollgruppe.

### **3.4 Elektrokardiogramm (EKG)**

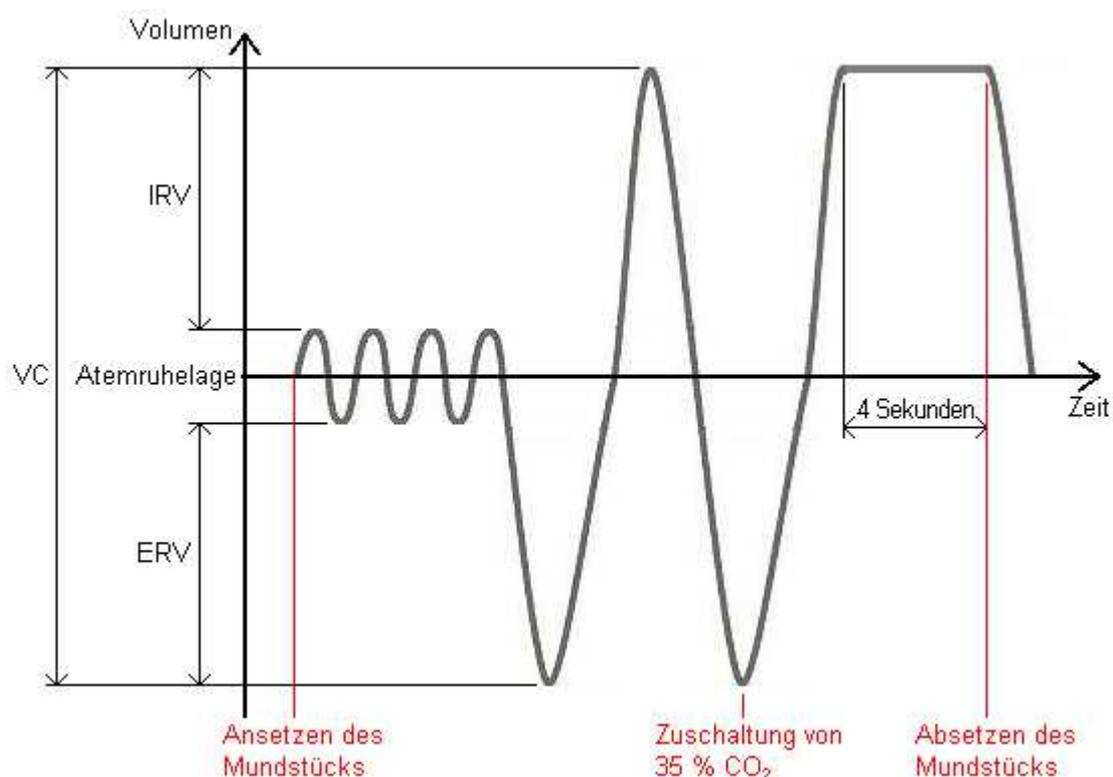
Die Messung der elektrischen Aktivität des Herzens über die Zeit erfolgt mit dem Elektrokardiogramm (EKG). Dafür werden am Thorax und an den Extremitäten Elektroden positioniert, wobei als Standardmethode zur Erfassung der elektrischen Herzaktivität das 12-Kanal-EKG gilt, welches in der aktuellen Untersuchung zur Anwendung kam. Dieses dient klinisch als optimales Verfahren zur Diagnostik von Herzrhythmusstörungen sowie zur Ischämiediagnostik. Die 12 EKG-Ableitungen setzen sich aus den Extremitätenableitungen nach Einthoven und Goldberger (je 3 Ableitungen) sowie aus der Brustwandableitung nach Wilson (6 Ableitungen) zusammen (Gertsch 2008). Das so aufgezeichnete EKG dient neben der Beurteilung der elektrischen Herzaktion im klinischen Alltag auch zur Berechnung der Herzratenvariabilität (HRV). Die Auswertung der EKG-Daten gehört nicht zum Untersuchungsgegenstand der vorliegenden Arbeit.

### **3.5 Ablauf der Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub>**

Allen Testpersonen wurde einmalig ein standardisierter Stressor appliziert, um die physiologische Stressantwort der Probanden zu aktivieren. Untersuchungen mehrerer Arbeitsgruppen benutzten dazu bereits die Inhalation eines Gasgemisches aus Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) und Sauerstoff (O<sub>2</sub>) mit einem höheren Anteil an CO<sub>2</sub> und O<sub>2</sub> als in der Umgebungsluft (z. B. Argyropoulos et al. 2002; Kaye et al. 2004; van Duinen et al. 2005; Wetherell et al. 2006; Griez et al. 2007). Dies führt zu einer Aktivierung der adrenokortikotropen Achse und des autonomen Nervensystems und löst damit eine Stressantwort der Versuchsperson aus (Wetherell et al. 2006).

Für die aktuelle Untersuchung ist ein Gasgemisch aus 35 Volumen-% CO<sub>2</sub> und 65 Volumen-% O<sub>2</sub> (Hersteller: Linde AG, Unterschleißheim) zur Anwendung gekommen. Vor der eigentlichen Inhalation des Gasgemisches wurden die Testpersonen genau über den Ablauf der Inhalation instruiert. Die dabei ventilierten Volumina wurden spiographisch mit einem Spirometer (BetterFlow, Flowhandy ZAN 100, Firma Ferraris CardioRespiratory) erfasst. Der genaue Ablauf der Inhalation des Gasgemisches ist in Abbildung 1 dargestellt. Dabei wurden die Probanden wiederholt

angehalten, nur über den Mund zu atmen. Das Spirometer wurde zunächst auf die Atemruhelage kalibriert und die Versuchsperson wurde mit dem Gerät konnektiert. Nach einigen Ruheatemzügen sollte die Testperson maximal expirieren, worauf eine weitere maximale In- und Expiration folgte. Am Punkt der zweiten maximalen Ausatemungslage wurde der Testperson das Gasgemisch aus 35 % CO<sub>2</sub> und 65 % O<sub>2</sub> zugeschaltet, welches anschließend bis zur maximalen Inspiration inhaliert wurde. Der Atem wurde nun für zirka 4 Sekunden angehalten. Danach konnte der Proband vom Spirometer diskonnektiert werden und atmete normal weiter, womit der Stresstest schließlich beendet war.



**Abbildung 1:** Spirographie der Inhalation des Gasgemisches. Nach Kalibrierung des Spirometers wurde das Mundstück angesetzt. Die Testperson führte nun einige Ruheatemzüge durch, anschließend wurden 2 Maximalatemzüge durchgeführt, beginnend mit maximaler Expiration. Inmitten des zweiten Maximalatemzugs wurde das Gasgemisch aus 35 % CO<sub>2</sub> und 65 % O<sub>2</sub> zugeschaltet, so dass die Inhalation des Gasgemisches mit voller Vitalkapazität möglich war. Unmittelbar nach Inhalation des Gasgemisches wurde der Proband gebeten, den Atem bei maximaler Inspiration für zirka 4 Sekunden anzuhalten, dann wurde das Mundstück wieder abgesetzt und die Versuchsperson atmete normal weiter. VC: Vitalkapazität; IRV: inspiratorisches Reservevolumen; ERV: expiratorisches Reservevolumen.

### 3.6 Durchführung des Experiments

Die Experimente wurden im Max-Bürger-Forschungszentrum der Universität Leipzig durchgeführt. Sie fanden an drei definierten Tageszeiten statt (10:00 Uhr, 13:00 Uhr und 16:00 Uhr), so dass an einem Tag insgesamt drei Versuchspersonen gemessen werden konnten. Die Probanden wurden jeweils einzeln eingeladen und wurden angehalten, mindestens eine Stunde vor dem Beginn der Untersuchung bereits aufgestanden zu sein.

Der Untersuchungsablauf beinhaltete eine Vorbereitung, das Experiment selbst und eine Nachbereitung. Vorbereitend unterschrieb die Versuchsperson eine Einverständniserklärung zur Teilnahme, in der der wissenschaftliche Hintergrund der Studie und der Versuchsablauf kurz skizziert wurde. Danach füllte die Testperson die Persönlichkeitsfragebögen und den POMS aus.

Der Messbereich bestand aus einer bequemen Liege, von der aus die Testperson einen Monitor mit Instruktionen und Fragebögen gut sehen konnte. Mittels einer 9er-Tastbox, die sich von der horizontalen Lage des Probanden aus in gut erreichbarer Nähe befand, wurden die Fragebögen während des Hörens akustischer Stimuli beantwortet. Am rechten Bettrand wurde zusätzlich zur 9er-Tastbox eine Tappbox platziert, damit der Proband den Taktschlag des jeweils gehörten Stückes mitklopfen konnte.

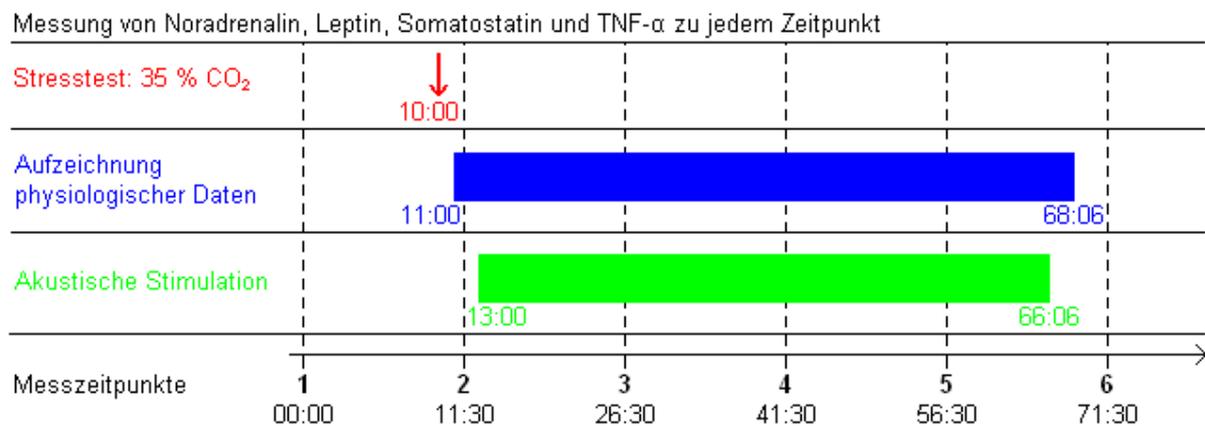
Nach der Erhebung weiterer Daten (Größe, Gewicht, Schwangerschaft, Medikamente, Schlafgewohnheiten, Nacharbeit, Zeitzonewechsel („Jetlag“), Sport, Allergien, Alkohol, Nikotin) wurde der Blutdruck an beiden Oberarmen gemessen. Der Versuchsperson wurden anschließend 10 EKG-Elektroden zur Aufzeichnung des 12-Kanal-Elektrokardiogramms sowie ein Atemgurt um den Oberbauch zur Messung der Atemzugtiefe angelegt. Da während des gesamten Experiments die EKG-Aufzeichnungen fortgesetzt wurden, konnte sich der Proband einen weiten Umhang überziehen, der weder die EKG-Kabel noch die Beweglichkeit der Person einschränkte. Es folgte eine ausführliche Instruktion in die Durchführung des eigentlichen Experiments und eine Einweisung in die Bearbeitung der Emotions- und Bekanntheitsfragebögen, welche im Anhang 8.2 aufgeführt ist. Dann legte sich die Testperson zunächst hin, schloss die Augen, und es wurde ein zweiminütiges Ruhe-EKG aufgezeichnet, währenddessen der Proband angehalten wurde, sich möglichst wenig zu bewegen. Anschließend wurde der Testperson eine Venenverweilkanüle

(Vasofix, 18G oder 20G, Braun Melsungen AG) in eine Kubitalvene des linken Armes gelegt und gleich darauf die erste Blutentnahme (Messzeitpunkt 1) durchgeführt. Die erste Blutentnahme und die darauf folgenden Schritte sind in Abbildung 2 schematisch wiedergegeben. Es folgte eine kurze Ruhephase von wenigen Minuten. Zirka 8 Minuten nach der ersten Blutentnahme erfolgte im Sitzen die Instruktion für die Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub> und eine Probeinhalation mit Raumluft. Die ventilerten Volumina wurden spiographisch erfasst. Über mögliche Nebenwirkungen der Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub> wie Schwindel, Übelkeit oder Missempfindungen und deren sehr kurze Dauer von wenigen Sekunden wurde die Versuchsperson hingewiesen. 10 Minuten nach der ersten Blutentnahme erfolgte schließlich die Applikation des Stressors durch Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub> gemäß Inhalationsprotokoll (siehe dazu Abbildung 1; Seite 28). In den unmittelbar nach der Inhalation folgenden 60 Sekunden legte sich die Versuchsperson wieder hin und bekam Kopfhörer für die akustische Stimulation aufgesetzt. Die Aufzeichnung der physiologischen Daten und damit das eigentliche Experiment wurde genau 60 Sekunden nach Zugabe des Stressors gestartet. In Abbildung 3 (Seite 32) ist beispielhaft das Bild einer EKG-, Tastbox- und Atemzugaufzeichnung während des Experiments dargestellt. 90 Sekunden nach der Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub> wurde die zweite Blutentnahme (Messzeitpunkt 2) durchgeführt.

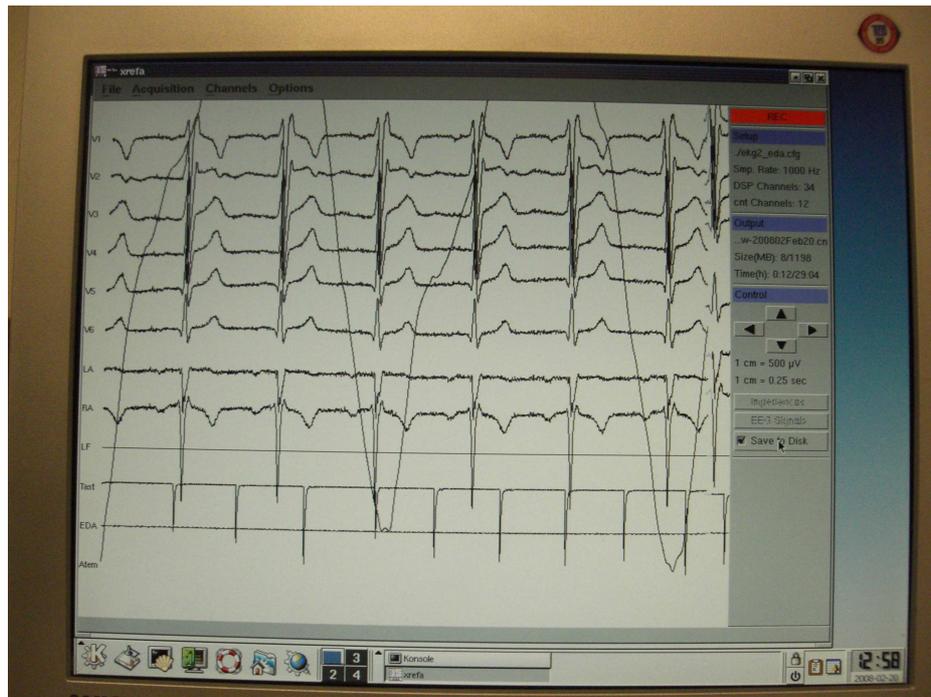
Per Zufallsgenerator ordnete der Computer, der die akustischen Stimuli generierte, jede Testperson einer Gruppe zu (Experimental- oder Kontrollgruppe). Dabei wurde auf die ausgewogene Verteilung der Probanden sowohl bezüglich der unterschiedlichen Tageszeiten als auch beziehungsweise auf die Geschlechter geachtet. 3 Minuten nach der Applikation des Stressors begannen die akustischen Stimuli. Dabei hörten die Probanden der Experimentalgruppe eine Auswahl fröhlicher belebender Instrumentalmusik, während die Testpersonen der Kontrollgruppe computergenerierte Zwölfton-Stimuli dargeboten bekamen. Die Teilnehmer wurden dabei verblindet, indem den Probanden der Experimentalgruppe nichts von der Existenz einer Kontrollgruppe gesagt wurde und umgekehrt. Die Aufgabe der Teilnehmer bestand darin, den Taktschlag des gehörten Stückes auf einer Tappbox mit dem Zeigefinger der rechten Hand mitzuklopfen und die Augen während des Hörens geschlossen zu halten. Insgesamt sollte die Testperson ruhig liegen und sich nicht unnötig viel bewegen, um Artefakte im EKG zu vermeiden. Zwischen den einzelnen Stücken gab es eine 40-sekündige Pause, um den Probanden, die ihre

Augen dann öffnen konnten, Zeit zum Ausfüllen des Emotions- und Bekanntheitsfragebogens zu geben. Die Dauer der Pause wurde so gewählt, weil die Teilnehmer sich möglichst spontan für eine Antwort entscheiden sollten. Direkt im Anschluss an diese Pause wurde das Experiment mit dem nächsten Titel fortgesetzt. Insgesamt wurden 18 verschiedene Musiktitel bzw. Zwölftonfolgen dargeboten. Der Versuchsleiter, der die Blutentnahmen durchführte, verblindete sich selbst während der Darbietung der akustischen Stimuli an die Testperson durch das Hören von Musik über einen mp3-Player. Alle 15 Minuten wurde eine weitere Blutentnahme durchgeführt (Messzeitpunkte 3 bis 5). Genau 56:06 Minuten nach der Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub> endeten die akustischen Stimuli, 2 Minuten später wurde die Aufzeichnung der physiologischen Daten beendet. Das reine Experiment hatte somit eine Dauer von 58:06 Minuten. Die Kopfhörer wurden nun abgesetzt und der Proband blieb bis zur letzten Blutentnahme (Messzeitpunkt 6) liegen, dann wurde die Venenverweilkanüle wieder entfernt und die EKG-Elektroden sowie der Atemgurt abgelegt. Der POMS-Fragebogen wurde nun nochmals ausgefüllt und die Testperson wurde nach Entlohnung entlassen.

Die Gesamtdauer eines Durchgangs betrug 2,5 bis 3 Stunden.



**Abbildung 2:** Zeitlicher Ablauf des Experiments, sowohl für Probanden der Experimental- als auch der Kontrollgruppe, Zeitangaben in Minuten:Sekunden. Zu jedem der insgesamt 6 Messzeitpunkte erfolgte eine Blutentnahme zur Messung der Stress- und Immunparameter (Noradrenalin, Leptin, Somatostatin, TNF- $\alpha$ ). 10 Minuten nach der ersten Blutentnahme wurde der Stressor (35 % CO<sub>2</sub>) appliziert. Eine Minute später startete die Aufzeichnung der physiologischen Parameter (EKG, Taktschläge der Testperson, Atemzugtiefe). Die akustischen Stimuli begannen 3 Minuten nach der Applikation des Stressors und dauerten 53:06 Minuten. 2 Minuten nach dem Ende der akustischen Stimulation wurde die Aufzeichnung der physiologischen Daten abgeschlossen.



**Abbildung 3:** EKG-, Tastbox- und Atemzugaufzeichnung während des Hörens der akustischen Stimuli. Die Aufzeichnung der physiologischen Daten begann eine Minute nach dem Stressor und wurde 58:06 Minuten nach der Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub> beendet. V1-V6, LA, RA: EKG-Ableitungen; Tast: Taktschläge der Versuchsperson; Atem: Atemzugtiefe.

Es wurden pro Zeitpunkt jeweils eine EDTA- und eine Serum-Gel-Monovette (Sarstedt, Nümbrecht) abgenommen. Die Blutproben wurden sofort nach der Abnahme mit Eis gekühlt. Die gekühlte EDTA-Monovette wurde sofort für 10 Minuten bei 3600 Umdrehungen pro Minute und 4 °C zentrifugiert, die Verarbeitung der gekühlten Serum-Gel-Monovette folgte bei der Zentrifugation der Blutproben des nächsten Zeitpunktes, um das Blut zunächst gerinnen zu lassen. Nach der Zentrifugation wurde der so entstandene Plasmaüberstand in jeweils ein und der Serumüberstand in jeweils zwei Eppendorfgefäße pipettiert. Sämtliche so gewonnenen Plasmata bzw. Seren wurden anschließend bei -80 °C bis zur Analyse eingefroren.

#### 3.7 Bestimmung der Stress- und Immunparameter

Alle Parameter wurden aus den während des Experiments gewonnenen Plasmata bzw. Seren mit Enzyme-linked Immunosorbent Assays (ELISA) bestimmt.

### 3.7.1 Noradrenalin

Das Hormon Noradrenalin wurde aus den EDTA-Plasmata mit dem Testkit Noradrenaline Research ELISA (Labor Diagnostika Nord GmbH & Co. KG, Nordhorn) bestimmt.

Noradrenalin wurde aus der Probe zunächst mit einem cis-Diol-spezifischen Affinitätsgel extrahiert und danach acyliert. Schließlich wurde das acylierte Noradrenalin enzymatisch umgesetzt. Das ELISA-Kit bediente sich einer Mikrotiterplatte, wobei das Antigen an die Festphase dieser Platte gebunden war. Um eine feste Anzahl von Antiserum-Bindungsstellen kompetierten die derivatisierten Standards, Kontrollen und Proben. Nachdem das System im Gleichgewicht war, wurden noch freie Antigene und Antigen-Antiserum-Komplexe durch Waschschritte entfernt. Der an die Festphase gebundene Antikörper wurde mit einem Anti-Rabbit-IgG-Peroxidase-Konjugat detektiert. Dabei wurde Tetramethylbenzidin (TMB) als Substrat verwendet. Anschließend wurde die Absorption der Proben bei 450 nm gemessen. Durch das Erstellen einer Referenzkurve mit bekannten Standardkonzentrationen und das Vergleichen der Absorptionen der Proben mit denen der Standards war die Bestimmung der NoradrenalinKonzentrationen in den Plasmata möglich.

Die minimale NoradrenalinKonzentration, die mit diesem Assay detektierbar war, betrug 0,2 ng/ml (Labor Diagnostika Nord GmbH & Co. KG 2008).

### 3.7.2 Leptin

Für die Bestimmung des Leptins aus den während des Experiments gewonnenen Seren wurde das Testkit Quantikine® Human Leptin Immunoassay (R&D Systems, Inc., Minneapolis, USA) verwendet.

Das Testprinzip kann als quantitativer Sandwich-Enzym-Immunoassay beschrieben werden. Ein spezifisch gegen humanes Leptin gerichteter monoklonaler Antikörper war an der Festphase einer Mikrotiterplatte gebunden. In die Vertiefungen der Mikrotiterplatte wurden die Standardlösungen und Proben pipettiert, so dass sich das in den Lösungen enthaltene Leptin an die an der Festphase gebundenen Antikörper band. Anschließend wurden die überschüssigen ungebundenen Moleküle durch Waschen entfernt. Im nächsten Schritt wurde ein peroxidasegekoppelter

monoklonaler Antikörper, der gegen Leptin gerichtet war, zu den Vertiefungen hinzugefügt. Nach einem weiteren Waschschrift wurde die Substratlösung (TMB) dazugegeben und damit eine Farbreaktion in Gang gesetzt. Nach dem Abstoppen dieser Reaktion wurde die Farbintensität durch Messen der Absorption bei 450 nm bestimmt, womit auf die Leptinkonzentrationen der einzelnen Proben an Hand der Standards rückgeschlossen werden konnte.

Die minimale detektierbare Leptinkonzentration mit diesem Assay betrug 7,8 pg/ml (R&D Systems, Inc. 2007).

#### **3.7.3 Somatostatin**

Somatostatin wurde aus den Seren mit dem Testkit Peptide Enzyme Immunoassay (EIA) Somatostatin-14 (Peninsula Laboratories, LLC, San Carlos, USA) bestimmt.

Bei diesem kompetitiven Immunoassay wurde in die Vertiefungen einer mit Antikörpern beschichteten Mikrotiterplatte zunächst ein Antiserum gegeben. Ein hinzugegebener biotinylierter Tracer konstanter Konzentration sowie die Standards und Proben variierender Konzentrationen banden an die Antikörper des Antiserums, die wiederum an die Antikörper an der Festphase der Mikrotiterplatte gebunden waren. Nach einem ersten Waschschrift, durch den überschüssige ungebundene Moleküle entfernt wurden, erfolgte die Zugabe von Streptavidin-konjugierter Meerrettich-Peroxidase, welche an die biotinylierten Tracer band. Die Mikrotiterplatte wurde erneut gewaschen und schließlich wurde das Substrat TMB hinzugegeben. Nach Abstoppen der Reaktion konnte die Absorption bei 450 nm gemessen werden. An Hand einer Standardkurve war der Rückschluss auf die Somatostatinkonzentrationen in den Proben möglich.

Der messbare Konzentrationsbereich dieses Assays lag zwischen 10 und 1000 pg/ml (Peninsula Laboratories, LLC).

#### **3.7.4 TNF- $\alpha$**

Das Zytokin TNF- $\alpha$  wurde aus den gewonnenen Seren mit dem Testkit Quantikine® HS Human TNF- $\alpha$ /TNFSF1A Immunoassay (R&D Systems, Inc., Minneapolis, USA) bestimmt.

Das Testprinzip entsprach wie beim Leptin dem eines quantitativen Sandwich-Enzym-Immunoassays. An der Festphase einer Mikrotiterplatte war ein monoklonaler Antikörper gebunden, der spezifisch gegen TNF- $\alpha$  gerichtet war. Nachdem die Standards und Proben hinzugegeben wurden, band sich das darin enthaltene TNF- $\alpha$  an die Antikörper an der Festphase. Nachdem ungebundene Moleküle durch Waschen entfernt worden waren, erfolgte die Zugabe eines enzymgekoppelten polyklonalen Antikörpers, der spezifisch gegen TNF- $\alpha$  gerichtet und mit dem Enzym Alkalische Phosphatase gekoppelt war. Es folgte ein weiterer Waschschrift. Im Anschluss wurde die Substratlösung (NADPH) in die Vertiefungen gegeben. Nach Inkubation bei Raumtemperatur folgte die Hinzufügung einer Verstärkungslösung, die eine Farbreaktion induzierte. Nach Abstoppen dieser Farbreaktion wurde die Intensität durch Absorptionsmessung bei 490 nm bestimmt. An Hand einer Standardkurve konnten so die TNF- $\alpha$ -Konzentrationen der Proben ermittelt werden. Die minimale messbare TNF- $\alpha$ -Konzentration betrug 0,106 pg/ml (R&D Systems, Inc. 2008).

### **3.8 Statistische Auswertung**

Die Eingabe der Daten und die statistische Auswertung erfolgte mit dem Softwarepaket PASW Statistics für Windows (Version 18.0.0, 30.07.2009). Die Ergebnisse werden getrennt für die Experimental- und die Kontrollgruppe dargestellt, falls nicht anders angegeben. Zur Überprüfung des Vorhandenseins einer Normalverteilung wurde der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest und zum Testen der Varianzhomogenität der Levene-Test durchgeführt.

#### **3.8.1 Musik und Emotionen**

Alle 18 Datenerhebungen über die Zeitdauer des Experiments der SAM-Dimensionen (Valenz, Erregung), der 6 Ekman'schen Basisemotionen (Freude, Ärger, Ekel, Angst, Trauer, Überraschung), der Bekanntheit des Stückes und der Chills wurden nach dem gleichen Schema ausgewertet. Zunächst wurde für jede Versuchsperson jeweils ein Mittelwert der SAM-Dimensionen, der 6 Basisemotionen, der Bekanntheit und der Chills über das ganze Experiment, also aus den 18

Datenerhebungen, ermittelt. Anschließend wurden aus den so gewonnenen Versuchspersonen-Mittelwerten ein Gesamt-Mittelwert getrennt für die Experimental- und die Kontrollgruppe berechnet und zusammen mit der jeweiligen Standardabweichung in Tabelle 2 (Seite 46) dargestellt.

Da nur einige der Emotions- und Bekanntheitsratings einer Normalverteilung unterlagen und die Voraussetzung der Varianzhomogenität nur für wenige Ratings vorlag (siehe Anhang Tabelle 8.3-1), wurde zum Vergleichen der Gruppenmittelwerte der U-Test nach Mann-Whitney verwendet.

Der Valenz-Mittelwert der Experimental- und der Kontrollgruppe wurde mittels eines T-Tests für eine Stichprobe getrennt für die beiden Gruppen gegen 0 („neutral“) getestet. Ebenfalls wurde der Erregungs-Mittelwert mit dem gleichen Testverfahren getrennt für die Experimental- und Kontrollgruppe gegen 4 (Skalenmittelwert) getestet. Mit den SAM-Dimensionen wurden alternativ zur Gruppierung der Probanden nach Experimental- und Kontrollbedingung neue Versuchspersonen-Gruppierungen erstellt. Dabei entsprach der Trennwert für die Gruppenzuordnung dem Medianwert der jeweiligen SAM-Dimension von allen Testpersonen. Daraus folgte für die Valenz die Gruppe 1 (Valenz < Median, N = 71) und die Gruppe 2 (Valenz ≥ Median; N = 72) sowie für die Erregung die Gruppe 1 (Erregung ≤ Median; N = 72) und die Gruppe 2 (Erregung > Median, N = 71).

Schließlich wurden für die einzelnen Valenz- und Erregungs-Bewertungen getrennt für die Experimental- und Kontrollgruppe neue Mittelwerte für jeden der 18 bewerteten Titel über die Versuchspersonen der jeweiligen Gruppe ermittelt. Mit diesen Daten wurde getrennt für die beiden Gruppen und die beiden SAM-Dimensionen jeweils eine Regressionsgerade der Form  $y = a \cdot x + b$  berechnet, um zu testen, ob die Einschätzungen der Probanden bezüglich Valenz und Erregung über das Experiment relativ stabil blieben.

#### **3.8.2 Musik und aktuelle Stimmung**

Der Profile Of Mood States (POMS) wurde zweimal erhoben, und zwar einmal vor und einmal nach dem Experiment. Die Auswertung dieses Fragebogens erfolgte zu jedem der beiden Messzeitpunkte („Prä“, „Post“) nach dem gleichen Schema. Zuerst wurden die einzelnen Antworten der Versuchspersonen auf der siebenstufigen Antwortskala getrennt für die Adjektive jeder POMS-Stimmungsskala addiert, so

dass sich genau eine Skalensumme jeweils für „Niedergeschlagenheit“, „Müdigkeit“, „Tatendrang“ und „Missmut“ pro Testperson ergab. Anschließend wurden die Mittelwerte dieser Skalensummen getrennt für die Experimental- und die Kontrollgruppe für jede der 4 POMS-Skalen berechnet und zusammen mit der jeweiligen Standardabweichung in Tabelle 2 (Seite 46) aufgelistet.

Da die Voraussetzungen der Normalverteilung und Varianzhomogenität nur für zirka die Hälfte der POMS-Skalen erfüllt waren (siehe Anhang Tabelle 8.3-3), erfolgte zum Vergleichen der Mittelwerte der Skalensummen ein U-Test nach Mann-Whitney. Die Mittelwerte der Experimental- und Kontrollgruppe für die einzelnen POMS-Skalen wurden zum Messzeitpunkt „Prä“ (vor dem Experiment) und nochmals zum Messzeitpunkt „Post“ (nach dem Experiment) miteinander verglichen.

Des Weiteren wurden die Skalensummen des ersten Messzeitpunkts („Prä“) getrennt für jede der 4 POMS-Skalen von denen des zweiten Messzeitpunktes („Post“) subtrahiert, woraus sich pro Proband 4 Differenzen für die 4 Stimmungsskalen ergaben. Da die Voraussetzungen der Normalverteilung und Varianzhomogenität nur für wenige der 4 Differenzen gegeben waren (siehe Anhang Tabelle 8.3-4), wurden zum Testen der Interaktionen zwischen den Messzeitpunkten sowie der Experimental- und Kontrollgruppe mit diesen Differenzen die nichtparametrischen Varianzanalysen nach Kruskal-Wallis durchgeführt.

Aus den bereits berechneten Skalensummen wurde zusätzlich ein Stimmungsgesamtscore für jeden Messzeitpunkt ermittelt, indem die 4 Skalensummen addiert wurden. Dabei erfolgte bei den Skalen „Niedergeschlagenheit“, „Müdigkeit“ und „Missmut“ die Multiplikation mit „-1“, damit diese Stimmungsskalen in den Gesamtscore negativ eingingen. Anschließend wurde die Differenz zwischen den beiden Gesamtscores berechnet, wobei wiederum der Score des Messzeitpunkts 1 von dem des Messzeitpunkts 2 subtrahiert wurde. Mit dem so ermittelten Maß für die Stimmungsänderung über das Experiment wurde eine weitere Gruppierung der Versuchspersonen nach positiven Werten (Stimmungsanstieg; N = 64) und negativen Werten (Stimmungsabfall; N = 74) generiert (POMS-Gruppen). Den Testpersonen, deren Differenz der beiden POMS-Gesamtscores gleich 0 war, die somit keine Stimmungsänderung über das Experiment zeigten (N = 4), wurde keine POMS-Gruppe zugeteilt. Diese Probanden wurden bezüglich der POMS-Gruppen aus der weiteren Analyse ausgeschlossen.

### 3.8.3 Stress- und Immunparameter

Sowohl die Messwerte des Noradrenalins als auch die des Leptins, Somatostatins und TNF- $\alpha$  wurden nach dem gleichen Schema ausgewertet. Vor dem Beginn der statistischen Berechnungen wurden für jeden gemessenen Parameter separat die Extremwerte aus der Analyse ausgeschlossen. Als Extremwert galt hier, wenn die 6 Messwerte der jeweiligen Versuchsperson zu allen 6 Zeitpunkten um mehr als 2 Standardabweichungen vom Mittelwert des jeweiligen Zeitpunkts abwichen.

Da die Voraussetzungen der Normalverteilung und Varianzhomogenität für die meisten Parameter erfüllt waren (siehe Anhang Tabellen 8.3-5 bis 8.3-8), wurden die Analysen nach dem Entfernen der Extremwerte mit parametrischen statistischen Tests durchgeführt.

Folgende Gruppierungen wurden für die Analysen verwendet:

- (1) Experimental- versus Kontrollgruppe,
- (2) Valenzgruppe (Valenz < Median versus Valenz  $\geq$  Median),
- (3) Erregungsgruppe (Erregung  $\leq$  Median versus Erregung > Median),
- (4) POMS-Gruppe (Stimmungsanstieg versus Stimmungsabfall),
- (5) Geschlecht (Männer versus Frauen) und
- (6) Tageszeit (11:00 Uhr versus 14:00 Uhr versus 17:00 Uhr).

Alle Gruppierungen der Versuchspersonen (Musik-/Kontroll-, POMS-, Valenz- und Erregungsgruppen, Geschlechter, Tageszeiten) wurden mit Chi-Quadrat-Tests auf Unabhängigkeit geprüft. Die gemessenen Parameter wurden für jede der genannten Gruppierungen getrennt für die jeweiligen beiden Gruppen zu jedem der 6 Messzeitpunkte gemittelt.

Um die Verläufe der Parameter über das Experiment sowie die Gruppen-, Geschlechter- und Tageszeiteffekte zu testen, wurden separat für jeden Parameter multivariate Varianzanalysen mit Messwiederholung durchgeführt. Dabei entsprachen die 6 Messzeitpunkte den Innersubjektfaktoren und die Gruppenzugehörigkeit, die Tageszeit und das Geschlecht den Zwischensubjektfaktoren.

Falls signifikante Haupteffekte oder Interaktionen vorhanden waren, wurde mittels T-Tests dargestellt, wodurch die jeweilige Signifikanz zustande kam.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Vorbemerkungen

Die vorliegende Arbeit untersucht neben den Auswirkungen des Musikhörens auf Emotionen und die aktuelle Stimmung die Stress- und Immunparameter Noradrenalin, Leptin, Somatostatin und TNF- $\alpha$ . Die Analyse der Stresshormone Cortisol und ACTH sowie des Zytokins IL-6 gehört nicht zum Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit.

Die Signifikanzberechnungen der statistischen Tests wurden zweiseitig durchgeführt, wobei das Alpha-Signifikanzniveau von  $p < 0,05$  angewandt wurde. Auf Grund von fehlenden Daten schwankte der Stichprobenumfang für die einzelnen Ergebnisse, so dass dieser bei den jeweiligen Ergebnisdarstellungen einzeln angegeben wird.

### 4.2 Musik und Emotionen

Da die Voraussetzungen der Normalverteilung und Varianzhomogenität nur für einige der Emotions- und Bekanntheitsratings vorlagen (siehe Anhang Tabelle 8.3-1), wurde zum Vergleichen der Gruppenmittelwerte der U-Test nach Mann-Whitney verwendet. Die Gesamt-Mittelwerte der Experimental- und Kontrollgruppe aller erhobenen Emotions- und Bekanntheitsratings sowie die U-Werte nach Mann-Whitney zum Test der Gruppenunterschiede sind in Tabelle 2 (Seite 46) dargestellt.

#### 4.2.1 Der Self-Assessment Manikin mit den Dimensionen Valenz und Erregung

Die Analysen wurden getrennt für die beiden SAM-Dimensionen „Valenz“ und „Erregung“ sowie getrennt für die Experimental- und Kontrollgruppe durchgeführt. Die Stichprobengröße betrug bei beiden SAM-Dimensionen  $N = 71$  für die Experimentalgruppe und  $N = 72$  für die Kontrollgruppe. In Abbildung 4 (Seite 42) sind die Mittelwerte und Standardfehler der 18 Datenerhebungen getrennt für die Experimental- und Kontrollgruppe dargestellt.

##### *Valenz*

Die Valenz-Antwortskala umfasste 9 Antwortalternativen und erstreckte sich von dem Bild einer stirnrunzelnden, unglücklichen Figur („sehr unangenehm“; -4) über „neutral“ (0) bis hin zum Bild einer lächelnden, glücklichen Figur („sehr angenehm“; 4).

Der Gesamt-Mittelwert der Experimentalgruppe über das ganze Experiment betrug 2,06 (SD = 1,13), wohingegen die Kontrollgruppe im Mittel über das Experiment hinweg die Valenz mit -0,33 (SD = 1,68) bewertete.

Der U-Test zum Vergleich der Gruppenmittelwerte lieferte einen U-Wert von 612,50 ( $p < 0,0001$ ). Die Experimentalgruppe empfand die Dimension Valenz daher im Mittel bedeutend „angenehmer“ als die Kontrollgruppe.

Darüber hinaus war der Gesamt-Mittelwert der Experimentalgruppe signifikant größer als 0 ( $T = 15,396$ ;  $df = 70$ ;  $p < 0,0001$ ), was bedeutet, dass die Antworten der Testpersonen der Musikgruppe im Mittel bedeutend von „neutral“ in Richtung „angenehm“ abwichen. In der Kontrollgruppe fand sich dagegen kein signifikanter Unterschied des Valenz-Mittelwerts von 0 ( $T = -1,650$ ;  $df = 71$ ;  $p = 0,103$ ).

Um zu überprüfen, ob die Verläufe der Valenz-Antworten über die 18 Datenerhebungen relativ konstant blieben, wurden für die Mittelwerte der 18 Datenerhebungen getrennt für die Experimental- und Kontrollgruppe Regressionsgeraden der Form  $y = a \cdot x + b$  berechnet. Dabei wurden die 18 Datenerhebungen (Titel) als unabhängige Variable kodiert und die abhängige Variable war die SAM-Dimension „Valenz“. In der Tabelle 8.3-2 im Anhang sind die Anstiege, die Schnittpunkte mit der y-Achse sowie die Korrelationskoeffizienten nach Pearson und die Bestimmtheitsmaße der linearen Regressionen der abhängigen und unabhängigen Variablen dargestellt. Bei der Betrachtung der Experimentalgruppe ergab sich die Regressionsgleichung  $y = -0,044 \cdot x + 2,485$ . Während der Testung des Anstieges gegen 0 zeigte sich ein signifikanter Unterschied zu 0 ( $T = -2,177$ ;  $p = 0,045$ ). Der Korrelationskoeffizient nach Pearson und das Bestimmtheitsmaß R-Quadrat deuteten hier auf eine mäßige Stärke des linearen Zusammenhangs der abhängigen und unabhängigen Variablen hin. Somit zeigten die Valenz-Mittelwerte der 18 Datenerhebungen über das Experiment hinweg in der Experimentalgruppe eine leicht abfallende Tendenz. Die Kontrollgruppe lieferte die Regressionsgleichung  $y = -0,032 \cdot x - 0,017$ . Hier erbrachte die Testung des Anstieges gegen 0 keinen

bedeutenden Unterschied ( $T = -0,910$ ;  $p = 0,376$ ). Der Pearson-Korrelationskoeffizient und das Bestimmtheitsmaß waren für diese Regressionsanalyse gering, was auf eine geringe Güte der Anpassung durch die Regressionsgerade hinwies. Folglich blieben die Valenz-Mittelwerte der 18 Datenerhebungen über das Experiment in der Kontrollgruppe relativ stabil.

### *Erregung*

Bei der Erregung konnten die Probanden auf der neunstufigen Antwortskala von dem Bild einer entspannten, schläfrigen Figur („sehr entspannt“; 0) bis zum Bild einer sehr erregten Figur mit weit aufgerissenen Augen („sehr erregt“; 8) wählen.

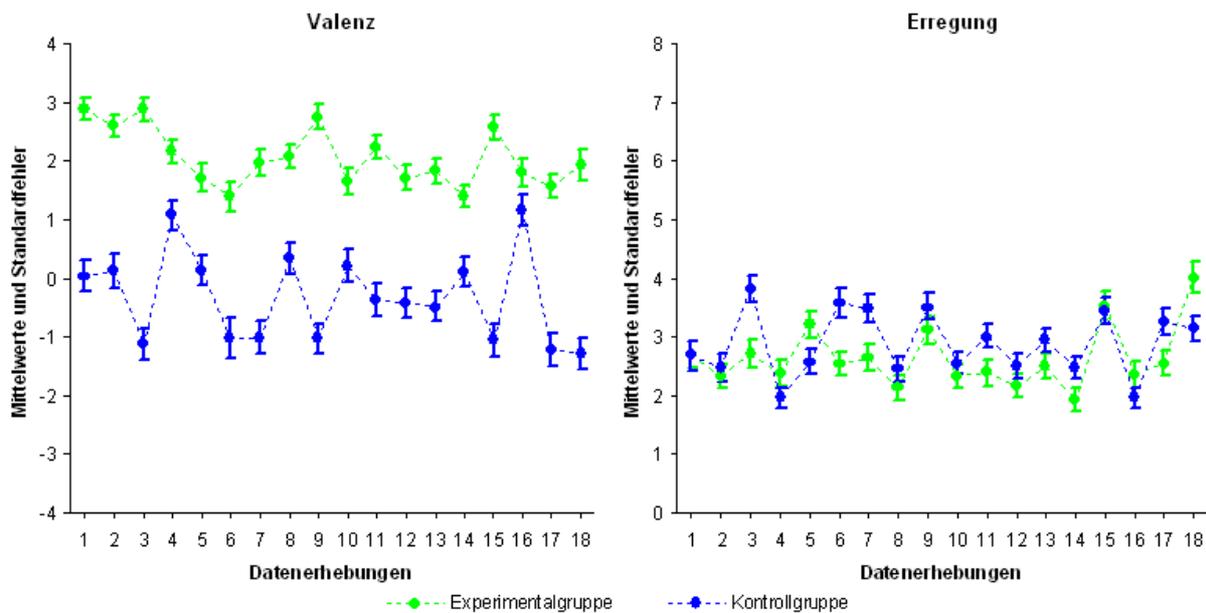
Die Experimentalgruppe hatte über das gesamte Experiment im Mittel einen Erregungswert von 2,64 (SD = 1,29) und bei der Kontrollgruppe betrug der Gesamt-Mittelwert der Erregung 2,88 (SD = 1,29).

Beim Vergleich dieser beiden Gruppenmittelwerte zeigte sich ein U-Wert von 2307,00 ( $p = 0,315$ ), was zeigt, dass sich die beiden Gruppen in ihren Erregungsmittelwerten über das Experiment nicht signifikant voneinander unterschieden.

Des Weiteren erbrachte die Testung des Erregungs-Mittelwerts der Experimentalgruppe gegen den Skalenmittelwert 4 einen signifikanten Unterschied ( $T = -8,837$ ;  $df = 70$ ;  $p < 0,0001$ ). Der Gesamt-Mittelwert der Kontrollgruppe unterschied sich ebenfalls signifikant vom Skalenmittelwert 4 ( $T = -7,357$ ;  $df = 71$ ;  $p < 0,0001$ ). Die Erregungs-Mittelwerte beider Gruppen waren daher bedeutend kleiner als der Skalenmittelwert.

Um auch hier zu testen, ob die Verläufe der Erregungs-Antworten über die 18 Datenerhebungen relativ stabil blieben, wurden Regressionsgeraden der Gestalt  $y = a \cdot x + b$  für die Mittelwerte der 18 Datenerhebungen getrennt für die Experimental- und Kontrollgruppe berechnet. Hierbei stellten die 18 Datenerhebungen (Titel) die unabhängige und die SAM-Dimension „Erregung“ die abhängige Variable dar. Die Anstiege dieser Geraden, die Schnittpunkte mit der y-Achse sowie die Korrelationskoeffizienten nach Pearson und die Bestimmtheitsmaße dieser linearen Regressionen der abhängigen und unabhängigen Variablen sind im Anhang in Tabelle 8.3-2 aufgelistet. Für die Experimentalgruppe ergab sich die Regressionsgleichung  $y = 0,020 \cdot x + 2,452$ . Der Anstieg dieser Gerade war nicht signifikant von 0 verschieden ( $T = 0,820$ ;  $p = 0,424$ ).

Diese Regressionsanalyse lieferte einen niedrigen Korrelationskoeffizienten und ein niedriges Bestimmtheitsmaß. Daraus folgt, dass die Erregungs-Mittelwerte der 18 Datenerhebungen in der Experimentalgruppe relativ konstant blieben. Bei näherer Betrachtung der Kontrollgruppe wurde die Regressionsgleichung  $y = 0,002 \cdot x + 2,857$  ermittelt. Hier zeigte sich ebenfalls kein bedeutender Unterschied des Anstiegs von 0 ( $T = 0,085$ ;  $p = 0,934$ ). Auch für diese Regressionsgerade war der Korrelationskoeffizient nach Pearson und das Bestimmtheitsmaß R-Quadrat gering. In der Kontrollgruppe blieben somit die Erregungs-Mittelwerte der 18 Datenerhebungen über das Experiment annähernd stabil.



**Abbildung 4:** Mittelwerte und Standardfehler der 18 Datenerhebungen (1 – 18) für die SAM-Dimensionen „Valenz“ und „Erregung“ getrennt für die Experimental- (N = 71) und Kontrollgruppe (N = 72). Während die Valenz-Mittelwerte der 18 Datenerhebungen in der Experimentalgruppe eine leicht abfallende Tendenz zeigten, blieben die Mittelwerte der 18 Datenerhebungen sowohl von der Valenz in der Kontrollgruppe als auch von der Erregung in beiden Gruppen relativ konstant.

#### 4.2.2 Die 6 Ekman'schen Basisemotionen

Die erhobenen Daten der 6 Basisemotionen nach Ekman (1992) wurden für jede einzelne Emotion getrennt nach Experimental- und Kontrollgruppe analysiert. Die Stichprobe umfasste für jede der 6 Emotionen  $N = 71$  Probanden in der Experimentalgruppe und  $N = 72$  Versuchspersonen in der Kontrollgruppe. Die Probanden konnten auf einer neunstufigen Antwortskala die Intensität der Emotionen von „gar nicht“ (0) bis „äußerst intensiv“ (8) bewerten.

##### *Freude*

Der Gesamt-Mittelwert über das Experiment betrug bei der Experimentalgruppe 4,65 (SD = 1,27) und bei der Kontrollgruppe 2,18 (SD = 1,42).

Im U-Test zum Vergleich der beiden Gesamt-Mittelwerte ergab sich ein U-Wert von 539,00 ( $p < 0,0001$ ), woraus folgt, dass die Probanden der Experimentalgruppe die Emotion „Freude“ im Mittel bedeutend intensiver erlebt haben als die Versuchspersonen der Kontrollgruppe.

##### *Ärger*

Bei der Betrachtung der Emotion „Ärger“ ergab sich für die Experimentalgruppe ein Gesamt-Mittelwert von 0,54 (SD = 0,62) und für die Kontrollgruppe ein Gesamt-Mittelwert von 1,88 (SD = 1,39).

Der Vergleich dieser beiden Mittelwerte zeigte einen signifikanten Unterschied ( $U = 1002,50$ ;  $p < 0,0001$ ), was bedeutet, dass die Testpersonen der Experimentalgruppe im Mittel signifikant niedrigere „Ärger“-Scores aufwiesen als die Probanden der Kontrollgruppe.

##### *Ekel*

Die Probanden der Experimentalgruppe bewerteten die Emotion „Ekel“ im Mittel über das Experiment mit 0,28 (SD = 0,50), während der Gesamt-Mittelwert in der Kontrollgruppe bei 1,29 (SD = 1,36) lag.

Die Gesamt-Mittelwerte der „Ekel“-Ratings von beiden Gruppen waren bedeutend voneinander verschieden ( $U = 1240,00$ ;  $p < 0,0001$ ). Durchschnittlich erlebten die Testpersonen der Experimentalgruppe die Emotion „Ekel“ signifikant schwächer als die Kontroll-Versuchspersonen.

#### *Angst*

In der Experimentalgruppe betrug der Gesamt-Mittelwert für die Emotion „Angst“ 0,20 ( $SD = 0,35$ ), während für die Kontrollgruppe der Gesamt-Mittelwert mit 0,93 ( $SD = 1,02$ ) berechnet wurde.

Beim Vergleich der Mittelwerte ergab sich ein signifikanter Unterschied ( $U = 1502,50$ ;  $p < 0,0001$ ). Der Gesamt-Mittelwert der Experimentalgruppe lag bedeutend niedriger als derjenige der Kontrollgruppe.

#### *Trauer*

Über das Experiment bewerteten die Testpersonen der Experimentalgruppe die Emotion „Trauer“ im Mittel mit 0,44 ( $SD = 0,56$ ), wohingegen die Probanden der Kontrollgruppe durchschnittlich 1,19 ( $SD = 1,14$ ) als Bewertung abgaben.

Die Gesamt-Mittelwerte der Emotion „Trauer“ von der Experimental- und Kontrollgruppe unterschieden sich bedeutend voneinander ( $U = 1534,50$ ;  $p < 0,0001$ ). Die Probanden der Experimentalgruppe erlebten diese Emotion im Mittel folglich signifikant schwächer als die Versuchspersonen der Kontrollgruppe.

#### *Überraschung*

Der Gesamt-Mittelwert über das Experiment lag bei der Experimentalgruppe bei 2,09 ( $SD = 1,48$ ). Die Kontrollgruppe bewertete die Emotion „Überraschung“ im Mittel mit 1,70 ( $SD = 1,33$ ).

Der Vergleich der Gesamt-Mittelwerte mit dem U-Test brachte keinen signifikanten Unterschied hervor ( $U = 2162,50$ ;  $p = 0,112$ ). Nominal lag die Experimentalgruppe mit ihrem „Überraschung“-Mittelwert höher als die Kontrollgruppe, jedoch ohne bedeutenden Unterschied zwischen den beiden Gruppen.

### 4.2.3 Bekanntheit der Musikstücke

Die Analyse der „Bekanntheit“-Bewertungen erfolgte getrennt für die Experimental- und die Kontrollgruppe. In der Experimentalgruppe konnten N = 71 Probanden und in der Kontrollgruppe N = 72 Testpersonen in die Auswertung einbezogen werden. Die neunstufige Antwortskala reichte von „gar nicht“ (0) bis „sehr gut“ (8).

Die „Bekanntheit“ bewerteten die Probanden der Experimentalgruppe im Mittel mit 2,82 (SD = 1,13). In der Kontrollgruppe lag der Gesamt-Mittelwert für die „Bekanntheit“ bei 1,03 (SD = 1,31).

Die beiden Gesamt-Mittelwerte der Experimental- und Kontrollgruppe unterschieden sich signifikant voneinander (U = 820,50;  $p < 0,0001$ ). Die akustischen Stimuli der Experimentalgruppe waren den zu dieser Gruppe zugeordneten Probanden im Mittel bedeutend besser bekannt als die Stimuli der Kontrollgruppe den hier zugeordneten Versuchspersonen durchschnittlich bekannt waren.

### 4.2.4 Chills

Bei der Analyse der „Chills“-Scores wurde ebenfalls getrennt nach Experimental- und Kontrollgruppe vorgegangen. Hier betrug der Umfang der Stichprobe auf Grund von fehlenden Daten N = 71 (Experimentalgruppe) bzw. N = 71 (Kontrollgruppe). Zur Bewertung der „Chills“ gab es ebenfalls eine neunstufige Antwortskala, die sich von „gar kein Chill“ (0) über „einmal Chill“ (1) bis hin zu „achtmal Chill“ (8) erstreckte.

Die Experimentalgruppe hatte einen Gesamt-Chill-Mittelwert von 0,59 (SD = 0,77), bei der Kontrollgruppe lag der Gesamt-Chill-Mittelwert bei 0,26 (SD = 0,37).

Diese beiden Mittelwerte waren signifikant voneinander verschieden (U = 1785,00;  $p = 0,002$ ), das heißt die Probanden der Experimentalgruppe erlebten pro gespieltem Titel im Mittel bedeutend mehr Chills als die Testpersonen der Kontrollgruppe.

**Tabelle 2:** Emotions- und Bekanntheitsrating-Mittelwerte (mit Standardabweichungen in Klammern) der Experimental- und Kontrollgruppe

Rating	Experimentalgruppe	Kontrollgruppe	Gruppenunterschiede
Valenz <sup>1</sup>	2,06 (1,13) <sup>2</sup>	-0,33 (1,68) <sup>3</sup>	612,50***
Erregung <sup>4</sup>	2,64 (1,29) <sup>5</sup>	2,88 (1,29) <sup>5</sup>	2307,00
Freude <sup>4</sup>	4,65 (1,27)	2,18 (1,42)	539,00***
Ärger <sup>4</sup>	0,54 (0,62)	1,88 (1,39)	1002,50***
Ekel <sup>4</sup>	0,28 (0,50)	1,29 (1,36)	1240,00***
Angst <sup>4</sup>	0,20 (0,35)	0,93 (1,02)	1502,50***
Trauer <sup>4</sup>	0,44 (0,56)	1,19 (1,14)	1534,50***
Überraschung <sup>4</sup>	2,09 (1,48)	1,70 (1,33)	2162,50
Bekanntheit <sup>4</sup>	2,82 (1,13)	1,03 (1,31)	820,50***
Chills <sup>4</sup>	0,59 (0,77)	0,26 (0,37)	1785,00*

Die rechte Spalte gibt die Mann-Whitney-U-Werte wieder, um Gruppenunterschiede zu testen (N = 71 für die Experimentalgruppe; N = 72 für die Kontrollgruppe; Chills: N = 71 für die Kontrollgruppe); Signifikante p-Werte sind durch Sterne dargestellt (\*\*\*p < 0,0001; \*\*p < 0,001; \*p < 0,01); <sup>1</sup>Skalenweite: -4 bis 4; <sup>2</sup>Unterschied zu 0 signifikant, p < 0,0001; <sup>3</sup>Unterschied zu 0 nicht signifikant, p = 0,103; <sup>4</sup>Skalenweite: 0 bis 8; <sup>5</sup>Unterschied zu 4 signifikant, p < 0,0001.

### Zusammenfassung

Die Experimentalgruppe erlebte die Valenz im Experiment durchschnittlich als angenehm, da deren Valenz-Mittelwert bedeutend höher als 0 („neutral“) war. Die Testpersonen der Kontrollgruppe hatten über das Experiment im Mittel weder ein angenehmes noch unangenehmes Gefühl, weil deren Valenz-Mittelwert sich nicht signifikant von 0 („neutral“) unterschied. Beide Gruppen fühlten sich im Experiment entspannt, weil die Erregungs-Mittelwerte beider Gruppen signifikant kleiner als der Skalenmittelwert waren. Bis auf die durchschnittlichen Valenz-Einschätzungen der Experimentalgruppe blieben die mittleren Bewertungen der emotionalen Dimensionen der 18 Datenerhebungen relativ stabil.

Für alle Emotions- und Bekanntheits-Ratings außer der „Erregung“ und der „Überraschung“ unterschieden sich die Gesamt-Mittelwerte der Experimentalgruppe signifikant von denen der Kontrollgruppe. Der Unterschied war am bedeutendsten bei der Einschätzung der „Freude“, gefolgt von der „Valenz“ und der „Bekanntheit des Stücks“. Probanden der Experimentalgruppe bewerteten die „Valenz“ über das gesamte Experiment betrachtet im Mittel „angenehmer“ und fühlten sich fröhlicher, weniger ärgerlich, weniger angeekelt, weniger ängstlich, weniger traurig, kannten die Stücke besser und hatten pro gespielter Titel durchschnittlich mehr „Chills“ als die Versuchspersonen der Kontrollgruppe.

### 4.3 Musik und aktuelle Stimmung

Die 4 Stimmungsskalen des Profile of Mood States (POMS) wurden zunächst getrennt analysiert. Ebenfalls erfolgte die Betrachtung der Skalensummen getrennt für die Messzeitpunkte 1 („Prä“) und 2 („Post“) und getrennt für die Experimental- und Kontrollgruppe. Auf Grund von fehlenden Daten betrug der Stichprobenumfang für alle POMS-Skalen  $N = 70$  für die Experimental- und  $N = 72$  für die Kontrollgruppe. Für jedes der insgesamt 35 Adjektive des POMS gab es eine siebenstufige Antwortskala, die von „überhaupt nicht“ (1) über „sehr schwach“ (2), „schwach“ (3), „etwas“ (4), „ziemlich“ (5), „stark“ (6) bis „sehr stark“ (7) reichte. Die einzelnen Antworten jeweils einer POMS-Skala wurden addiert, so dass sich insgesamt 4 Skalensummen für die 4 POMS-Skalen ergaben.

Die Voraussetzungen der Normalverteilung und Varianzhomogenität waren nur für zirka die Hälfte der POMS-Skalen erfüllt (siehe Anhang Tabelle 8.3-3), so dass zum Vergleich der Skalensummen-Mittelwerte ein U-Test nach Mann-Whitney erfolgte. Ähnliche Voraussetzungen lagen für die 4 Differenzen der Stimmungsskalen vor (siehe Anhang Tabelle 8.3-4). Daher erfolgten zum Testen der Interaktionen zwischen den Messzeitpunkten und den Gruppen nichtparametrische Varianzanalysen nach Kruskal-Wallis.

Die Mittelwerte der POMS-Skalensummen, die U-Werte zum Testen der Gruppenunterschiede sowohl zum Messzeitpunkt 1 als auch zum Messzeitpunkt 2 und die Chi-Quadrat-Werte der nichtparametrischen Varianzanalysen nach Kruskal-Wallis sind in Tabelle 3 (Seite 50) dargestellt. Die Abbildung 5 (Seite 51) zeigt die Mittelwerte der 4 POMS-Skalensummen zusammen mit deren Standardfehlern jeweils vor („Prä“) und nach dem Experiment („Post“) getrennt für die Experimental- und Kontrollgruppe.

#### *Niedergeschlagenheit*

Der Skalensummen-Mittelwert für die Experimentalgruppe betrug zum Messzeitpunkt „Prä“ 22,30 (SD = 8,91) und zum Messzeitpunkt „Post“ 17,23 (SD = 4,48). In der Kontrollgruppe lagen die entsprechenden Mittelwerte zum Messzeitpunkt „Prä“ bei 20,82 (SD = 8,81) und zum Messzeitpunkt „Post“ bei 19,49 (SD = 7,10). Die Experimentalgruppe fiel mit ihrem Skalensummen-Mittelwert zum zweiten

Messzeitpunkt ab, während die Kontrollgruppe relativ konstante mittlere Skalensummen auf der Skala „Niedergeschlagenheit“ über beide Messzeitpunkte aufwies.

Beim Vergleich dieser Mittelwerte ergab sich bei beiden Messzeitpunkten kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen („Prä“:  $U = 2197,00$ ;  $p = 0,186$ ; „Post“:  $U = 2168,00$ ;  $p = 0,142$ ).

Der Kruskal-Wallis-Test lieferte jedoch eine signifikante Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den Gruppen ( $\chi^2 = 6,935$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,008$ ). Die Stimmungsänderungen über das Experiment unterschieden sich somit im Mittel bedeutend zwischen den beiden Gruppen, und zwar im Hinblick auf eine Abnahme der mittleren Stimmungsausprägung in der Experimentalgruppe zum zweiten Messzeitpunkt.

#### *Müdigkeit*

Bei der Betrachtung der POMS-Skala „Müdigkeit“ lag der Skalensummen-Mittelwert der Experimentalgruppe bei 17,43 (SD = 7,17; „Prä“) und 18,34 (SD = 7,64; „Post“). In der Kontrollgruppe betragen die entsprechenden Mittelwerte 15,78 (SD = 8,09; „Prä“) und 20,88 (SD = 9,52; „Post“). Es zeigte sich somit eine relative Konstanz der mittleren Skalensummen in der Experimentalgruppe über beide Messzeitpunkte, wohingegen es in der Kontrollgruppe im Mittel eine Zunahme der Stimmungsausprägung auf der Skala „Müdigkeit“ zum zweiten Messzeitpunkt gab.

Auch hier zeigte der Mittelwert-Vergleich sowohl für den Messzeitpunkt „Prä“ als auch für den Messzeitpunkt „Post“ keinen bedeutenden Unterschied zwischen Experimental- und Kontrollgruppe („Prä“:  $U = 2101,50$ ;  $p = 0,087$ ; „Post“:  $U = 2156,00$ ;  $p = 0,137$ ).

Bei der Auswertung der Varianzanalyse nach Kruskal-Wallis zeigte sich, dass eine bedeutende Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den Gruppen vorlag ( $\chi^2 = 5,663$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,017$ ). Es gab somit einen signifikanten Unterschied der mittleren Stimmungsänderungen zwischen beiden Gruppen im Sinne einer Zunahme der Stimmungsausprägung in der Kontrollgruppe zum zweiten Messzeitpunkt.

### *Tatendrang*

Die Experimentalgruppe hatte einen Skalensummen-Mittelwert von 27,89 (SD = 6,62; „Prä“) und 28,19 (SD = 6,97; „Post“). Für die Kontrollgruppe wurden diese Mittelwerte entsprechend mit 29,03 (SD = 7,09; „Prä“) bzw. 25,10 (SD = 8,51; „Post“) berechnet. In der Experimentalgruppe blieb die mittlere Stimmungsausprägung auf der Skala „Tatendrang“ über die zwei Messzeitpunkte somit relativ konstant. Im Gegensatz dazu zeigte sich bei der Kontrollgruppe eine Tendenz zu einer geringeren mittleren „Tatendrang“-Ausprägung zum zweiten Messzeitpunkt im Vergleich zum ersten.

Zum Messzeitpunkt 1 unterschieden sich die Skalensummen-Mittelwerte der beiden Gruppen nicht signifikant voneinander ( $U = 2263,50$ ;  $p = 0,295$ ), wohingegen sich zum Messzeitpunkt 2 ein bedeutender Unterschied der Mittelwerte ergab ( $U = 2038,50$ ;  $p = 0,049$ ). Die Probanden der Experimentalgruppe wiesen zum Messzeitpunkt 2 somit eine im Mittel signifikant höhere Skalensumme bezüglich der POMS-Skala „Tatendrang“ auf als die Versuchspersonen der Kontrollgruppe.

Die Kruskal-Wallis-Varianzanalyse zeigte eine bedeutende Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den Gruppen ( $\chi^2 = 9,049$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,003$ ). Die mittleren Stimmungsänderungen beider Gruppen unterschieden sich somit signifikant, wobei die Kontrollgruppe im Mittel eine Abnahme der Stimmungsausprägung zum zweiten Messzeitpunkt aufwies.

### *Missmut*

Zum Messzeitpunkt „Prä“ betrug der Skalensummen-Mittelwert der Experimentalgruppe 9,31 (SD = 3,68) und zum Messzeitpunkt „Post“ lag dieser bei 9,39 (SD = 4,28). Entsprechend lag in der Kontrollgruppe der Mittelwert zum Messzeitpunkt „Prä“ bei 8,97 (SD = 3,28) und zum Messzeitpunkt „Post“ bei 11,43 (SD = 5,86). Die Experimentalgruppe zeigte relativ konstante Skalensummen-Mittelwerte über die beiden Messzeitpunkte, während in der Kontrollgruppe die Stimmungsausprägung auf der Skala „Missmut“ nach dem Experiment durchschnittlich höher war als vorher.

Bei der Skala „Missmut“ ergab sich ebenfalls für den Messzeitpunkt 1 kein signifikanter Unterschied der Gruppen-Mittelwerte ( $U = 2428,00$ ;  $p = 0,692$ ). Zum Messzeitpunkt 2 hingegen unterschieden sich die Experimental- und Kontrollgruppe

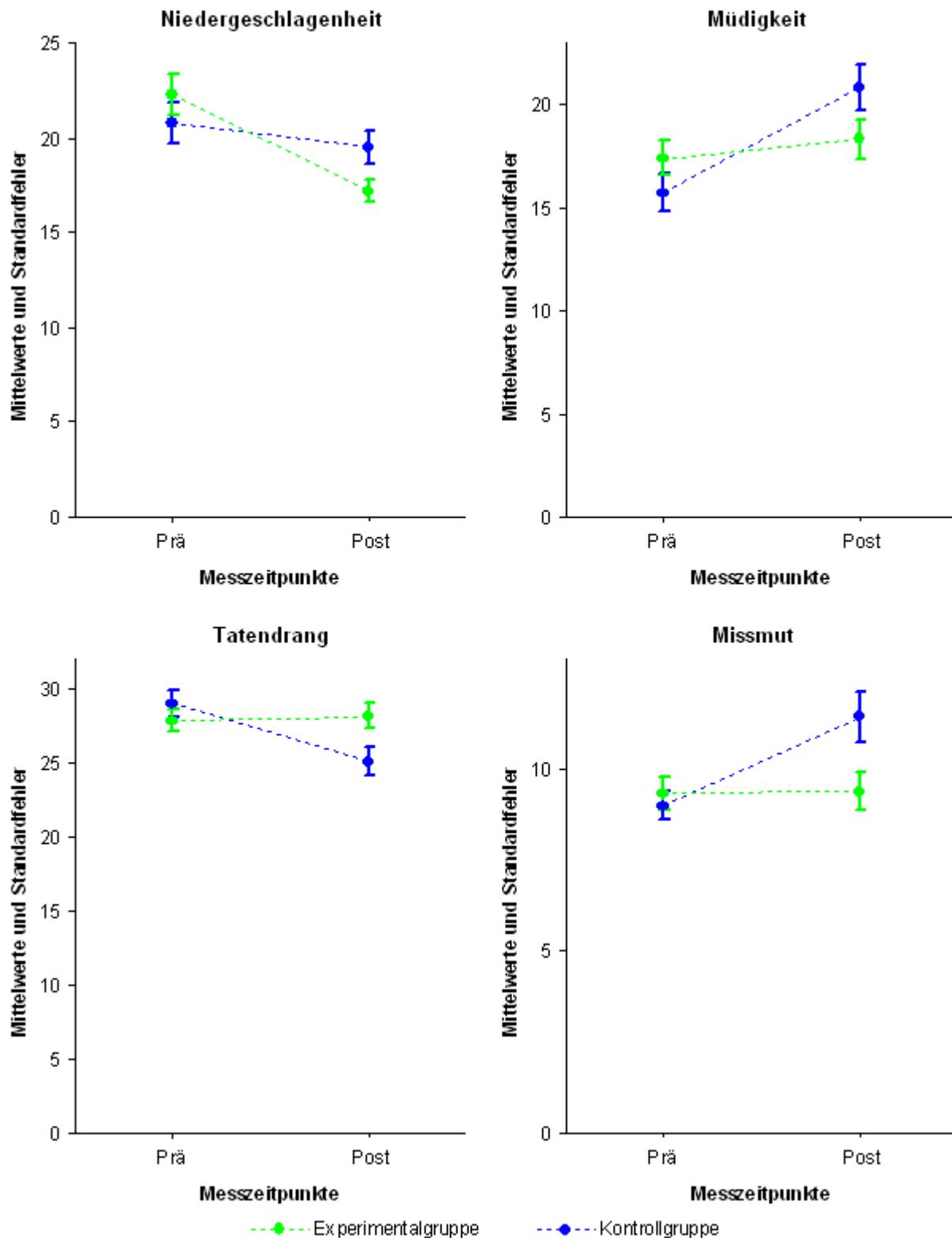
in ihren Skalensummen im Mittel bedeutend voneinander ( $U = 1804,50$ ;  $p = 0,003$ ). Damit hatte die Experimentalgruppe zum Messzeitpunkt 2 durchschnittlich signifikant niedrigere „Missmut“-Skalensummen als die Kontrollgruppe.

Bei der nichtparametrischen Varianzanalyse ergab sich eine signifikante Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den Gruppen ( $\chi^2 = 11,254$ ;  $df = 1$ ;  $p < 0,001$ ). Somit unterschieden sich die mittleren Stimmungsänderungen über das Experiment zwischen beiden Gruppen bedeutend voneinander, und zwar im Hinblick auf eine Zunahme der mittleren Stimmungsausprägung in der Kontrollgruppe zum zweiten Messzeitpunkt.

**Tabelle 3:** Stimmungsdaten aus dem Profile of Mood States (POMS)

POMS-Skala	Experimentalgruppe		Kontrollgruppe		Gruppenunterschiede		Interaktion
	Prä	Post	Prä	Post	Prä	Post	
Nieder- geschlagenheit	22,30 (8,91)	17,23 (4,48)	20,82 (8,81)	19,49 (7,10)	2197,00	2168,00	6,935**
Müdigkeit	17,43 (7,17)	18,34 (7,64)	15,78 (8,09)	20,88 (9,52)	2101,50	2156,00	5,663*
Tatendrang	27,89 (6,62)	28,19 (6,97)	29,03 (7,09)	25,10 (8,51)	2263,50	2038,50*	9,049**
Missmut	9,31 (3,68)	9,39 (4,28)	8,97 (3,28)	11,43 (5,86)	2428,00	1804,50**	11,254***

Die vier linken Spalten zeigen Mittelwerte (mit Standardabweichungen in Klammern) für die vier POMS-Skalensummen vor und nach dem Experiment getrennt für die Experimental- und Kontrollgruppe. Die fünfte und sechste Spalte beinhaltet Mann-Whitney-U-Werte zum Testen der Gruppenunterschiede separat für „Prä“- und „Post“-Werte ( $N = 70$  für die Experimentalgruppe,  $N = 72$  für die Kontrollgruppe). Signifikante p-Werte sind durch Sterne dargestellt (\*\*\* $p < 0,001$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \* $p < 0,05$ ). Die rechte Spalte zeigt Chi-Quadrat-Werte der nichtparametrischen Varianzanalysen nach Kruskal-Wallis zum Testen der Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den Gruppen ( $df = 1$ ).



**Abbildung 5:** Mittelwerte und Standardfehler der 4 POMS-Skalensummen zu den beiden Messzeitpunkten „Prä“ und „Post“ getrennt für die Experimental- (N = 70) und Kontrollgruppe (N = 72). Zum Messzeitpunkt 1 („Prä“) unterschieden sich die Probanden der Experimental- und Kontrollgruppe in ihren mittleren Skalensummen der 4 POMS-Skalen nicht signifikant voneinander. Nach dem Experiment (Messzeitpunkt 2; „Post“) ergab sich nur für die POMS-Skalen „Tatendrang“ und „Missmut“ ein bedeutender Unterschied der mittleren Skalensummen zwischen Experimental- und Kontrollgruppe. Die Differenzen der Skalensummen zwischen „Prä“ und „Post“ unterschieden sich auf jeder POMS-Skala im Mittel signifikant zwischen der Experimental- und Kontrollgruppe.

### *Zusammenfassung*

Alle 4 POMS-Skalensummen unterlagen zum Messzeitpunkt 1 im Mittel keinem signifikanten Unterschied zwischen der Experimental- und der Kontrollgruppe, so dass von einer durchschnittlich ähnlichen Stimmungslage der Probanden vor dem Experiment ausgegangen werden konnte.

Zum Messzeitpunkt 2 unterschieden sich nur die Skalensummen-Mittelwerte der Skalen „Tatendrang“ und „Missmut“ bedeutend voneinander. Dabei hatten die Testpersonen der Experimentalgruppe im Mittel signifikant höhere Skalensummen auf der „Tatendrang“-Skala und signifikant niedrigere Skalensummen auf der „Missmut“-Skala als die Probanden der Kontrollgruppe.

Für alle 4 POMS-Skalen zeigte sich eine bedeutende Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den Gruppen. Die Stimmungsänderungen auf jeder der 4 POMS-Skalen, gemessen an den 4 Differenzen der Skalensummen, unterschieden sich zwischen der Experimental- und Kontrollgruppe im Schnitt signifikant. Dabei war in der Experimentalgruppe eine Abnahme der durchschnittlichen Stimmungsausprägung auf der Skala „Niedergeschlagenheit“ und in der Kontrollgruppe eine Zunahme der mittleren Stimmungsausprägung auf den Skalen „Müdigkeit“ und „Missmut“ sowie eine Abnahme der mittleren Stimmungsausprägung auf der Skala „Tatendrang“ zu beobachten.

#### **4.4 Stress- und Immunparameter**

Auf Grund schwieriger Venenverhältnisse konnte bei einer Versuchsperson die sechste Blutentnahme nicht durchgeführt werden. Zusätzliche fehlende Daten entstanden, da in einigen Blutproben die Konzentrationen von bestimmten Hormonen bzw. Zytokinen unterhalb der Nachweisgrenze der verwendeten Testkits lagen.

Die Voraussetzungen der Normalverteilung und Varianzhomogenität waren für die meisten der Stress- und Immunparameter gegeben (siehe Anhang Tabellen 8.3-5 bis 8.3-8). Daher wurde in den Analysen nach dem Ausschließen der Extrem-Werte auf parametrische statistische Tests zurückgegriffen.

#### 4.4.1 Tests der Gruppierungen auf Unabhängigkeit

Die Chi-Quadrat-Tests auf Unabhängigkeit lieferten für die folgenden Gruppierungen einen signifikanten Zusammenhang.

##### *Experimental-/Kontrollgruppe und Valenzgruppen*

Hier ergab sich eine Überrepräsentation der Probanden mit Valenz  $\geq$  Median in der Experimentalgruppe (N = 57 für Valenz  $\geq$  Median; N = 14 für Valenz  $<$  Median) und eine Überrepräsentation der Versuchspersonen mit Valenz  $<$  Median in der Kontrollgruppe (N = 15 für Valenz  $\geq$  Median; N = 57 für Valenz  $<$  Median). Der Chi-Quadrat-Test lieferte dazu eine signifikante Testgröße ( $\chi^2 = 50,538$ ; df = 1;  $p < 0,001$ ). Tabelle 4 listet die Verteilung der Probanden auf die Experimental-/Kontrollgruppe und Valenzgruppen auf.

**Tabelle 4:** Kreuztabelle zwischen Experimental- (EG)/Kontrollgruppe (KG) und Valenzgruppen

		Valenzgruppe		Gesamt
		Valenz $<$ Median	Valenz $\geq$ Median	
Gruppe	EG	14	57	71
	KG	57	15	72
Gesamt		71	72	143

Die Experimentalgruppe enthielt deutlich mehr Probanden mit einer mittleren Valenz  $\geq$  Median als Versuchspersonen mit einer mittleren Valenz  $<$  Median. Im Gegensatz dazu beherbergte die Kontrollgruppe bedeutend mehr Probanden mit einer mittleren Valenz  $<$  Median als Testpersonen mit einer mittleren Valenz  $\geq$  Median. Der Chi-Quadrat-Test dazu war signifikant ( $\chi^2 = 50,538$ ; df = 1;  $p < 0,0001$ ).

##### *Experimental-/Kontrollgruppe und POMS-Gruppen*

Bei näherer Betrachtung dieser Gruppierungen zeigte sich, dass die Probanden der POMS-Gruppe mit Stimmungsanstieg in der Experimentalgruppe überrepräsentiert waren (N = 41 für Stimmungsanstieg; N = 27 für Stimmungsabfall). Ebenso waren die Versuchspersonen mit Stimmungsabfall in der Kontrollgruppe überrepräsentiert (N = 23 für Stimmungsanstieg; N = 47 für Stimmungsabfall). Das bestätigte der Chi-Quadrat-Test ( $\chi^2 = 10,441$ ; df = 1;  $p = 0,001$ ). Die Anzahl der jeweiligen Testpersonen sind in Tabelle 5 für die einzelnen Gruppierungen gegenübergestellt.

**Tabelle 5:** Kreuztabelle zwischen Experimental- (EG)/Kontrollgruppe (KG) und POMS-Gruppen

		POMS-Gruppe		Gesamt
		Stimmungsanstieg	Stimmungsabfall	
Gruppe	EG	41	27	68
	KG	23	47	70
Gesamt		64	74	138

In der Experimentalgruppe befanden sich bedeutend mehr Probanden mit POMS-Stimmungsanstieg als Testpersonen mit POMS-Stimmungsabfall. Umgekehrt beinhaltete die Kontrollgruppe deutlich mehr Personen mit POMS-Stimmungsabfall als Probanden mit POMS-Stimmungsanstieg. Im Chi-Quadrat-Test auf Unabhängigkeit dieser Gruppierungen ergab sich ein signifikanter Zusammenhang ( $\chi^2 = 10,441$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,001$ ).

### *Valenzgruppen und Erregungsgruppen*

Wurden die Valenz- und Erregungsgruppen näher analysiert, ergab sich eine signifikante Mehrheit der Probanden mit einer mittleren Erregung  $\leq$  Median in der Valenzgruppe mit der Valenz  $\geq$  Median (N = 26 für Erregung  $>$  Median; N = 46 für Erregung  $\leq$  Median). Genauso waren die Probanden mit einer mittleren Erregung  $>$  Median in der Valenzgruppe mit der Valenz  $<$  Median bedeutend stärker vertreten als die Personen mit einer mittleren Erregung  $\leq$  Median (N = 45 für Erregung  $>$  Median; N = 26 für Erregung  $\leq$  Median). Die Testgröße des Chi-Quadrat-Tests war signifikant ( $\chi^2 = 10,634$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,001$ ). In Tabelle 6 ist die Verteilung der Probanden auf die Valenz- und Erregungsgruppen aufgelistet.

**Tabelle 6:** Kreuztabelle zwischen Valenzgruppen und Erregungsgruppen

		Erregungsgruppe		Gesamt
		Erregung $\leq$ Median	Erregung $>$ Median	
Valenz- gruppe	Valenz $<$ Median	26	45	71
	Valenz $\geq$ Median	46	26	72
Gesamt		72	71	143

In der Valenzgruppe mit Valenz  $\geq$  Median waren die Probanden mit niedrigerem mittleren Erregungszustand (Erregung  $\leq$  Median) bedeutend überrepräsentiert, während in der Valenzgruppe mit Valenz  $<$  Median die Testpersonen mit einem höheren mittleren Erregungszustand (Erregung  $>$  Median) überrepräsentiert waren. Der Chi-Quadrat-Test lieferte signifikante Kennwerte ( $\chi^2 = 10,634$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,001$ ).

Bei der Betrachtung aller anderen möglichen Gegenüberstellungen der verschiedenen Gruppen ergab sich kein weiterer bedeutender Zusammenhang (bei allen  $\chi^2 \leq 3,480$ ;  $df = 1$ ;  $p \geq 0,062$ ). Somit waren beispielsweise sowohl die beiden Geschlechter (Frauen, Männer) als auch die drei unterschiedlichen Tageszeiten

(11:00 Uhr, 14:00 Uhr, 17:00 Uhr) in der Experimental- und Kontrollgruppe, den Valenzgruppen, den Erregungsgruppen sowie in den POMS-Gruppen ausgewogen verteilt.

#### **4.4.2 Effekt des Stresstests und der akustischen Stimulation ohne Gruppentrennung**

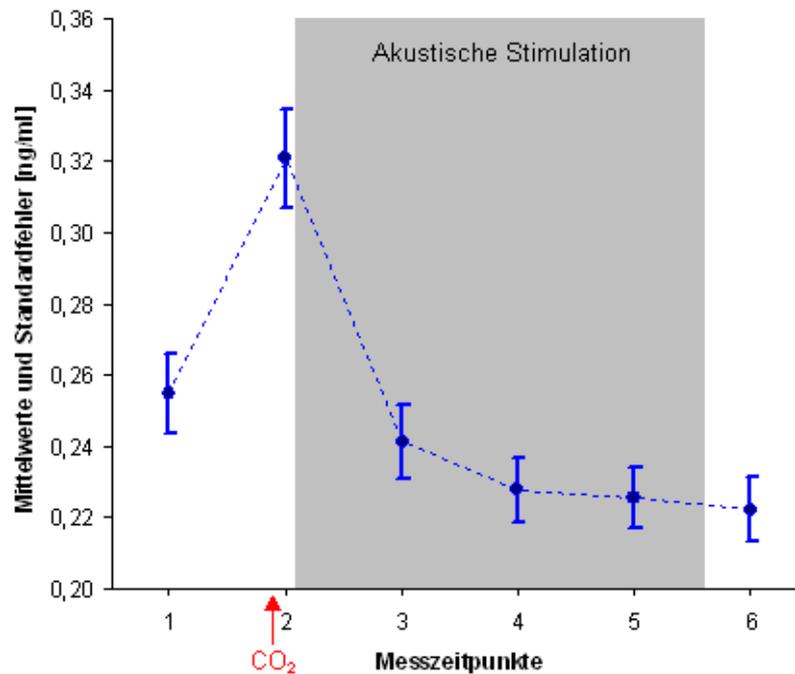
Im Folgenden werden die Verläufe der Parameter über die 6 Messzeitpunkte von allen Probanden ohne Trennung nach Gruppen dargestellt.

##### *Noradrenalin*

Der Stichprobenumfang für die Varianzanalysen des Noradrenalins betrug auf Grund von fehlenden Daten insgesamt  $N = 131$ .

Die multivariaten Varianzanalysen mit Messwiederholung lieferten einen signifikanten Haupteffekt der Messzeitpunkte ( $F = 35,852$ ;  $df = 3,130$ ;  $p < 0,0001$ ). Dieser Effekt kam durch einen bedeutenden Unterschied der Noradrenalin-Mittelwerte zwischen den Messzeitpunkten 1 und 2 ( $T = -6,397$ ;  $df = 130$ ;  $p < 0,0001$ ), den Messzeitpunkten 2 und 3 ( $T = 8,247$ ;  $df = 130$ ;  $p < 0,0001$ ) sowie den Messzeitpunkten 3 und 4 ( $T = 2,001$ ;  $df = 130$ ;  $p = 0,047$ ) zustande. Dabei betrug das mittlere Noradrenalin zum ersten Messzeitpunkt  $0,255 \text{ ng/ml}$  ( $SD = 0,127 \text{ ng/ml}$ ), stieg zum zweiten Messzeitpunkt auf  $0,321 \text{ ng/ml}$  ( $SD = 0,156 \text{ ng/ml}$ ) an und fiel anschließend auf  $0,241 \text{ ng/ml}$  ( $SD = 0,119 \text{ ng/ml}$ ; Messzeitpunkt 3) bzw.  $0,228 \text{ ng/ml}$  ( $SD = 0,103 \text{ ng/ml}$ ; Messzeitpunkt 4) und damit unter den mittleren Ausgangswert des ersten Messzeitpunkts.

In der Abbildung 6 ist der Verlauf der mittleren Noradrenalin Spiegel über die 6 Messzeitpunkte mit deren Standardfehlern dargestellt.

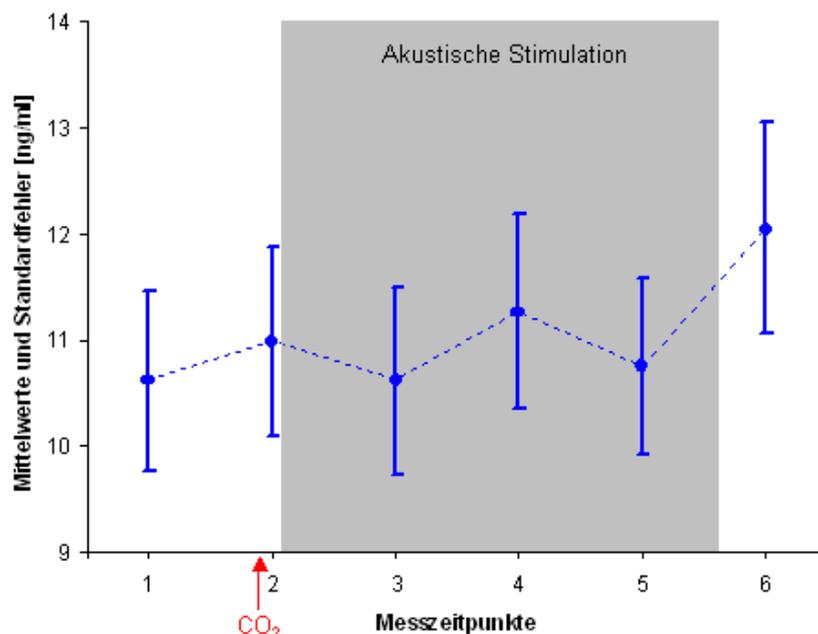


**Abbildung 6:** Mittelwerte und Standardfehler des Noradrenalins für die 6 Messzeitpunkte in ng/ml (N = 131). Der rote „CO<sub>2</sub>“-Pfeil zeigt den Zeitpunkt des Stresstests an. Die Zeitdauer der akustischen Stimulation ist grau unterlegt. Nach dem initialen raschen Anstieg der mittleren Plasmaspiegel nach dem Stressor folgte ein ebenso schneller Abfall, der bis unter die Ausgangswerte des ersten Messzeitpunkts reichte.

### *Leptin*

Die Stichprobe der Varianzanalysen des Leptins umfasste N = 129 Testpersonen.

Bei der Durchführung der statistischen Tests ergab sich ein bedeutender Haupteffekt der Messzeitpunkte ( $F = 2,735$ ;  $df = 4,749$ ;  $p = 0,021$ ). Dieser Effekt kam durch einen signifikanten Unterschied der mittleren Leptinkonzentrationen zwischen den Messzeitpunkten 5 und 6 zustande ( $T = -2,532$ ;  $df = 128$ ;  $p = 0,013$ ). Hierbei stiegen die Leptinspiegel im Mittel von 10,748 ng/ml (SD = 9,358 ng/ml; Zeitpunkt 5) auf 12,052 ng/ml (SD = 11,314 ng/ml; Zeitpunkt 6). Die Unterschiede zwischen den mittleren Leptinkonzentrationen der anderen benachbarten Messzeitpunkte waren nicht signifikant ( $|T| \leq 1,314$ ;  $df = 128$ ;  $p \geq 0,191$ ). Abbildung 7 zeigt den Verlauf der mittleren Leptinspiegel zusammen mit deren Standardfehlern über die 6 Messzeitpunkte.



**Abbildung 7:** Mittelwerte und Standardfehler des Leptins für die 6 Messzeitpunkte in ng/ml (N = 129). Der rote „CO<sub>2</sub>“-Pfeil zeigt den Zeitpunkt des Stresstests an. Die Zeitdauer der akustischen Stimulation ist grau unterlegt. Zum Messzeitpunkt 6 war ein signifikanter Anstieg der mittleren Leptinkonzentration im Vergleich zum Messzeitpunkt davor festzustellen.

### *Somatostatin*

Es wurden N = 130 Probanden in die statistischen Analysen des Somatostatins eingeschlossen.

In den Varianzanalysen war ein bedeutender Haupteffekt der Messzeitpunkte nicht festzustellen ( $F = 0,274$ ;  $df = 3,652$ ;  $p = 0,880$ ). Damit gab es keine signifikanten Unterschiede der mittleren Somatostatinkonzentrationen aller Probanden zwischen den einzelnen Messzeitpunkten.

### *TNF- $\alpha$*

Der Stichprobenumfang der statistischen Analysen des TNF- $\alpha$  betrug N = 93.

Ein bedeutender Haupteffekt der Messzeitpunkte war nicht zu beobachten ( $F = 0,783$ ;  $df = 4,120$ ;  $p = 0,540$ ). Das bedeutet, dass sich die mittleren TNF- $\alpha$ -Spiegel aller Probanden zwischen den 6 Messzeitpunkten nicht signifikant voneinander unterscheiden.

#### **4.4.3 Unterschiede zwischen Experimental- und Kontrollgruppe**

Nachfolgend werden die Verläufe der Stress- und Immunparameter über die 6 Messzeitpunkte getrennt nach Experimental- und Kontrollgruppe näher betrachtet.

##### *Noradrenalin*

Die Stichprobe umfasste N = 64 Probanden der Experimentalgruppe und N = 67 Versuchspersonen der Kontrollgruppe.

Es konnte weder ein Haupteffekt des Faktors Gruppe ( $F < 0,001$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,998$ ) noch eine Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den Gruppen ( $F = 0,238$ ;  $df = 3,130$ ;  $p = 0,877$ ) festgestellt werden. Das bedeutet, dass es keine generellen Unterschiede in den mittleren Noradrenalinspiegeln zwischen der Experimental- und Kontrollgruppe gab und sich die Verläufe der durchschnittlichen NoradrenalinKonzentrationen beider Gruppen über die 6 Messzeitpunkte nicht signifikant voneinander unterschieden.

##### *Leptin*

Es wurden N = 62 Probanden der Experimentalgruppe und N = 67 Testpersonen der Kontrollgruppe analysiert.

Ein Haupteffekt des Faktors Gruppe wurde nicht beobachtet ( $F = 0,003$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,956$ ), so dass keine generellen Unterschiede in den durchschnittlichen Leptinspiegeln zwischen Experimental- und Kontrollgruppe festzustellen waren. Auch eine Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den Gruppen war nicht vorhanden ( $F = 1,621$ ;  $df = 4,749$ ;  $p = 0,156$ ), folglich zeigten die mittleren Leptinkonzentrationen beider Gruppen keine signifikant unterschiedlichen Verläufe über das Experiment.

##### *Somatostatin*

In die Analysen des Somatostatins wurden N = 63 Testpersonen der Experimentalgruppe und N = 67 Probanden der Kontrollgruppe eingeschlossen.

Ein bedeutender Haupteffekt des Faktors Gruppe war nicht vorhanden ( $F = 0,272$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,603$ ). Eine Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den Gruppen wurde für das Somatostatin ebenfalls nicht gefunden ( $F = 1,812$ ;  $df = 3,652$ ;  $p = 0,132$ ). Das bedeutet, dass es keine grundsätzlichen Unterschiede in den mittleren Somatostatinkonzentrationen zwischen der Experimental- und Kontrollgruppe gab und die beiden Gruppen sich im Hinblick auf die Verläufe der mittleren Somatostatinwerte über die 6 Messzeitpunkte nicht bedeutend voneinander unterschieden.

### *TNF- $\alpha$*

Die Stichprobe des TNF- $\alpha$  umfasste auf Grund von fehlenden Daten  $N = 43$  Testpersonen der Experimentalgruppe und  $N = 50$  Probanden der Kontrollgruppe. Bei der Durchführung der Varianzanalysen ergab sich weder ein signifikanter Haupteffekt des Faktors Gruppe ( $F = 0,001$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,979$ ) noch eine Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den Gruppen ( $F = 1,464$ ;  $df = 4,120$ ;  $p = 0,211$ ). Es konnten daher keine generellen Unterschiede in den durchschnittlichen TNF- $\alpha$ -Spiegeln zwischen der Experimental- und Kontrollgruppe festgestellt werden. Ebenso waren die Verläufe der mittleren TNF- $\alpha$ -Konzentrationen beider Gruppen über die 6 Messzeitpunkte nicht bedeutend voneinander verschieden.

#### **4.4.4 Zusammenhang zwischen psychologischen und physiologischen Daten**

Im Folgenden werden die Verläufe der Stress- und Immunparameter über die 6 Messzeitpunkte getrennt nach Valenz-, Erregungs- und POMS-Gruppen dargestellt.

##### ***Valenz < Median versus Valenz $\geq$ Median***

##### *Noradrenalin*

Beim Noradrenalin wurden  $N = 66$  Testpersonen der Gruppe mit einer mittleren Valenz < Median und  $N = 65$  Probanden der Gruppe mit einer mittleren Valenz  $\geq$  Median in die Analyse eingeschlossen.

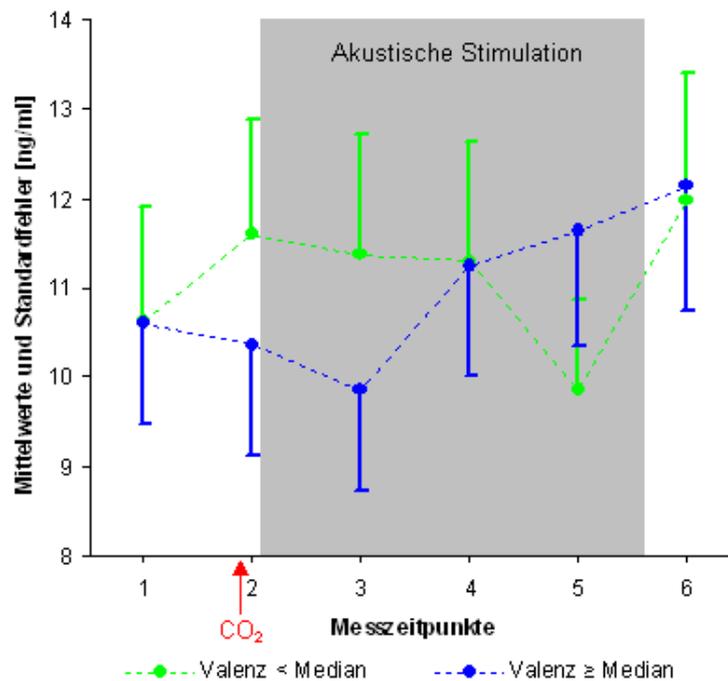
Bei näherer Betrachtung der statistischen Tests ergab sich kein Haupteffekt des Faktors Valenzgruppe ( $F = 0,165$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,685$ ). Des Weiteren konnte keine bedeutende Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den Valenz-Gruppen beobachtet werden ( $F = 0,321$ ;  $df = 3,073$ ;  $p = 0,815$ ). Daraus folgt, dass sowohl generelle Unterschiede in den mittleren Noradrenalinspiegeln zwischen den Valenzgruppen als auch bedeutend unterschiedliche Änderungen der mittleren Noradrenalinwerte beider Gruppen über die Dauer des Experiments nicht gefunden wurden.

#### *Leptin*

Der Stichprobenumfang des Leptins betrug  $N = 65$  Probanden in der Gruppe „Valenz < Median“ und  $N = 64$  Probanden in der Gruppe „Valenz  $\geq$  Median“.

Ein Haupteffekt des Faktors Valenzgruppe konnte nicht gefunden werden ( $F = 0,056$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,813$ ). Demnach gab es keine generellen Unterschiede in den durchschnittlichen Leptinkonzentrationen zwischen den beiden Valenzgruppen. Im Gegensatz dazu zeigte sich eine signifikante Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den Valenz-Gruppen ( $F = 3,690$ ;  $df = 4,695$ ;  $p = 0,003$ ). Beim Testen der Gruppenunterschiede für die einzelnen Messzeitpunkte ergab sich jedoch zu keinem Zeitpunkt ein signifikanter Gruppenunterschied der mittleren Leptinspiegel ( $|T| \leq 1,081$ ;  $df = 127$ ;  $p \geq 0,282$ ). In der Gruppe „Valenz < Median“ stiegen die Leptinspiegel nur im Vergleich der letzten beiden Messzeitpunkte von durchschnittlich  $9,863$  ng/ml ( $SD = 8,090$  ng/ml; Zeitpunkt 5) auf  $11,967$  ng/ml ( $SD = 11,568$  ng/ml; Zeitpunkt 6) bedeutend an ( $T = -2,563$ ;  $df = 64$ ;  $p = 0,013$ ). Die andere Gruppe mit einer mittleren Valenz  $\geq$  Median zeigte nur vom Messzeitpunkt 3 ( $9,858$  ng/ml;  $SD = 9,042$  ng/ml) zum Messzeitpunkt 4 ( $11,248$  ng/ml;  $SD = 9,992$  ng/ml) einen signifikanten Anstieg des mittleren Leptins ( $T = -2,654$ ;  $df = 63$ ;  $p = 0,010$ ).

Die Abbildung 8 zeigt die Mittelwerte und Standardfehler des Leptins für die 6 Messzeitpunkte getrennt für die beiden Valenzgruppen. Darin ist zu erkennen, dass sich die Verlaufskurven der beiden Valenzgruppen zum Messzeitpunkt 4 überschneiden.



**Abbildung 8:** Mittelwerte und Standardfehler des Leptins für die 6 Messzeitpunkte in ng/ml getrennt nach Valenzgruppen (N = 65 für Valenz < Median und N = 64 für Valenz ≥ Median). Der rote „CO<sub>2</sub>“-Pfeil zeigt den Zeitpunkt des Stresstests an. Die Zeitdauer der akustischen Stimulation ist grau unterlegt. Trotz der bedeutenden Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den Valenzgruppen waren die Gruppenunterschiede im mittleren Leptin zu keinem der 6 Messzeitpunkte statistisch signifikant. Darüber hinaus überschneiden sich die Kurven der beiden Valenzgruppen zum Messzeitpunkt 4.

### Somatostatin

Bezüglich des Somatostatins wurden N = 65 Probanden in der Gruppe „Valenz < Median“ und ebenfalls N = 65 Probanden in der Gruppe „Valenz ≥ Median“ analysiert.

Die Varianzanalysen ergaben keinen signifikanten Haupteffekt des Faktors Valenzgruppe ( $F = 0,522$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,471$ ). Auch eine bedeutende Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den Valenzgruppen konnte nicht beobachtet werden ( $F = 0,450$ ;  $df = 3,631$ ;  $p = 0,754$ ). Demnach gab es keine generellen Unterschiede in den mittleren Somatostatinspiegeln zwischen den Valenzgruppen und keine bedeutend unterschiedlichen Verläufe der mittleren Somatostatinkonzentrationen beider Valenzgruppen über die 6 Messzeitpunkte.

##### *TNF- $\alpha$*

Der Stichprobenumfang der Analysen des TNF- $\alpha$  betrug N = 49 Probanden mit einer mittleren Valenz < Median und N = 44 Testpersonen mit einer mittleren Valenz  $\geq$  Median.

Ein bedeutender Haupteffekt des Faktors Valenzgruppe konnte nicht gefunden werden ( $F = 0,028$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,866$ ). Daher konnte von generellen Unterschieden der mittleren TNF- $\alpha$ -Spiegel zwischen beiden Valenzgruppen nicht ausgegangen werden. Eine Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den Valenzgruppen war ebenfalls nicht beobachtbar ( $F = 0,736$ ;  $df = 4,112$ ;  $p = 0,571$ ), so dass die beiden Gruppen keinen bedeutend unterschiedlichen Verlauf ihrer mittleren TNF- $\alpha$ -Spiegel über das Experiment zeigten.

##### ***Erregung $\leq$ Median versus Erregung $>$ Median***

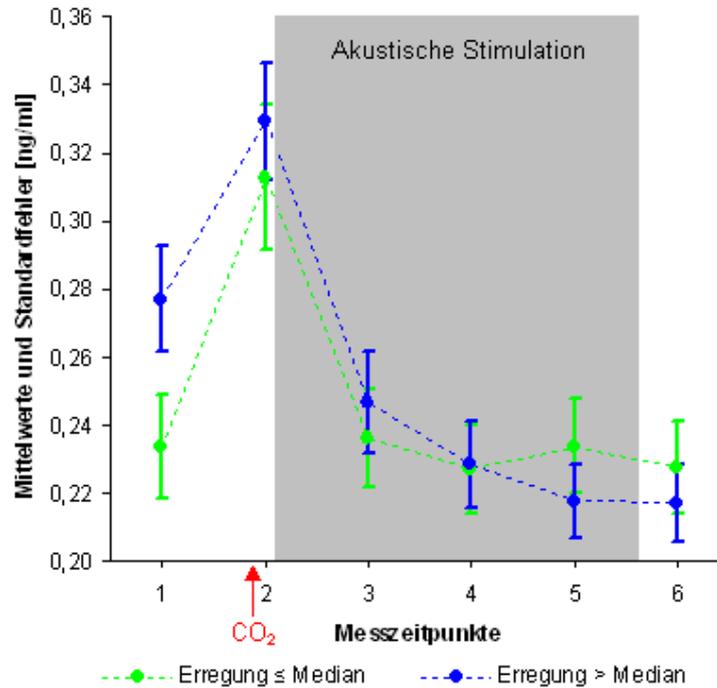
##### *Noradrenalin*

Der Stichprobenumfang für die Varianzanalysen betrug N = 66 Versuchspersonen in der „Erregung  $\leq$  Median“-Gruppe und N = 65 Probanden in der „Erregung  $>$  Median“-Gruppe.

Ein Haupteffekt des Faktors Erregungsgruppe konnte nicht festgestellt werden ( $F = 0,031$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,861$ ). Generelle Unterschiede im mittleren Noradrenalin zwischen den beiden Gruppen ließen sich somit nicht beobachten. Im Gegensatz dazu zeigte sich bei der Betrachtung der Erregungsgruppen eine bedeutende Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den Gruppen ( $F = 2,698$ ;  $df = 3,164$ ;  $p = 0,043$ ). Beim Vergleich der mittleren NoradrenalinKonzentrationen zwischen den Gruppen zeigte sich, dass nur zum Messzeitpunkt 1 ein signifikanter Unterschied zu finden war ( $T = -1,988$ ;  $df = 129$ ;  $p = 0,049$ ). Dabei hatte die Gruppe mit einer mittleren Erregung  $\leq$  Median durchschnittlich niedrigere Noradrenalin Spiegel (0,233 ng/ml; SD = 0,126 ng/ml) als die Gruppe mit einer mittleren Erregung  $>$  Median (0,277 ng/ml; SD = 0,125 ng/ml). Zu den anderen 5 Zeitpunkten zeigte sich kein bedeutender Unterschied in den durchschnittlichen NoradrenalinKonzentrationen zwischen den Erregungsgruppen ( $|T| \leq 0,935$ ;  $df = 129$ ;  $p \geq 0,352$ ). In der Gruppe „Erregung  $\leq$  Median“ stieg das mittlere Noradrenalin von

0,233 ng/ml (SD = 0,126 ng/ml; Zeitpunkt 1) auf 0,313 ng/ml (SD = 0,172 ng/ml; Zeitpunkt 2) signifikant an ( $T = -4,421$ ;  $df = 65$ ;  $p < 0,0001$ ) und fiel zum Messzeitpunkt 3 wieder auf 0,236 ng/ml ab (SD = 0,119 ng/ml), wobei dieser Abfall ebenfalls bedeutend war ( $T = 5,008$ ;  $df = 65$ ;  $p < 0,0001$ ). Ähnlich verhielt sich die Gruppe mit hoher mittlerer Erregung. In dieser Gruppe stieg das Noradrenalin im Mittel von 0,277 ng/ml (SD = 0,125 ng/ml; Zeitpunkt 1) auf 0,329 ng/ml an (SD = 0,139 ng/ml; Zeitpunkt 2;  $T = -5,296$ ;  $df = 64$ ;  $p < 0,0001$ ) und fiel danach wiederum signifikant auf durchschnittlich 0,246 ng/ml ab (SD = 0,121 ng/ml; Zeitpunkt 3;  $T = 6,987$ ;  $df = 64$ ;  $p < 0,0001$ ). Beim Vergleich der beiden Verlaufskurven der Erregungsgruppen war festzustellen, dass sich die mittleren Noradrenalinpiegel der „Erregung  $\leq$  Median“-Gruppe zum Ende des Experiments ihrem Ausgangswert (Messzeitpunkt 1) wieder annäherten, wohingegen die durchschnittlichen Noradrenalinwerte der „Erregung  $>$  Median“-Gruppe am Ende des Experiments bis unter ihren Ausgangswert fielen.

Die mittleren Noradrenalinwerte und deren Standardfehler sind getrennt für die beiden Erregungsgruppen in Abbildung 9 dargestellt. Zum Messzeitpunkt 4 überschneiden sich die Verlaufskurven der beiden Erregungsgruppen.



**Abbildung 9:** Mittelwerte und Standardfehler des Noradrenalins für die 6 Messzeitpunkte in ng/ml getrennt nach Erregungsgruppen (N = 66 für Erregung ≤ Median und N = 65 für Erregung > Median). Der rote „CO<sub>2</sub>“-Pfeil zeigt den Zeitpunkt des Stresstests an. Die Zeitdauer der akustischen Stimulation ist grau unterlegt. Die Probanden mit einer mittleren Erregung > Median hatten bereits vor dem Stresstest (Messzeitpunkt 1) durchschnittlich signifikant höhere Noradrenalinwerte als die Probanden mit niedriger mittlerer Erregung. Des Weiteren erreichten die mittleren Noradrenalinwerte der „Erregung ≤ Median“-Gruppe zum Ende des Experiments wieder ihren Ausgangswert, während die durchschnittlichen Noradrenalinwerte der „Erregung > Median“-Gruppe im Verlauf der Messzeitpunkte bis unter ihren Ausgangswert fielen. Zum Messzeitpunkt 4 überschneiden sich die Kurven beider Erregungsgruppen.

### Leptin

Bezüglich der Analysen der Erregungsgruppen wurden N = 61 Testpersonen mit einer mittleren Erregung ≤ Median und N = 68 Probanden mit einer mittleren Erregung > Median analysiert.

Ein Haupteffekt des Faktors Erregungsgruppe ließ sich nicht zeigen ( $F = 0,743$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,391$ ). Ebenso konnte keine bedeutende Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den Erregungsgruppen gefunden werden ( $F = 1,868$ ;  $df = 4,656$ ;  $p = 0,103$ ). Daher gab es weder generelle Unterschiede in den mittleren Leptinspiegeln zwischen den beiden Erregungsgruppen noch einen signifikant unterschiedlichen Verlauf der mittleren Leptinkonzentrationen beider Gruppen über die 6 Messzeitpunkte.

### *Somatostatin*

Es wurden N = 66 Probanden der Gruppe „Erregung  $\leq$  Median“ und N = 64 Versuchspersonen der Gruppe „Erregung  $>$  Median“ untersucht.

Die Analysen lieferten keinen bedeutenden Haupteffekt des Faktors Erregungsgruppe ( $F = 0,687$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,409$ ), was zeigt, dass es keine grundsätzlichen Unterschiede in den mittleren Somatostatinspiegeln zwischen beiden Erregungsgruppen gab. Eine Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den Erregungsgruppen konnte auch nicht beobachtet werden ( $F = 1,529$ ;  $df = 3,664$ ;  $p = 0,197$ ). Es gab demnach keine signifikant unterschiedlichen Änderungen der mittleren Somatostatinkonzentrationen beider Erregungsgruppen über das Experiment.

### *TNF- $\alpha$*

Hinsichtlich des TNF- $\alpha$  wurden N = 44 Probanden der „Erregung  $\leq$  Median“-Gruppe und N = 49 Versuchspersonen der „Erregung  $>$  Median“-Gruppe näher betrachtet. Bei der Durchführung der Varianzanalysen ergab sich kein Haupteffekt des Faktors Erregungsgruppe ( $F = 0,061$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,805$ ). Auch eine bedeutende Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den Erregungsgruppen war nicht festzustellen ( $F = 0,360$ ;  $df = 4,250$ ;  $p = 0,848$ ). Daher gab es keine generellen Unterschiede der mittleren TNF- $\alpha$ -Konzentrationen zwischen den beiden Erregungsgruppen und keine bedeutend unterschiedliche Reaktion bezüglich des mittleren TNF- $\alpha$  beider Erregungsgruppen über die 6 Messzeitpunkte.

### ***POMS-Stimmungsanstieg versus POMS-Stimmungsabfall***

#### *Noradrenalin*

Es wurden N = 58 Probanden der Gruppe mit Stimmungsanstieg und N = 68 Probanden mit Stimmungsabfall analysiert.

Die Varianzanalysen lieferten keinen signifikanten Haupteffekt der POMS-Gruppen ( $F = 0,840$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,361$ ). Außerdem zeigte sich keine bedeutende Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den POMS-Gruppen ( $F = 0,916$ ;  $df = 3,093$ ;

$p = 0,436$ ). Es gab somit weder generelle Unterschiede in den durchschnittlichen NoradrenalinKonzentrationen zwischen den POMS-Gruppen noch änderten sich die mittleren Noradrenalin Spiegel beider Gruppen über den Verlauf des Experiments signifikant unterschiedlich.

#### *Leptin*

Die Stichprobe des Leptins umfasste  $N = 55$  Testpersonen mit Stimmungsanstieg und  $N = 70$  Probanden mit Stimmungsabfall.

Bezüglich der POMS-Gruppen ließ sich kein bedeutender Haupteffekt des Faktors Gruppe zeigen ( $F = 2,044$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,156$ ). Es gab auch keine signifikante Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den POMS-Gruppen ( $F = 1,090$ ;  $df = 4,838$ ;  $p = 0,365$ ). Daher konnte weder von einem grundsätzlichen Unterschied in den mittleren Leptinspiegeln zwischen den POMS-Gruppen noch von einer bedeutend unterschiedlichen Reaktion der mittleren Leptinkonzentrationen beim Vergleich der beiden Gruppen über die 6 Messzeitpunkte ausgegangen werden.

#### *Somatostatin*

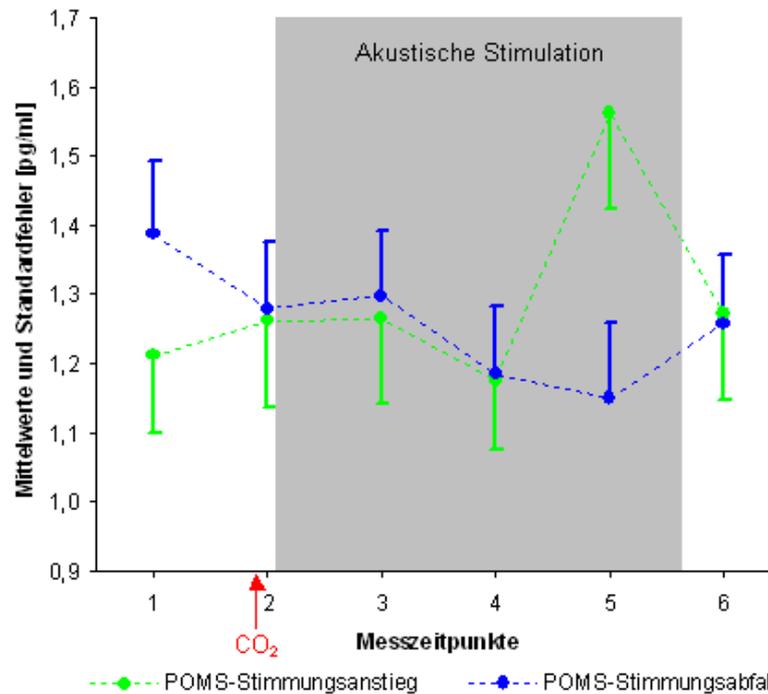
Der Stichprobenumfang betrug beim Somatostatin  $N = 59$  Probanden mit Stimmungsanstieg und  $N = 67$  Versuchspersonen mit Stimmungsabfall.

Ein Haupteffekt des Faktors POMS-Gruppe ließ sich nicht finden ( $F = 0,104$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,747$ ). Ebenso zeigte sich keine bedeutende Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den POMS-Gruppen ( $F = 0,231$ ;  $df = 3,606$ ;  $p = 0,905$ ). Diese Ergebnisse legen dar, dass es keine generellen Unterschiede in den mittleren Somatostatinkonzentrationen zwischen den POMS-Gruppen gab und darüber hinaus keine signifikant unterschiedlichen Verläufe der mittleren Somatostatinspiegel beider Stimmungs-Gruppen über das Experiment feststellbar waren.

*TNF- $\alpha$* 

Die TNF- $\alpha$ -Stichprobe bestand aus N = 41 Probanden mit Stimmungsanstieg und N = 48 Probanden mit Stimmungsabfall.

Die Varianzanalysen lieferten keinen signifikanten Haupteffekt des Faktors POMS-Gruppe ( $F = 0,001$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,975$ ). Von generellen Unterschieden der durchschnittlichen TNF- $\alpha$ -Spiegel zwischen beiden Stimmungsgruppen konnte demnach nicht ausgegangen werden. Demgegenüber zeigte sich eine bedeutende Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den POMS-Gruppen ( $F = 2,742$ ;  $df = 4,081$ ;  $p = 0,028$ ). Nur zum Messzeitpunkt 5 war der Gruppenunterschied der mittleren TNF- $\alpha$ -Konzentrationen signifikant ( $T = -2,374$ ;  $df = 87$ ;  $p = 0,020$ ), wobei die Probanden mit Stimmungsanstieg zu diesem Messzeitpunkt im Mittel höhere TNF- $\alpha$ -Spiegel aufwiesen (1,563 pg/ml; SD = 0,889 pg/ml) als Probanden mit Stimmungsabfall (1,149 pg/ml; SD = 0,756 pg/ml). Zu allen anderen Messzeitpunkten waren die Gruppenunterschiede des mittleren TNF- $\alpha$  nicht bedeutend ( $|T| \leq 1,139$ ;  $df = 87$ ;  $p \geq 0,258$ ). Darüber hinaus stieg in der Gruppe mit Stimmungsanstieg das mittlere TNF- $\alpha$  nur vom Messzeitpunkt 4 (1,177 pg/ml; SD = 0,646 pg/ml) zum Messzeitpunkt 5 (1,563 pg/ml; SD = 0,889 pg/ml) signifikant an ( $T = -3,389$ ;  $df = 40$ ;  $p = 0,002$ ). Zum letzten Messzeitpunkt fiel das TNF- $\alpha$  in dieser Gruppe im Mittel wieder auf 1,272 pg/ml ab (SD = 0,792 pg/ml), wobei dieser Abfall wiederum bedeutend war ( $T = 2,633$ ;  $df = 40$ ;  $p = 0,012$ ). In der Gruppe mit Stimmungsabfall waren keine bedeutenden Unterschiede im durchschnittlichen TNF- $\alpha$  zwischen jeweils benachbarten Messzeitpunkten festzustellen ( $|T| \leq 1,233$ ;  $df = 47$ ;  $p \geq 0,224$ ). Die mittleren TNF- $\alpha$ -Konzentrationen und deren Standardfehler sind getrennt für die beiden POMS-Gruppen in Abbildung 10 dargestellt. Die Verlaufskurven der beiden POMS-Gruppen überschneiden sich dabei zum Messzeitpunkt 4.



**Abbildung 10:** Mittelwerte und Standardfehler des TNF- $\alpha$  für die 6 Messzeitpunkte in pg/ml getrennt nach der Gruppe mit Stimmungsanstieg (N = 41) und Stimmungsabfall (N = 48). Der rote „CO<sub>2</sub>“-Pfeil zeigt den Zeitpunkt des Stresstests an. Die Zeitdauer der akustischen Stimulation ist grau unterlegt. Nur zum Messzeitpunkt 5 hatten die Versuchspersonen mit Stimmungsanstieg im Mittel signifikant höhere TNF- $\alpha$ -Spiegel als die Probanden mit Stimmungsabfall, weil in der Gruppe mit Stimmungsanstieg die mittleren TNF- $\alpha$ -Werte zum Messzeitpunkt 5 verglichen mit dem Messzeitpunkt davor signifikant anstiegen und zum Messzeitpunkt 6 wieder abfielen. Die Kurven der beiden POMS-Gruppen überschneiden sich zum Messzeitpunkt 4.

#### 4.4.5 Geschlechtervergleich (Frauen versus Männer)

Die folgenden Analysen zielen auf die Darstellung der Verläufe der Stress- und Immunparameter über die 6 Messzeitpunkte getrennt nach den beiden Geschlechtern.

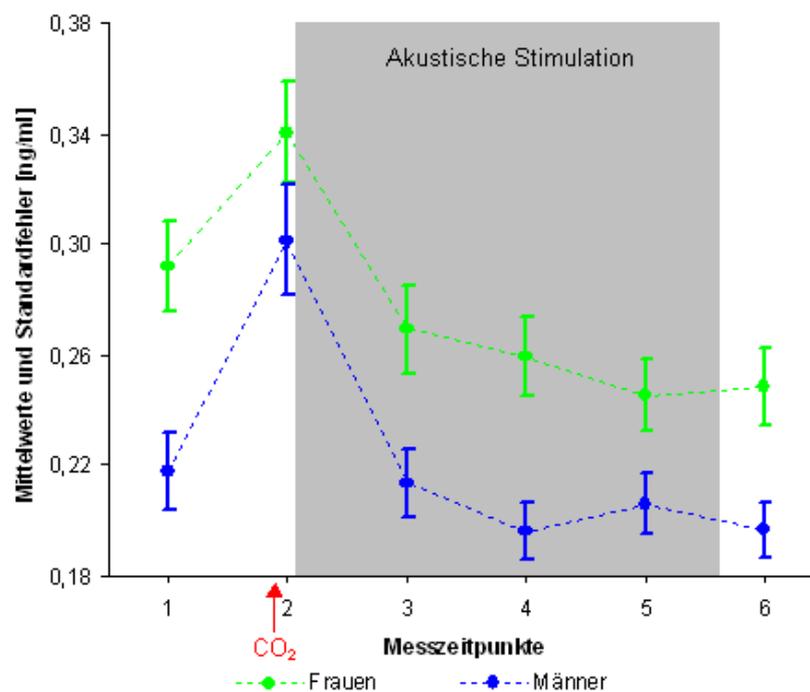
##### *Noradrenalin*

Die Stichprobe der Noradrenalin-Varianzanalysen umfasste N = 65 Frauen und N = 66 Männer.

Betreffs des Noradrenalins zeigte sich ein Haupteffekt des Faktors „Geschlecht“ (F = 9,446; df = 1; p = 0,003), was bedeutet, dass es einen generellen Unterschied in den durchschnittlichen Noradrenalinspiegeln zwischen Frauen und Männern gab. Dieser Effekt kam durch einen bedeutenden Unterschied zum ersten (T = 3,502; df = 129; p = 0,001), dritten (T = 2,747; df = 129; p = 0,007), vierten (T = 3,665,

df = 129;  $p < 0,001$ ), fünften ( $T = 2,267$ ; df = 129;  $p = 0,025$ ) und sechsten Messzeitpunkt ( $T = 3,026$ ; df = 116,194;  $p = 0,003$ ) zustande. Dabei hatten Frauen im Mittel stets höhere Plasmakonzentrationen des Noradrenalins (zum Zeitpunkt 1 z. B. 0,292 ng/ml; SD = 0,131 ng/ml) als Männer (zum Zeitpunkt 1 z. B. 0,218 ng/ml; SD = 0,111 ng/ml). In der weiteren statistischen Analyse zeigte sich, dass eine Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und Geschlechtern nicht vorhanden war ( $F = 1,278$ ; df = 3,130;  $p = 0,281$ ). Dies bedeutet, dass die beiden Geschlechter in ihren mittleren Noradrenalinspiegeln keine signifikant unterschiedliche Reaktion über die Dauer des Experiments zeigten.

Die Abbildung 11 stellt die Mittelwerte und Standardfehler des Noradrenalins getrennt nach Geschlechtern dar.



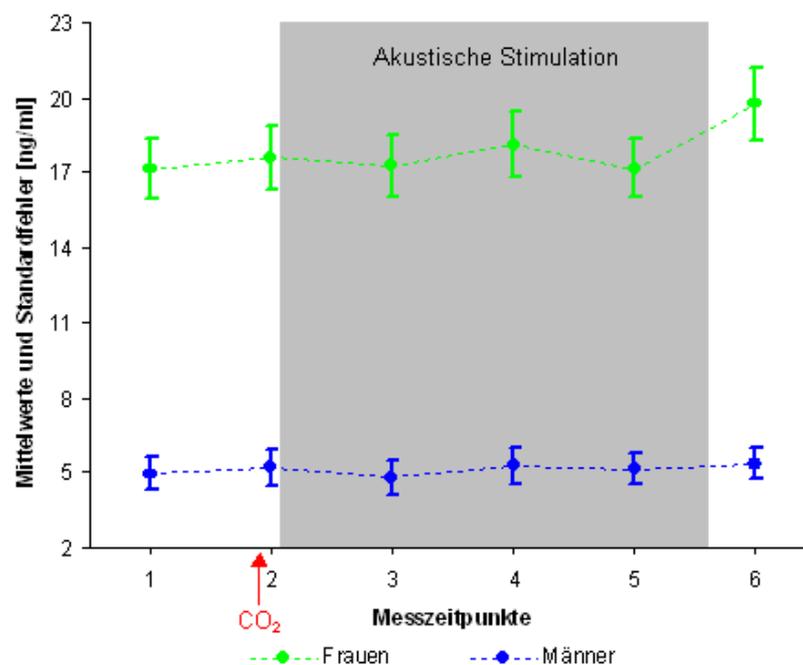
**Abbildung 11:** Mittelwerte und Standardfehler des Noradrenalins für die 6 Messzeitpunkte in ng/ml getrennt nach Frauen (N = 65) und Männern (N = 66). Der rote „CO<sub>2</sub>“-Pfeil zeigt den Zeitpunkt des Stresstests an. Die Zeitdauer der akustischen Stimulation ist grau unterlegt. Die Frauen hatten über das gesamte Experiment hinweg im Mittel höhere Noradrenalinspiegel als Männer, woraus sich in den Varianzanalysen ein Haupteffekt des Faktors „Geschlecht“ ergab.

## Leptin

Bezüglich der Geschlechterunterschiede des Leptins wurden  $N = 60$  Frauen und  $N = 69$  Männer untersucht.

In den Varianzanalysen kristallisierte sich ein bedeutender Haupteffekt des Faktors „Geschlecht“ heraus ( $F = 97,063$ ;  $df = 1$ ;  $p < 0,0001$ ). Zu allen 6 Messzeitpunkten unterschieden sich die mittleren Leptinspiegel zwischen Frauen und Männern signifikant ( $T \geq 8,580$ ;  $df \geq 79,353$ ;  $p < 0,0001$ ). Dabei hatten die Frauen im Mittel bedeutend höhere Leptinspiegel (zum Zeitpunkt 1 z. B.  $17,158$  ng/ml;  $SD = 9,394$  ng/ml) als Männer (zum Zeitpunkt 1 z. B.  $4,932$  ng/ml;  $SD = 5,482$  ng/ml). Eine signifikante Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den Geschlechtern war nicht vorhanden ( $F = 1,439$ ;  $df = 4,749$ ;  $p = 0,211$ ). Die beiden Geschlechter zeigten damit im Hinblick auf ihre mittleren Leptinkonzentrationen keine bedeutend unterschiedlichen Verläufe über die 6 Messzeitpunkte.

In der Abbildung 12 sind die mittleren Leptinspiegel mit deren Standardfehlern getrennt nach Frauen und Männern dargestellt.



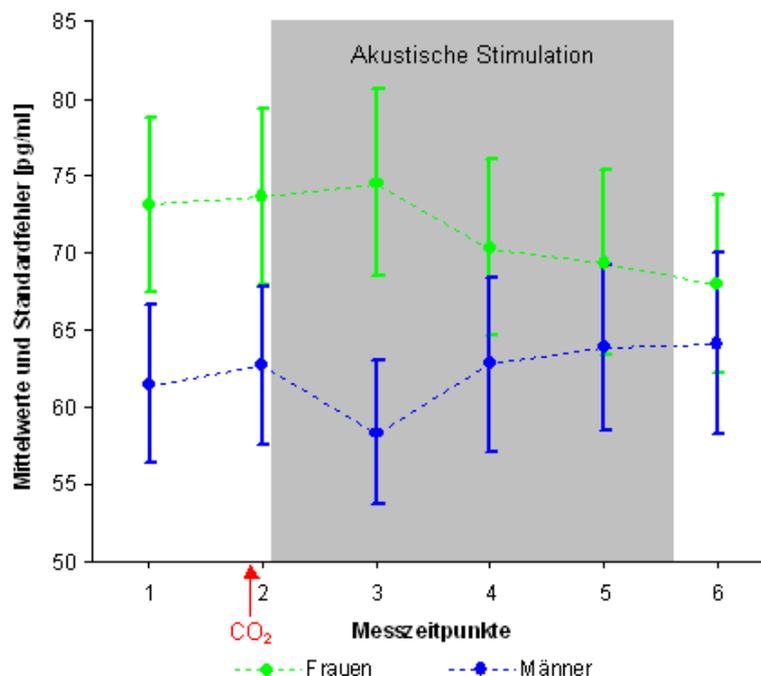
**Abbildung 12:** Mittelwerte und Standardfehler des Leptins für die 6 Messzeitpunkte in ng/ml getrennt nach Frauen ( $N = 60$ ) und Männern ( $N = 69$ ). Der rote „CO<sub>2</sub>“-Pfeil zeigt den Zeitpunkt des Stresstests an. Die Zeitdauer der akustischen Stimulation ist grau unterlegt. Zu jedem Messzeitpunkt hatten die Frauen im Schnitt bedeutend höhere Serum-Leptinspiegel als Männer.

### *Somatostatin*

In die Analysen des Somatostatins wurden  $N = 63$  Frauen und  $N = 67$  Männer eingeschlossen.

Ein Haupteffekt des Faktors „Geschlecht“ konnte nicht beobachtet werden ( $F = 1,746$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,189$ ). Es gab somit keine generellen Unterschiede in den mittleren Somatostatinspiegeln zwischen Frauen und Männern. Im Gegensatz dazu zeigten die Varianzanalysen eine bedeutende Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den Geschlechtern ( $F = 2,800$ ;  $df = 3,652$ ;  $p = 0,030$ ). Der Geschlechterunterschied im mittleren Somatostatin war nur zum Messzeitpunkt 3 signifikant ( $T = 2,135$ ;  $df = 128$ ;  $p = 0,035$ ). Zu diesem Zeitpunkt hatten Frauen im Mittel bedeutend höhere Somatostatinspiegel ( $74,539$  pg/ml;  $SD = 48,027$  pg/ml) als Männer ( $58,311$  pg/ml;  $SD = 38,346$  pg/ml). Zu den anderen 5 Zeitpunkten zeigte sich kein signifikanter Unterschied des mittleren Somatostatins zwischen den Geschlechtern ( $|T| \leq 1,527$ ;  $df = 128$ ;  $p \geq 0,129$ ). Wurden nur die Daten der Frauen analysiert, so ergaben sich keine signifikanten Unterschiede im mittleren Somatostatin zwischen jeweils benachbarten Messzeitpunkten ( $|T| \leq 1,078$ ;  $df = 62$ ;  $p \geq 0,285$ ). Bei den Männern zeigte sich vom Messzeitpunkt 2 ( $62,680$  pg/ml;  $SD = 41,780$  pg/ml) zum Messzeitpunkt 3 ( $58,311$  pg/ml;  $SD = 38,346$  pg/ml) ein signifikanter Abfall der mittleren Somatostatinspiegel ( $T = 2,517$ ;  $df = 66$ ;  $p = 0,014$ ). Auf diesen Abfall folgte bei den Männern zum Messzeitpunkt 4 ein bedeutender Anstieg des mittleren Somatostatins auf  $62,800$  pg/ml ( $SD = 45,879$  pg/ml;  $T = -2,065$ ;  $df = 66$ ;  $p = 0,043$ ).

Abbildung 13 zeigt die Mittelwerte und Standardfehler des Somatostatins getrennt nach Geschlechtern.



**Abbildung 13:** Mittelwerte und Standardfehler des Somatostatins für die 6 Messzeitpunkte in pg/ml getrennt nach Frauen (N = 63) und Männern (N = 67). Der rote „CO<sub>2</sub>“-Pfeil zeigt den Zeitpunkt des Stresstests an. Die Zeitdauer der akustischen Stimulation ist grau unterlegt. Nur zum Messzeitpunkt 3 hatten die Frauen im Schnitt bedeutend höhere Somatostatinspiegel als Männer.

### TNF- $\alpha$

Der Stichprobenumfang des TNF- $\alpha$  betrug N = 41 Frauen und N = 52 Männer.

Die Varianzanalysen brachten keinen bedeutenden Haupteffekt des Faktors „Geschlecht“ hervor ( $F = 0,034$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,854$ ). Es gab daher keine grundsätzlichen Unterschiede in den mittleren TNF- $\alpha$ -Spiegeln zwischen beiden Geschlechtern. Eine signifikante Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den Geschlechtern war ebenso nicht gegeben ( $F = 0,722$ ;  $df = 4,120$ ;  $p = 0,581$ ). Damit war kein bedeutend unterschiedlicher Verlauf der mittleren TNF- $\alpha$ -Werte beider Geschlechter über das Experiment festzustellen.

#### 4.4.6 Tageszeitenvergleich (11:00 Uhr versus 14:00 Uhr versus 17:00 Uhr)

Die Verläufe der Stress- und Immunparameter über das Experiment sollen nachfolgend getrennt nach den drei Tageszeiten dargestellt werden.

### *Noradrenalin*

Für die Varianzanalysen des Noradrenalins betrug der Stichprobenumfang  $N = 42$  Probanden der Tageszeit 11:00 Uhr,  $N = 44$  Testpersonen der Tageszeit 14:00 Uhr und  $N = 45$  Versuchspersonen in der „17:00 Uhr“-Gruppe.

Ein Haupteffekt des Faktors „Tageszeit“ konnte nicht beobachtet werden ( $F = 1,877$ ;  $df = 2$ ;  $p = 0,158$ ). Ebenso lieferten die Varianzanalysen keine bedeutende Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den Tageszeiten ( $F = 0,205$ ;  $df = 6,260$ ;  $p = 0,978$ ). Daraus lässt sich schlussfolgern, dass es weder einen prinzipiellen Unterschied der mittleren Noradrenalinwerte zwischen den drei Tageszeiten noch einen signifikant unterschiedlichen Verlauf dieser Werte zu den verschiedenen Tageszeiten über die 6 Messzeitpunkte hinweg gab.

### *Leptin*

Es wurden  $N = 42$  Probanden der Tageszeit 11:00 Uhr,  $N = 41$  Probanden der Tageszeit 14:00 Uhr und  $N = 46$  Testpersonen der Tageszeit 17:00 Uhr analysiert.

Die Varianzanalysen erbrachten keinen bedeutenden Haupteffekt des Faktors „Tageszeit“ ( $F = 0,634$ ;  $df = 2$ ;  $p = 0,532$ ). Eine signifikante Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den Tageszeiten ließ sich ebenfalls nicht feststellen ( $F = 1,200$ ;  $df = 9,497$ ;  $p = 0,290$ ). Es gab somit weder grundsätzliche Unterschiede in den mittleren Leptinkonzentrationen zwischen den drei Tageszeiten noch gab es signifikant unterschiedliche Verläufe der mittleren Leptinspiegel über das Experiment zu den verschiedenen Tageszeiten.

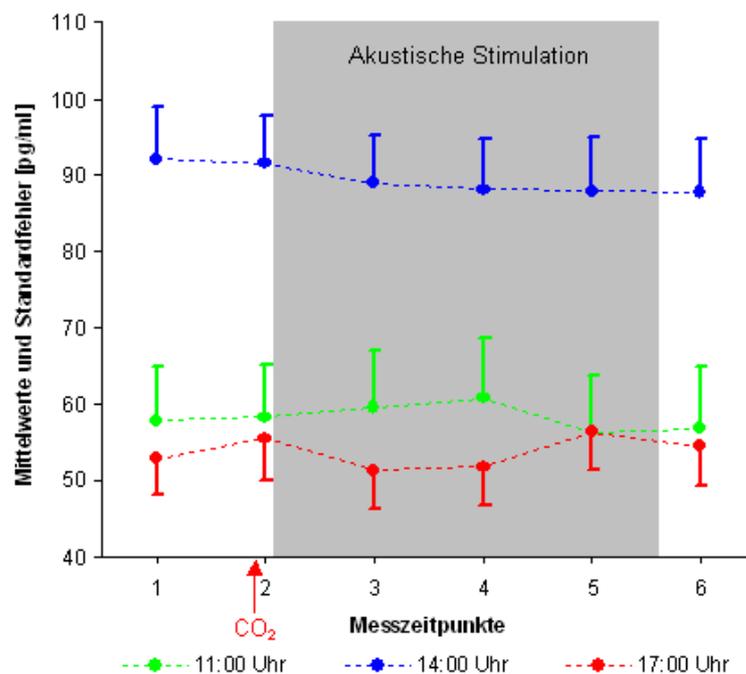
### *Somatostatin*

In die Analysen des Somatostatins wurden  $N = 43$  Probanden der „11:00 Uhr“-Gruppe,  $N = 42$  Probanden der Tageszeit 14:00 Uhr und  $N = 45$  Testpersonen der Tageszeit 17:00 Uhr eingeschlossen.

In den Varianzanalysen kristallisierte sich ein bedeutender Haupteffekt des Faktors „Tageszeit“ heraus ( $F = 10,390$ ;  $df = 2$ ;  $p < 0,0001$ ). Dieser Effekt kam durch einen signifikanten Unterschied in den mittleren Somatostatinspiegeln zwischen der „11:00 Uhr“- und „14:00 Uhr“-Gruppe ( $|T| \geq 2,646$ ;  $df = 83$ ;  $p \leq 0,010$ ) sowie zwischen der

„14:00 Uhr“- und „17:00 Uhr“-Gruppe ( $T \geq 3,558$ ;  $df \geq 72,235$ ;  $p \leq 0,001$ ) jeweils zu allen 6 Messzeitpunkten zustande. Die Probanden der Tageszeit 11:00 Uhr und 17:00 Uhr unterschieden sich in ihren mittleren Somatostatinkonzentrationen zu allen 6 Messzeitpunkten nicht signifikant voneinander ( $|T| \leq 0,977$ ;  $df \leq 86$ ;  $p \geq 0,331$ ). Die Versuchspersonen, die zur Mittagszeit (14:00 Uhr) gemessen wurden, hatten über das gesamte Experiment hinweg höhere mittlere Somatostatinwerte (zum Zeitpunkt 1 z. B. 92,028 pg/ml;  $SD = 43,757$  pg/ml) als die Probanden der anderen beiden Tageszeiten (Tageszeit 11:00 Uhr und Zeitpunkt 1 z. B. 57,769 pg/ml;  $SD = 45,720$  pg/ml; Tageszeit 17:00 Uhr und Zeitpunkt 1 z. B. 52,775 pg/ml;  $SD = 30,188$  pg/ml). Eine bedeutende Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den Tageszeiten war nicht festzustellen ( $F = 0,864$ ;  $df = 7,304$ ;  $p = 0,539$ ), was darauf hinweist, dass sich die Änderungen der Somatostatinspiegel über die 6 Messzeitpunkte im Mittel zwischen den drei Tageszeiten nicht bedeutend unterscheiden.

Die mittleren Somatostatinkonzentrationen mit deren Standardfehlern sind getrennt für die drei Tageszeiten in Abbildung 14 dargestellt.



**Abbildung 14:** Mittelwerte und Standardfehler des Somatostatins für die 6 Messzeitpunkte in pg/ml getrennt nach der Tageszeit 11:00 Uhr (N = 43), 14:00 Uhr (N = 42) und 17:00 Uhr (N = 45). Der rote „CO<sub>2</sub>“-Pfeil zeigt den Zeitpunkt des Stresstests an. Die Zeitdauer der akustischen Stimulation ist grau unterlegt. Zu allen 6 Messzeitpunkten hatten die Testpersonen der Tageszeit 14:00 Uhr im Mittel höhere Somatostatinspiegel als die Probanden der anderen beiden Tageszeiten.

*TNF- $\alpha$* 

Bezüglich des TNF- $\alpha$  umfasste die Stichprobe N = 34 Testpersonen der Tageszeit 11:00 Uhr, N = 26 Probanden der Tageszeit 14:00 Uhr und N = 33 Probanden, die 17:00 Uhr gemessen wurden.

Es gab keinen bedeutenden Haupteffekt des Faktors „Tageszeit“ ( $F = 2,393$ ;  $df = 2$ ;  $p = 0,098$ ). Grundsätzliche Unterschiede der mittleren TNF- $\alpha$ -Konzentrationen zwischen den drei Tageszeiten waren somit nicht vorhanden. Des Weiteren konnte keine signifikante Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den Tageszeiten beobachtet werden ( $F = 0,769$ ;  $df = 8,240$ ;  $p = 0,634$ ). Daher gab es im Mittel keine bedeutend unterschiedlichen Verläufe des TNF- $\alpha$  über die 6 Messzeitpunkte zu den drei Tageszeiten.

In der Tabelle 7 sind die statistischen Kennwerte der Varianzanalysen getrennt für die 4 Stress- und Immunparameter nochmals aufgelistet. Dabei sind signifikante Effekte fettgedruckt.

**Tabelle 7:** Statistische Kennwerte der Varianzanalysen für die Stress- und Immunparameter

Parameter		Noradrenalin	Leptin	Somatostatin	TNF- $\alpha$
Haupteffekt der Messzeitpunkte		<b>N = 131</b> <b>F = 35,852</b> <b>df = 3,130</b> <b>p &lt; 0,0001</b>	<b>N = 129</b> <b>F = 2,735</b> <b>df = 4,749</b> <b>p = 0,021</b>	N = 130 F = 0,274 df = 3,652 p = 0,880	N = 93 F = 0,783 df = 4,120 p = 0,540
	Experimental- versus Kontrollgruppe	Haupteffekt	N = 64; N = 67 F < 0,001 df = 1 p = 0,998	N = 62; N = 67 F = 0,003 df = 1 p = 0,956	N = 63; N = 67 F = 0,272 df = 1 p = 0,603
Interaktion		N = 64; N = 67 F = 0,238 df = 3,130 p = 0,877	N = 62; N = 67 F = 1,621 df = 4,749 p = 0,156	N = 63; N = 67 F = 1,812 df = 3,652 p = 0,132	N = 43; N = 50 F = 1,464 df = 4,120 p = 0,211
Valenzgruppe (Valenz < Median versus Valenz $\geq$ Median)	Haupteffekt	N = 66; N = 65 F = 0,165 df = 1 p = 0,685	N = 65; N = 64 F = 0,056 df = 1 p = 0,813	N = 65; N = 65 F = 0,522 df = 1 p = 0,471	N = 49; N = 44 F = 0,028 df = 1 p = 0,866
	Interaktion	N = 66; N = 65 F = 0,321 df = 3,073 p = 0,815	<b>N = 65; N = 64</b> <b>F = 3,690</b> <b>df = 4,695</b> <b>p = 0,003</b>	N = 65; N = 65 F = 0,450 df = 3,631 p = 0,754	N = 49; N = 44 F = 0,736 df = 4,112 p = 0,571
Erregungsgruppe (Erregung $\leq$ Median versus Erregung > Median)	Haupteffekt	N = 66; N = 65 F = 0,031 df = 1 p = 0,861	N = 61; N = 68 F = 0,743 df = 1 p = 0,391	N = 66; N = 64 F = 0,687 df = 1 p = 0,409	N = 44; N = 49 F = 0,061 df = 1 p = 0,805
	Interaktion	<b>N = 66; N = 65</b> <b>F = 2,698</b> <b>df = 3,164</b> <b>p = 0,043</b>	N = 61; N = 68 F = 1,868 df = 4,656 p = 0,103	N = 66; N = 64 F = 1,529 df = 3,664 p = 0,197	N = 44; N = 49 F = 0,360 df = 4,250 p = 0,848
POMS-Gruppe (Stimmungsanstieg versus Stimmungsabfall)	Haupteffekt	N = 58; N = 68 F = 0,840 df = 1 p = 0,361	N = 55; N = 70 F = 2,044 df = 1 p = 0,156	N = 59; N = 67 F = 0,104 df = 1 p = 0,747	N = 41; N = 48 F = 0,001 df = 1 p = 0,975
	Interaktion	N = 58; N = 68 F = 0,916 df = 3,093 p = 0,436	N = 55; N = 70 F = 1,090 df = 4,838 p = 0,365	N = 59; N = 67 F = 0,231 df = 3,606 p = 0,905	<b>N = 41; N = 48</b> <b>F = 2,742</b> <b>df = 4,081</b> <b>p = 0,028</b>
Geschlecht (Frauen versus Männer)	Haupteffekt	<b>N = 65; N = 66</b> <b>F = 9,446</b> <b>df = 1</b> <b>p = 0,003</b>	<b>N = 60; N = 69</b> <b>F = 97,063</b> <b>df = 1</b> <b>p &lt; 0,0001</b>	N = 63; N = 67 F = 1,746 df = 1 p = 0,189	N = 41; N = 52 F = 0,034 df = 1 p = 0,854
	Interaktion	N = 65; N = 66 F = 1,278 df = 3,130 p = 0,281	N = 60; N = 69 F = 1,439 df = 4,749 p = 0,211	<b>N = 63; N = 67</b> <b>F = 2,800</b> <b>df = 3,652</b> <b>p = 0,030</b>	N = 41; N = 52 F = 0,722 df = 4,120 p = 0,581
Tageszeit (11:00 Uhr versus 14:00 Uhr versus 17:00 Uhr)	Haupteffekt	N = 42; N = 44; N = 45 F = 1,877 df = 2 p = 0,158	N = 42; N = 41; N = 46 F = 0,634 df = 2 p = 0,532	<b>N = 43;</b> <b>N = 42; N = 45</b> <b>F = 10,390</b> <b>df = 2</b> <b>p &lt; 0,0001</b>	N = 34; N = 26; N = 33 F = 2,393 df = 2 p = 0,098
	Interaktion	N = 42; N = 44; N = 45 F = 0,205 df = 6,260 p = 0,978	N = 42; N = 41; N = 46 F = 1,200 df = 9,497 p = 0,290	N = 43; N = 42; N = 45 F = 0,864 df = 7,304 p = 0,539	N = 34; N = 26; N = 33 F = 0,769 df = 8,240 p = 0,634

Angegeben sind jeweils der Stichprobenumfang (N), die statistische Testgröße (F), die Freiheitsgrade (df) und die statistische Signifikanz (p). Das Wort „Haupteffekt“ steht für den Haupteffekt der jeweiligen Gruppe. „Interaktion“ bedeutet die Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und der jeweiligen Gruppe. Statistisch signifikante Effekte sind fettgedruckt.

### *Zusammenfassung*

Die Hormone Noradrenalin und Leptin zeigten im Schnitt als einzige der betrachteten Parameter einen Haupteffekt der Messzeitpunkte. Das Noradrenalin stieg im Mittel zum zweiten Messzeitpunkt bedeutend an und fiel über die darauf folgenden Messzeitpunkte bis unter die Ausgangswerte. Leptin stieg durchschnittlich erst zum letzten Messzeitpunkt signifikant an.

Keiner der analysierten Stress- und Immunparameter lieferte signifikante generelle Gruppenunterschiede oder bedeutend unterschiedliche Verläufe über das Experiment zwischen Experimental- und Kontrollgruppe.

Bei der Analyse der Valenzgruppen fand sich nur betreffs des Leptins eine signifikante Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den Valenzgruppen. Allerdings gab es zwischen den beiden Valenzgruppen keine Unterschiede in den mittleren Leptinspiegeln zu allen 6 Zeitpunkten.

Wurden die Erregungsgruppen näher betrachtet, dann zeigte sich nur für das Noradrenalin eine bedeutende Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den Erregungsgruppen. Dabei hatten die Probanden, welche die Erregung während des Hörens der akustischen Stimuli getrennt am Median durchschnittlich höher bewerteten, bereits zum ersten Messzeitpunkt bedeutend höhere mittlere Noradrenalinpiegel als Probanden mit niedrigen durchschnittlichen Erregungseinschätzungen. Zu den folgenden Zeitpunkten glichen sich die NoradrenalinKonzentrationen beider Erregungsgruppen im Schnitt wieder an, wobei die mittleren Noradrenalinwerte der „Erregung  $\leq$  Median“-Gruppe sich ihrem Ausgangswert (Messzeitpunkt 1) wieder annäherten und die durchschnittlichen Noradrenalinpiegel der „Erregung  $>$  Median“-Gruppe unter ihren Ausgangswert fielen.

Bei der Testung der Stimmungsgruppen lieferte nur das TNF- $\alpha$  eine bedeutende Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den POMS-Gruppen. Dabei stieg das mittlere TNF- $\alpha$  der Probanden mit Stimmungsanstieg zum Messzeitpunkt 5 bedeutend an und unterschied sich zu diesem Zeitpunkt signifikant vom durchschnittlichen TNF- $\alpha$  der Versuchspersonen mit Stimmungsabfall. Zum letzten Messzeitpunkt nivellierten sich diese Gruppenunterschiede jedoch wieder.

Haupteffekte des Geschlechts konnten für das Noradrenalin und das Leptin gefunden werden. Frauen hatten über das gesamte Experiment höhere mittlere

Noradrenalin- und Leptinspiegel als Männer. Beim Noradrenalin waren die Geschlechterunterschiede zu fünf Messzeitpunkten und beim Leptin zu allen Messzeitpunkten statistisch signifikant. Bei der Betrachtung des Somatostatins war eine Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den Geschlechtern festzustellen. Dieser Effekt kam durch einen signifikanten Abfall des mittleren Somatostatins der Männer zum Zeitpunkt 3 zustande, wodurch sich die Frauen und Männer zu diesem Messzeitpunkt signifikant in ihren mittleren Somatostatinspiegeln unterschieden. Zu den folgenden Zeitpunkten glich sich dieser Unterschied zwischen den Geschlechtern jedoch wieder aus.

Ein bedeutender Haupteffekt der Tageszeit konnte nur beim Somatostatin beobachtet werden. Dabei hatten die Probanden, die mittags um 14:00 Uhr gemessen wurden, zu allen Messzeitpunkten signifikant höhere mittlere Somatostatinspiegel als die Versuchspersonen, die zu den anderen zwei Tageszeiten das Experiment absolvierten.

## 5 Diskussion

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Auswirkungen des Musikhörens nach Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub> auf Emotionen, die aktuelle Stimmung sowie die Stress- und Immunparameter Noradrenalin, Leptin, Somatostatin und TNF- $\alpha$  zu untersuchen. Außerdem sollten die Stress- und Immunparameter im Hinblick auf den Zusammenhang mit den Emotionen und Stimmungen sowie auf Geschlechter- und Tageszeiteffekte analysiert werden.

Bisher wurden die Effekte des Musikhörens auf Emotionen (z. B. Sloboda 1991), Stimmungen (z. B. Wheeler 1985) und auf Stresshormone (z. B. Möckel et al. 1994) untersucht. Die stressreduzierenden Effekte von Musik wurden ebenfalls bereits erforscht und lieferten die Erkenntnis, dass Musik zur Stressbewältigung dienen kann (Möckel et al. 1995). Die physiologischen Auswirkungen der einmaligen Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub> sind bisher an Hand von Stresshormonen wie Cortisol und Noradrenalin analysiert worden (Wetherell et al. 2006).

Die aktuelle Untersuchung stellte eine Erweiterung der bisherigen Arbeiten dar und beschäftigte sich außerdem mit den Effekten der Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub> bzw. des Musikhörens auf Leptin, Somatostatin und TNF- $\alpha$ .

### 5.1 Musik und Emotionen

In der aktuellen Untersuchung wurden die Ergebnisse vorangegangener Studien herangezogen, die besagten, dass die emotionalen Dimensionen und Basisemotionen durch Musik beeinflussbar sind (z. B. Panksepp, Bernatzky 2002). Nach jedem der 18 dargebotenen Titel wurden die Dimensionen Valenz und Erregung sowie die 6 Basisemotionen, die Bekanntheit und die Häufigkeit von Chills von den Testpersonen erfragt.

### 5.1.1 Valenz und Erregung

Bei der Betrachtung der Dimension Valenz hatte die Experimentalgruppe einen deutlich höheren Gesamtmittelwert über das Experiment als die Kontrollgruppe. Das bestätigt die Vermutung in Hypothese (1).

Ebenfalls zeigte sich, dass die Experimentalgruppe das Musikhören angenehm empfand, weil deren Gesamtmittelwert signifikant größer als der Neutralwert der vorgegebenen Skala war. Da die Valenz-Mittelwerte der 18 Datenerhebungen über die Dauer des Experiments einen leicht abfallenden Trend aufwiesen, bewerteten die Probanden der Experimentalgruppe zum Ende des Experiments die Valenz im Mittel nicht mehr so „angenehm“ wie zu Beginn der Musikstücke. Damit stellt sich die Frage, ob die Dauer der akustischen Stimulation von 53:06 Minuten zu lang gewählt wurde. In der Untersuchung von Offermanns (2009), in welcher der Experimentablauf ähnlich wie in der aktuellen Untersuchung war und die gleichen Stimuli und Emotionsskalen verwendet wurden, blieben jedoch die durchschnittlichen Valenz-Bewertungen der 18 Datenerhebungen in der Experimentalgruppe relativ konstant.

Im Gegensatz zur Experimentalgruppe wich der Gesamtmittelwert der Kontrollgruppe nicht bedeutend vom Neutralwert ab, was zusammen mit den Ergebnissen der Valenz die Hypothese (2) bestätigt. Außerdem zeigten die Valenz-Mittelwerte der 18 Datenerhebungen in der Kontrollgruppe eine relative Stabilität über das Experiment. Diese Feststellungen sprechen für eine gute Wahl der Zwölftfolgen als neutrale Kontrollstimuli bezüglich der emotionalen Auswirkungen.

Die Erregungseinschätzungen der Probanden konnten sowohl auf positive als auch auf negative Erregung der Testpersonen schließen lassen. Genau dies wurde den Probanden auch während den Instruktionen zum Experiment vermittelt. Dies bedeutet, dass Versuchspersonen hohe Erregungs-Mittelwerte haben konnten, obwohl sie sich über das Experiment subjektiv gut gefühlt haben.

Bezüglich der Erregung fand sich kein bedeutender Unterschied in den Gesamtmittelwerten zwischen Experimental- und Kontrollgruppe, was die Hypothese (3) widerlegt. In der Studie von Offermanns (2009) fand sich dagegen in der Experimentalgruppe ein signifikant höherer Erregungs-Gesamtmittelwert als in der Kontrollgruppe. Dort hatten die Probanden jedoch zusätzlich zum Musikhören auch Instrumente als aktive musikalische Ausdrucksmöglichkeit zur Verfügung.

Die Gesamtmittelwerte beider Gruppen waren deutlich unterhalb des Skalenmittelwerts, was die Hypothese (4) nicht bestätigt. Einerseits war durch das Musikhören in der Experimentalgruppe keine bedeutende Erhöhung des mittleren Erregungslevels gegenüber dem Skalenmittelwert festzustellen. Diese Einschätzung blieb im Schnitt stabil über das Experiment. Andererseits bewegte sich das mittlere Erregungsniveau der Kontrollgruppe ebenfalls im Bereich niedriger Werte, was sich auch unter der Kontrollbedingung als eine relativ konstante Bewertung über die 18 Datenerhebungen herausstellte. In diesem Rahmen kommt die Frage auf, ob die Testpersonen als emotionalen „Grundzustand“ bezüglich der Erregung nicht den Skalenmittelwert, sondern den untersten Skalenwert („sehr entspannt“) angesehen haben. Die Tatsache, dass die Versuchspersonen sich während des Hörens der akustischen Stimuli in liegender Position befanden und sich nicht unnötig bewegen sollten, unterstreicht sicherlich den Trend der Erregungswerte in Richtung „Entspannung“ unabhängig von der Art der applizierten akustischen Stimuli. Es bestünde in diesem Zusammenhang die Möglichkeit der Verwendung von Musik, die durch die Probanden selbst mitgebracht oder vorher ausgewählt wurde, wie dies beispielsweise in der Studie von Allen, Blascovich (1994) geschah. Vielleicht könnte das Erregungsniveau zwischen Experimental- und Kontrollbedingung dadurch stärker divergieren, obschon unter diesen Bedingungen die Vergleichbarkeit der Probanden beeinträchtigt würde.

### **5.1.2 Basisemotionen**

Bezüglich der Basisemotionen wurde festgestellt, dass sich die Probanden der Experimentalgruppe bedeutend fröhlicher fühlten als unter der Kontrollbedingung, was die Hypothese (5) bestätigt. Ebenso bestätigte sich die Hypothese (6), da sich die Probanden der Experimentalbedingung deutlich weniger ärgerlich, angeekelt, ängstlich und traurig fühlten als die Testpersonen der Kontrollgruppe. Zusammen mit der als durchschnittlich neutral empfundenen Valenz in der Kontrollgruppe und der als bedeutend angenehm empfundenen Valenz in der Experimentalgruppe sprechen diese Ergebnisse eher für den fröhlichen belebenden Charakter der Musikstücke und weniger dafür, dass der Unterschied in den Bewertungen der Basisemotionen zwischen den Gruppen allein durch den als negativ bewerteten Kontrollstimulus zustande gekommen ist.

Allein für die Ausprägung der Basisemotion „Überraschung“ konnte kein signifikanter Gruppenunterschied gefunden werden, was die Fragestellung (7) beantwortet. Die Musikstücke führten demnach im Mittel nicht zu deutlich stärkerer Überraschung als die Zwölftfolgen.

Die dargestellten Ergebnisse der Einschätzung der Basisemotionen stimmen mit den Resultaten von Offermanns (2009) überein.

### **5.1.3 Bekanntheit der Musikstücke**

Den Probanden der Experimentalgruppe waren die dargebotenen Musikstücke durchschnittlich deutlich besser bekannt als die Zwölftfolgen den Teilnehmern der Kontrollgruppe. Dies bestätigt erwartungsgemäß die Hypothese (8).

### **5.1.4 Chills**

Das Auftreten von „Chills“ pro gespielter Titel wurde in der Experimentalgruppe im Schnitt bedeutend häufiger als in der Kontrollgruppe angegeben, was gemäß der Hypothese (9) erwartet wurde und diese damit bestätigt. Musik ist somit im Vergleich zu Zwölftfolgen deutlich besser imstande, physiologische Reaktionen im Hörer hervorzurufen, die beispielsweise als ein „Erschauern“ erlebt werden. Dies steht im Einklang mit den Beobachtungen von Goldstein (1980) und Panksepp (1995).

Die Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub>, die kurz vor Beginn der akustischen Stimulation stattfand, könnte natürlich ebenfalls Auswirkungen auf die emotionale Bewertung der Musikstücke gezeigt haben. Auch wenn die starke Wirkung der akuten Hyperkapnie den Probanden erinnerlich blieben, so waren die subjektiven Symptome wie Schwindel und Atemnot nur von sehr kurzer Dauer, so dass angenommen werden kann, dass sich die emotionalen Einschätzungen nahezu ausschließlich auf die dargebotenen Titel bezogen haben. Dies wird außerdem durch die relative Konstanz der Valenz-Mittelwerte der 18 Datenerhebungen in der Kontrollgruppe und die einigermaßen gegebene Stabilität der Erregungs-Mittelwerte der 18 Titel in beiden Gruppen unterstützt, da bei einer deutlich länger andauernden subjektiven Nachwirkung des Stresstests die emotionalen Dimensionen der ersten dargebotenen Titel vermutlich negativer als die darauf folgenden bewertet worden wären.

Die aktuelle Untersuchung unterstreicht im Einklang mit vorherigen Arbeiten die Behauptung, dass durch das Hören von Musik Emotionen hervorgerufen und beeinflusst werden können (z. B. Krumhansl 1997).

## **5.2 Musik und aktuelle Stimmung**

Um die Auswirkung des Musikhörens nach Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub> auf die aktuelle Stimmung zu testen, wurde jeweils vor und nach dem Experiment mit Hilfe des Profile Of Mood States (POMS) die aktuelle Stimmung der Testpersonen erfragt. Die Antworten wurden danach zu den 4 Stimmungsskalen des POMS zusammengefasst.

Vor dem Experiment hatten die Probanden der Experimental- und Kontrollgruppe eine ähnliche Ausgangsstimmung, weil sich die durchschnittlichen Stimmungsausprägungen der beiden Gruppen auf keiner der 4 POMS-Skalen bedeutend voneinander unterschieden. Damit wird die Hypothese (10) bestätigt. Jedoch unterschied sich nach dem Experiment die mittlere Stimmungsausprägung nur auf den Skalen „Tatendrang“ und „Missmut“ signifikant voneinander, so dass die Hypothese (11) nur für diese beiden Skalen bestätigt werden kann. Die Probanden der Experimentalgruppe verspürten nach dem Experiment bedeutend mehr Tatendrang und weniger Missmut als die Teilnehmer mit der Kontrollbedingung.

Bei genauer Betrachtung der Stimmungsänderungen auf den einzelnen Skalen ergab sich bei allen 4 POMS-Skalen ein Interaktionseffekt zwischen den Messzeitpunkten und den Gruppen.

Auf der Skala „Niedergeschlagenheit“ war diese Interaktion im Schnitt durch einen deutlichen Abfall der Stimmungsausprägung in der Experimentalgruppe im Vergleich zu einer relativen Konstanz in der Kontrollgruppe zustande gekommen. Probanden, die Musik gehört haben, fielen auf der „Niedergeschlagenheit“-Skala über das Experiment im Mittel stärker ab als die Teilnehmer, die Zwölftfolgen dargeboten bekamen.

Bezüglich der Skala „Müdigkeit“ kam die beobachtete Interaktion allerdings durch eine Zunahme der mittleren Stimmungsausprägung in der Kontrollgruppe zustande, wohingegen die Experimentalgruppe im Mittel eine relativ konstante Müdigkeit über

das Experiment aufwies. Das Hören von Zwölftonfolgen führte damit im Mittel zu einem Anstieg der Müdigkeit verglichen mit dem Hören der Musikstücke.

Des Weiteren war der Interaktionseffekt auf der Skala „Tatendrang“ durch einen Abfall der mittleren Stimmungsausprägung in der Kontrollgruppe bedingt und nicht etwa durch eine Zunahme des Tatendrangs in der Experimentalgruppe. Die Probanden, die Musikstücke gehört haben, verspürten nach dem Experiment im Schnitt etwa gleich viel Tatendrang wie vorher. Damit wird die Hypothese (12) widerlegt.

Die Interaktion betreffs der Skala „Missmut“ kam durch einen Anstieg der durchschnittlichen Stimmungsausprägung in der Kontrollgruppe zustande. Im Gegensatz dazu fühlten sich die Versuchspersonen der Experimentalgruppe nach dem Experiment im Schnitt etwa genauso missmutig wie vorher. Die Zwölftonfolgen bewirkten daher im Mittel einen Anstieg des Missmuts der Probanden.

Die Hypothese (13) kann somit nur für die Skala „Niedergeschlagenheit“ bestätigt werden.

Der Abfall des Tatendrangs und der Anstieg der Müdigkeit und des Missmuts in der Kontrollgruppe sprechen gegen die Neutralität der Zwölftonfolgen als Kontrollstimulus. Dies steht im Widerspruch zu der emotionalen Einschätzung der Valenz in der Kontrollgruppe. Allerdings muss in die Beurteilung der Stimmungsänderung über das Experiment der Stresstest integriert werden. Obwohl zum zweiten Messzeitpunkt der Stimmungserhebung am Ende des Experimentes bereits zirka eine Stunde seit der Applikation des Stressors vergangen war, hatten die Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub> und die damit verbundenen Symptome sicherlich gewisse Auswirkungen auf die Bewertung der aktuellen Stimmungslage nach dem Experiment. Unter diesem Aspekt kann die Wirkung der Musikstücke als stimmungssteigernd interpretiert werden, da zum Beispiel in der Experimentalgruppe trotz des negativ empfundenen Stressors der Tatendrang nach dem Experiment im Vergleich zu vorher nicht abfiel, sondern etwa gleich ausgeprägt blieb.

Nach der Zusammenrechnung der 4 POMS-Skalen zu einem Stimmungsgesamtscore zeigte sich, dass das Hören von Musik die aktuelle Stimmung im Vergleich zum Hören von Zwölftonfolgen insgesamt positiv beeinflusste, weil die Probanden mit Stimmungsanstieg unter allen Teilnehmern der Experimentalgruppe deutlich überrepräsentiert waren. Dabei kam die Stimmungsänderung der Probanden

in der Experimentalgruppe vor allem durch den deutlichen Abfall der mittleren Stimmungsausprägung auf der Skala „Niedergeschlagenheit“ vom ersten zum zweiten Messzeitpunkt zustande.

In der Studie von Offermanns (2009) unterschieden sich die durchschnittlichen Stimmungsausprägungen im Gegensatz zur aktuellen Untersuchung auf allen 4 POMS-Skalen nach dem Experiment signifikant zwischen der Experimental- und Kontrollgruppe. Dabei hatten die Teilnehmer der Experimentalgruppe am Ende des Experiments mehr Tatendrang als vorher. Allerdings wurden die Probanden in dieser Studie keinem Stresstest unterzogen und hatten darüber hinaus die Möglichkeit, zu den dargebotenen Titeln aktiv mitzumusizieren, was die deutlicheren Effekte in Richtung positiver Stimmungsänderung erklären kann.

Insgesamt verdeutlichen die Ergebnisse, dass durch das Hören von Musik nach Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub> die aktuelle Stimmung im Vergleich zu Zwölftonfolgen positiv beeinflusst werden kann und dass durch die 4 Stimmungsskalen des POMS diese Stimmungsänderungen gut erfasst werden können.

### **5.3 Stress- und Immunparameter**

Um die Auswirkungen der Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub> und der sich daran anschließenden akustischen Stimulation auf Stress- und Immunparameter zu untersuchen, wurden den Testpersonen zu 6 Messzeitpunkten Blutproben entnommen und darin jeweils die Konzentrationen von Noradrenalin, Leptin, Somatostatin und TNF- $\alpha$  bestimmt.

Die Konzentrationen der Parameter und deren Änderungen bewegten sich dabei allesamt nicht in endokrinologisch relevanten Bereichen, sondern innerhalb des jeweiligen Normalbereichs.

#### **5.3.1 Effekt des Stresstests und der akustischen Stimulation**

Nur das Noradrenalin und das Leptin lieferten einen statistisch bedeutenden Haupteffekt der Messzeitpunkte.

Der Anstieg des Noradrenalins zum zweiten Messzeitpunkt war dem Einfluss der Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub> zuzuschreiben, da die akustische Stimulation erst nach dem zweiten Messzeitpunkt begann. Damit konnten die Ergebnisse der Studie von Wetherell et al. (2006) in der aktuellen Untersuchung bestätigt werden. Als Erweiterung bisheriger Erkenntnisse war festzustellen, dass auf den schnellen Noradrenalin-Anstieg ein ebenso schneller Abfall der mittleren Konzentration dieses Stresshormons bis unter den Ausgangswert nach zirka 15 Minuten folgte.

Das Leptin reagierte mit einem Anstieg zum letzten Messzeitpunkt als Reaktion auf den Stresstest, auf das Hören der akustischen Information oder auf beides. Ein initialer Abfall der mittleren Leptinspiegel blieb jedoch aus. In der Studie von Marana et al. (2008) fiel das mittlere Leptin hingegen durch den Stress einer laparoskopischen Operation bereits 30 Minuten nach Operationsbeginn im Vergleich zum morgendlichen Spiegel ab. Dieser Abfall konnte nicht allein auf die verwendeten Anästhetika zurückgeführt werden. Allerdings geht eine chirurgische Intervention zumeist mit einer längeren Präsenz des Stressors einher als dies bei der einmaligen Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub> der Fall ist. Daher war der in der aktuellen Untersuchung verwendete Stressor nicht in der Lage, einen nachweisbaren Abfall der mittleren Leptinspiegel innerhalb der ersten Stunde nach dem Stresstest hervorzurufen. Möglicherweise wirkte das zusätzliche Hören der akustischen Stimuli einem Abfall der durchschnittlichen Leptinspiegel entgegen.

Somatostatin zeigte insgesamt betrachtet keine bedeutende Reaktion auf den Stresstest bzw. die akustische Stimulation. Ein möglicher Grund kann die Tatsache sein, dass Somatostatin seine Wirkungen vor allem auf parakrinem Wege entfaltet (Kinova et al. 2002), so dass die Änderungen der Serumkonzentrationen zu klein sind, um statistisch bedeutend zu werden.

Auf den Stresstest und die Darbietung der akustischen Information zeigte auch das TNF- $\alpha$  keine nachweisbare Reaktion. Zum einen kann dies an der Sensitivität des ELISA-Testkits liegen, da bei einigen Probanden die Daten unterhalb der Nachweisgrenze des Assays lagen (R&D Systems 2008). Zum anderen ist bekannt, dass die vor allem durch aktivierte Makrophagen induzierte TNF- $\alpha$ -Freisetzung verzögert auf Stress folgt und daher in der hier beobachteten Zeit noch keine bedeutenden Änderungen nachweisbar waren. Des Weiteren entfaltet TNF- $\alpha$  seine Wirkung nach der Sekretion zum Beispiel durch aktivierte Makrophagen vor allem auf

autokrinen und parakrinen Wege, was die Veränderungen der Konzentrationen im Serum daher schlecht nachweisbar macht (Steptoe et al. 2001).

In der Zusammenschau dieser Ergebnisse kann die Hypothese (14) nur für das Noradrenalin bestätigt werden.

### **5.3.2 Unterschiede zwischen Experimental- und Kontrollgruppe**

Hinsichtlich der Fragestellung (15) lieferte keiner der 4 gemessenen Stress- und Immunparameter bezüglich der Gruppentrennung nach Experimental- und Kontrollgruppe signifikante Haupteffekte der Gruppe oder Interaktionen zwischen den Messzeitpunkten und den Gruppen.

Eine mögliche Ursache für die fehlenden Gruppenunterschiede des Noradrenalins kann daran liegen, dass die akustischen Stimuli beider Gruppen die gleichen Tempi aufwiesen und bereits gezeigt wurde, dass der Effekt der Musik auf die Katecholamine von der Geschwindigkeit des Rhythmus' abhängt (Yamamoto et al. 2003). Des Weiteren kann der fehlende Noradrenalin-Unterschied darauf zurückgeführt werden, dass sich die Experimentalgruppe im Mittel durch die Musik nicht angeregter fühlte als die Kontrollgruppe durch die Zwölftonfolgen, weil sich die Erregungs-Gesamtmittelwerte der beiden Gruppen nicht signifikant voneinander unterschieden und die durchschnittlichen Erregungseinschätzungen der 18 Datenerhebungen beider Gruppen über das Experiment relativ stabil blieben.

Bezüglich des Leptins, Somatostatins und TNF- $\alpha$  verstand sich das aktuelle Experiment als explorative Untersuchung, da von diesen drei Parametern noch keine Effekte des Hörens von Instrumentalmusik verglichen mit einer Kontrollbedingung an gesunden Probanden bekannt sind.

Wenn es überhaupt Unterschiede im Vergleich zwischen Instrumentalmusik und Zwölftonfolgen gab, dann waren diese zu gering, um sich in den Konzentrationen von Stress- und Immunparametern deutlich abzubilden.

### **5.3.3 Zusammenhang zwischen psychologischen und physiologischen Daten**

Um die Fragestellung (16) zu beantworten, wurden zunächst die beiden Valenzgruppen näher betrachtet. Dabei lieferten die Varianzanalysen nur für Leptin eine signifikante Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den Valenzgruppen.

Jedoch sollte diese Interaktion nicht überinterpretiert werden, da sich zu keinem der 6 Messzeitpunkte ein bedeutender Unterschied in den mittleren Leptinkonzentrationen zwischen den beiden Valenzgruppen zeigte. Außerdem überschnitten sich die Verlaufskurven der beiden Valenzgruppen zum Messzeitpunkt 4, so dass diese Interaktion nicht sinnvoll zu deuten war.

Bei der Analyse der Erregungsgruppen war nur für das Noradrenalin eine bedeutende Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den Erregungsgruppen zu beobachten. Diese kam zustande, weil die Probanden mit hohen mittleren Erregungseinschätzungen getrennt am Median bereits vor dem Stresstest bedeutend höhere mittlere Noradrenalinpiegel aufwiesen als Testpersonen, die die Erregung im Mittel niedriger bewertet haben. Das bedeutet, dass sich der höhere Sympathikotonus der Probanden in der „Erregung > Median“-Gruppe vor dem Stresstest in durchschnittlich höheren Erregungseinschätzungen während des Hörens der akustischen Information widerspiegelte, obwohl während der gesamten akustischen Stimulation sich die Unterschiede im mittleren Noradrenalin zwischen den beiden Erregungsgruppen wieder angleichen und sich die Verlaufskurven der beiden Erregungsgruppen zum Messzeitpunkt 4 sogar überschnitten. Die Hälfte der Versuchspersonen mit höheren Erregungs-Mittelwerten fiel dabei in ihrem mittleren Noradrenalin bis unter den Ausgangswert (Messzeitpunkt 1) ab, während sich das durchschnittliche Noradrenalin der anderen Hälfte der Probanden mit niedrigeren Mittelwerten der Erregung seinem Ausgangswert im Verlauf des Experiments wieder annäherte. Stärkere Erregungseinschätzungen der Probanden gingen im Mittel nicht mit höheren Noradrenalinpiegeln während des Hörens der akustischen Stimuli einher. Die Ursache dafür könnte darin liegen, dass die Erregung auf Grund der ruhigen Lage der Probanden in horizontaler Position während des Hörens im Mittel generell deutlich niedriger als der Skalenmittelwert eingeschätzt wurde und so die Unterschiede der durchschnittlichen Einschätzungen dieser SAM-Dimension zwischen beiden Erregungsgruppen nicht groß genug waren, um sich im Plasma-Noradrenalin abzubilden. Ein weiterer Grund könnte in der Erregungsdefinition der aktuellen Untersuchung liegen. Wenn Testpersonen die Erregung als hoch eingeschätzt haben, konnte das auch auf Grund freudiger positiver Erregung passiert sein, so dass aus hohen Erregungsbewertungen nicht hervorging, ob sich die Versuchspersonen tatsächlich „gestresst“ gefühlt haben.

Schließlich wurden die POMS-Gruppen untersucht, wobei sich nur für das TNF- $\alpha$  eine bedeutende Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den Gruppen fand. Bei näherer Betrachtung überschritten sich die Verlaufskurven der beiden POMS-Gruppen zum Messzeitpunkt 4 und es konnten nur zum Messzeitpunkt 5 im Schnitt signifikant höhere TNF- $\alpha$ -Spiegel bei den Testpersonen mit Stimmungsanstieg im Vergleich zu den Probanden mit Stimmungsabfall festgestellt werden. Dieser Unterschied kam zustande, weil sich in der Gruppe mit Stimmungsanstieg die mittlere TNF- $\alpha$ -Konzentration zum Messzeitpunkt 5 verglichen mit der des Messzeitpunkts davor signifikant erhöhte. Anschließend glichen sich die durchschnittlichen TNF- $\alpha$ -Werte der beiden Gruppen wieder an, was die Interpretation dieser Interaktion erschwerte. Somit war nicht eindeutig festzustellen, ob eine Stimmungsverbesserung zu höheren mittleren TNF- $\alpha$ -Konzentrationen führen konnte.

#### **5.3.4 Geschlechtereffekte**

Ein Haupteffekt des Faktors „Geschlecht“ fand sich nur bei den Parametern Noradrenalin und Leptin.

Frauen hatten im Mittel über das gesamte Experiment hinweg höhere Noradrenalin Spiegel als Männer. Diese Unterschiede waren zu fast allen Messzeitpunkten signifikant. In der Literatur wurden im Gegensatz dazu in körperlicher Ruhe höhere mittlere Noradrenalin Konzentrationen bei Männern gefunden (Christou et al. 2005). Obwohl die in der Studie von Christou et al. (2005) rekrutierten Probanden mit den Teilnehmern der aktuellen Untersuchung hinsichtlich Gewichts-, BMI- und Blutdruckunterschieden zwischen den Geschlechtern vergleichbar waren, gingen die Geschlechterunterschiede bezüglich des durchschnittlichen Noradrenalins in die entgegengesetzte Richtung. Eine mögliche Ursache dafür kann in der Anzahl der untersuchten Testpersonen liegen (N = 51 in der Studie von Christou et al. (2005); N = 131 in der aktuellen Untersuchung). Möglicherweise antizipierten die Frauen die ihnen bevorstehende Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub> stärker als die Männer. Allerdings erklärt dies wiederum nicht zufriedenstellend, dass die Geschlechterunterschiede im mittleren Noradrenalin auch nach der Inhalation des Gasgemisches in etwa gleichem Maße fortbestanden.

Hinsichtlich des Leptins wurde ein sehr starker Geschlechterunterschied beobachtet. Frauen hatten zu allen 6 Messzeitpunkten signifikant höhere mittlere Leptinspiegel als Männer, was die bisherigen Erkenntnisse der Literatur bestätigt (Fulda et al. 2010). Damit kann die Hypothese (17) für das Leptin bestätigt werden.

Außerdem wurde eine signifikante Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den Geschlechtern für das Somatostatin festgestellt. Bei näherer Betrachtung zeigte sich, dass nur zum Messzeitpunkt 3 die Frauen im Schnitt bedeutend höhere Somatostatinspiegel hatten als Männer, weil die Männer vom zweiten zum dritten Messzeitpunkt in ihrem Somatostatin im Mittel signifikant abfielen. Anschließend näherten sich die Mittelwerte des Somatostatins der beiden Geschlechter jedoch wieder an, so dass diese Interaktion nicht überinterpretiert werden sollte.

### **5.3.5 Tageszeiteffekte**

Wurden die drei Tageszeiten (11:00 Uhr; 14:00 Uhr; 17:00 Uhr) näher betrachtet, fand sich nur beim Somatostatin ein bedeutender Haupteffekt der Tageszeiten. Dabei hatten die Probanden der Tageszeit 14:00 Uhr zu allen 6 Messzeitpunkten im Schnitt signifikant höhere Somatostatinspiegel als die Testpersonen der anderen beiden Tageszeiten. Diese Tageszeitenrhythmik des Somatostatins mit einem Maximum um die Mittagszeit wurde in der aktuellen Untersuchung somit bestätigt (Kinova et al. 2002).

In der genaueren Analyse des Noradrenalins, Leptins und TNF- $\alpha$  ließen sich keine bedeutenden generellen Tageszeitenunterschiede finden, obwohl von allen drei Parametern bereits eine zirkadiane Rhythmik bekannt ist (Prinz et al. 1979; Maruna et al. 2001; Gozal et al. 2010). Dies kann darin begründet liegen, dass mit den drei untersuchten Tageszeiten nur zirka ein Viertel des Tag-Nacht-Verlaufs abgedeckt wurde und daher die Konzentrationsänderungen zwischen den untersuchten Zeiten zu klein sind, um sich statistisch signifikant zu zeigen. Im Übrigen war der Versuchsaufbau der aktuellen Studie nicht primär darauf ausgelegt, die gesamte zirkadiane Rhythmik der Stress- und Immunparameter zu analysieren, weil beispielsweise keine Messungen in der Nacht vorgenommen wurden.

Daher kann die Hypothese (18) nur für das Somatostatin bestätigt werden.

## 5.4 Fehleranalyse

Im Folgenden sollen mögliche Fehlerquellen und Kritikpunkte der dargestellten Untersuchung näher betrachtet werden.

Ein Diskussionspunkt stellt die Altersspanne der Probanden dar, die sich im Bereich von 20 bis 33 Jahren, also im Bereich junger Erwachsener, bewegte. Hierbei ist die deutliche Überrepräsentation von Studenten sowohl in der Experimental- als auch in der Kontrollgruppe erwähnenswert, was die Verallgemeinerung der gewonnenen Ergebnisse erschwert.

Die Teilnehmer der Experimental- und Kontrollgruppe waren hinsichtlich ihrer Schlafgewohnheiten annähernd miteinander vergleichbar. Jedoch wurden sportliche Aktivitäten und psychosoziale Belastungsfaktoren, wie z. B. Ärger mit der Partnerin oder dem Partner sowie den Probanden bevorstehende Prüfungen in der aktuellen Untersuchung nicht berücksichtigt, was die Ergebnisse beeinflusst haben könnte.

In der aktuellen Untersuchung wurden die Musikstücke für die Experimentalgruppe an Hand einer vorgegebenen Auswahl fröhlicher belebender Instrumentalstücke ohne Gesangselemente ausgesucht. Erörterenswert wäre die Frage, ob die beobachteten Effekte des Musikhörens durch individuelle Selektion der eigenen Lieblingsmusik der Testpersonen gesteigert werden könnten, wobei wiederum eine Einschränkung hinsichtlich Instrumentalmusik ohne Gesang gemacht werden müsste. Jedoch kämen dann aller Wahrscheinlichkeit nach viele verschiedene musikalische Stilrichtungen in ein und derselben Versuchsgruppe zur Anwendung und würden die Vergleichbarkeit der Probanden unter der Experimentalbedingung erschweren. Der Versuchsaufbau der aktuellen Untersuchung war darauf ausgerichtet, für alle Probanden der Experimentalgruppe genau die gleichen akustischen Stimuli zu verwenden, um die Versuchsbedingungen so einheitlich wie möglich zu machen. Darüber hinaus wurde von dem Leitgedanken ausgegangen, dass bestimmte Musikstile bei allen Menschen vergleichbare psychologische und physiologische Reaktionen auslösen können.

Die verwendeten Zwölftonfolgen als akustische Stimuli der Kontrollgruppe wurden auf Grund der Ergebnisse der aktuellen Stimmung offenbar nicht ganz als neutral empfunden. Zu diskutieren bleibt daher die Frage, ob die Zwölftonfolgen für die

Versuchspersonen der Kontrollgruppe einen zusätzlichen Stressor darstellten. Sinnvoll wäre sicherlich der Test von Musik gegenüber keiner akustischen Stimulation. Allerdings würden dann bei den Testpersonen der Kontrollgruppe die Umgebungsgeräusche möglicherweise die beobachteten Effekte in der Gestalt verschleiern, dass dann nicht feststellbar wäre, ob Musik tatsächlich zur besseren Stressbewältigung im Vergleich zu keiner akustischen Stimulation führt oder ob die Umgebungsgeräusche die Erholung vom Stressor im Vergleich zum Musikhören verzögern. In zukünftigen Untersuchungen sollte der Kontrollstimulus überarbeitet werden, indem beispielsweise statt Tönen in der Kontrollbedingung Geräusche wie Meeresrauschen eingesetzt werden. Werden die Testpersonen der Kontrollgruppe hingegen nicht akustisch stimuliert, dann sollten die Versuchspersonen trotzdem Kopfhörer zur Abschirmung von den Umgebungsgeräuschen bekommen.

Ein weiterer wichtiger Diskussionspunkt in der Untersuchung stellt das Legen der Venenverweilkanüle und das unmittelbar darauf folgende Blutabnehmen dar. Der Punktionsschmerz und der Anblick des Blutes konnte bereits vor dem ersten Messzeitpunkt und der CO<sub>2</sub>-Inhalation als Stressor auf die Probanden wirken. Durch Einführung einer Ruhepause nach der Venenpunktion bis zur ersten Blutabnahme von zirka 20 bis 30 Minuten Dauer ließe sich der Einfluss der Venenpunktion auf die Katecholamine mindern (Thomas 2008). Zusätzlich ist anzumerken, dass bereits während der Anwerbung der Probanden zur freiwilligen Teilnahme an der Studie die Notwendigkeit des Blutabnehmens erwähnt werden musste und daher bereits eine gewisse Probandenselektion stattfinden konnte, weil potentielle Versuchspersonen mit schlechten Erfahrungen bzw. bekannten starken akuten Belastungsreaktionen auf das Blutabnehmen sich größtenteils sicher nicht zur Teilnahme an der Untersuchung entschlossen.

Bezüglich des Leptins und TNF- $\alpha$  wäre eine Verlängerung der Messzeit diskutabel, da die beobachteten Effekte auf diese Parameter auf Grund der verzögerten Reaktion des Leptins bzw. keiner Reaktion des TNF- $\alpha$  auf den Stresstest möglicherweise einige Stunden bzw. am Folgetag nach der Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub> noch stärker als in der ersten Stunde nach der Stressung bzw. überhaupt erst nachzuweisen sind.

## 5.5 Schlussfolgerungen

Das Hören von Musik nach der Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub> führte im Vergleich zu Zwölftonfolgen zu einer bedeutend positiveren Einschätzung der Emotionen und führte darüber hinaus zu einer Verbesserung der aktuellen Stimmung. Die Zwölftonfolgen wurden hinsichtlich ihrer emotionalen Einschätzung im Schnitt neutral bewertet.

Die einmalige Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub> aktivierte die Schlüsselmechanismen der humanen Stressantwort, was am Beispiel des Noradrenalins gezeigt werden konnte. Ein supprimierender Effekt auf das Leptin konnte ebenso wie Effekte auf Somatostatin und TNF- $\alpha$  in der ersten Stunde nach dem Stresstest jedoch nicht nachgewiesen werden.

Verglichen mit den Zwölftonfolgen hatte das Musikhören keine bedeutenden Effekte auf die mittleren Spiegel der Stress- und Immunparameter zeigen können.

Die Hälfte der Teilnehmer mit durchschnittlich stärkeren Erregungseinschätzungen während des Hörens der Stimuli hatte bereits vor dem Experiment im Schnitt bedeutend höhere Noradrenalinspiegel als die andere Hälfte der Probanden, die die Erregung im Mittel niedriger bewerteten. Jedoch unterschieden sich während des Hörens die mittleren NoradrenalinKonzentrationen zwischen stark und gering erregten Testpersonen nicht bedeutend voneinander. Die übrigen Emotions- sowie die Stimmungsdaten zeigten keine eindeutig zu interpretierenden Zusammenhänge mit den Stress- und Immunparametern.

Generelle Geschlechterunterschiede wurden für das Noradrenalin und Leptin festgestellt. Die zirkadiane Rhythmik des Somatostatins konnte in der aktuellen Untersuchung bestätigt werden.

Die positiven Effekte des Musikhörens auf Emotionen und die aktuelle Stimmung im Vergleich zu Zwölftonfolgen lassen vermuten, dass ähnliche musikalische Stimuli zum Beispiel auch als therapeutisches Element für Patienten mit Depressionen oder Angststörungen von positivem Nutzen sein könnten.

Die Ergebnisse dieser Studie sprechen dafür, vergleichbare musikalische Stimuli verstärkt im klinischen Alltag therapeutisch einzusetzen.

## 6 Zusammenfassung

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Dr. med.

**Einfluss des Hörens von Musik auf Emotionen, die aktuelle Stimmung sowie  
Stress- und Immunparameter nach Inhalation eines Gasgemisches aus  
35 % CO<sub>2</sub> und 65 % O<sub>2</sub>**

*eingereicht von:*

Albrecht Böhlig

*angefertigt in:*

Universität Leipzig, Medizinische Fakultät, Institut für Klinische Immunologie

*betreut von:*

Prof. Dr. med. Ulrich Sack,

Prof. Dr. rer. nat. Stefan Koelsch

März 2011

Musik ist ein Bestandteil aller Kulturen und der gesamten menschlichen Geschichte (Koelsch, Siebel 2005). Sie erzeugt im Menschen sowohl psychologische als auch physiologische Wirkungen. Die Auswirkungen des Musikhörens auf Emotionen und auf die aktuelle Stimmungslage sind bereits mehrfach untersucht und beschrieben worden. Es wurde bereits gezeigt, dass Musik sowohl Emotionen (z. B. Sloboda 1991) als auch Stimmungen (z. B. Pignatiello et al. 1986) beeinflussen kann. Darüber hinaus existieren viele Daten zur Auswirkung des Hörens von Musik auf Stresshormone wie Cortisol und Noradrenalin. Dass Musik dabei als Methode zur Stressreduktion dienen kann, wurde bereits mehrfach nachgewiesen (z. B. Möckel et al. 1995). Außerdem kann Musik immunmodulierend wirken, was zum Beispiel am Immunglobulin A im Speichel gezeigt wurde (McCraty et al. 1996). Jedoch existieren noch keine Erkenntnisse darüber, ob das alleinige Hören von Instrumentalmusik oder Zwölftonfolgen durch gesunde Probanden auch Effekte auf Hormone wie Leptin und Somatostatin sowie Zytokine wie Tumor Nekrose Faktor- $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ) hat.

Als einfache, leicht durchzuführende Methode zur Induktion einer akuten Stressantwort hat sich die einmalige Inhalation eines Gasgemisches aus

35 % Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) und 65 % Sauerstoff (O<sub>2</sub>) (im Folgenden: 35 % CO<sub>2</sub>) bewährt. Dabei ist bisher unter anderem an den Stresshormonen Cortisol und Noradrenalin gezeigt worden, dass dieser Stressor die Schlüsselsysteme der humanen Stressantwort zu aktivieren imstande ist (Wetherell et al. 2006). Ob die Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub> auch Auswirkungen auf Leptin, Somatostatin und TNF- $\alpha$  hat, ist noch nicht bekannt.

Die vorliegende Arbeit entstand aus einem gemeinsamen Projekt der Medizindoktoranden Maximilian G. Hohenadel und Albrecht Böhlig. Die aktuelle Untersuchung hatte das Ziel, die Auswirkungen des Musikhörens auf Emotionen, die aktuelle Stimmung sowie die Stress- und Immunparameter Noradrenalin, Leptin, Somatostatin und TNF- $\alpha$  nach einmaliger Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub> zu untersuchen. Außerdem sollten die Stress- und Immunparameter betreffs ihres Zusammenhangs mit den Emotionen und Stimmungen sowie im Hinblick auf Geschlechter- und Tageszeiteffekte näher analysiert werden. Der Einfluss des Stressors und des Musikhörens auf Cortisol und das Adrenocorticotrope Hormon sowie auf das Zytokin Interleukin-6 wird in der Arbeit von Maximilian G. Hohenadel dargestellt.

Insgesamt 143 gesunde Probanden nahmen an der Studie teil und wurden jeweils einzeln eingeladen. Diese wurden randomisiert entweder der Experimentalgruppe oder der Kontrollgruppe zugeteilt. Nach der ersten Blutabnahme (Messzeitpunkt 1) nahmen die Testpersonen einen vollen Atemzug eines Gasgemisches aus 35 % CO<sub>2</sub> und 65 % O<sub>2</sub> (Hersteller: Linde AG, Unterschleißheim). Anschließend hörten die Probanden der Experimentalgruppe nacheinander 18 Titel fröhlicher belebender Instrumentalmusik, während die Versuchspersonen der Kontrollbedingung genau gleich lange computergenerierte Zwölftonfolgen dargeboten bekamen. Sowohl die Probanden als auch der Versuchsleiter wurden dabei verblindet. Alle 15 Minuten wurden weitere Blutproben entnommen (Messzeitpunkte 2 – 6) und auf die Konzentrationen der Stress- und Immunparameter untersucht. Während des Hörens wurden die Emotionen an Hand der emotionalen Dimensionen der Valenz und Erregung (Lang 1980) sowie mittels der 6 Ekman'schen Basisemotionen (Ekman 1992) in regelmäßigen Abständen wiederholt bewertet. Die aktuelle Stimmung wurde zu zwei Messzeitpunkten jeweils vor und nach dem Experiment mit Hilfe des Profile Of Mood States (POMS), der aus den 4 Stimmungsskalen „Niedergeschlagenheit“, „Müdigkeit“, „Tatendrang“ und „Misstrauen“ besteht (Biehl et al. 1986), erhoben.

Bei der statistischen Auswertung der psychologischen Daten zeigte sich, dass sich die Probanden der Experimentalgruppe die Valenz im Mittel signifikant angenehmer einschätzten und sich bedeutend fröhlicher, weniger ärgerlich, weniger angeekelt, weniger ängstlich und weniger traurig als die Testpersonen der Kontrollgruppe fühlten. Außerdem wurde der Kontrollstimulus betreffs der emotionalen Einschätzung im Schnitt neutral bewertet. Diese Ergebnisse bestätigen, dass Musik imstande ist, im Hörer bzw. in der Hörerin Emotionen hervorzurufen und zu beeinflussen, was im Einklang mit den Ergebnissen bisheriger Studien steht (z. B. Krumhansl 1997). Bezüglich der Stimmungsänderung ergab sich für alle 4 Stimmungsskalen des POMS eine bedeutende Interaktion zwischen den zwei Messzeitpunkten und den Gruppen. Dabei fiel die mittlere Stimmungsausprägung der Experimentalgruppe auf der Skala „Niedergeschlagenheit“ zum zweiten Messzeitpunkt ab, während die Stimmungsausprägung in der Kontrollgruppe auf der Skala „Müdigkeit“ und „Missmut“ zum zweiten Messzeitpunkt im Schnitt zunahm und auf der Skala „Tatendrang“ abfiel. Insgesamt ergab sich im Einklang mit der Studie von Wheeler (1985), dass durch das Hören von fröhlicher Musik nach Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub> die Stimmung positiv beeinflusst werden konnte.

Des Weiteren führte die Applikation des Stressors zu einem sprunghaften bedeutenden Anstieg der mittleren Noradrenalin Spiegel, was die Ergebnisse der Studie von Wetherell et al. (2006) bestätigte. Als Erweiterung der Ergebnisse dieser Studie zeigte sich in der aktuellen Untersuchung, dass die mittleren Plasmaspiegel des Noradrenalins während der Erholung von dem Stressor bis unter die Ausgangswerte abfielen. Das Leptin reagierte im Mittel mit einem Anstieg zum letzten Messzeitpunkt als verzögerte Reaktion auf den Stresstest, die akustische Stimulation oder auf beides. Ein supprimierender Effekt von akutem Stress auf die Leptinspiegel, der unter dem Stress einer Operation an Patientinnen bereits gezeigt wurde (Marana et al. 2008), blieb in der ersten Stunde nach der Inhalation von 35 % CO<sub>2</sub> aus. Somatostatin und TNF- $\alpha$  zeigten keine bedeutende Reaktion auf den Stresstest und die akustische Stimulation, weil möglicherweise die Veränderungen der Konzentrationen zu klein waren oder die Messzeit von zirka einer Stunde zu kurz war, um bedeutende Effekte auf diese Parameter nachweisen zu können.

Keiner der analysierten Stress- und Immunparameter lieferte signifikante Gruppenunterschiede zwischen der Experimental- und Kontrollgruppe, was bedeutet, dass in der aktuellen Untersuchung keine Unterschiede zwischen Musikhören und

Zwölftonfolgen an Hand der betrachteten Stress- und Immunparameter nachgewiesen werden konnten.

Bei der Analyse des Zusammenhangs zwischen psychologischen und physiologischen Daten wurde festgestellt, dass die Probanden, die die Erregung während des Hörens getrennt am Median durchschnittlich höher eingeschätzt haben, bereits vor dem Stresstest signifikant höhere mittlere Noradrenalinpiegel hatten als die Testpersonen mit niedriger mittlerer Erregung. Dies bedeutet, dass sich die stärkere Aktivität des sympathischen Nervensystems der einen Hälfte der Versuchspersonen in durchschnittlich höheren Erregungseinschätzungen während des Experiments niederschlug, obwohl während des Hörens sich die mittleren NoradrenalinKonzentrationen zwischen unterschiedlich erregten Testpersonen nicht mehr bedeutend voneinander unterschieden. Die übrigen Emotions- sowie die Stimmungsdaten lieferten keine eindeutig zu interpretierenden Zusammenhänge mit den Stress- und Immunparametern.

Bedeutende Geschlechterunterschiede fanden sich beim Noradrenalin und Leptin. Frauen hatten zu 5 von 6 Messzeitpunkten im Schnitt signifikant höhere Noradrenalinpiegel als Männer, was beispielsweise gegen die Ergebnisse der Studie von Christou et al. (2005) spricht. Allerdings wurden dort insgesamt nur 51 Testpersonen untersucht. Über die signifikant höheren durchschnittlichen Leptinpiegel bei Frauen im Vergleich zu Männern wurde bereits berichtet (Fulda et al. 2010). Dieser deutliche Unterschied wurde in der aktuellen Untersuchung zu allen 6 Messzeitpunkten ebenfalls gefunden.

Die Tageszeitenunterschiede im Somatostatin konnten in Übereinstimmung mit der Untersuchung von Kinova et al. (2002) statistisch signifikant dargestellt werden. Dabei hatten die Probanden, die um 14:00 Uhr gemessen wurden, zu allen 6 Messzeitpunkten im Schnitt bedeutend höhere Somatostatinspiegel als die Testpersonen, die jeweils um 11:00 Uhr und 17:00 Uhr das Experiment absolvierten. Insgesamt sprechen die positiven Effekte des Musikhörens auf Emotionen und die aktuelle Stimmung dafür, dass vergleichbare musikalische Stimuli auch bei Patienten mit Angststörungen oder Depressionen von therapeutischem Nutzen sein könnten. Die Ergebnisse dieser Studie liefern einen Beleg zur positiven Wirkung von Musik und unterstützen die Bestrebungen, Musik verstärkt im klinischen Alltag therapeutisch einzusetzen.

## 6 Summary

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Dr. med.

**Effects of music listening on emotions, current mood as well as stress- and immune parameters after inhalation of a gas mixture of 35 % CO<sub>2</sub> and 65 % O<sub>2</sub>**

*eingereicht von:*

Albrecht Böhlig

*angefertigt in:*

Universität Leipzig, Medizinische Fakultät, Institut für Klinische Immunologie

*betreut von:*

Prof. Dr. med. Ulrich Sack,

Prof. Dr. rer. nat. Stefan Koelsch

März 2011

Music is a part of every culture and the whole human history (Koelsch, Siebel 2005). It induces psychological and physiological effects in humans. The influence of music listening on emotions and the current mood has already been reported and described repeatedly. It has been reported that music can affect both emotions (e. g. Sloboda 1991) and mood (e. g. Pignatiello et al. 1986). Moreover, a lot of data exist considering the influence of music on stress hormones such as cortisol and norepinephrine. It has been repeatedly shown that music can be used as a method to reduce stress (e. g. Möckel et al. 1995). Furthermore, music can have modulating effects on immune functions, which has been shown with salivary immunoglobulin A (McCraty et al. 1996). However, it is still not known if listening to music or twelve tone sequences by healthy volunteers can influence hormones like leptin and somatostatin or cytokines like tumor necrosis factor- $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ).

The inhalation of a single breath of a gas mixture of 35 % carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and 65 % oxygen (O<sub>2</sub>) (in the following: 35 % CO<sub>2</sub>) has shown to be a simple method which is easy to administer and induces an acute stress response. By analysing the stress hormones cortisol and norepinephrine, it has been demonstrated that this

stressor is capable of activating the key mechanisms involved in the human stress response (Wetherell et al. 2006). It is not known yet if the inhalation of 35 % CO<sub>2</sub> also affects leptin, somatostatin and TNF- $\alpha$ .

The present paper resulted from a collective project of the doctoral candidates Maximilian G. Hohenadel and Albrecht Böhlig. The aim of the present investigation was to explore the effect of music listening on emotions, current mood as well as the stress and immune parameters norepinephrine, leptin, somatostatin and TNF- $\alpha$  after a single inhalation of 35 % CO<sub>2</sub>. Besides, the stress and immune parameters were analyzed regarding their relationship with the emotions and mood and their gender and daytime effects. The influence of the stressor and music listening on cortisol, adrenocorticotrophic hormone and the cytokine interleukin-6 will be described in the paper of Maximilian G. Hohenadel.

A total number of 143 healthy subjects participated in the study and were invited separately. They were randomly assigned either to the experimental group or to the control group. After the first blood sample had been drawn (time-point 1), the participants took a single full breath of a gas mixture of 35 % CO<sub>2</sub> and 65 % O<sub>2</sub> (Producer: Linde AG, Unterschleißheim). Subsequently, the subjects of the experimental group listened to 18 pieces of happy and joyful instrumental music whereas the participants of the control group listened to computer-generated twelve tone sequences which had an equal duration. Both the subjects and the experimenter were blinded. More blood samples were drawn every 15 minutes (time-points 2 – 6) and the concentrations of the stress- and immune parameters were measured. During listening to the auditory stimuli, the emotions were rated repeatedly by using the emotional dimensions valence and arousal (Lang 1980) and the 6 basic emotions by Ekman (Ekman 1992) in periodic intervals. Current mood was assessed at two time-points before and after the experiment by using the Profile Of Mood States (POMS) which consists of the four scales “Depression/Anxiety”, “Fatigue”, “Vigor” and “Irritability” (Biehl et al. 1986).

The statistical analysis of the psychological data showed that the subjects of the experimental group rated the valence on average significantly more pleasant and felt happier, less angry, less disgusted, less anxious and less sad than the subjects of the control group. In addition, the control stimuli were rated on average as neutral, considering the emotions. These results approve that music is capable of inducing and influencing emotions in the listener, which confirms the results of previous

studies (e. g. Krumhansl 1997). Considering the mood change, a significant interaction between the two time-points and the groups was found for all 4 mood scales of the POMS. On average, mood on the scale “Depression/Anxiety” decreased at time-point 2 in the experimental group, whereas mood on the scale “Fatigue” and “Irritability” increased and mood on the scale “Vigor” decreased at time-point 2 in the control group. Overall results which were in accord with the results of the investigation of Wheeler (1985) showed that listening to joyful music after inhalation of 35 % CO<sub>2</sub> had beneficial effects on current mood.

Furthermore, application of the stressor lead to a significant rapid increase of mean norepinephrine values, which confirmed the results of the study of Wetherell et al. (2006). In addition to these results, the present investigation showed a decrease of mean norepinephrine values undershooting the baseline levels during the relaxation period. Mean leptin values increased at time-point 6 as a delayed response to the stressor, the acoustic stimuli or both. A suppressing effect of acute stress on leptin levels which has been shown previously by surgery-induced stress in female patients (Marana et al. 2008) was not found in the first hour after inhalation of 35 % CO<sub>2</sub>. Somatostatin and TNF- $\alpha$  did not show a significant response to the stressor and the acoustic stimulation because the changes in concentrations were probably too small or the testing time of approximately one hour was too short to demonstrate significant effects on these parameters.

None of the analysed stress- and immune parameters revealed significant group differences between experimental and control group, which means that the present investigation showed no differences between listening to music or twelve tone sequences regarding the considered stress- and immune parameters.

By analysing the relationship between psychological and physiological data, it was found that, after performing a median split, subjects who rated the arousal on average higher had significantly higher mean norepinephrine values before the stressor was administered than participants with low mean arousal. That means the higher activity of the sympathetic nervous system of the one half of the subjects resulted in higher mean arousal ratings during the experiment, although mean norepinephrine values did not differ significantly between subjects with different mean arousal ratings during listening anymore. The other emotion data and the mood data did not show any relationships with the stress- and immune parameters which could be interpreted clearly.

Significant gender effects were found for norepinephrine and leptin. Women had significantly higher mean norepinephrine values than men at 5 out of 6 time-points, which, for example, contradicts the results of the investigation of Christou et al. (2005). However, this study comprised only 51 participants. The significantly higher mean leptin levels in women compared to men have been reported previously (Fulda et al. 2010). This considerable difference was found in the present investigation at all 6 time-points as well.

The daytime effects of somatostatin could be found with a statistical significance in accordance with the investigation of Kinova et al. (2002). Participants who were measured at 2:00 p.m. had significantly higher mean somatostatin values at all 6 time-points than the subjects who conducted the experiment at 11:00 a.m. and 5:00 p.m., respectively.

In conclusion, the beneficial effects of listening to music on emotions and current mood lead to the assumption that similar musical stimuli could have therapeutic benefit on patients with anxiety disorders or depression. The results of the present study contribute to the beneficial effects of music and support the attempts to use music more and more as a therapeutic instrument in clinical settings.

## 7 Literaturverzeichnis

Ahima, R. S.; Prabakaran, D.; Mantzoros, C.; Qu, D.; Lowell, B.; Maratos-Flier, E.; Flier, J. S. (1996):  
**Role of leptin in the neuroendocrine response to fasting.**  
Nature, Jg. 382, H. 6588, S. 250–252.

Allen, K.; Blascovich, J. (1994):  
**Effects of music on cardiovascular reactivity among surgeons.**  
The journal of the American Medical Association, Jg. 272, H. 11, S. 882–884.

Argyropoulos, Spiros V.; Bailey, Jayne E.; Hood, Sean D.; Kendrick, Adrian H.; Rich, Ann S.; Laszlo, Gabriel; Nash, Jon R.; Lightman, Stafford L.; Nutt, David J. (2002):  
**Inhalation of 35% CO<sub>2</sub> results in activation of the HPA axis in healthy volunteers.**  
Psychoneuroendocrinology, Jg. 27, H. 6, S. 715–729.

Beutler, B. A.; Cerami, A. (1989):  
**The biology of cachectin/TNF--a primary mediator of the host response.**  
Annual review of immunology, Jg. 7, S. 625–655.

Beutler, B. A.; Milsark, I. W.; Cerami, A. (1985):  
**Cachectin/tumor necrosis factor: production, distribution, and metabolic fate in vivo.**  
The Journal of immunology, Jg. 135, H. 6, S. 3972–3977.

Biehl, B.; Dangel, S.; Reiser, A. (1986):  
**Profile of Mood States.**  
In: CIPS: Internationale Skalen für Psychiatrie. Weinheim: Beltz.

Bollnow, Otto Friedrich; Boelhave, Ursula (2009):  
**Das Wesen der Stimmungen.**  
Würzburg: Königshausen & Neumann.

Bornstein, S. R. (1997):  
**Is leptin a stress related peptide?**  
Nature medicine, Jg. 3, H. 9, S. 937.

Bradley, M. M.; Lang, P. J. (1994):  
**Measuring emotion: the Self-Assessment Manikin and the Semantic Differential.**  
Journal of behavior therapy and experimental psychiatry, Jg. 25, H. 1, S. 49–59.

Chafin, Sky; Roy, Michael; Gerin, William; Christenfeld, Nicholas (2004):  
**Music can facilitate blood pressure recovery from stress.**  
British journal of health psychology, Jg. 9, H. 3, S. 393–403.

Cho, Young Min; Kim, Min Seon; Shin, Chan Soo; Park, Do Joon; Park, Kyong Soo; Yang, Han-Kwang; Lee, Kuhn Uk; Cho, Bo Youn; Lee, Hong Kyu; Kim, Seong-Yeon (2003):  
**Dynamic change in plasma leptin level during the perioperative period.**  
Hormone research, Jg. 59, H. 2, S. 100–104.

Christou, Demetra D.; Jones, Pamela Parker; Jordan, Jens; Diedrich, André; Robertson, David; Seals, Douglas R. (2005):  
**Women have lower tonic autonomic support of arterial blood pressure and less effective baroreflex buffering than men.**  
Circulation, Jg. 111, H. 4, S. 494–498.

Chrousos, George P. (1995):  
**The hypothalamic-pituitary-adrenal axis and immune-mediated inflammation.**  
The New England journal of medicine, Jg. 332, H. 20, S. 1351–1362.

---

Chrousos, George P.; Gold, Philip W. (1992):

**The concepts of stress and stress system disorders. Overview of physical and behavioral homeostasis.**

The journal of the American Medical Association, Jg. 267, H. 9, S. 1244–1252.

Curtis, A. L.; Bello, N. T.; Connolly, K. R.; Valentino, R. J. (2002):

**Corticotropin-releasing factor neurones of the central nucleus of the amygdala mediate locus coeruleus activation by cardiovascular stress.**

Journal of neuroendocrinology, Jg. 14, H. 8, S. 667–682.

Dugué, B.; Leppänen, E. A.; Teppo, A. M.; Fyhrquist, F.; Gräsbeck, R. (1993):

**Effects of psychological stress on plasma interleukins-1 beta and 6, C-reactive protein, tumour necrosis factor alpha, anti-diuretic hormone and serum cortisol.**

Scandinavian journal of clinical and laboratory investigation, Jg. 53, H. 6, S. 555–561.

Ekman, P. (1992):

**An argument for basic emotions.**

Cognition and Emotion, Jg. 6, H. 3, S. 169–200.

Ekman, P.; Friesen, W. V. (1971):

**Constants across cultures in the face and emotion.**

Journal of personality and social psychology, Jg. 17, H. 2, S. 124–129.

Ekman, P.; Friesen, W. V.; O'Sullivan, M.; Chan, A.; Diacoyanni-Tarlatzis, I.; Heider, K.; Krause, R.; LeCompte, W. A.; Pitcairn, T.; Ricci-Bitti, P. E. (1987):

**Universals and cultural differences in the judgments of facial expressions of emotion.**

Journal of personality and social psychology, Jg. 53, H. 4, S. 712–717.

Elenkov, I. J.; Webster, E. L.; Torpy, D. J.; Chrousos, G. P. (1999):

**Stress, corticotropin-releasing hormone, glucocorticoids, and the immune/inflammatory response: acute and chronic effects.**

Annals of the New York Academy of Sciences, Jg. 876, S. 1–13.

Elmfeldt, D.; Elvelin, L.; Nordlander, M. (1994):

**Relevance of plasma noradrenaline concentrations to estimate autonomic effects of antihypertensive drugs.**

Blood pressure, Jg. 3, H. 6, S. 356–363.

Escher, J.; Evéquo, D. (1999):

**Musik und Herzfrequenzvariabilität. Untersuchung des Effektes von Musik auf die Herzfrequenzvariabilität bei gesunden Jugendlichen.**

Praxis, Jg. 88, H. 21, S. 951–952.

Feldmann, Marc; Maini, Ravinder N. (2003):

**Lasker Clinical Medical Research Award. TNF defined as a therapeutic target for rheumatoid arthritis and other autoimmune diseases.**

Nature medicine, Jg. 9, H. 10, S. 1245–1250.

Flier, J. S. (1998):

**Lowered leptin slims immune response.**

Nature medicine, Jg. 4, H. 10, S. 1124–1125.

Fulda, Stephany; Linseisen, Jakob; Wolfram, Günther; Himmerich, Stephanie; Gedrich, Kurt; Pollmächer, Thomas; Himmerich, Hubertus (2010):

**Leptin plasma levels in the general population: influence of age, gender, body weight and medical history.**

Protein and peptide letters, Jg. 17, H. 11, S. 1436–1440.

Gerra, G.; Zaimovic, A.; Franchini, D.; Palladino, M.; Giucastro, G.; Reali, N.; Maestri, D.; Caccavari, R.; Delsignore, R.; Brambilla, F. (1998):

**Neuroendocrine responses of healthy volunteers to 'techno-music': relationships with personality traits and emotional state.**

International journal of psychophysiology, Jg. 28, H. 1, S. 99–111.

Gertsch, Marc (2008):

**Das EKG. Auf einen Blick und im Detail.**

2. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Medizin Verlag.

Goldstein, A. (1980):

**Thrills in response to music and other stimuli.**

Physiological Psychology, Jg. 8, H. 1, S. 126–129.

Gozal, David; Serpero, Laura D.; Kheirandish-Gozal, Leila; Capdevila, Oscar Sans; Khalyfa, Abdelnaby; Tauman, Riva (2010):

**Sleep measures and morning plasma TNF-alpha levels in children with sleep-disordered breathing.**

Sleep, Jg. 33, H. 3, S. 319–325.

Grape, Christina; Sandgren, Maria; Hansson, Lars-Olof; Ericson, Mats; Theorell, Töres (2003):

**Does singing promote well-being?: An empirical study of professional and amateur singers during a singing lesson.**

Integrative physiological and behavioral science, Jg. 38, H. 1, S. 65–74.

Griez, Eric J.; Colasanti, Alessandro; van Diest, Rob; Salamon, Ewa; Schruers, Koen (2007):

**Carbon dioxide inhalation induces dose-dependent and age-related negative affectivity.**

PLoS one, Jg. 2, H. 10, S. e987.

Grulke, Norbert; Bailer, Harald; Schmutzer, Gabriele; Brähler, Elmar; Blaser, Gerd; Geyer, Michael; Albani, Cornelia (2006):

**Normierung der deutschen Kurzform des Fragebogens "Profile of Mood States" (POMS) anhand einer repräsentativen Bevölkerungsstichprobe - Kurzbericht.**

Zeitschrift für Psychotherapie, Psychosomatik und Medizinische Psychologie, Jg. 56, H. 9–10, S. 403–405.

Habib, K. E.; Gold, P. W.; Chrousos, G. P. (2001):

**Neuroendocrinology of stress.**

Endocrinology and metabolism clinics of North America, Jg. 30, H. 3, S. 695–728.

Haluzík, M.; Fiedler, J.; Nedvídková, J.; Ceska, R. (1999):

**Serum leptin concentrations in patients with combined hyperlipidemia: relationship to serum lipids and lipoproteins.**

Physiological research / Academia Scientiarum Bohemoslovaca, Jg. 48, H. 5, S. 363–368.

Hanser, S. B. (1985):

**Music therapy and stress reduction research.**

Journal of music therapy, Jg. 22, H. 4, S. 193–206.

Hauge-Evans, Astrid; King, Aileen; Fairhall, Keith; Persaud, Shanta J.; Jones, Peter M. (2010):

**A role for islet somatostatin in mediating sympathetic regulation of glucagon secretion.**

Islets, Jg. 2, H. 6, S. 341–344.

Heiman, M. L.; Ahima, R. S.; Craft, L. S.; Schoner, B.; Stephens, T. W.; Flier, J. S. (1997):

**Leptin inhibition of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis in response to stress.**

Endocrinology, Jg. 138, H. 9, S. 3859–3863.

Hirokawa, Eri; Ohira, Hideki (2003):

**The effects of music listening after a stressful task on immune functions, neuroendocrine responses, and emotional states in college students.**

Journal of music therapy, Jg. 40, H. 3, S. 189–211.

---

Hopkins, T. F. (1997):

**Adrenal Medulla.**

In: The Encyclopedia Americana. 1. Aufl. Danbury: Grolier.

Imahara, Scott D.; Jelacic, Sandra; Junker, Christopher E.; O'Keefe, Grant E. (2005):

**The influence of gender on human innate immunity.**

Surgery, Jg. 138, H. 2, S. 275–282.

Juslin, Patrik N.; Västfjäll, Daniel (2008):

**Emotional responses to music: the need to consider underlying mechanisms.**

The Behavioral and brain sciences, Jg. 31, H. 5, S. 559–621.

Kain, Z. N.; Zimolo, Z.; Heninger, G. (1999):

**Leptin and the perioperative neuroendocrinological stress response.**

The Journal of clinical endocrinology and metabolism, Jg. 84, H. 7, S. 2438–2442.

Kaye, J.; Buchanan, F.; Kendrick, A.; Johnson, P.; Lowry, C.; Bailey, J.; Nutt, D.; Lightman, S. (2004):  
**Acute carbon dioxide exposure in healthy adults: evaluation of a novel means of investigating the stress response.**

Journal of neuroendocrinology, Jg. 16, H. 3, S. 256–264.

Kinova, S.; Duris, I.; Kratochvilova, E.; Ondrejka, P.; Payer, J. (2002):

**Carcinoid tumors--somatostatine in the diagnosis and therapy.**

Bratislavské lekárske listy, Jg. 103, H. 3, S. 108–112.

Kirschbaum, C.; Prüssner, J. C.; Stone, A. A.; Federenko, I.; Gaab, J.; Lintz, D.; Schommer, N.; Hellhammer, D. H. (1995):

**Persistent high cortisol responses to repeated psychological stress in a subpopulation of healthy men.**

Psychosomatic medicine, Jg. 57, H. 5, S. 468–474.

Kivy, P. (1990):

**Music alone: Philosophical Reflections on the Purely Musical Experience.**

Ithaca: Cornell University Press.

Klein, S.; Coppack, S. W.; Mohamed-Ali, V.; Landt, M. (1996):

**Adipose tissue leptin production and plasma leptin kinetics in humans.**

Diabetes, Jg. 45, H. 7, S. 984–987.

Kleinginna, P. R.; Kleinginna, A. M. (1981):

**A categorized list of emotion definitions, with a suggestion for a consensual definition.**

Motivation and Emotion, Jg. 5, H. 4, S. 345–379.

Koelsch, Stefan (2005):

**Ein neurokognitives Modell der Musikperzeption.**

Musiktherapeutische Umschau, Jg. 26, H. 4, S. 365–381.

Koelsch, Stefan; Fritz, Thomas; V Cramon, D. Yves; Müller, Karsten; Friederici, Angela D. (2006):

**Investigating emotion with music: an fMRI study.**

Human brain mapping, Jg. 27, H. 3, S. 239–250.

Koelsch, Stefan; Siebel, Walter A. (2005):

**Towards a neural basis of music perception.**

Trends in cognitive sciences, Jg. 9, H. 12, S. 578–584.

Krumhansl, C. L. (1997):

**An exploratory study of musical emotions and psychophysiology.**

Canadian journal of experimental psychology, Jg. 51, H. 4, S. 336–353.

Kunz-Ebrecht, Sabine R.; Mohamed-Ali, Vidya; Feldman, Pamela J.; Kirschbaum, Clemens; Steptoe, Andrew (2003):

**Cortisol responses to mild psychological stress are inversely associated with proinflammatory cytokines.**

Brain, behavior, and immunity, Jg. 17, H. 5, S. 373–383.

Kurose, T.; Seino, Y.; Nishi, S.; Tsuji, K.; Taminato, T.; Tsuda, K.; Imura, H. (1990):

**Mechanism of sympathetic neural regulation of insulin, somatostatin, and glucagon secretion.**

The American journal of physiology, Jg. 258, H. 1, S. 220–227.

Labor Diagnostika Nord GmbH & Co. KG (2008):

**Noradrenaline Research ELISA. Instructions for use.**

Nordhorn.

Lang, P. J. (1980):

**Behavioral treatment and bio-behavioral assessment: computer applications.**

In: Sidowski, J. B.; Johnson, J. H.; Williams, T. A. (Hg.): Technology in mental health care delivery systems. Norwood: Ablex, S. 119–137.

Lazarus, R. S. (1984):

**On the primacy of cognition.**

American Psychologist, Jg. 39, H. 2, S. 124–129.

LeBlanc, J.; Ducharme, M. B. (2007):

**Plasma dopamine and noradrenaline variations in response to stress.**

Physiology & behavior, Jg. 91, H. 2–3, S. 208–211.

Licinio, J.; Mantzoros, C.; Negrão, A. B.; Cizza, G.; Wong, M. L.; Bongiorno, P. B.; Chrousos, G. P.; Karp, B.; Allen, C.; Flier, J. S.; Gold, P. W. (1997):

**Human leptin levels are pulsatile and inversely related to pituitary-adrenal function.**

Nature medicine, Jg. 3, H. 5, S. 575–579.

Maier, S. F.; Watkins, L. R. (1998):

**Cytokines for psychologists: implications of bidirectional immune-to-brain communication for understanding behavior, mood, and cognition.**

Psychological review, Jg. 105, H. 1, S. 83–107.

Marana, E.; Scambia, G.; Colicci, S.; Maviglia, R.; Maussier, M. L.; Marana, R.; Proietti, R. (2008):  
**Leptin and perioperative neuroendocrine stress response with two different anaesthetic techniques.**

Acta anaesthesiologica Scandinavica, Jg. 52, H. 4, S. 541–546.

Maruna, P.; Gürlich, R.; Frasko, R.; Haluzík, M. (2001):

**Serum leptin levels in septic men correlate well with C-reactive protein (CRP) and TNF-alpha but not with BMI.**

Physiological research / Academia Scientiarum Bohemoslovaca, Jg. 50, H. 6, S. 589–594.

McCarty, Rollin; Atkinson, Mike; Rein, Glen; Watkins, Alan D. (1996):

**Music enhances the effect of positive emotional states on salivary IgA.**

Stress Medicine, Jg. 12, H. 3, S. 167–175.

McEwen, B. S. (1998):

**Protective and damaging effects of stress mediators.**

The New England journal of medicine, Jg. 338, H. 3, S. 171–179.

McNair, D.; Lorr, M.; Droppleman, L. (1971):

**POMS Manual.**

San Diego: Educational and Industrial Testing Service.

Möckel, M.; Röcker, L.; Störk, T.; Vollert, J.; Danne, O.; Eichstädt, H.; Müller, R.; Hochrein, H. (1994):  
**Immediate physiological responses of healthy volunteers to different types of music: cardiovascular, hormonal and mental changes.**

European journal of applied physiology and occupational physiology, Jg. 68, H. 6, S. 451–459.

Möckel, M.; Störk, T.; Vollert, J.; Röcker, L.; Danne, O.; Hochrein, H.; Eichstädt, H.; Frei, U. (1995):  
**Stressreduktion durch Musikhören: Einfluß auf Stresshormone, Häodynamik und psychisches Befinden bei Patienten mit arterieller Hypertonie und bei Gesunden.**

Deutsche medizinische Wochenschrift, Jg. 120, H. 21, S. 745–752.

Møller, Lars Neisig; Stidsen, Carsten Enggaard; Hartmann, Bolette; Holst, Jens Juul (2003):  
**Somatostatin receptors.**

Biochimica et biophysica acta, Jg. 1616, H. 1, S. 1–84.

Müller, Anne (1994):

**Aktive Musiktherapie: Stimmungen, Therapieerleben und immunologisch relevante Speichelparameter.**

Frankfurt am Main: Europäischer Verlag der Wissenschaften.

Offermanns, Kristin (2009):

**Auswirkungen des Musizierens auf Emotionen, die aktuelle Stimmung und die Herzratenvariabilität sowie Zusammenhang der Emotionen und aktuellen Stimmung mit der emotionalen Persönlichkeit.**

Diplomarbeit. Leipzig: Universität Leipzig, Fakultät für Biowissenschaften, Pharmazie und Psychologie.

Okada, Kaoru; Kurita, Akira; Takase, Bonpei; Otsuka, Toshiaki; Kodani, Eitaro; Kusama, Yoshiki; Atarashi, Hirotsugu; Mizuno, Kyoichi (2009):

**Effects of music therapy on autonomic nervous system activity, incidence of heart failure events, and plasma cytokine and catecholamine levels in elderly patients with cerebrovascular disease and dementia.**

International heart journal, Jg. 50, H. 1, S. 95–110.

Orini, Michele; Bailón, Raquel; Enk, Ronny; Koelsch, Stefan; Mainardi, Luca; Laguna, Pablo (2010):  
**A method for continuously assessing the autonomic response to music-induced emotions through HRV analysis.**

Medical & biological engineering & computing, Jg. 48, H. 5, S. 423–433.

Panksepp, Jaak (1995):

**The emotional sources of "chills" induced by music.**

Music Perception, Jg. 13, H. 2, S. 171–207.

Panksepp, Jaak; Bernatzky, Günther (2002):

**Emotional sounds and the brain: the neuro-affective foundations of musical appreciation.**

Behavioural Processes, Jg. 60, H. 2, S. 133–155.

Papp, L. A.; Martinez, J. M.; Klein, D. F.; Coplan, J. D.; Norman, R. G.; Cole, R.; de Jesus, M. J.; Ross, D.; Goetz, R.; Gorman, J. M. (1997):

**Respiratory psychophysiology of panic disorder: three respiratory challenges in 98 subjects.**

The American journal of psychiatry, Jg. 154, H. 11, S. 1557–1565.

Patel, Y. C.; Wheatley, T. (1983):

**In vivo and in vitro plasma disappearance and metabolism of somatostatin-28 and somatostatin-14 in the rat.**

Endocrinology, Jg. 112, H. 1, S. 220–225.

Peninsula Laboratories, LLC:

**General Protocol for Peptide Enzyme Immunoassay (EIA).**

San Carlos.

Perna, G.; Barbini, B.; Cocchi, S.; Bertani, A.; Gasperini, M. (1995):  
**35% CO<sub>2</sub> challenge in panic and mood disorders.**  
Journal of affective disorders, Jg. 33, H. 3, S. 189–194.

Pignatiello, M. F.; Camp, C. J.; Rasar, L. A. (1986):  
**Musical mood induction: an alternative to the Velten technique.**  
Journal of abnormal psychology, Jg. 95, H. 3, S. 295–297.

Plutchik, Robert (1991):  
**The emotions.**  
Überarb. Aufl. Lanham: University Press of America.

Pralong, F. P.; Roudit, R.; Waeber, G.; Castillo, E.; Mosimann, F.; Thorens, B.; Gaillard, R. C. (1998):  
**Leptin inhibits directly glucocorticoid secretion by normal human and rat adrenal gland.**  
Endocrinology, Jg. 139, H. 10, S. 4264–4268.

Prinz, P. N.; Halter, J.; Benedetti, C.; Raskind, M. (1979):  
**Circadian variation of plasma catecholamines in young and old men: relation to rapid eye movement and slow wave sleep.**  
The Journal of clinical endocrinology and metabolism, Jg. 49, H. 2, S. 300–304.

Pullinen, T.; Nicol, C.; MacDonald, E.; Komi, P. V. (1999):  
**Plasma catecholamine responses to four resistance exercise tests in men and women.**  
European journal of applied physiology and occupational physiology, Jg. 80, H. 2, S. 125–131.

R&D Systems, Inc. (2007):  
**Quantikine® Human Leptin Immunoassay.**  
Minneapolis.

R&D Systems, Inc. (2008):  
**Quantikine® High Sensitivity ELISAs. Human TNF- $\alpha$ /TNFSF1A Immunoassay.**  
Minneapolis.

Reichlin, S. (1983a):  
**Somatostatin.**  
The New England journal of medicine, Jg. 309, H. 24, S. 1495–1501.

Reichlin, S. (1983b):  
**Somatostatin (second of two parts).**  
The New England journal of medicine, Jg. 309, H. 25, S. 1556–1563.

Reynolds, R. M.; Bendall, H. E.; Whorwood, C. B.; Wood, P. J.; Walker, B. R.; Phillips, D. I. (1998):  
**Reproducibility of the low dose dexamethasone suppression test: comparison between direct plasma and salivary cortisol assays.**  
Clinical endocrinology, Jg. 49, H. 3, S. 307–310.

Rigg, G. (1964):  
**The mood effects of music: A comparison of data from four investigators.**  
The Journal of psychology, Jg. 58, H. 2, S. 427–438.

Roy, Mathieu; Peretz, Isabelle; Rainville, Pierre (2008):  
**Emotional valence contributes to music-induced analgesia.**  
Pain, Jg. 134, H. 1–2, S. 140–147.

Sabban, Esther L.; Liu, Xiaoping; Serova, Lidia; Gueorguiev, Volodia; Kvetnansky, Richard (2006):  
**Stress triggered changes in gene expression in adrenal medulla: transcriptional responses to acute and chronic stress.**  
Cellular and molecular neurobiology, Jg. 26, H. 4–6, S. 845–856.

- Scheufele, P. M. (2000):  
**Effects of progressive relaxation and classical music on measurements of attention, relaxation, and stress responses.**  
Journal of behavioral medicine, Jg. 23, H. 2, S. 207–228.
- Schmidt, Robert F.; Lang, Florian (2007):  
**Physiologie des Menschen. Mit Pathophysiologie.**  
30. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Medizin Verlag, S. 257.
- Scriba, D.; Aprath-Husmann, I.; Blum, W. F.; Hauner, H. (2000):  
**Catecholamines suppress leptin release from in vitro differentiated subcutaneous human adipocytes in primary culture via  $\beta$ 1- and  $\beta$ 2-adrenergic receptors.**  
European journal of endocrinology, Jg. 143, H. 3, S. 439–445.
- Shatin, L. (1970):  
**Alteration of mood via music: a study of the vectoring effect.**  
The Journal of psychology, Jg. 75, H. 1, S. 81–86.
- Sloboda, John A. (1991):  
**Music structure and emotional response – some empirical findings.**  
Psychology of music, Jg. 19, H. 2, S. 110–120.
- Steptoe, A.; Willemsen, G.; Owen, N.; Flower, L.; Mohamed-Ali, V. (2001):  
**Acute mental stress elicits delayed increases in circulating inflammatory cytokine levels.**  
Clinical science, Jg. 101, H. 2, S. 185–192.
- Stratton, V. N.; Zalanowski, A. H. (1991):  
**The effects of music and cognition on mood.**  
Psychology of music, Jg. 19, H. 2, S. 121–127.
- Sved, Alan F.; Cano, Georgina; Passerin, Alicia M.; Rabin, Bruce S. (2002):  
**The locus coeruleus, Barrington's nucleus, and neural circuits of stress.**  
Physiology & behavior, Jg. 77, H. 4–5, S. 737–742.
- Thayer, R. E.; Newman, J. R.; McClain, T. M. (1994):  
**Self-regulation of mood: strategies for changing a bad mood, raising energy, and reducing tension.**  
Journal of personality and social psychology, Jg. 67, H. 5, S. 910–925.
- Thomas, Lothar (2008):  
**Labor und Diagnose. Indikation und Bewertung von Laborbefunden für die medizinische Diagnostik.**  
7. Aufl. Frankfurt / Main: TH-Books Verl.-Ges., S. 1429.
- Tsigos, Constantine; Chrousos, George P. (2002):  
**Hypothalamic-pituitary-adrenal axis, neuroendocrine factors and stress.**  
Journal of psychosomatic research, Jg. 53, H. 4, S. 865–871.
- van den Hout, M. A.; Griez, E.; van der Molen, G. M.; Lousberg, H. (1987):  
**Pulmonary carbon dioxide and panic-arousing sensations after 35% carbon dioxide inhalation: hypercapnia/hyperoxia versus hypercapnia/normoxia.**  
Journal of behavior therapy and experimental psychiatry, Jg. 18, H. 1, S. 19–23.
- van Duinen, Marlies A.; Schruers, Koen R. J.; Maes, Michael; Griez, Eric J. L. (2005):  
**CO<sub>2</sub> challenge results in hypothalamic-pituitary-adrenal activation in healthy volunteers.**  
Journal of psychopharmacology, Jg. 19, H. 3, S. 243–247.
- VanderArk, S. D.; Ely, D. (1993):  
**Cortisol, biochemical, and galvanic skin responses to music stimuli of different preference values by college students in biology and music.**  
Perceptual and motor skills, Jg. 77, H. 1, S. 227–234.
-

Varfolomeev, Eugene E.; Ashkenazi, Avi (2004):  
**Tumor necrosis factor: an apoptosis JuNKie?**  
Cell, Jg. 116, H. 4, S. 491–497.

Watson, D.; Clark, L. A.; Tellegen, A. (1988):  
**Development and validation of brief measures of positive and negative affect: the PANAS scales.**  
Journal of personality and social psychology, Jg. 54, H. 6, S. 1063–1070.

Wetherell, Mark A.; Crown, Anna L.; Lightman, Stafford L.; Miles, Jeremy N. V.; Kaye, Joey; Vedhara, Kavita (2006):  
**The four-dimensional stress test: psychological, sympathetic-adrenal-medullary, parasympathetic and hypothalamic-pituitary-adrenal responses following inhalation of 35% CO<sub>2</sub>.**  
Psychoneuroendocrinology, Jg. 31, H. 6, S. 736–747.

Wheeler, B. L. (1985):  
**Relationship of personal characteristics to mood and enjoyment after hearing live and recorded music and to musical taste.**  
Psychology of music, Jg. 13, H. 2, S. 81–92.

Witvliet, C. V. O.; Vrana, S. R. (2007):  
**Play it again Sam: Repeated exposure to emotionally evocative music polarises liking and smiling responses, and influences other affective reports, facial EMG, and heart rate.**  
Cognition and Emotion, Jg. 21, H. 1, S. 3–25.

Wortsman, J.; Frank, S.; Cryer, P. E. (1984):  
**Adrenomedullary response to maximal stress in humans.**  
The American journal of medicine, Jg. 77, H. 5, S. 779–784.

Yamamoto, T.; Ohkuwa, T.; Itoh, H.; Kitoh, M.; Terasawa, J.; Tsuda, T.; Kitagawa, S.; Sato, Y. (2003):  
**Effects of pre-exercise listening to slow and fast rhythm music on supramaximal cycle performance and selected metabolic variables.**  
Archives of physiology and biochemistry, Jg. 111, H. 3, S. 211–214.

Zentner, Marcel; Grandjean, Didier; Scherer, Klaus R. (2008):  
**Emotions Evoked by the Sound of Music: Characterization, Classification, and Measurement.**  
Emotion, Jg. 8, H. 4, S. 494–521.

## 8 Anhang

### 8.1 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

#### *Abbildungsverzeichnis*

Abbildung 1:	Spirographie der Inhalation des Gasgemisches.....	28
Abbildung 2:	Zeitlicher Ablauf des Experiments, sowohl für Probanden der Experimental- als auch der Kontrollgruppe .....	31
Abbildung 3:	EKG-, Tastbox- und Atemzugaufzeichnung während des Hörens der akustischen Stimuli.....	32
Abbildung 4:	Mittelwerte und Standardfehler der 18 Datenerhebungen (1 – 18) für die SAM-Dimensionen „Valenz“ und „Erregung“ getrennt für die Experimental- (N = 71) und Kontrollgruppe (N = 72) .....	42
Abbildung 5:	Mittelwerte und Standardfehler der 4 POMS-Skalensummen zu den beiden Messzeitpunkten „Prä“ und „Post“ getrennt für die Experimental- (N = 70) und Kontrollgruppe (N = 72) .....	51
Abbildung 6:	Mittelwerte und Standardfehler des Noradrenalins für die 6 Messzeitpunkte in ng/ml (N = 131).....	56
Abbildung 7:	Mittelwerte und Standardfehler des Leptins für die 6 Messzeitpunkte in ng/ml (N = 129).....	57
Abbildung 8:	Mittelwerte und Standardfehler des Leptins für die 6 Messzeitpunkte in ng/ml getrennt nach Valenzgruppen (N = 65 für Valenz < Median und N = 64 für Valenz ≥ Median) .....	61
Abbildung 9:	Mittelwerte und Standardfehler des Noradrenalins für die 6 Messzeitpunkte in ng/ml getrennt nach Erregungsgruppen (N = 66 für Erregung ≤ Median und N = 65 für Erregung > Median) .....	64
Abbildung 10:	Mittelwerte und Standardfehler des TNF- $\alpha$ für die 6 Messzeitpunkte in pg/ml getrennt nach der Gruppe mit Stimmungsanstieg (N = 41) und Stimmungsabfall (N = 48) .....	68
Abbildung 11:	Mittelwerte und Standardfehler des Noradrenalins für die 6 Messzeitpunkte in ng/ml getrennt nach Frauen (N = 65) und Männern (N = 66) .....	69
Abbildung 12:	Mittelwerte und Standardfehler des Leptins für die 6 Messzeitpunkte in ng/ml getrennt nach Frauen (N = 60) und Männern (N = 69) .....	70

Abbildung 13:	Mittelwerte und Standardfehler des Somatostatins für die 6 Messzeitpunkte in pg/ml getrennt nach Frauen (N = 63) und Männern (N = 67) .....	72
Abbildung 14:	Mittelwerte und Standardfehler des Somatostatins für die 6 Messzeitpunkte in pg/ml getrennt nach der Tageszeit 11:00 Uhr (N = 43), 14:00 Uhr (N = 42) und 17:00 Uhr (N = 45) .....	74

### **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1:	Stimuli der Musikgruppe und Instrumente der Kontrollgruppe.....	26
Tabelle 2:	Emotions- und Bekanntheitsrating-Mittelwerte (mit Standardabweichungen in Klammern) der Experimental- und Kontrollgruppe .....	46
Tabelle 3:	Stimmungsdaten aus dem Profile of Mood States (POMS).....	50
Tabelle 4:	Kreuztabelle zwischen Experimental- (EG)/Kontrollgruppe (KG) und Valenzgruppen .....	53
Tabelle 5:	Kreuztabelle zwischen Experimental- (EG)/Kontrollgruppe (KG) und POMS-Gruppen.....	54
Tabelle 6:	Kreuztabelle zwischen Valenzgruppen und Erregungsgruppen .....	54
Tabelle 7:	Statistische Kennwerte der Varianzanalysen für die Stress- und Immunparameter .....	76

## 8.2 Einverständniserklärung der Probanden, Fragebögen und Experimentinstruktionen

### *Einverständniserklärung der Probanden*

*Sehr geehrte Studienteilnehmerin, sehr geehrter Studienteilnehmer,*

wir bedanken uns für Ihre eventuelle Bereitschaft, an unserer Studie teilzunehmen. Bitte lesen Sie die folgenden Informationen zum wissenschaftlichen Hintergrund, sowie zum Ablauf und den möglichen Risiken der Untersuchung genau durch. Für weitere Fragen stehen wir Ihnen in einem persönlichen Gespräch gerne zur Verfügung.

### **Wissenschaftlicher Hintergrund der Studie**

In dieser Studie sollen Effekte von akustischen Stimuli auf das menschliche Immunsystem (gemessen an Immunparametern wie z.B. Leptin und TNF- $\alpha$ ) untersucht werden.

Solche Effekte sind bisher erst wenig erforscht. Zusätzlich zu der Untersuchung von Effekten auf das Immunsystem sollen in dieser Studie Messungen so genannter Stresshormone (Noradrenalin, ACTH und Cortisol) erfolgen. Zusammen mit den Werten Ihres Blutdrucks und Ihrer Herzfrequenz sollen diese Werte Aufschluss geben über eine von uns erwartete verbesserte Stressbewältigung sowie die Effekte auf das Immunsystem bei der Wahrnehmung relaxierend wirkender akustischer Information.

### Die folgende Fragestellung liegt unserer Untersuchung zugrunde:

Führt das Hören von akustischer Information zu einer Verminderung von Stress sowie zu Änderungen innerhalb des Immunsystems und kann man dies an Hand einer Änderung von Hormonspiegeln, Immunparametern und der Herzfrequenz objektivieren?

Durch Beantwortung dieser Frage versprechen wir uns einen Erkenntnisgewinn darüber, ob z. B. vergleichbare Stimuli später einmal therapeutisch eingesetzt werden können.

### **Versuchsablauf**

Nach Ihrer Einverständniserklärung über die Teilnahme erhalten Sie standardisierte Fragebögen. Anschließend werden Ihnen Elektroden wie bei einem EKG sowie zwei weitere an der Hand appliziert und an ein Messgerät angeschlossen.

Die Herzfrequenz, die Atmung und die Hautleitfähigkeit werden während des gesamten Experiments kontinuierlich aufgezeichnet. Außerdem wird Ihr Blutdruck zu Beginn gemessen. An Hand eines Spirometers stellen wir Ihre Lungenparameter fest, dies dient uns zur Überprüfung des Testablaufs. Anschließend wird Ihnen zur Blutabnahme eine Flexüle in eine Ellenbeugen-Vene gelegt (ähnlich wie beim Blutspenden), im Anschluss wird Ihnen eine kleine Menge Blut (12 ml) durch diese Flexüle abgenommen. Sie nehmen danach einen einzigen vollen Atemzug eines 35% CO<sub>2</sub> und 65% O<sub>2</sub>-Gasgemisches. Der Atem sollte nach der Inhalation des Gemisches möglichst für 4 Sek. angehalten werden. Nun werden Ihnen Kopfhörer aufgesetzt, über die Sie für die nächsten ca. 45 Min. akustische Stimuli hören. Sie werden während dieser Zeit in regelmäßigen Abständen dazu aufgefordert, Ihre Stimmung zu evaluieren. Direkt zu Beginn sowie nach ca. 15, 30, 45 und 60 Min. wird Ihnen erneut Blut durch die bereits gelegte Flexüle entnommen.

### **Mögliche Risiken und Komplikationen**

Sie gehen durch die Teilnahme an dieser Studie keine Risiken ein, da der Untersuchungsablauf nach standardmäßiger Prozedur erfolgt. Die einzige invasive Maßnahme ist die Entnahme von insgesamt bis zu ca. 100 ml Blut, die nach herkömmlicher Methode erfolgt.

Ein einziger Atemzug von 35% CO<sub>2</sub>-Gas führt über den Anstieg des alveolären pCO<sub>2</sub> zu einem Anstieg des arteriellen pCO<sub>2</sub>. Die Studie von Wetherell et al. (2006) berichtet, dass keine gesundheitlichen Gefährdungen zu erwarten sind - in dieser Studie heißt es wörtlich: "The test is safe" (S. 745, rechte Spalte). Mit sehr geringer Wahrscheinlichkeit kann es aber zu Schwindelgefühlen, Ohnmacht, Panikattacken sowie anaphylaktischen Reaktionen kommen.

Sollten sich bei Ihnen Bedenken einstellen, dann ist ein Rücktritt von der Studie jederzeit ohne Angabe von Gründen möglich.

### **Datenschutz**

Sämtliche personenbezogenen Daten unterliegen der ärztlichen Schweigepflicht, werden zugriffssicher aufbewahrt und nur bei Anforderung an die zuständige Überwachungsbehörde weitergegeben. Auch die dort mit den Daten befassten Personen unterliegen der Schweigepflicht. Probanden, die einer Weitergabe personenbezogener Daten an die zuständige Überwachungsbehörde bzw. Versicherung nicht zustimmen, können nicht in die Studie eingeschlossen werden. Grundsätzlich werden alle während der Studie erstellten Aufzeichnungen und Daten gemäß den geltenden Datenschutzrichtlinien vertraulich behandelt.

### **Einverständniserklärung**

Ich habe die Informationen verstanden und hatte ausreichend Gelegenheit, dem aufklärenden Versuchsleiter weitere Fragen zu stellen. Ich wurde darauf hingewiesen, dass die Teilnahme an der Studie freiwillig ist.

Ich bin darüber aufgeklärt, dass ich jederzeit ohne Angabe von Gründen meine Zustimmung widerrufen kann.

Ich wurde auf die datenschutzrechtlichen Regelungen hingewiesen und bin mit der Aufzeichnung der im Rahmen dieser Studie an mir erhobenen Daten und ihrer anonymisierten Weitergabe zum Zwecke der Studienaushwertung und zur wissenschaftlichen Veröffentlichung einverstanden. Außerdem gestatte ich Mitarbeitern bzw. Beauftragten der zuständigen Überwachungsbehörden die Einsichtnahme in meine nicht-anonymisierten personenbezogenen Daten. Insoweit entbinde ich die mich betreuenden Ärzte ausdrücklich von ihrer Schweigepflicht.

Hiermit erkläre ich mich einverstanden, an der oben erläuterten Studie teilzunehmen und bestätige, dass bei mir zum Zeitpunkt des Experiments keine Schwangerschaft vorliegt.

Leipzig, .....

---

Proband (Name in Druckbuchstaben)

---

Versuchsleiter

## Fragebögen und Experimentinstruktionen

### Profile Of Mood States (POMS)

Persönlicher Code: .....

Datum: .....

#### POMS

Sie finden nachstehend eine Liste mit Wörtern, die verschiedenartige Gefühle oder Gefühlszustände beschreiben. Bitte lesen Sie sorgfältig jedes einzelne Wort und setzen Sie dann in der Spalte ein Kreuz ein, die am besten beschreibt, wie Sie sich jetzt gerade fühlen. Bitte lassen Sie keine Zeile aus!

	überhaupt nicht	sehr schwach	schwach	etwas	ziemlich	stark	sehr stark	
1 zornig	<input type="checkbox"/>	10						
2 abgeschlafft	<input type="checkbox"/>	11						
3 unglücklich	<input type="checkbox"/>	12						
4 lebhaft	<input type="checkbox"/>	13						
5 unsicher	<input type="checkbox"/>	14						
6 lustlos	<input type="checkbox"/>	15						
7 traurig	<input type="checkbox"/>	16						
8 aktiv	<input type="checkbox"/>	17						
9 gereizt	<input type="checkbox"/>	18						
10 verdneßlich	<input type="checkbox"/>	19						
11 betrübt	<input type="checkbox"/>	20						
12 energisch	<input type="checkbox"/>	21						
13 ängstlich	<input type="checkbox"/>	22						
14 hoffnungslos	<input type="checkbox"/>	23						
15 überreizt	<input type="checkbox"/>	24						
16 müde	<input type="checkbox"/>	25						
17 verärgert	<input type="checkbox"/>	26						
18 entmutigt	<input type="checkbox"/>	27						

	überhaupt nicht	sehr schwach	schwach	etwas	ziemlich	stark	sehr stark
19 neidisch	<input type="checkbox"/>						
20 fröhlich	<input type="checkbox"/>						
21 verbittert	<input type="checkbox"/>						
22 erschöpft	<input type="checkbox"/>						
23 schwermütig	<input type="checkbox"/>						
24 verzweifelt	<input type="checkbox"/>						
25 träge	<input type="checkbox"/>						
26 hilflos	<input type="checkbox"/>						
27 ermattet	<input type="checkbox"/>						
28 munter	<input type="checkbox"/>						
29 wütend	<input type="checkbox"/>						
30 schwungvoll	<input type="checkbox"/>						
31 schlecht gelaunt	<input type="checkbox"/>						
32 minderwertig	<input type="checkbox"/>						
33 erschreckt	<input type="checkbox"/>						
34 tatkräftig	<input type="checkbox"/>						
35 entkräftet	<input type="checkbox"/>						

Vielen Dank!

### Experimentinstruktionen mit Emotions- und Bekanntheitsfragebogen

Der nachfolgende Fragebogen diene als Übung für die Teilnehmer zur Einweisung in die Bearbeitung der Emotions- und Bekanntheitsfragebögen. Im Experiment erfolgte nach jedem gespielten Titel (Musikstück / Zwölftonfolge) eine Einschätzung des emotionalen Zustandes, die hier in den Instruktionen, welche für die Experimental- und Kontrollgruppe identisch waren, beispielhaft gezeigt wurde.

#### Instruktion

In dem folgenden Experiment werden Sie verschiedene Musikstücke hören, deren Wirkung Sie anschließend bewerten sollen.

Während des Hörens sollen Sie das Metrum (also den Takt) des Musikstückes (so gut es Ihnen möglich ist) auf einer speziellen Box mitklopfen. Dabei kommt es nicht auf Perfektion an. Vielmehr dient uns die Aufzeichnung Ihres Klopfens als Kontrolle dafür, ob Sie der Musik zugehört haben.

Sollte Sie die Musik in irgend einer Weise ansprechen, berühren oder zum Mitmachen animieren, so dürfen und sollen Sie sich gern von ihr einladen lassen.

Die Musikstücke werden fortlaufend präsentiert, wobei nach jedem eine kurze Pause gegeben wird, in welcher Sie bewerten sollen, wie Sie sich während des Hörens gefühlt haben. Der Versuch startet direkt mit einer kurzen „Ruhephase“, seien Sie also nicht verwundert, wenn Sie nicht sofort zu Beginn Musik hören.

Abgesehen von den Pausen, in denen Sie Ihre Bewertung abgeben, sollen Sie während des ganzen Experimentes Ihre Augen geschlossen halten. Ebenso müssen Sie während dieser Zeit ruhig liegen. Auf keinen Fall dürfen Sie größere Bewegungen durchführen (außer die für die Bewertung oder das Klopfen notwendigen).

Es gibt einen Signalton, dessen Bedeutung Sie kennen müssen. Diesen stellen wir Ihnen jetzt vor.

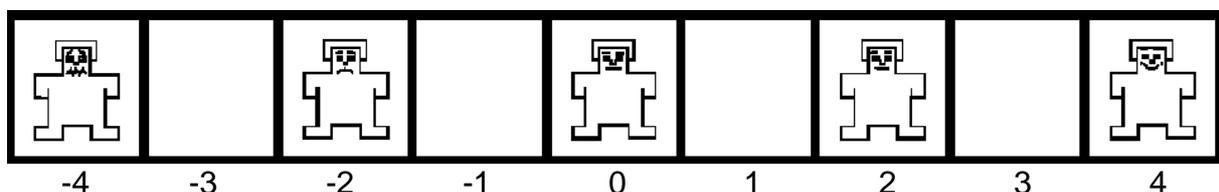
Dieser kurze Piepton signalisiert das Ende des musikalischen Stimulus und damit die Aufforderung, eine Einschätzung darüber abzugeben, wie Sie sich während des gerade gehörten Musiktitels gefühlt haben.

Dazu präsentieren wir auf den folgenden Seiten verschiedene Skalen, welche Sie bitte mit der Ihnen gegebenen Tastbox beantworten.

Beim Hören dieses Tones können Sie ihre Augen öffnen, um die Darstellungen auf dem Bildschirm zu sehen. Bitte schließen Sie Ihre Augen nach Beendigung der Einschätzung wieder.

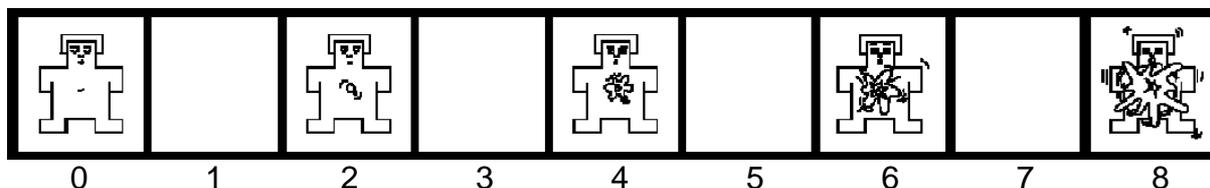
Geben Sie bei den folgenden zwei Abbildungen bitte die Ziffer jener Figur (bzw. desjenigen Feldes) ein, die am besten Ihren Zustand beschreibt. Sie können dabei die Felder mit oder ohne Figuren auswählen.

*unangenehm/angenehm*



*Erregungszustand*

Der Begriff Erregung meint hier sowohl freudige, positive Erregung als auch negative (wie z. B. Ärger).



Geben Sie auf jeder der sechs folgenden Skalen bitte an, wie intensiv Sie die genannten Emotionen *fröhlich, ärgerlich, angeekelt, ängstlich, traurig, überrascht* während des soeben gehörten Musikstückes erlebt haben (für jede der 6 Emotionen jeweils eine Einschätzung).

0	1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---	---

gar nicht

äußerst  
intensiv

Geben Sie nun bitte an, wie gut Sie das soeben gehörte Musikstück bereits kennen. Wie gut kennen Sie das Musikstück?

0	1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---	---

gar nicht

sehr gut

Bitte achten Sie (wenn möglich) beim Musikhören darauf, ob Sie durch die gehörte Musik eine Gänsehaut bekommen.

Im letzten Teil der Bewertung werden Sie nun aufgefordert, durch Eingabe einer Zahl (0-8) die Häufigkeit einer solchen anzugeben.

Dabei entspricht die 1. Taste links der 0!

Wie oft hatten Sie Gänsehaut oder das Gefühl, dass Ihnen ein Schauer über den Rücken läuft?

Damit haben Sie das Ende der Bewertung erreicht.

Zu Übungszwecken jetzt die Bewertung noch einmal ohne Kommentare, also genauso wie im Experiment.

Bitte beschreiben Sie mit Hilfe der Figuren und der Emotionsskalen, wie Sie sich jetzt im Moment gerade fühlen.

Beachten Sie bitte auch, dass Sie insgesamt nur 40 Sekunden Zeit haben, um die Antworten zu geben!

Danke, wir sind am Ende der Übung angekommen.

### 8.3 Statistische Kennwerte

#### *Musik und Emotionen*

**Tabelle 8.3-1:** Voraussetzung der Normalverteilung (Kolmogorov-Smirnov-Z,  $p_{K-S}$ ) und der Varianzhomogenität (F, df,  $p_L$ ) getrennt für die Experimental- (EG) und die Kontrollgruppe (KG) für die Emotions- und Bekanntheits-Rating-Mittelwerte über das gesamte Experiment

Rating	Gruppe	Kolmogorov-Smirnov-Z	$p_{K-S}$	F	df	$p_L$
Valenz	EG	0,754	0,621	4,753	1	0,031
	KG	0,895	0,399			
Erregung	EG	0,606	0,857	0,106	1	0,746
	KG	0,492	0,969			
Freude	EG	0,698	0,714	1,021	1	0,314
	KG	0,660	0,776			
Ärger	EG	1,607	0,011	55,724	1	<0,001
	KG	1,145	0,145			
Ekel	EG	2,414	<0,001	69,180	1	<0,001
	KG	1,547	0,017			
Angst	EG	2,347	<0,001	90,890	1	<0,001
	KG	1,744	0,005			
Trauer	EG	1,822	0,003	42,205	1	<0,001
	KG	1,259	0,084			
Überraschung	EG	0,767	0,598	1,431	1	0,234
	KG	1,105	0,174			
Bekanntheit	EG	0,991	0,280	2,888	1	0,091
	KG	1,954	0,001			
Chills	EG	1,858	0,002	16,447	1	<0,001
	KG	2,056	<0,001			

**Tabelle 8.3-2:** Anstieg (a), Schnittpunkt mit der y-Achse (b), Korrelationskoeffizient nach Pearson (r) und Bestimmtheitsmaß ( $r^2$ ) der linearen Regressionsberechnung für die SAM-Dimensionen Valenz und Erregung, getrennt dargestellt für die Experimental- (EG) und die Kontrollgruppe (KG)

Rating	Gruppe	a	b	r	$r^2$
Valenz	EG	-0,044	2,485	-0,478	0,229
	KG	-0,032	-0,017	-0,222	0,049
Erregung	EG	0,020	2,452	0,201	0,040
	KG	0,002	2,857	0,021	<0,001

### Musik und aktuelle Stimmung

**Tabelle 8.3-3:** Voraussetzung der Normalverteilung (Kolmogorov-Smirnov-Z,  $p_{K-S}$ ) und der Varianzhomogenität (F, df,  $p_L$ ) getrennt für die Experimental- (EG) und die Kontrollgruppe (KG) und die beiden Messzeitpunkte („Prä“: M1, „Post“: M2) für die 4 POMS-Skalensummen

POMS-Skala	Messzeitpunkt	Gruppe	Kolmogorov-Smirnov-Z	$p_{K-S}$	F	df	$p_L$
Niedergeschlagenheit	M1	EG	1,471	0,026	0,557	1	0,457
		KG	1,863	0,002			
	M2	EG	1,969	0,001	11,261	1	0,001
		KG	1,865	0,002			
Müdigkeit	M1	EG	1,179	0,124	1,423	1	0,235
		KG	1,299	0,068			
	M2	EG	0,714	0,687	6,667	1	0,011
		KG	0,980	0,292			
Tatendrang	M1	EG	0,974	0,299	0,367	1	0,546
		KG	0,817	0,517			
	M2	EG	0,644	0,802	5,077	1	0,026
		KG	0,877	0,425			
Missmut	M1	EG	2,215	<0,001	0,672	1	0,414
		KG	2,522	<0,001			
	M2	EG	2,415	<0,001	6,085	1	0,015
		KG	2,114	<0,001			

**Tabelle 8.3-4:** Voraussetzung der Normalverteilung (Kolmogorov-Smirnov-Z,  $p_{K-S}$ ) und der Varianzhomogenität (F, df,  $p_L$ ) getrennt für die Experimental- (EG) und die Kontrollgruppe (KG) für die 4 POMS-Skalendifferenzen (Messzeitpunkt 2 – Messzeitpunkt 1)

POMS-Skalendifferenz	Gruppe	Kolmogorov-Smirnov-Z	$p_{K-S}$	F	df	$p_L$
Niedergeschlagenheit	EG	1,220	0,102	0,082	1	0,775
	KG	1,462	0,028			
Müdigkeit	EG	0,646	0,798	0,790	1	0,376
	KG	1,173	0,128			
Tatendrang	EG	0,728	0,664	1,249	1	0,266
	KG	0,970	0,304			
Missmut	EG	2,223	<0,001	12,073	1	0,001
	KG	1,578	0,014			

**Stress- und Immunparameter****Tabelle 8.3-5:** Voraussetzung der Normalverteilung (Kolmogorov-Smirnov-Z,  $p_{K-S}$ ) und der Varianzhomogenität (F, df,  $p_L$ ) getrennt für die Experimental- (EG) und die Kontrollgruppe (KG) und die 6 Messzeitpunkte (M1 – M6) für die Mittelwerte des Noradrenalins

Noradrenalin-Messzeitpunkt	Gruppe	Kolmogorov-Smirnov-Z	$p_{K-S}$	F	df	$p_L$																																														
M1	EG	0,783	0,571	0,473	1	0,493																																														
	KG	0,595	0,871				M2	EG	1,238	0,093	0,016	1	0,900	KG	0,890	0,406	M3	EG	0,925	0,360	1,206	1	0,274	KG	1,018	0,251	M4	EG	0,919	0,367	3,144	1	0,078	KG	0,996	0,275	M5	EG	0,882	0,418	0,309	1	0,580	KG	0,813	0,522	M6	EG	1,047	0,223	0,833	1
M2	EG	1,238	0,093	0,016	1	0,900																																														
	KG	0,890	0,406				M3	EG	0,925	0,360	1,206	1	0,274	KG	1,018	0,251	M4	EG	0,919	0,367	3,144	1	0,078	KG	0,996	0,275	M5	EG	0,882	0,418	0,309	1	0,580	KG	0,813	0,522	M6	EG	1,047	0,223	0,833	1	0,363	KG	0,929	0,354						
M3	EG	0,925	0,360	1,206	1	0,274																																														
	KG	1,018	0,251				M4	EG	0,919	0,367	3,144	1	0,078	KG	0,996	0,275	M5	EG	0,882	0,418	0,309	1	0,580	KG	0,813	0,522	M6	EG	1,047	0,223	0,833	1	0,363	KG	0,929	0,354																
M4	EG	0,919	0,367	3,144	1	0,078																																														
	KG	0,996	0,275				M5	EG	0,882	0,418	0,309	1	0,580	KG	0,813	0,522	M6	EG	1,047	0,223	0,833	1	0,363	KG	0,929	0,354																										
M5	EG	0,882	0,418	0,309	1	0,580																																														
	KG	0,813	0,522				M6	EG	1,047	0,223	0,833	1	0,363	KG	0,929	0,354																																				
M6	EG	1,047	0,223	0,833	1	0,363																																														
	KG	0,929	0,354																																																	

**Tabelle 8.3-6:** Voraussetzung der Normalverteilung (Kolmogorov-Smirnov-Z,  $p_{K-S}$ ) und der Varianzhomogenität (F, df,  $p_L$ ) getrennt für die Experimental- (EG) und die Kontrollgruppe (KG) und die 6 Messzeitpunkte (M1 – M6) für die Mittelwerte des Leptins

Leptin-Messzeitpunkt	Gruppe	Kolmogorov-Smirnov-Z	$p_{K-S}$	F	df	$p_L$																																														
M1	EG	1,001	0,269	2,307	1	0,131																																														
	KG	1,562	0,015				M2	EG	1,388	0,043	0,218	1	0,642	KG	1,487	0,024	M3	EG	1,268	0,080	0,751	1	0,388	KG	1,441	0,031	M4	EG	1,214	0,105	0,072	1	0,788	KG	1,461	0,028	M5	EG	1,241	0,092	0,540	1	0,464	KG	1,340	0,055	M6	EG	1,208	0,108	0,582	1
M2	EG	1,388	0,043	0,218	1	0,642																																														
	KG	1,487	0,024				M3	EG	1,268	0,080	0,751	1	0,388	KG	1,441	0,031	M4	EG	1,214	0,105	0,072	1	0,788	KG	1,461	0,028	M5	EG	1,241	0,092	0,540	1	0,464	KG	1,340	0,055	M6	EG	1,208	0,108	0,582	1	0,447	KG	1,362	0,049						
M3	EG	1,268	0,080	0,751	1	0,388																																														
	KG	1,441	0,031				M4	EG	1,214	0,105	0,072	1	0,788	KG	1,461	0,028	M5	EG	1,241	0,092	0,540	1	0,464	KG	1,340	0,055	M6	EG	1,208	0,108	0,582	1	0,447	KG	1,362	0,049																
M4	EG	1,214	0,105	0,072	1	0,788																																														
	KG	1,461	0,028				M5	EG	1,241	0,092	0,540	1	0,464	KG	1,340	0,055	M6	EG	1,208	0,108	0,582	1	0,447	KG	1,362	0,049																										
M5	EG	1,241	0,092	0,540	1	0,464																																														
	KG	1,340	0,055				M6	EG	1,208	0,108	0,582	1	0,447	KG	1,362	0,049																																				
M6	EG	1,208	0,108	0,582	1	0,447																																														
	KG	1,362	0,049																																																	

**Tabelle 8.3-7:** Voraussetzung der Normalverteilung (Kolmogorov-Smirnov-Z,  $p_{K-S}$ ) und der Varianzhomogenität (F, df,  $p_L$ ) getrennt für die Experimental- (EG) und die Kontrollgruppe (KG) und die 6 Messzeitpunkte (M1 – M6) für die Mittelwerte des Somatostatins

Somatostatin-Messzeitpunkt	Gruppe	Kolmogorov-Smirnov-Z	$p_{K-S}$	F	df	$p_L$
M1	EG	1,146	0,144	0,171	1	0,680
	KG	1,084	0,191			
M2	EG	1,093	0,184	1,497	1	0,223
	KG	1,218	0,103			
M3	EG	1,111	0,169	4,791	1	0,030
	KG	1,309	0,065			
M4	EG	1,425	0,035	6,639	1	0,011
	KG	1,093	0,184			
M5	EG	1,482	0,025	14,320	1	<0,001
	KG	1,052	0,218			
M6	EG	1,410	0,038	3,671	1	0,058
	KG	1,343	0,054			

**Tabelle 8.3-8:** Voraussetzung der Normalverteilung (Kolmogorov-Smirnov-Z,  $p_{K-S}$ ) und der Varianzhomogenität (F, df,  $p_L$ ) getrennt für die Experimental- (EG) und die Kontrollgruppe (KG) und die 6 Messzeitpunkte (M1 – M6) für die Mittelwerte des TNF- $\alpha$

TNF- $\alpha$ -Messzeitpunkt	Gruppe	Kolmogorov-Smirnov-Z	$p_{K-S}$	F	df	$p_L$
M1	EG	0,872	0,433	1,283	1	0,260
	KG	1,241	0,092			
M2	EG	1,170	0,129	2,537	1	0,114
	KG	0,663	0,772			
M3	EG	2,476	<0,001	2,685	1	0,104
	KG	0,837	0,485			
M4	EG	0,659	0,777	0,001	1	0,971
	KG	0,948	0,330			
M5	EG	0,780	0,577	0,031	1	0,861
	KG	1,447	0,030			
M6	EG	0,974	0,298	0,459	1	0,500
	KG	0,770	0,593			

## 8.4 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei den Personen herzlich bedanken, die mir bei der Anfertigung dieser Dissertation geholfen haben.

Zunächst gilt ein großer Dank Herrn **Prof. Dr. Ulrich Sack** für die Überlassung des Themas und die gute Betreuung. Mein Dank geht auch an Herrn **Prof. Dr. Stefan Koelsch**, welcher immer sofort ansprechbar war und gute Hilfestellungen bei den Auswertungen gegeben hat.

Meinem Mitdoktoranden Herrn **Maximilian G. Hohenadel** danke ich sehr für die gute Zusammenarbeit bei den Experimenten und den Auswertungen.

Weiterhin bedanke ich mich sehr bei Frau **Ines Nitsche**, die beim Anlegen der EKGs und bei der Bearbeitung der Blutproben große Hilfe geleistet hat. Genauso danke ich Frau **Tiina Kalda**, die beim Durchführen der Experimente gute Unterstützung leistete.

Besonderer Dank geht an Herrn **Dr. Ronny Enk**, der die ärztliche Überwachung der Experimente übernahm und bei statistischen Fragestellungen eine große Hilfe war.

Ebenfalls möchte ich mich beim Laborteam des Max-Bürger-Forschungszentrums bedanken, dabei ganz besonders bei Frau **Katrin Bauer**, die mit ihrer Hilfe eine wesentliche Stütze bei der Durchführung der ELISAs war.

Ganz besonderer Dank gilt ebenfalls der Musikgruppe, die mich wesentlich unterstützte, dabei vor allem Frau **Kristiane Werrmann**, die uns mit dem Einbestellen von Probanden sehr viel Arbeit abnahm.

Nicht zuletzt möchte ich **meinen Eltern** für ihre emotionale Unterstützung und dafür danken, dass sie mir das Medizinstudium ermöglicht haben.

## 8.5 Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne unzulässige Hilfe angefertigt habe. Ich habe keine anderen als die von mir angegebenen Hilfsmittel genutzt und alle aus diesen Quellen und von anderen Personen übernommenen Gedanken, die in dieser Arbeit verwendet wurden oder auf welche direkt Bezug genommen wurde, habe ich als solche kenntlich gemacht. Ich versichere, dass Dritte von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen und dass die vorgelegte Arbeit weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder in ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde zum Zweck einer Promotion oder eines anderen Prüfungsverfahrens vorgelegt wurde. Es wurden insbesondere alle Personen genannt, die direkt an der Entstehung der vorliegenden Arbeit beteiligt waren.

Leipzig, 14.03.2011

---

Unterschrift

## **8.6 Lebenslauf**