

**Aus dem Institut für Medizinische Psychologie
der Universität Tübingen**

**Verbesserte Interozeption
bei professionellen Sängern und Streichern**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin**

**der Medizinischen Fakultät
der Eberhard Karls Universität
zu Tübingen**

vorgelegt von

Schirmer-Mokwa, geb. Mokwa, Katharina Lea

2018

Dekan: Professor Dr. I. B. Autenrieth

1. Berichterstatter: Professor Dr. Dr. hc. mult. N. Birbaumer
2. Berichterstatter: Professor Dr. S. Völter-Mahlknecht

Tag der Disputation: 18.04.2018

* Für Merlin und Chiara-Lea *

Inhaltsverzeichnis

1. Theorie 7

- 1.1. Einleitung 7
- 1.2. Interozeption 10
 - 1.2.1. Begriffsbestimmung und -eingrenzung aus persönlichkeitspsychologischer und neuroanatomischer Sicht 10
 - 1.2.2. Kardiovaskuläre Interozeption 13
 - 1.2.3. Multisensorische Integration - Lernen, Musizieren, Training 15
 - 1.2.4. Neuroanatomie der Interozeption 19
 - 1.2.5. Interozeption und Emotionen 20
- 1.3. Auftrittsangst 22
- 1.4. Körperarbeit und Entspannungsverfahren 25
- 1.5. Hypothesen 26

2. Material und Methoden 27

- 2.1. Probanden 28
- 2.2. Online-Befragung Teil 1 30
 - 2.2.1. Fragebogen zur Erfassung dispositionaler Selbstaufmerksamkeit (Filipp & Freudenberg 1989) 30
 - 2.2.2. State-Trait-Angstinventar (Trait) (Spielberger, Gorsuch & Lushene 1970) 32
 - 2.2.3. NEO-Fünf-Faktoren Inventar (Extraversion) (Borkenau & Ostendorf 1994) 33
 - 2.2.4. Bühnenangstfragebogen für Musiker (Fehm, Hille & Becker 2002) 34
 - 2.2.5. Demographischer Fragebogen 35
- 2.3. Praktischer Testteil - EKG-Biofeedback-Test 36
 - 2.3.1. Material 36
 - 2.3.2. Elektrokardiographie (EKG): Aufnahme und Verarbeitung 36
 - 2.3.3. Versuchsablauf 37
- 2.4. Online-Befragung Teil 2 38
 - 2.4.1. Allgemeine Depressionsskala (Hautzinger, Bailer, Hofmeister & Keller 2012) 38
 - 2.4.2. Pain Vigilance and Awareness Questionnaire (McCracken 1997) 39
- 2.5. Statistische Analysen 41
 - 2.5.1. Gruppenanalysen 41
 - 2.5.1.1. Musikalische Erfahrung 41
 - 2.5.1.2. Interozeptionsgenauigkeit 41
 - 2.5.1.3. Psychometrische Tests und Selbsteinschätzung 42
 - 2.5.1.4. Korrelationsanalysen 43

2.5.2. Regressionsanalysen 43

3. Ergebnisse 44

- 3.1. Ergebnisse der Gruppenanalysen 44
 - 3.1.1. Musikalische Erfahrung 44
 - 3.1.2. Interozeptionsgenauigkeit 44
 - 3.1.3. Aufmerksamkeitskontrolle 45
 - 3.1.4. Selbsteinschätzung und psychometrische Tests 46
 - 3.1.5. Korrelationsanalysen 46
- 3.2. Ergebnisse der Regressionsanalysen 50

4. Diskussion 53

- 4.1. Interozeption und Musikausübung 54
- 4.2. Psychologische Wechselbeziehungen 59
- 4.3. Stärken und Schwächen der Untersuchung 63

5. Zusammenfassung 64

6. Literaturverzeichnis 66

7. Erklärung zum Eigenanteil der Dissertationsschrift 85

8. Veröffentlichungen 86

Anhang 87

Danksagung 93

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abb.1 (S. 12): aus: Vaitl D (1995): Interozeption: ein neues interdisziplinäres Forschungsfeld, in: *Psychologische Rundschau*, Vol. 46, S. 171 – 185, Hogrefe, Göttingen.

Abb.2 (S. 45): aus: Schirmer-Mokwa KL, Fard PR, Zamorano AM, Finkel S, Birbaumer N und Kleber BA (2015): Evidence for Enhanced Interoceptive Accuracy in Professional Musicians, in: *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, Vol. 9, Art. 349.

Abb.3 (S. 53): aus: Schirmer-Mokwa KL, Fard PR, Zamorano AM, Finkel S, Birbaumer N und Kleber BA (2015): Evidence for Enhanced Interoceptive Accuracy in Professional Musicians, in: *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, Vol. 9, Art. 349.

Tab.1 – 5 (S. 48 ff.): aus: Schirmer-Mokwa KL, Fard PR, Zamorano AM, Finkel S, Birbaumer N und Kleber BA (2015): Evidence for Enhanced Interoceptive Accuracy in Professional Musicians, in: *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, Vol. 9, Art. 349.

1. Theorie

1.1. Einleitung

Musik ist ein essentieller Bestandteil unserer Lebens und unserer Kultur. Musik gehört zum menschlichen Dasein seit Urzeiten und diente dabei den unterschiedlichsten Zielen. Durch Musik kann unter anderem kommuniziert werden, verschiedenste Anlässe in allen Kulturen dieser Welt sind ohne Musik und ihre Wirkung auf uns nicht vorstellbar, weil oft erst durch sie die wesentliche Bedeutung eines Ereignisses erfahrbar wird. Musik regt zur Bewegung, zum Tanz oder zur Entspannung an, sie kann sogar therapeutisch genutzt werden. Eine Bandbreite von „Einsatzmöglichkeiten“ von Stammesritualen mit höchst komplizierten Rhythmen bei Naturvölkern, über die sogenannte „klassische“ Musik der westlichen Kultur bis hin zur heutigen Pop-Kultur eröffnet dabei auch eine Vielzahl an spannenden Themen für kultur- bzw. musikwissenschaftliche Arbeiten.

Gleichzeitig haben Musiker aber auch das Interesse der neurowissenschaftlichen Forschung geweckt.¹ Musizieren stellt eine Tätigkeit dar, die in ihrer Komplexität seinesgleichen sucht. Verschiedenste Sinneseindrücke müssen gleichzeitig, multimodal verarbeitet und integriert werden, wobei feinste sensomotorische Arbeit geleistet wird. Damit dies gelingt, bedarf es ausgeklügelter und bestens funktionierender sensomotorischer und kognitiver Verknüpfungen. Damit bildet das Musizieren einen ausgezeichneten Rahmen zum Erforschen dieser komplexen Leistung.

Durch die Entwicklung von Positronen-Emissions-Tomographie und funktioneller Magnetresonanztomographie wie auch von elektrophysiologischen Untersuchungsverfahren wie Elektro- und Magnetenzephalographie können neuronale Veränderungen am Gehirn direkt untersucht werden. Daraus ergeben sich Rückschlüsse zu funktionaler und struktureller Neuroplastizität. Anhand der vielschichtigen Anforderungen beim Musizieren können mit Hilfe dieses besonderen Modells Erkenntnisse zu den neuronalen Veränderungen, die mit multimodaler Integration,

¹ Herholz & Zatorre (2012), Schlaug (2015).

Lernen, Training und Expertise einhergehen, gewonnen werden. Verhaltens- und Lernmechanismen, aber auch Mechanismen für das Entstehen von Kognitionen und Emotionen können so erforscht werden:

Was geschieht eigentlich beim Musizieren? Was bewirkt kontinuierliches, professionelles Üben (Training) mit dem Instrument oder der eigenen Stimme auf neuronaler und auch auf Verhaltensebene? Und wofür können wir dieses Wissen nutzen?

Aus dem Körperinneren empfängt ein Mensch eine Vielzahl von Signalen auf bewusster wie unbewusster Ebene. Die Wahrnehmung dieser Signale nennt man Interozeption. Beim Musizieren müssen Signale aus vielen verschiedenen Kanälen, aus der Umwelt wie aus dem Körperinneren, ver- und bearbeitet werden. Extero- wie Interozeption müssen also zu Höchstleistung auflaufen und es müssen (unter anderem) audio-motorische, taktil-motorische, taktil-auditorische und auditorisch-kognitive Rückkopplungen beachtet werden.

Als besonderes neuroanatomisches Korrelat für die Interozeption hat sich in verschiedenen Studien die Aktivität der anterioren Inselregion herausgestellt. Sie ist offensichtlich eine grundlegende Schaltstelle für multimodale Integration, beeinflusst so alltägliche, aber essenzielle, ja existenzielle Funktionen wie Lernen, Gedächtnis, Entscheidung, Stimmungsregulation, Sprache und auch das Immunsystem sowie den Schlaf und ist dadurch für die Aufrechterhaltung einer inneren Homöostase wesentlich.² Unabhängig vom musiker-spezifischen Probandengut hat sich - passend dazu - ein Zusammenhang zwischen der Interozeptionsfähigkeit und Persönlichkeitsfaktoren wie Angst, Panik oder auch Depression nachweisen lassen.

Das wiederum führt zu der Frage, was Emotionen und Gefühle eigentlich sind. Hierzu wurden verschiedene Theorien aufgestellt - eine kurze Übersicht hierüber folgt weiter unten.

² Flynn et al. (1999).

Daneben gibt es noch einen weiteren Aspekt Berufsmusiker als Forschungsziel oder gar spezielle Patientengruppe wahrzunehmen: Zu Unrecht spielten sie in der Medizin lange Zeit eine untergeordnete Rolle, die Musikermedizin hat sich erst in den letzten Jahrzehnten als selbstständiger Bereich etabliert. Dabei können Musiker, nicht anders als zum Beispiel Sportler, an speziellen, teils seltenen und dabei meist sehr belastenden, da die Berufsausübung direkt bedrohenden, Symptomen und Beschwerden leiden.

Abgesehen von Beschwerden am Bewegungsapparat, die den größten Teil Instrumentalspiel-assoziiierter Beschwerden bei den Instrumentalisten ausmachen, suchen Musiker in den musikermedizinischen Sprechstunden oft auch eine Beratung oder Therapie aufgrund von Lampenfieber oder dessen verschärfter Form, der Auftrittsangst.

Professionelles Musizieren erfordert von Berufsmusikern in psychologischer Hinsicht zwei auf den ersten Blick gegensätzliche Fähigkeiten: Auf der einen Seite stehen Instrumentalisten und Sänger regelmäßig auf der Bühne im Rampenlicht, was einen gewissen Grad an Extraversion und Extrovertiertheit voraussetzen mag. Im selben Augenblick verlangt das Musizieren aber auch, nicht nur um der Musik selbst Willen, die Fähigkeit zur Introspektion.

Was bedeutet dies für die professionelle Musikausübung? Und wie geht es dabei Sängern und Sängerinnen, die ihr Musikinstrument in sich tragen, deren gesamter Körper im Grunde ihr Musikinstrument ist? Besitzen sie eine stärkere interozeptive Wahrnehmung? Erhöht das Musizieren an sich das Körperbewusstsein durch das ständige sensomotorische Training am Instrument? Welche Rolle spielen dabei körperorientierte Verfahren und ihre Anwendung in Prävention und/oder Therapie? Möglicherweise kann die vorliegende Studie zur Klärung einiger dieser Fragen beitragen. Im Folgenden werden zunächst einzelne wichtige Begriffe vorgestellt und erläutert.

1.2. Interozeption

1.2.1. Begriffsbestimmung und -eingrenzung aus persönlichkeitspsychologischer und neuroanatomischer Sicht

Interozeption ist ein Teil der Körpererfahrung, die wiederum zusammen mit dem Selbst-Konzept und der sozialen Rolle eines Menschen einen wesentlichen Teil der Selbst-Organisation bildet. Nach Bielefeld (1986) kann der Gesamtkomplex "Körpererfahrung" als Gesamtheit aller erworbenen Erfahrungen mit dem eigenen Körper (kognitiv, affektiv, bewusst und unbewusst) gesehen werden, welche sich wie folgt in verschiedene Teilaspekte aufteilen lässt:

1. Körperschema: perzeptiv-kognitive Leistungen bezüglich des eigenen Körpers (neurophysiologisch)
2. Körperbild: emotional-affektive Leistungen (psychologisch-phänomenologisch)
3. Körperorientierung: Extero-/Interozeption inkl. kinästhetische Wahrnehmung
4. Körperbewusstsein: psychische Repräsentation des Körpers bzw. seiner Teile im Bewusstsein des Individuums; die auf den eigenen Körper gerichtete Aufmerksamkeit
5. Körperausdehnung: Einschätzen von Größenverhältnissen/der räumlichen Ausdehnung
6. Körperausgrenzung: Erleben von Körpergrenzen (zur Umwelt)
7. Körpererkenntnis: faktische Kenntnis von Bau und Funktion des eigenen Körpers inkl. Rechts-Links-Unterscheidung
8. Körpereinstellung: speziell (Un-)Zufriedenheit mit dem eigenen Körper (dessen Aussehen, Gesamtheit des Körpers)

All diese Faktoren beeinflussen unser eigenes Selbst-Bild, unsere Selbsttheorie und damit auch zum Teil unsere Selbstwirksamkeit. Die Interozeption selbst, als Wahrnehmung des Körperinneren, stellt dabei nur einen kleinen Teilaspekt dar.

Zunächst lohnt es sich auch die Begriffe *Körperbewusstsein* und *Körperwahrnehmung*, die mittlerweile in vielfältigen Zusammenhängen und dabei nicht immer eindeutig benutzt werden, klarer zu definieren. Nach Steinmüller (2007) kann Körperbewusstsein (engl. „body consciousness“) als Wahrnehmen eines Ist-Zustandes ohne weitere Beeinflussung von Bewegungen oder Handlungen gesehen werden. Die Körperwahrnehmung oder auch *Körperbewusstheit* (engl. „body awareness“) dagegen stellt eine "situationsbezogene körperliche Aufmerksamkeit, die nach innen oder außen gerichtet sein kann"³, dar und die sich auf Verhalten, Denken, Fühlen und Handeln im Sinne eines Prozesses bezieht. Insgesamt entspricht der Begriff der *Körperwahrnehmung* in Bielefelds Versuch einer Aufteilung in die verschiedenen Aspekte der Körpererfahrung am ehesten der *Körperorientierung*.

Unter Interozeption versteht man also die Wahrnehmung von Signalen aus dem Körperinneren, wobei der Begriff sich wiederum in die Unterbegriffe *Propriozeption* und *Viszerozeption* unterteilen lässt. Der Teilbereich der Propriozeption (Stellungssinn plus Bewegungssinn plus Kraftsinn), welcher für die Wahrnehmung von Informationen aus Haut und Bewegungsapparat zuständig ist, ist dabei bewegungsbezogen und ermöglicht ein Bewusstsein über die "Handlungsfähigkeit des Körpers".⁴ Die sogenannte Viszerozeption dagegen gibt uns Auskunft über die Tätigkeit unserer inneren, viszeralen Organe (Eingeweide bzw. Hohlorgane). Diese somatische Wahrnehmung kann, muss aber nicht, unsere Emotionen und Gedanken beeinflussen und verändern (wenn beispielsweise Herzrasen oder zitternde Hände als Angst interpretiert werden)⁵ und ereignet sich jeweils in An- oder auch Abwesenheit von anderen, externen Stimuli.⁶ Externe und interne Signale stehen dabei in einer Wechselbeziehung zueinander und erfordern multisensorische Integration, um gemeinsam zur Körperwahrnehmung beitragen können.⁷

Viszerale Signale machen sich dabei durch einfache physiologische Vorgänge wie Dehnung, Kontraktion und andere niederfrequente Zustandsänderungen bemerkbar und

³ Steinmüller (2007), S. 17.

⁴ Ebenda.

⁵ Bielefeld (1986): S. 105, Craig (2002 und 2003).

⁶ Michael et al. (2015).

⁷ Aspell et al. (2013); Craig (2009b); Simmons et al. (2013); Suzuki et al. (2013).

das meist auch nur in bestimmten Situationen, z.B. bei Entzündungen. Sie werden über afferente Leitungsbahnen aus den viszeralen Organen über den Thalamus in die somatosensorischen Areale 1 und 2 der Großhirnrinde geleitet. Ihre Aufgabe ist es „die Homöostase im viszeralen Milieu aufrechtzuerhalten und die Organfunktionen an die aktuellen Bedürfnisse anzupassen.“⁸

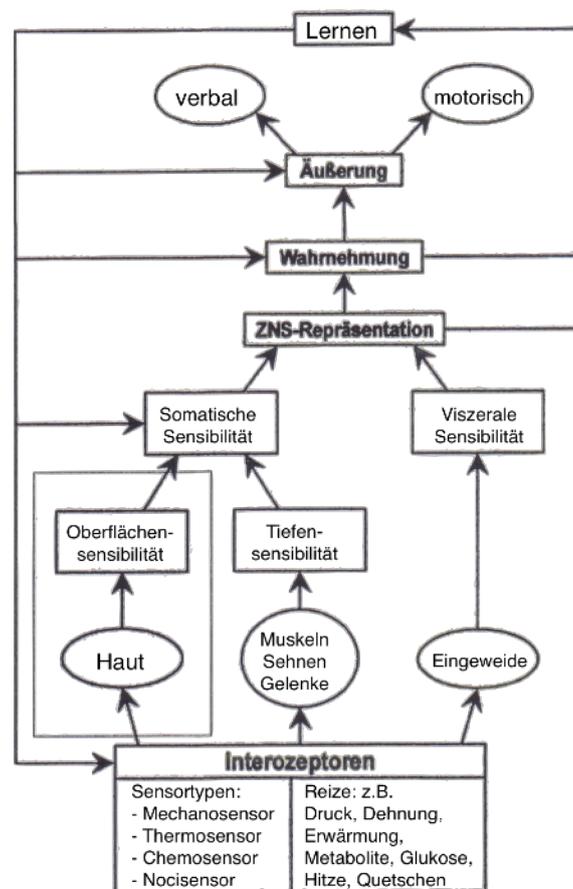


Abb. 1: Darstellung der wichtigsten Instanzen und Funktionen, die an der Interozeption beteiligt sind (modifiziert nach Birbaumer & Schmidt, 1990), aus: Vaitl (1995), S. 174.

Die Interozeptionsforschung trägt dadurch zu Erkenntnissen in den Bereichen Schmerzforschung, Symptomwahrnehmung, Angstreaktionen, psychophysiologische Störungen, Lernen, Entspannungstechniken etc. bei. Untersuchungen zur Interozeption

⁸ Vaitl (1995): S. 173.

bezogen sich allerdings bisher hauptsächlich auf die Viszerozeption und dabei meist auf das kardiovaskuläre, das respiratorische und das gastrointestinale System. Da auch die vorliegende Studie mit einer Aufgabe zur Wahrnehmung des Herzschlages arbeitet, beschränken sich die weiteren Ausführungen lediglich auf die kardiovaskuläre Interozeption.

1.2.2. Kardiovaskuläre Interozeption

Die afferente Innervation des Herzens erfolgt über Mechanosensoren, die über den N. vagus laufen und die dazu dienen Dehnungsreize aus den Vorhöfen weiterzuleiten. Hierdurch wird (zusammen mit Drucksensoren in den Gefäßen) das Blutvolumen den aktuellen Erfordernissen angepasst und so der Blutdruck reguliert. Durch die Kontraktion des Herzens während der Systole kommt es zu einem mechanischem Reiz, der bis in die höchsten kortikalen Hirnareale weitergeleitet wird. Außerdem führt die mechanische Herztätigkeit zu einer Reizung von Mechanosensoren in der direkten Umgebung des Herzens, z.B. an Muskeln, Sehnen, Gelenken, an der Wirbelsäule, Haut und Bindegewebe. Eine Fernwirkung erreicht der Herzschlag durch die Pulswellen, die durch den Körper wandern und in der Peripherie vor allem durch Pacini-Körperchen registriert werden. Dies alles passiert in der Regel mehr oder weniger unbewusst. Durch Steigerung der Herztätigkeit oder durch gezieltes Training kann der Herzschlag aber bewusst wahrgenommen werden.

Die Hypothese, dass kardiale Interozeption vor allem auch durch Mechanosensoren ausgelöst wird, findet eine Bestätigung in der Feststellung, dass körperlich gut oder zumindest mittelgradig trainierte Probanden eine bessere Herzschlagwahrnehmung zu haben scheinen als körperlich untrainierte⁹ und Männer eine bessere als Frauen.¹⁰ Als kardiovaskuläres Korrelat konnte der Impuls durch das pro Systole ausgeworfene Blutvolumen identifiziert werden, welcher bei größeren bzw. trainierten Herzen offenbar deutlicher wahrnehmbar erscheint.¹¹

⁹ Montgomery et al. (1984).

¹⁰ Katkin et al. (1981).

¹¹ Vaitl (1995).

Außerdem wird die Kardiozeption durch weitere Faktoren wie die Herzratenvariabilität und natürlich die Herzfrequenz beeinflusst: je regelmäßiger und langsamer der Puls, desto genauer die Herzschlagwahrnehmung.¹²

Der Ursprung der kardiovaskulären Interozeptionsforschung liegt in der Biofeedback-Forschung. Sie beschäftigt sich neben Bereichen wie der zentralnervösen Repräsentation kardiovaskulärer Prozesse, der Verhaltenskontrolle durch kardiovaskuläre Afferenzen, sowie Kardiozeption und Belastungsregulation auch mit der Herzwahrnehmung und deren Psychopathologie.

Im Biofeedback spielen die Wahrnehmung des Herzschlages und dessen Messung eine zentrale Rolle zur Verbesserung der Selbstkontrolle autonomer Funktionen, auch wenn mittlerweile erwiesen werden konnte, dass die Fähigkeit zur bewussten Diskrimination dieser autonomen Vorgänge keine alleinige Bedingung für deren Kontrolle darstellt.¹³

Für die Untersuchung der Kardiozeption standen in der Vergangenheit verschiedene Instrumente bereit:

1. Prozessferne Instrumente, wie z.B. Fragebögen, bei denen die Meinung der Probanden sehr subjektiv abgebildet wird und keine physiologischen Messwerte erhoben werden.
2. Prozessnahe Instrumente. Dies sind Testverfahren, wie das für diese Arbeit verwendete, wobei der Herzschlag wahrgenommen und gegebenenfalls zusätzlich mit einem externen Stimulus verglichen werden soll. Hierbei lassen sich wiederum Signal-Entdeckungsverfahren, Tracking-Verfahren und Signal-Diskriminationsverfahren unterscheiden.
3. Eine Mittelstellung nehmen Verfahren der ipsativen Skalierung des Belastungsempfindens ein, bei denen die Probanden durch das subjektive Anstrengungsgefühl während körperlicher Belastung indirekt Aussagen über ihre Herztätigkeit machen.

Prozessnahe Verfahren konnten dabei bislang die überzeugendsten Ergebnisse bieten.

¹² Knapp-Kline & Kline (2005).

¹³ Vaitl (1995).

Weiterhin konnte gezeigt werden, dass die Herzwahrnehmung tatsächlich auf der Sensitivität für den Herzschlag und nicht auf einer besonderen Fähigkeit zur exakten Zeiteinschätzung beruht, was insbesondere eine Rolle spielt, wenn wie in der vorliegenden Untersuchung Musiker getestet werden, die durch ihre Ausbildung ein gewisses Training, Bewusstsein und Können für rhythmische und zeitliche Abläufe erwarten lassen.¹⁴

Im Rahmen der Forschung bezüglich der zentralnervösen Repräsentation wurde außerdem gezeigt, dass es ca. 250 – 400 ms nach einer R-Zacke im EKG im zugehörigen EEG zu sogenannten Herzschlag-evozierten Potentialen kommt (v.a. in frontalen Bereichen des Kortex).¹⁵ Passend dazu werden in den üblichen Testverfahren (Signal-Diskrimination) Töne, die etwa 100 – 300 ms nach Detektion einer R-Zacke im EKG abgespielt werden, als synchron mit dem eigenen Herzschlag wahrgenommen¹⁶, Töne mit 500-600 ms Abstand zur R-Zacke dagegen als asynchron.¹⁷

1.2.3. Multisensorische Integration - Lernen, Musizieren, Training

Durch die Entwicklung hochauflösender bildgebender Untersuchungsmethoden können Hirnfunktionen so genau untersucht werden wie nie zuvor. Dadurch wurde klar, dass es nicht einzelne Hirnregionen sind, die spezifischem Verhalten zugeordnet werden können, sondern dass Verhalten von neuronalen Netzwerken abhängt, die durch Erfahrung und Umwelt geprägt werden und deren synaptische Verbindungen, morphologischer Aufbau und Neurotransmittersysteme sehr individuell sind. Donald O. Hebb, ein kanadischer Neuropsychologe, prägte 1949 den Begriff von “neuronalen Zellensembles”, einer “Ansammlung von Nervenzellen, die miteinander erregend (exzitatorisch) **stärker verknüpft** sind als die sie umgebenden Zellstrukturen und die für ein **bestimmtes Verhalten verantwortlich** sind: der Grad der Verknüpfung dieser elementaren Einheiten wird durch Lernen mitbestimmt.”¹⁸ Verantwortlich für die

¹⁴ Knoll & Hodapp (1992).

¹⁵ Vaitl (1995).

¹⁶ Brener et al. (1993), Ring & Brener (1992).

¹⁷ Wiens et al. (2000), Wiens & Palmer (2001).

¹⁸ Birbaumer & Schmidt (2010), S. 9.

Ausbildung solcher Zellensembles sind die sogenannten plastischen “Hebb-Synapsen”. Diese stärken die Verbindungen zwischen den prä- und postsynaptischen Elementen funktionell und anatomisch, wenn prä- und postsynaptische Neurone zeitgleich aktiviert werden (“Neurons that fire together wire together.”) Außerdem gilt: Je häufiger die Neurone simultan aktiv sind, desto stärker sind diese Verbindungen. Und: Je nachdem, wie oft und welche Neuronen simultan aktiv waren, entstehen bestimmte Verbindungsmuster in diesem neuronalen Netzwerk. Daraus folgt, dass jede gespeicherte Information mit einem bestimmten synaptischen Muster und einer bestimmten Verbindungsstärke assoziiert ist. Dies stellt mittlerweile das wesentliche Modell zur neurobiologischen Grundlage von Lernen und Gedächtnis und damit für die neuronale Plastizität dar. Weitere Möglichkeiten für Neuroplastizität sind Neurogenese und auch Nutzung schon existierender Verbindungen, die - ähnlich dem Hebb-Mechanismus - durch wiederholte Aktivierung verstärkt werden können. Dabei kommt es zur Oberflächenvergrößerung von Neuronen, Zunahme der Rezeptorenanzahl für verstärkte Transmitteraktivität, Zunahme von synaptischen Kontakten und zur verbesserten Transmitterfunktion (Bildung, Lagerung, Transport), was alles zur anatomischen Volumenzunahme der genutzten Hirnarealen führt (strukturelle Neuroplastizität). Kommt nun noch die Modulation der Verbindungen zwischen den einzelnen Hirnarealen hinzu, so wird ein Netzwerk größer, differenzierter und komplexer. Lernen entsteht so “durch eine Interaktion zwischen biologisch bzw. genetisch determinierten Rahmenbedingungen und Umwelterfahrungen“.¹⁹

Wendet man diese Überlegungen auf das aktive Musizieren mit all seinen Konsequenzen an, wird klar, warum Musiker ein exzellentes Beispiel für multisensorische Integration und Lernen darstellen. Beim aktiven Musizieren (nicht zu vergleichen jedoch mit bloßem Musikhören) werden viele verschiedene Sinnesqualitäten gleichzeitig in Anspruch genommen und entsprechende Hirnareale simultan aktiviert. Es werden regelmäßig viele unterschiedliche und sehr präzise, genauestens definierte motorische Programme geübt, dabei ununterbrochen

¹⁹ Jäncke L (2015): Musik und Hirnplastizität, in: Bernatzky & Kreuz (2015), S. 58.

somatosensorisch-taktil wahrgenommen und auditorisch und kognitiv überprüft. Im Falle des Notenlesens kommt noch die visuelle Komponente hinzu. So ergeben sich verschiedenste neuronale Rückkopplungsschleifen, die nicht nur für diese Leistung notwendig sind, jedes Üben regt auch wiederum dazu an, noch mehr synaptische Verbindungen anzulegen oder die vorhandenen zu stärken.

Dieses Prinzip für funktionelle Neuroplastizität führt beim Musizieren beispielhaft zu einer fokussierten Optimierung des Systems, als dessen Folge bevorzugt jene Neurone aktiv werden, die auch wirklich für die Kontrolle der geübten Funktion genutzt werden. Nach der Hebb-Regel werden bestimmte Neuronengruppen erst durch das Training und die spezifische Erfahrung zu einer neuen Neuronengruppe zusammengeschaltet (Netzwerkaufbau und -modulation).²⁰ Lotze et al. zeigten dies an zwei Gruppen mit professionellen und Amateur-Geigern. Die ökonomisierte audio-motorische Rückkopplung bei den Profis wurde hier als Basis für eine höherwertige Performance gesehen, da durch die Ökonomisierung, also Reduktion der Hirnaktivität auf bestimmte spezialisierte Areale (vor allem in den motorischen Bereichen), Ressourcen und Aufmerksamkeitskapazität in anderen Bereichen des Kortex für weiterreichende Aufgaben, präziseres und feineres Musizieren frei werden (z.B. präfrontal).²¹ Zusammengefasst zeigt sich dies neurophysiologisch “in stärkere(r) fokale(r) Aktivität, reduzierte(r) Aktivität in sekundären Arealen bei einfacheren Aufgaben und verteilte(r) Aktivität in größeren Netzwerken (...) bei komplexeren Expertise-Tätigkeiten.”²²

Dass in der Folge auch strukturelle Veränderungen als anatomisches Abbild dieser Expertise auftreten, konnte bei Musikern, die sich aufgrund der überdurchschnittlichen Trainingsdauer für solche Untersuchungen ausgezeichnet eignen, mehrfach belegt werden: So zeigten Elbert et al., dass die kortikalen Repräsentationen für die Finger der linken Hand (und zwar vor allem Zeigefinger bis kleiner Finger) bei Streichern signifikant größer sind als in einer Kontrollgruppe.²³ Hyde et al. fanden eine Zunahme

²⁰ Nach Jäncke L (2015): Musik und Hirnplastizität, in: Bernatzky & Kreutz (2015), S. 50.

²¹ Lotze et al. (2003); Birbaumer & Schmidt (2010), S. 788.

²² Bernatzky & Kreutz (2015), S.60.

²³ Elbert et al. (1995).

der grauen Substanz im Kindesalter schon nach 15 Monaten musikalischen Trainings: Es zeigten sich Volumenveränderungen im motorischen und auditorischen Kortex, aber auch in Bereichen, die für multimodale Integration beim Musizieren verantwortlich sein könnten.²⁴ Lappe et al. wiederum konnten zeigen, dass multimodales (in diesem speziellen Fall audio-motorisches) musikalisches Training zu stärkeren Veränderungen bezüglich der kortikalen Neuroplastizität führt als unimodales Training.²⁵ Dies gibt Hinweise darauf, dass Lernen grundsätzlich am besten multimodal funktioniert. Auch von Bangert et al. wurde eine bei Musikern verstärkte audio-sensomotorische Integration gefunden.²⁶

Das sensomotorische, im expliziten Fall der Musiker vor allem das audio-motorische, System mag ein besonders naheliegendes Beispiel für multimodale Integration darstellen. Die Ausbildung motorischer Fertigkeiten kann praktisch nicht ohne die Ausbildung sensorischer Fertigkeiten erfolgen. Aber auch die audio-visuelle Kopplung zeigt bei Musikern eine stärkere Verbindung, wie Paraskevopoulos et al. (2012b) feststellen konnten.²⁷

In einer weiteren Studie untersuchte diese Gruppe verschiedene Thesen zur Erklärung von durch multisensorisches Lernen induzierter Neuroplastizität.²⁸ Hier zeigte sich, dass es durch multimodales Lernen nicht nur Veränderungen an und zwischen unisensorischen Strukturen gibt, sondern dass es konkrete Hirnareale geben muss, die zur Integration von multimodalen Stimuli notwendig sind und welche durch multimodales Training modifiziert werden.

Als ein solches multimodales Integrationsareal konnte der anteriore Inselkortex (AIC) identifiziert werden.²⁹ Untersuchungen zeigten eine bei professionellen Musikern signifikant höhere Interaktionskapazität der anterioren Insel verglichen mit Nicht-Musikern.³⁰ Passend dazu konnten Kleber et al. die rechte anteriore Insel nicht nur als

²⁴ Hyde et al (2009).

²⁵ Lappe et al. (2008).

²⁶ Bangert et al. (2006).

²⁷ Paraskevopoulos et al. (2012b)

²⁸ Paraskevopoulos et al. (2012a)

²⁹ Seth (2013)

³⁰ Luo et al. (2012).

bedeutende Schaltstelle für die multisensorische Integration beim Singen identifizieren, sondern auch ihren, von individuellem Training abhängigen Einfluss auf Feedback- und Feedforward-Mechanismen hervorheben.³¹ Während sich professionelle Sänger unter Stimmlippen-Anästhesie auf ihr über lange Zeit geübtes motorisches Feedforward-Programm verlassen konnten (Tonhöhen wurden weiterhin zuverlässig getroffen) und eine während der Anästhesie verminderte Aktivität der rechten anterioren Insel aufzeigten, wiesen Nicht-Sänger eine verstärkte Aktivität dieser Region auf, was einer "Suche" nach sensorischem Input gleicht.

Musizieren nimmt also einen besonderen Stellenwert ein, da es auf einzigartige Weise eine reichhaltige multisensorische Erfahrung ermöglicht, welche Motorik, Sensorik und die multimodale Repräsentation im Gehirn von Musikern verändert. Auch wenn es naheliegt, wurde bislang jedoch noch nicht nachgewiesen, ob musikalisches Training explizit auch die interozeptive Wahrnehmung verbessert.

1.2.4. Neuroanatomie der Interozeption

Die Insel ist ein Teil des lateralen Kortex des Telencephalons. Sie wird während des Gehirnwachstums in die Tiefe verlagert und dann vom Operculum (Teile des Frontal-, Parietal- und Temporallappens) überlagert und ist daher beim ausgewachsenen menschlichen Gehirn von lateral nicht mehr einsehbar. Die Insel ist phylogenetisch ein altes Hirnareal und wird von den anderen Hirnteilen nach Innen abgedrängt.

Wie oben schon erwähnt, ist die Inselregion ein multisensorisches Kortexareal und stellt eine wesentliche Schaltstelle für Lage-, Bewegungs- und Schmerzwahrnehmung dar. Afferenzen erhält der Inselkortex unter anderem über die viszerosensible Bahn von Hirnnerven (dabei unter anderem dem Nervus vagus, der als viszerosensibler Nerv Informationen aus den Brusteingeweiden sendet), über die Ncl. tractus solitarii des Hirnstamms, die Formatio reticularis und den kontralateralen Ncl. ventralis posterior des Thalamus. Diese Bahn führt zur Inselrinde und zur Rinde des angrenzenden

³¹ Kleber et al. (2013).

frontalen Operculums, wo die Informationen zu Bewusstsein kommen.

Efferenzen sendet die Insel unter anderem als *viszeromotorische* Impulse an das Corpus amygdaloideum und den Hypothalamus bis zum Hirnstamm (z.B. Magensaftsekretion, Blutdruckanstieg).³²

Als multimodales Integrationsareal mit viszeralen und autonomen Verknüpfungen (auch mit olfaktorischen und gustatorischen Komponenten) trägt die Inselregion zur Wahrnehmung von sozialen Interaktionen und zur Entscheidungsfindung bei. Sie spielt eine bedeutende Rolle für Lernen und Gedächtnis sowie für die Wahrnehmung von Emotionen, da sie sich außerdem in einem sensorischen Netzwerk mit den limbischen Hirnarealen (z.B. mit Amygdala und Gyrus cinguli) befindet.³³ Weitere Verbindungen bestehen mit dem Hypothalamus und dem präfrontalen Kortex.

Innerhalb der Insel selbst scheint es einen Pfad zu geben von der posterioren Insel, wo die primäre interozeptive Repräsentation stattfindet, über die mittlere zur anterioren Insel, wo letztendlich die Verknüpfung mit motivationalen, sozialen und kognitiven Elementen erfolgt.³⁴ Craig beschreibt diese ständige Verarbeitung von Informationen aus dem Körperinneren (Interozeption) und ihre Integration mit Informationen aus bzw. über die aktuelle Umwelt sowie mit eben diesen motivationalen, sozialen und kognitiven Elementen als die Basis für die Wahrnehmung eines Selbst, also als Basis eines Selbstbewusstseins.³⁵ Als wichtigste Kontrollinstanz zur Aufrechterhaltung der physiologischen Homöostase, als ein primäres Ziel dieses Bewusstseins, sieht er dabei die kardiorespiratorische Aktivität.

1.2.5. Interozeption und Emotionen

Es gibt verschiedene Ansätze die Frage “Was sind Emotionen?” zu beantworten. Altenmüller schreibt dazu: “Beim Menschen versteht man unter einer Emotion ein Reaktionsmuster, das auf vier Ebenen wirksam wird: a.) als subjektives Gefühl, b.) als

³² Ebenda.

³³ Flynn et al. (1999).

³⁴ Craig (2009a).

³⁵ Ebenda.

motorische Äußerung, z.B. als Ausdrucksverhalten in Mimik, Gestik, und Stimme, c.) als physiologische Reaktion des autonomen Nervensystems, z.B. als Gänsehaut, und d.) als bewusste Bewertung.“ Dies zeigt die Vielschichtigkeit dieser menschlichen Erfahrung und führt zu zwei wesentlichen Kontroversen, die in der Vergangenheit geführt wurden: Gibt es so etwas wie “Basisemotionen” oder sind Emotionen von einem kognitiven Bewertungsprozess (“appraisal”) abhängig? Und: Entstehen Emotionen aufgrund peripher-physiologischer Einflussfaktoren - wie z.B. die motorische Äußerung oder die Reaktion des autonomen Nervensystems - oder durch eben einen solchen Bewertungsprozess im Gehirn? Nur auf die zweite Frage soll hier ein wenig näher eingegangen werden:

Von Platon über Aristoteles bis Descartes und Darwin beschäftigten sich seit Jahrhunderten Philosophen, Theologen, Psychologen und auch die Neurowissenschaftler mit der Frage nach den Gefühlen und Emotionen. Heute berufen wir uns auf die zwei wesentlichen, wenn auch gegensätzlichen Konzepte der James-Lange- und der Cannon-Bard-Theorie.³⁶ Zeitgleich mit William James (1842 - 1910) kam auch Carl Lange (1842 - 1900) zu der revolutionären Auffassung, dass Gefühle durch körperliche Veränderungen entstehen und dass die Empfindung dieser körperlichen Veränderungen das Gefühl selbst darstellt - so James³⁷ - bzw. dass Gefühle durch vasomotorische Reaktionen entstehen - so Lange.³⁸ Auch Antonio Damasio Theorie der somatischen Marker³⁹ steht heute in dieser Tradition. “Revolutionär” war diese Ansicht damals deshalb, da zuvor für eine lange Zeit eher davon ausgegangen wurde, dass Gefühle etwas sind, was im Gehirn entsteht und wodurch erst anschließend körperliche Reaktionen hervorgerufen werden. Walter Cannon (1871 - 1945) dagegen war ein starker Kritiker der (später sogenannten) James-Lange-Theorie: Er postulierte unter anderem, dass Emotionen entstehen wenn der Thalamus aufsteigende Signale an das Gehirn weiterleitet. Mit seinem Schüler Philip Bard stellte er die Theorie auf, dass körperliche und mentale Prozesse bei der Entstehung einer Emotion zeitgleich, aber

³⁶ Birbaumer & Schmidt (2010), S. 714.

³⁷ James (1884), S. 189f.

³⁸ Nach Gendron & Feldman Barrett (2009), S.9 und Critchley & Garfinkel (2015), S. 2.

³⁹ Damasio (2015).

unabhängig voneinander auftreten.

Mittlerweile konnte nachgewiesen, dass muskuläre Aktivität ein Hinweis auf Dauer und Stärke von subjektiven Gefühlen sein kann.⁴⁰ Critchley und Garfinkel verfolgen den Ansatz, dass das Entstehen von Emotionen mit Feedback aus dem kardiovaskulären System verbunden ist.⁴¹ Es konnte mittlerweile in etlichen Studien nachgewiesen werden, dass Interozeption in Zusammenhang mit Schmerz und emotionalen Erfahrungen⁴² steht und auch dem sogenannten “Bauchgefühl” zugrunde liegen könnte.⁴³ Des Weiteren spielt interozeptive Wahrnehmung eine Rolle sowohl bei der Entstehung von Angst und Depression⁴⁴ als auch bei der subjektiven Intensität einer Emotion⁴⁵, sodass anzunehmen ist, dass sie eine generelle Rolle für die Entstehung von Gefühlen spielt.⁴⁶ In mehreren Arbeiten wurde zudem eine Korrelation zwischen der Performanz in einer Herzschlag-Detektions-Aufgabe (als Maß für die Interozeption, s.o.), Aktivität in der anterioren Insel (insbesondere der rechten anterioren Insel, aber auch als Teil eines größeren Netzwerkes) und Emotionalität gefunden.⁴⁷

1.3. Auftrittsangst

Als Auftrittsangst wird im deutschen Sprachgebrauch eine extreme Form von Lampenfieber bezeichnet (engl. „stage fright“ oder „performance anxiety“). Während Lampenfieber in seiner günstigen Form als ein leistungsoptimierender Zustand gesehen werden kann, kann Auftrittsangst dazu führen, dass die Leistung eines Musikers auf der Bühne stark eingeschränkt, nur unter extremen psychischen Einschränkungen oder auch gar nicht mehr erbracht werden kann.

Auftrittsangst wird als Unterform der sozialen Phobien als sogenannte *isolierte* soziale Phobie gesehen, bei der sich der Angstzustand auf eine bestimmte Situation, nämlich

⁴⁰ Birbaumer & Schmidt (2015), S. 714.

⁴¹ Critchley & Garfinkel (2015).

⁴² z.B. Baumgartner et al. (2009); Critchley et al. (2001); Singer et al. (2004).

⁴³ Katkin et al. (2001).

⁴⁴ Critchley et al. (2004); Paulus & Stein (2010)

⁴⁵ Garfinkel & Critchley (2013); Wiens et al. (2000); Pollatos et al. (2007).

⁴⁶ Domschke et al. (2010).

⁴⁷ Critchley et al. (2004); Pollatos et al. (2007); Craig (2004).

die des Bühnenauftrittes, beschränkt - im Gegensatz zur *generalisierten* sozialen Phobie, bei welcher Angst bei vielen verschiedenen sozialen Aktivitäten auftreten kann.

Im Zentrum der Angst steht die Befürchtung, während des Auftrittes durch anwesende Personen negativ bewertet zu werden und sich zu blamieren. Dabei können vielfältige Symptome entstehen, wie Zittern, Schwitzen, Gedächtnisverlust, Übelkeit etc. Auch schon in den Wochen vor einem Auftritt kann ein Musiker durch angstgeprägte Gedanken bezüglich der Bühnensituation in depressive Zustände geraten.

Oftmals erscheint den Patienten selber diese Reaktion als unsinnig und übertrieben - trotzdem können sie ihr nicht entkommen.

Die Prävalenz von Auftrittsangst bei Musikern wird auf etwa 15-25% geschätzt, 25% davon leiden auch an über die Auftrittsangst hinausgehenden Ängsten.⁴⁸ Frauen sind von sozialen Phobien häufiger betroffen als Männer. 80% der Patienten entwickeln im Laufe ihres Lebens mindestens eine weitere psychische Erkrankung (neben weiterer Angsterkrankungen vor allem affektive Erkrankungen und Substanzmissbrauch).

Ätiologisch geht man von einem Zusammenspiel biologischer, psychologischer und sozialer Faktoren und Erfahrungen aus, Zwillingsstudien lassen auch einen moderaten genetischen Einfluss vermuten. Neben anderen auslösenden und aufrechterhaltenden Faktoren (z.B. schlechte Auftrittserfahrungen in der Vergangenheit, überhöhte Leistungsansprüche etc.) spielt bei Patienten mit sozialer Phobie immer auch das „Konzept der erhöhten Selbstaufmerksamkeit“ eine Rolle, das heißt, die Patienten beschäftigen sich in einem verstärkten Maße mit sich, ihrem Auftreten und möglichen Angstreaktionen.

Nach Altenmüller⁴⁹ gibt es zwei neuronale Verschaltungswege, die bei Auftrittsangst in Frage kommen: Der erste, direkte Weg verläuft über Thalamus, Amygdala, Hypothalamus und periaquäduktales Grau. Durch diesen Weg werden Adrenalin und Noradrenalin freigesetzt, die so den sympathischen Anteil des vegetativen Nervensystems stimulieren. Studien lassen vermuten, dass bei sozialen Phobien „eine Dysfunktion serotonerger Projektionen vom Hirnstamm zu den Amygdalae und zum

⁴⁸ Spahn et al. (2011): S. 153.

⁴⁹ Spahn et al. (2011): S. 152.

frontalen Kortex vorliegt.“⁵⁰

Der zweite, wesentlich langsamere Verschaltungsweg beinhaltet die Beteiligung der sensorischen und assoziativen Kortices und schließt somit über den Hippocampus Bewusstsein und Gedächtnisbildung mit ein.

Auftrittsangst kann auf vier Ebenen wahrgenommen werden: Emotion, Kognition, Verhalten und Körper. Die *emotionale* Ebene reagiert mit „panischer Angst, Überforderung und der Empfindung des Ausgeliefertseins“⁵¹, manchmal auch Scham. Auf der *kognitiven* Seite stehen z.B. Gedankenkreisen oder Katastrophisieren, beispielsweise wird davon ausgegangen, dass die Eigen- mit der Fremdwahrnehmung übereinstimmt und das Publikum die Symptome genauso feststellen kann wie der Musiker auf der Bühne selber. Auf der *Verhaltensebene* entwickeln Patienten häufig ein Vermeidungsverhalten, indem sie die Angst auslösenden Situationen versuchen zu meiden. Dies verstärkt einen sich selbst aufrecht erhaltenden Teufelskreis der Angst. Auf der *körperlichen* Ebene zeigen sich bei Streichern zum Beispiel Bogenzittern, schweißige Hände, bei Sängern Mundtrockenheit, bei Bläsern beispielsweise unkontrollierter Atem, aber auch Atemnot und Schwindel bis hin zur Hyperventilation können auftreten.

Ein Zusammenhang zwischen erhöhter Herzfrequenz und Auftrittsangst konnte in verschiedenen Studien nicht nachgewiesen werden.⁵² Den häufig verordneten Beta-Blockern zur Bekämpfung der Symptome der Auftrittsangst konnte bislang keine überzeugende Wirkung nachgewiesen werden, auch wenn sie nachweislich die körperlichen Symptome der Auftrittsangst lindern. Als Mittel der ersten Wahl zur medikamentösen Therapie von sozialen Phobien gelten heute SSRI (z.B. Escitalopram oder Paroxetin), allerdings liegen zur Verwendung speziell bei Musikern bislang keine ausreichenden Daten vor. Eine kognitiv-behaviorale Verhaltenstherapie, die der medikamentösen Therapie keinesfalls unterlegen ist, verspricht nach neuester Datenlage eine längerfristige Stabilisierung, was aber durch weiterführende Studien weiter

⁵⁰ Lieb et al. (2012): S. 243.

⁵¹ Spahn et al. (2011): S. 156.

⁵² Spahn et al. (2011) und Iñesta et al. (2008).

überprüft werden muss.

Im *Freiburger multimodalen Behandlungsmodell* werden dagegen auch tiefenpsychologische Ansätze mit lerntheoretischen, verhaltens- und körpertherapeutischen (hier insbesondere der Feldenkrais-Therapie) Ideen verknüpft, um so ein umfassendes Therapiekonzept anbieten zu können.

1.4. Körperarbeit und Entspannungsverfahren

Musizieren stellt an den Körper hohe Anforderungen an Koordination, Flexibilität, und Kraft, genauso wie an Ausdauer, sowie Schnelligkeit, Präzision und Beweglichkeit, welche oft über das normale Maß hinaus bis an physiologische Grenzen gehen. Deswegen gelten eine gute Körperwahrnehmung sowie ein positives Körpergefühl als Grundvoraussetzungen für eine langfristige und gesunde Ausübung des Musikerberufes. Eine gute Körperwahrnehmung kann helfen Überlastungsbeschwerden und Schmerzen durch ökonomische Spielbewegungen vorzubeugen oder auch rechtzeitig zu erkennen.⁵³ Körperorientierte Ansätze haben meist als Ziel die Körperwahrnehmung, feinmotorische Kontrolle, sowie die Koordination und dadurch Haltung und Bewegungen zu verbessern, weswegen sie zur Vorbeugung und Behandlung von musikerspezifischen Erkrankungen von Musikern häufig in Anspruch genommen und in der musikermedizinischen Behandlung empfohlen werden (z.B. Feldenkrais, Alexandertechnik, Ideokinese, Dispokinesis, Atemtherapie). Entspannungsverfahren wie Autogenes Training und Progressive Muskelrelaxation nach Jacobsen werden dabei vor allem auch in der Behandlung von Auftrittsangst eingesetzt. Beim Autogenen Training wird dabei auch eine spezielle Herzübung eingesetzt („Mein Herz schlägt ruhig und regelmäßig.“).

⁵³ Spahn et al. (2011): S. 36.

1.5. Hypothesen

Noch konnte anhand bislang vorliegender Daten nicht nachvollzogen werden, ob verstärkte multisensorische Integration die interozeptive Wahrnehmung im Allgemeinen oder auch als Funktion eines speziellen Trainings wie zum Beispiel Singen oder Instrumentalspiel fördert.

Die Fähigkeit der Interozeption wurde eigentlich als ein relativ stabiles Persönlichkeitsmerkmal angesehen.⁵⁴ In entsprechenden Untersuchungen konnte selbst explizites Training von nach innen gerichteter Aufmerksamkeit (zum Beispiel durch Meditation) die Interozeption nicht überzeugend verbessern⁵⁵, neuere Studien lassen jedoch vermuten, dass die Selbstaufmerksamkeit durch Integration von auf das Selbst bezogenen exterozeptiven Signalen beeinflusst bzw. verbessert werden kann.⁵⁶ In der Zusammenschau stellt musikalisches, also multisensorisches, Training mit intero- und (auf das Selbst bezogenen) exterozeptiven Signalen also ein ideales Forschungsgebiet für diese Frage dar:

In der vorliegenden Arbeit werden Unterschiede in der interozeptiven Präzision zwischen professionellen Sängern, Streichern und Nicht-Musikern untersucht. Hierfür wurde ein etabliertes Untersuchungsmodell zur Wahrnehmung des eigenen Herzschlages angewendet.⁵⁷ Außerdem wurde diesbezüglich der modulatorische Einfluss von verschiedenen Persönlichkeitseigenschaften wie Neigung zu Angst, Depression oder Extraversion, sowie von (subjektiver) interozeptiver Sensibilität (Selbsteinschätzung der Probanden, Wachsamkeit bezüglich Schmerz und Selbstaufmerksamkeit) bewertet bzw. ausgeschlossen.⁵⁸ Bezugnehmend auf die Ergebnisse früherer Studien wurde damit berücksichtigt, dass eine höhere interozeptive Sensibilität mit stärkerer Ängstlichkeit (Trait-Angst), aber auch mit weniger stark ausgeprägten depressiven Symptomen einhergehen kann.⁵⁹

Entsprechend diesen Überlegungen wurden für die vorliegende Arbeit die in Abschnitt 2

⁵⁴ Ainley et al. (2013), Schandry (1981).

⁵⁵ Daubenmier et al. (2013); Khalsa et al. (2008).

⁵⁶ Ainley et al. (2013), Suzuki et al. (2013).

⁵⁷ Critchley et al. (2004).

⁵⁸ Garfinkel et al. (2013).

⁵⁹ Domschke et al. (2010); Stevens et al. (2011).

(Material und Methoden) vorgestellten psychometrischen Tests ausgewählt.

Als Haupthypothese der Studie wurde angenommen, dass eine langjährige, kontinuierliche Musikausbildung und das dadurch erfolgende sensomotorische Training die Interozeptionsfähigkeit - unabhängig von psychischen und sonstigen persönlichen Einflussfaktoren - fördert. Dadurch, dass Sänger ihr „Instrument“ natürlicherweise nur spüren und hören können, wurde bei ihnen eine noch höhere Interozeptionsfähigkeit als bei den Streichern erwartet. Des Weiteren wurde zunächst auch davon ausgegangen, dass professionelle Künstler einen höheren Grad an Extraversion zeigen als Menschen, die nicht beruflich bedingt regelmäßig öffentlich auftreten.

2. Material und Methoden

Für die hier vorgestellte Studie wurde zur Erfassung der Interozeption bei Sängern, Streichern und Nicht-Musikern ein EKG-Biofeedback-Test als Signal-Diskriminationsverfahren angewendet⁶⁰ und dessen Ergebnisse in Kombination mit verschiedenen Selbst-Auskunfts-Fragebögen, die nach den oben genannten Gesichtspunkten ausgewählt worden waren (s. 1.5. Hypothesen), analysiert.

Alle Fragebögen wurden mit Hilfe der Internet-Plattform „cleverbridge/Questback“ bearbeitet und den Probanden online zur Verfügung gestellt.

Der Zeitraum der Untersuchungen erstreckte sich von Juni 2013 bis Februar 2015.

Das Studienprotokoll war zuvor von der zuständigen Ethikkommission der Universität Tübingen genehmigt worden.

⁶⁰ Critchley et al. (2004).

2.1. Probanden

Die Rekrutierung der Studienstichprobe erfolgte durch persönliche Ansprache, durch das Verteilen von Flyern und anschließend auch durch das „Schneeballprinzip“ über schon aktive Teilnehmer, dabei zu einem großen Teil auch über Email-Kontakt. So wurden direkt und indirekt 158 potentielle Testpersonen angesprochen (97 Sänger, 30 Streicher und 31 Nicht-Musiker). Zusätzlich ergab sich eine nicht genau definierbare Anzahl an über vermittelnde Drittpersonen angesprochenen Sängern und Nicht-Musikern. Insgesamt wurden jedoch weit über 200 mögliche Probanden über die Studie informiert. Sie alle wurden persönlich und/oder mittels eines Informationsblattes über Inhalte, Ziele und Methoden in Kenntnis gesetzt. Personen, die sich daraufhin schriftlich mit der Teilnahme an unserer Studie einverstanden erklärten und ausreichende Deutsch-Kenntnisse vorweisen konnten, erhielten nach Mitteilung Ihrer Email-Adresse und Aufnahme in den Verteiler auf der „cleverbridge/Questback“-Plattform einen personalisierten Link, über den sie zu der Fragebogen-Sammlung gelangten.

21 Sänger, 25 Streicher und 24 Nicht-Musiker (insg. 70 Probanden) erhielten auf diese Weise Zugang zur Studie. Davon beendeten 49 Teilnehmer (17 Sänger, 19 Streicher, 14 Nicht-Musiker) die erste Fragebogenrunde komplett, von diesen wiederum konnten 39 Probanden zum EKG-Biofeedback-Test eingeladen werden. Aufgrund technischer Probleme während des Testablaufs, musste eine Messung abgebrochen werden. Es konnten letztendlich 38 Teilnehmer in die vorliegenden Analysen einbezogen werden. Diese 38 Teilnehmer konnten abschließend auch alle für die zweite Fragebogenrunde gewonnen werden. Alle am EKG-Test teilnehmenden Probanden wurden entsprechend vergütet.

Die 38 Probanden verteilten sich, basierend auf ihren musikalischen Vorkenntnissen, wie folgt auf die drei Studiengruppen: 13 professionelle klassische Sänger (Durchschnittsalter: 27 Jahre; SD = 3,6; 46% weiblich), 12 professionelle Streicher (Durchschnittsalter 25,3 Jahre; SD = 2,6; 50% weiblich) und 13 Nicht-Musiker

(Durchschnittsalter: 27,7 Jahre; SD = 3,5; 54% weiblich).

Die Probanden der Gruppe „Sänger“ (bestehend aus 3 Sopranen, 4 Mezzo-Sopranen, 3 Tenören, 1 Bariton und 2 Bässen) begannen im Schnitt mit 17,3 Jahren mit offiziellem und professionellem Gesangsunterricht (Range: 10 - 22 Jahre; SD = 2,84) und waren zu Beginn ihres Studiums an einer Musikhochschule im Durchschnitt 20,9 Jahre alt (Range: 15 - 26 Jahre). Die Zeit seit dem ersten geregelten Gesangsunterricht bis zur Befragung betrug im Schnitt 9,7 Jahre (Range 5 - 16 Jahre).

Die Probanden der Gruppe „Streicher“ (bestehend aus 5 Violinisten, 3 Bratschisten und 4 Cellisten) begannen dagegen mit einem geregelten Instrumentalunterricht auf ihrem Instrument schon im Durchschnittsalter von 6,75 Jahren (Range: 5 - 8 Jahre; SD = 0,97) und waren bei ihrem Eintritt in eine Musikhochschule im Schnitt 18,1 Jahre alt (Range: 14 - 21 Jahre). Im Schnitt spielten sie ihr Instrument bis zur Befragung seit 18,5 Jahren (Range: 14 - 23 Jahre).

Die geschätzte wöchentliche Übedauer betrug bei den Sängern im Schnitt 12,4 Stunden (Range: 7 - 21 Stunden) und bei den Streichern 19,8 Stunden (Range: 10,5 - 35 Stunden).

Nicht-Musiker hatten nie in ihrem Leben für längere Zeit offiziellen oder auch inoffiziellen Instrumental- oder Gesangsunterricht erhalten.

Die akkumulierte Gesamtdauer des musikalischen Trainings bei den beiden Musikergruppen wurde geschätzt, indem wir die musikalische Erfahrung (basierend auf dem Alter, in dem mit geregelter Gesangs- bzw. Instrumentalunterricht begonnen worden war) mit der aktuellen durchschnittlichen wöchentlichen Spieldauer (berechnet anhand der Eigenanamnese aus der durchschnittlichen täglichen Spieldauer im vergangenen Monat) multiplizierten. Ausgehend von dieser groben Annäherung an die realen Werte, lässt sich sagen, dass Sänger bis zum Zeitpunkt dieser Studie im Durchschnitt etwa 6440 Stunden (Range: 2184 - 13104 Stunden; SD = 3673) und Streicher im Durchschnitt etwa 19367 Stunden (Range: 9282 - 36400 Stunden; SD = 9419) gespielt hatten, seit sie mit regeltem Unterricht begonnen hatten.

2.2. Online-Befragung Teil 1

2.2.1. Fragebogen zur Erfassung dispositionaler Selbstaufmerksamkeit (Filipp & Freudenberg 1989)

Was ist Selbstaufmerksamkeit? Im angloamerikanischen Sprachgebrauch wird zwischen „self-awareness“ und „self-consciousness“ unterschieden. Unter „self-awareness“ ist dabei ganz allgemein die Aufmerksamkeit einer Person auf sich selbst als Zustand zu verstehen, „self-consciousness“ dagegen soll ein Dispositionsmerkmal bezeichnen, das interindividuell unterschiedlich stark ausgeprägt sein kann. Im Deutschen wird diese Unterscheidung nicht gemacht - es wird grundsätzlich von „Selbstaufmerksamkeit“ gesprochen. Fenigstein, Scheier und Buss (1975) stellten dafür ursprünglich weitere Überlegungen an: Eine hohe Selbstaufmerksamkeit im Sinne von „self-consciousness“ manifestiert sich demnach

- a) „in der gedanklichen Beschäftigung mit dem eigenen gegenwärtigen, vergangenen oder künftigen Verhalten,
- b) in einer hohen Sensibilität für eigene Gefühlszustände,
- c) in dem Gewährsein eigener positiver wie negativer Eigenschaften,
- d) in introspektiven Aktivitäten,
- e) in der Tendenz, Vorstellungsbilder und Phantasien über die eigene Person zu generieren,
- f) in dem Gewahren der eigenen körperlichen Erscheinung und Darstellung nach außen sowie
- g) in einer starken Besorgnis ob der Bewertung, die man durch andere erfährt“.⁶¹

Diese Punkte führten zur amerikanischen „Urversion“ des sogenannten „SAM“-Fragebogens, der „Self-consciousness Scale“. Der SAM-Fragebogen wurde von S.-H. Filipp und E. Freudenberg als Erweiterung dieser Überlegungen entwickelt, um die dispositionale Selbstaufmerksamkeit als Persönlichkeitseigenschaft genauer zu untersuchen. Der Test erfasst dabei die Tendenz, die eigene Person in den Fokus der

⁶¹ Filipp & Freudenberg (1989), S.5.

Aufmerksamkeit zu rücken, wobei unterschieden werden kann, ob eher persönliche (z.B. Emotionen, Affekte, „Wer bin ich?“) oder für die Außenwelt offensichtliche Aspekte (z.B. äußeres Erscheinungsbild, „Wie wirke ich?“) im Zentrum der selbstbezogenen Aufmerksamkeit stehen. Die in der ursprünglichen Untersuchung von Fenigstein et al. noch vorhandene dritte Komponente der sozialen Ängstlichkeit wurde aufgrund verschiedener Überlegungen nicht mehr mit einbezogen.

Die 27 Aussagen des Fragebogens stehen in der ersten Person und beziehen sich dementsprechend auf eine „private“ (13 Items) bzw. eine „öffentliche“ (14 Items) Selbstaufmerksamkeit (siehe Anhang).

Jede dieser Aussagen wird von den Probanden anhand einer abgestuften Skala von „sehr oft“ über „oft“, „ab und zu“, „selten“ bis zu „sehr selten“ bewertet. Auf der Skala für private Selbstaufmerksamkeit können 13 – 65 Punkte erreicht werden, für die öffentliche Selbstaufmerksamkeit sind es 14 – 70 Punkte.

Die Konsistenzmaße für verschiedene Stichproben liegen zwischen $r = 0,71$ und $r = 0,87$. Die Test-Retest-Zuverlässigkeit wird zwischen $r_{tt} = 0,72$ und $r_{tt} = 0,84$ angegeben.⁶² Hinsichtlich der Gütekriterien Reliabilität, Validität, Objektivität und Ökonomie als auch in den Itemstatistiken gilt der Fragebogen als ein zufriedenstellendes Messinstrument und hat sich dementsprechend in der deutschen Selbstaufmerksamkeitsforschung etabliert.

Zu unterscheiden ist die im SAM-Fragebogen gemessene Selbstaufmerksamkeit mit Maßen für Selbstwertgefühl oder Selbstwirksamkeit. Diesbezüglich gibt es keine nachgewiesenen Zusammenhänge. In einer Stichprobe „Erwachsene Normalbevölkerung“ konnte mit Hilfe einer Sekundäranalyse dagegen festgestellt werden, dass hohe Werte für sowohl die private als auch die öffentliche Selbstaufmerksamkeit mit sozialen Bedürfnissen nach Anlehnung, Anerkennung und Abhängigkeit einhergehen.

Zu beachten ist, dass in weitergehenden Analysen ein Unterschied zwischen privater und öffentlicher Selbstaufmerksamkeit nicht immer bestätigt werden konnte.⁶³

⁶² Filipp & Freudenberg (1989), S. 15.

⁶³ Ebenda, S. 22.

Außerdem konnte gezeigt werden, dass die Skala „private Selbstaufmerksamkeit“ durch eine Inhomogenität der Items nicht immer die erwarteten Ergebnisse liefert, was dadurch erklärt werden konnte, dass bestimmte Items (nämlich 1, 3, 13 und 23) eher nach einem zusätzlichen Faktor „Selbst-Kennntnis“ fragen und nicht nach „Selbstaufmerksamkeit im engeren Sinne“.⁶⁴ Dies gilt es bei Analysen von Ergebnissen zu beachten.

Interessant für die vorgelegte Arbeit ist weiterhin, dass in verschiedenen Studien ein Zusammenhang zwischen hoher Selbstaufmerksamkeit und „einer höheren Sensibilität für körperliche Vorgänge und gegebenenfalls (...) einer höheren Bereitschaft zu präventiven gesundheitsbezogenen Maßnahmen“⁶⁵ gefunden werden konnte.

2.2.2. State-Trait-Angstinventar (Trait) (Spielberger, Gorsuch & Lushene 1970)

Das State-Trait-Angstinventar (STAI) wurde entwickelt, um das „Trait-Modell“, das meist als Basis für Angstfragebögen diente, um das Modell der „State-Angst“ zu erweitern. Hierbei versucht das „Trait-Modell“ individuelle Unterschiede in der Neigung zu Angstreaktionen darzustellen, das „State-Modell“ jedoch beschreibt Angst als variablen, vorübergehenden Zustand. Es kann mittels des STAI also eine Unterscheidung von Angst als Zustand vs. Angst als Eigenschaft getroffen werden.

In unserer Studie, in der der Schwerpunkt auf grundlegenden Persönlichkeitsmerkmalen lag, fokussierten wir uns jedoch lediglich auf den Trait-Anteil des Fragebogens.

Die interne Konsistenz α liegt für beide Skalen bei 0,9. Retestreliabilitäten (nach 63 Tagen) liegen bei der Trait-Angstskala bei $r_{tt} = 0,77$ bis $r_{tt} = 0,9$.

Die kriterienbezogene Validität des Fragebogens wurde durch Korrelation mit anderen Testskalen (u.a. FPI) ermittelt.⁶⁶

Die einzelnen Aussagen werden von den Probanden auf einer Skala von „Fast nie“ über „Manchmal“ und „Oft“ bis „Fast immer“ bewertet.

⁶⁴ Hoyer & Kunst (2001).

⁶⁵ Filipp & Freudenberg (1989), S. 8.

⁶⁶ www.testzentrale.de → State-Trait-Angstinventar → Informationen (Feb. 2013).

2.2.3. NEO-Fünf-Faktoren Inventar (Extraversion) (Borkenau & Ostendorf 1994)

Die deutsche Variante des Fünf-Faktoren Inventars (NEO-FFI) von Borkenau und Ostendorf (1994) geht zurück auf das amerikanische „NEO-Five-Factor Inventory“ von Paul Costa und Robert McCrae (1989, 1992). Dieses wurde von Borkenau und Ostendorf sinngemäß ins Deutsche übersetzt und umfangreichen Prüfungen unterworfen. Das sehr ökonomische Verfahren erfasst die zentralen Persönlichkeitsmerkmale Neurotizismus, Extraversion, Offenheit für Erfahrung, Verträglichkeit und Gewissenhaftigkeit. Das Original umfasst 60 Fragen, von denen sich je 12 auf die genannten Bereiche beziehen. Für unsere Fragestellung beschränkten wir uns lediglich auf das Persönlichkeitsmerkmal der Extraversion, weswegen hier nur auf diesen Teil Bezug genommen werden soll. Die einzelnen Items stehen in der ersten Person. Die Abstufungen der Bewertungsskala sind „Starke Ablehnung“, „Ablehnung“, „Neutral“, „Zustimmung“ und „Starke Zustimmung“. Es können Summenwerte zwischen 0 und 48 Punkten erreicht werden.

Die Retest-Stabilität der Skala für Extraversion liegt bei 0,81, es kann also davon ausgegangen werden, dass durch die Skala ein überdauerndes Persönlichkeitsmerkmal untersucht wird. In der Faktorenanalyse konnte außerdem nachgewiesen werden, dass alle Items das gewünschte Merkmal „Extraversion“ abbilden. In einer Analyse von Bekanntenbeurteilungen konnten zudem je nach Testablauf konvergente Validitäten von 0,43 bzw. 0,62 ermittelt werden.

Laut Borkenau und Ostendorf sind „Probanden mit hohen Werten in *Extraversion* (...) gesellig, aktiv, gesprächig, Personen-orientiert, herzlich, optimistisch und heiter. Sie mögen Anregungen und Aufregungen.“⁶⁷ Zu Bedenken ist, dass daraus nicht automatisch der Rückschluss auf „Introversion“ als das direkte Gegenteil gezogen werden sollte, (...) „das Hauptcharakteristikum ist vielmehr der Wunsch allein zu sein“⁶⁸. Introversion könnte besser als ein „Nicht-Vorhandensein“ von Extraversion gesehen werden anstatt deren Gegenteil. Introvertierte sind weder automatisch

⁶⁷ Borkenau & Ostendorf (1994), S. 5.

⁶⁸ Ebenda, S. 28.

unglücklich oder pessimistisch, noch als sozial ängstlich einzuschätzen. Die Eigenschaft der Introspektion/Selbstreflexion wird beim NEO-FFI dem Faktor *Offenheit für Erfahrung* zugeordnet, der in dieser Studie nicht untersucht wurde. Für Merkmale wie Selbstaufmerksamkeit und Ängstlichkeit wurden für diese Studie andere Fragebögen genutzt.

2.2.4. Bühnenangstfragebogen für Musiker (Fehm, Hille & Becker 2002)

Der Bühnenangstfragebogen (BAF) von Fehm, Hille und Becker (2002) wurde in der vorliegenden Untersuchung selbstverständlich nur den beiden Gruppen der Streicher und Sänger vorgelegt.

Die deutsche Version des Fragebogens beruft sich auf den „Performance Anxiety Questionnaire (PAQ) von Cox und Kenardy (1993). Jeweils zehn Aussagen zu körperlichen und kognitiven Symptomen der Angst sollen von der Testperson für zwei verschiedene Situationen, nämlich „Solistischer Auftritt“ und „Ensemble/Orchesterauftritt“, entsprechend bewertet werden (eine dritte Skala für Übungssituationen wurde nicht vom englischen Original in die deutsche Version übernommen, da hier keine relevanten Angstzustände nachgewiesen werden konnten⁶⁹). Hierbei wird jeweils auf einer Skala unterschieden zwischen „nie“, „selten“, „manchmal“, „häufig“ und „immer“. Die Skalensummenwerte liegen entsprechend zwischen 20 und 100 Punkten für beide Auftrittssituationen.

Anschließend wurde in unserer Untersuchung als offene Frage angeboten die persönlichen Strategien im Umgang mit Lampenfieber darzustellen.

Die Testanalysen für den Bühnenangstfragebogen ergaben „gute bis zufriedenstellende psychometrische Eigenschaften“⁷⁰ mit Werten für die innere Skalenskonsistenz (Cronbachs Alpha) von $\alpha = 0,88$ sowie einer Test-Retest-Reliabilität von $r_{tt} = 0,86$ für die Solo- bzw. $0,85$ für die Ensemble-Bedingung. Außerdem konnte eine Korrelation mit der Selbsteinschätzung der Bühnenangst von $r = 0,73$, sowie ein Zusammenhang

⁶⁹ Fehm & Hille (2005), S. 203.

⁷⁰ Ebenda, S. 203.

mit der auf eine Auftrittssituation bezogenen State-Skala des STAI von $r = 0,77$ gefunden werden.⁷¹

2.2.5. Demographischer Fragebogen

Der in dieser Arbeit verwendete Fragebogen zur Erhebung der demographischen Parameter lehnt sich an den „Body Perception Questionnaire“ von Porges (1993), sowie den „Musical aptitude questionnaire“ von Kleber et al. (2013) an. Der „Body Perception Questionnaire“ von Porges ist selbst ein umfangreicher Fragebogen zur Selbstwahrnehmung, der wiederum in fünf Untertests gegliedert: 1) Awareness, 2) Stress Response, 3) Autonomic Nervous System Reactivity, 4) Stress Style und 5) Health History Inventory. Ein großer Anteil der Gebiete konnte in der vorliegenden Studie mit original deutschsprachigen Fragebögen gut abgedeckt werden. Angelehnt an den fünften Teil („Health History Inventory“ plus „Demographics and Health Behavior Survey“) wurde als abschließender Teil der Umfrage ein demographischer Fragebogen entwickelt, der grundsätzliche Dinge wie Alter, Geschlecht oder Gewicht beinhaltet, jedoch auch Antworten zu musikalischem Lebenslauf, sportlicher Aktivität, Substanzkonsum und anderem enthält. Ziel war es, andere Einflussfaktoren auf die Fähigkeit zur Interozeption außerhalb der Musikausübung, wie zum Beispiel regelmäßiges Ausüben eines Körperbewusstseinstrainings, soweit es ging zu identifizieren und somit als weiteren möglichen Einflussfaktor zu beachten. Andererseits sollte die Möglichkeit gegeben sein, anhand der musikalischen Anamnese Unterschiede in der Dauer der Musikausbildung oder in der täglichen Übezeit in Verbindung mit der Fähigkeit zur Interozeption zu setzen.

⁷¹ Ebenda.

2.3. Praktischer Testteil - EKG-Biofeedback-Test

2.3.1. Material

Zur Durchführung des praktischen Testteils wurden folgende Geräte am Institut für Medizinische Psychologie und Verhaltensneurobiologie der Universität Tübingen verwendet:

- a) NeXus-10 (tragbares Bluetooth-Gerät der Firma MindMedia BV.; <http://www.mindmedia.info/>) mit Kabeln zur EKG-Ableitung;
- b) Laptop zur Erfassung der Daten, über Bluetooth mit NeXus-10 verbindbar;
- c) Handelsübliche EKG-Elektroden.

2.3.2. Elektrokardiographie (EKG): Aufnahme und Verarbeitung

Drei Elektroden (positiv, negativ, Erdung) wurden nach Einthoven (lead II) auf der Brust des Probanden platziert.

Die R-Zacken wurden mit Hilfe der „signal processing toolbox“ unter „MATLAB“ (Mathworks Inc., <http://www.mathworks.com/>) erfasst. Das EKG wurde mit einer Abtastfrequenz von 1000 Hz abgespeichert und die Daten alle 100 ms den Verarbeitungsroutinen von MATLAB übergeben. Auf die neu eingespeisten Daten wurde ein high-pass Filter angewendet (Butterworth). Eine einfache automatisierte Methode mit festgelegtem Schwellenwert wurde genutzt um den R-Zacken-Wendepunkt zu detektieren. Der Schwellenwert wurde festgelegt, indem sowohl vor Beginn der Test-, als auch vor Beginn der Kontrollaufgabe (s. weitere Erklärungen unten) jeweils eine einminütige Baseline aufgenommen wurde. Anschließend wurde dieser Wert nach jedem siebten Durchgang aktualisiert um Verschiebungseffekten in den EKG-Aufzeichnungen vorzubeugen.

Der Rhythmus des Herzschlages wurde den Probanden durch einen Sinus-Ton von 100 ms Dauer und mit einer Frequenz von 800 Hz präsentiert.

Die Verzögerungen durch Zwischenspeicherung und Verarbeitung wurden einkalkuliert,

um die jeweils gewünschte Zeitverzögerung zwischen R-Zacken-Wendepunkt und abgespieltem Ton korrekt zu errechnen.

2.3.3 Versuchsablauf

Zur Bestimmung der Interozeptionsgenauigkeit wurde eine Modellaufgabe zur Herzschlagwahrnehmung (Kardiozeption) angewendet (Brener & Kluitse, 1988). Bei dieser Aufgabe sollen Probanden feststellen, ob der externe auditive Stimulus synchron oder asynchron mit ihrem eigenen Herzschlag auftrat. Ein Durchgang bestand jeweils aus einer Reihe von zehn Tönen, die durch die R-Zacke des zeitgleich abgeleiteten EKGs ausgelöst und mit einer Verspätung von 300, 400, 500 oder 600 ms nach dem R-Zacken-Wendepunkt abgespielt wurden. Die verschiedenen Verzögerungen wurden pseudo-randomisiert über insgesamt 56 Durchgänge jeweils 14 Mal wiederholt. In der Hälfte der Durchgänge, also 28 Mal, wurde zudem ein zufällig ausgewählter Ton der Zehn-Ton-Reihe mit einer anderen Frequenz (785 Hz statt 800 Hz) präsentiert.

Dies wurde in zwei Runden wiederholt, um einerseits die Interozeptionsgenauigkeit zu untersuchen und andererseits die Aufmerksamkeit des Probanden auf die jeweilige Aufgabe einschätzen zu können.⁷² Für die Interozeptionsaufgabe wurden die Probanden wie folgt instruiert: „Du hörst (wieder) 56 Mal zehn Töne in einer Reihe. Bitte versuche zu spüren, ob diese zehn Töne jeweils synchron oder asynchron zu deinem eigenen Herzschlag sind. Antworte dementsprechend bitte mit „synchron“ bzw. „asynchron“. Innerhalb einer Reihe gibt es keine Veränderung der Verzögerung.“ Für die Aufmerksamkeitskontrollaufgabe lautete die Instruktion wie folgt: „Du hörst (wieder) 56 Mal zehn Töne in einer Reihe. Bitte sage mir, ob alle Töne in der Reihe gleich waren oder nicht. Antworte entsprechend mit „gleich“ bzw. „anders“.“ Mit welcher Aufgabenrunde begonnen wurde, wurde durch das Werfen einer Münze entschieden.

Nach Beendigung des EKG-Versuches wurden die Probanden gebeten Fragen zur Selbsteinschätzung ihrer Leistung bezüglich Genauigkeit und Schwierigkeitsgrad zu

⁷² s. auch Critchley et al. (2004).

beantworten. Fragen lauteten zum Beispiel: „Wie richtig, denkst du, lagst du mit deinen Antworten bei der [ersten/zweiten] Runde?“ und „Wie schwierig fandest du die Aufgabe mit [dem Herzschlag/der Tonhöhe]?“. Auf einer Skala zwischen 1 und 5 sollten dann die Genauigkeit (mit 5 = alles richtig) bzw. die Schwierigkeit (mit 5 = sehr schwer) bewertet werden.

2.4. Online-Befragung Teil 2

Nach Abschluss der EKG-Testreihen wurden alle 38 Teilnehmer erneut kontaktiert, mit der Bitte nochmals auf der Internetplattform „cleverbridge/Questback“ zwei weitere Fragebögen zu bearbeiten. Alle 38 Teilnehmer kamen dieser Bitte nach, sodass komplette Datensätze für alle Probanden vorliegen.

Im Folgenden werden diese beiden zusätzlichen Fragebögen vorgestellt.

2.4.1. Allgemeine Depressionsskala (Hautzinger, Bailer, Hofmeister & Keller 2012)

Die Allgemeine Depressionsskala (ADS) von Hautzinger et al. geht zurück auf die englischsprachige „Center for Epidemiological Studies - Depressionsscale“ (CES-D) von Radloff (1977), welche in unzähligen Studien und Analysen über Jahre auf Objektivität, Reliabilität und Validität getestet worden ist und allgemein als sehr nützliches Instrument zur Erfassung bzw. zum Screening depressiver Symptome (z.B. Erschöpfung, Hoffnungslosigkeit, Selbstabwertung etc., siehe auch unten) in verschiedenen Probandenpopulationen gilt. Die erste Übersetzung ins Deutsche erfolgte 1988 noch als „CES-D“, im Verlauf erfolgte die Umbenennung in „Allgemeine Depressionsskala“.

Der Fragebogen enthält 20 Aussagen, die sich auf das Befinden der Testperson während der davorliegenden Woche beziehen. Die Probanden sollen jeweils von einer Skala mit folgenden Antworten auswählen: selten (= weniger als 1 Tag oder überhaupt nicht), manchmal (= 1 - 2 Tage lang), öfters (= 3 - 4 Tage lang), meistens (= die ganze Zeit (5

- 7 Tage lang)). Damit können Summenwerte zwischen 0 und 60 Punkten erreicht werden.

Für unpersönliche Befragungen, z.B. im Internet, besteht die Möglichkeit der Berechnung eines Lügenkriteriums anhand der positiv formulierten Items 4, 8, 12 und 16.

Eine Sensitivität von 85%, sowie eine Spezifität von 89% können laut Hautzinger et al. (2012) durch einen Grenzwert von > 22 Punkten erreicht werden, entgegen der Empfehlung bei Radloff (1977), wo durch die Festlegung des Grenzwertes bei 16 Punkten zu viele falsch positive Ergebnisse erzielt werden.

Die neuesten Testanalysen (Hautzinger et al., 2012) ergaben eine überzeugende Homogenität der Skala (bspw. Cronbachs Alpha = 0,92 für eine repräsentative, gesunde Bevölkerungsstichprobe im Alter von 18 - 91 Jahre) und eine Reliabilität von 0,87 (nach Rasch-Modell).

2.4.2. Pain Vigilance and Awareness Questionnaire (McCracken 1997)

Der Pain Vigilance and Awareness Questionnaire (PVAQ) wurde 1997 von McCracken entwickelt, um ein umfassendes Messinstrument für Schmerzwahrnehmung bereit zu stellen. Teilweise basierte die Originalversion dabei auf Items des Body Vigilance Questionnaires (BVQ; Mueller, Telch und Curry 1992).⁷³ Insgesamt konnte in verschiedenen Analysen eine gute bis hervorragende interne Konsistenz der Items (Cronbachs alpha = 0,86 bis 0,92)⁷⁴ und eine ausreichende Test-Retest-Reliabilität ($r_{tt} = 0,80$)⁷⁵ festgestellt werden. Der PVAQ konnte seither sowohl bei chronischen Schmerzpatienten als auch bei gesunden Probanden erfolgreich angewendet werden. Die englische Version wurde von Lautenbacher et. al. mit Hilfe eines „forward-backward“ Verfahrens ins Deutsche übersetzt und konnte der weiteren Überprüfung bezüglich Genauigkeit und Korrelationen standhalten.⁷⁶

⁷³ Roelofs et al. (2002), S. 1082.

⁷⁴ Ebenda.

⁷⁵ Roelofs et al. (2003), S. 300.

⁷⁶ Lautenbacher et al. (2010), S. 724.

Die 16 Aussagen des Fragebogens beschreiben, wie Leute auf Schmerzen reagieren können. Sie beziehen sich dabei auf Bewusstsein und Wachsamkeit bezüglich Schmerzen, sowie auf Beschäftigung mit und Beobachtung von Schmerzen. Die Probanden geben auf einer Skala zwischen 0 (Niemals) und 5 (Immer) an, wie häufig jede Aussage auf sie zutrifft, wie häufig sie also auf die beschriebene Art und Weise reagieren. Die Skalensummenwerte liegen zwischen 0 und 90 Punkten. Bei den Bewertungen sollen insbesondere die zwei zurückliegenden Wochen berücksichtigt werden.

In weiteren testanalytischen Studien⁷⁷ konnte die interne Konsistenz mit einem Cronbachs alpha von 0,83 bzw. 0,88 bestätigt werden, außerdem wurden Werte für die zwei Subskalen „Aufmerksamkeit auf Schmerz“ und „Aufmerksamkeit auf Schmerzänderungen“ von 0,85 – 0,86 bzw. 0,80 – 0,85 ermittelt. Beide Subskalen korrelierten moderat miteinander ($r = 0,36$ bzw. $0,38$). Die Test-Rest-Reliabilitäten lagen bei 0,77 für den gesamten PVAQ, bei 0,82 (Schmerz) bzw. 0,71 (Schmerzänderung) für die Subskalen.

Bei Roelofs et al. (2003) zeigten sich hohe Korrelationen des Summenwertes des PVAQ mit katastrophisierendem Denken, Schmerz-bezogener Angst und Angst vor Bewegung und (Wieder-)Verletzung.⁷⁸ In einer vorhergehenden Studie (Roelofs et al., 2002) wurde zudem die Korrelation zur Trait-Angst des STAI-T untersucht, welche jedoch weniger deutliche Werte erreichte.⁷⁹

Bezüglich einer erhöhten Wachsamkeit für Schmerzsensationen konnte weiterhin gezeigt werden, dass diese gesenkt werden kann, wenn als erster Schritt eine bestehende Schmerz-bezogene Angst durch eine kognitiv-behaviorale Expositionstherapie reduziert wird.⁸⁰

⁷⁷ Roelofs et al. (2002); Roelofs et al. (2003).

⁷⁸ Roelofs et al. (2003), S. 305.

⁷⁹ Roelofs et al. (2002), S. 1087.

⁸⁰ Roelofs et al. (2003), S. 305; Vlaeyen et al. (2002).

2.5. Statistische Analysen

Die Daten wurden mit Hilfe des Programmes IBM SPSS Statistics (IBM Corp. Released 2011. IBM SPSS Statistics for Mac, Version 20.0. Armonk, NY: IBM Corp.) analysiert.

Die Effektstärken für t -Test/ANOVA und Regressionsanalysen werden berichtet als Cohens d und f^2 und folgendermaßen interpretiert:⁸¹

- Kleiner Effekt: $d = 0,2$ oder $f^2 = 0,02$
- Mittlerer Effekt: $d = 0,5$ oder $f^2 = 0,15$
- Starker Effekt: $d = 0,8$ oder $f^2 = 0,35$

2.5.1. Gruppenanalysen

2.5.1.1. Musikalische Erfahrung

Unterschiede in der musikalischen Erfahrung zwischen Sängern und Streichern wurden durch t -Tests für unabhängige Stichproben ermittelt.

2.5.1.2. Interozeptionsgenauigkeit

Um die Hypothese, dass sich die Interozeptionsgenauigkeit zwischen Sängern, Streichern und Nicht-Musikern deutlich unterscheiden sollte, zu überprüfen, wurden die vier Delays der Herzschlag-Diskriminationsaufgabe (300, 400, 500, 600 ms) zunächst einer zweifaktoriellen 4×3 (Delay \times Gruppe) Varianzanalyse unterzogen. Dadurch sollte eine lineare Entwicklung der prozentualen als synchron bewerteten Testreihen beurteilt werden können.

Wiens und Palmer konnten jedoch zeigen, dass eine einfachere Analyse mit nur zwei Zeitintervallen ähnliche Ergebnisse erbringt⁸², sodass wir uns auf diese Vorgehensweise konzentrierten:

⁸¹ Nach Cohen (1988).

⁸² Wiens & Palmer (2001).

Wie oben schon erwähnt, hatten vorausgehende Studien gezeigt, dass Töne, die etwa 200 – 300 ms nach einer R-Zacke abgespielt werden, meistens als synchron, wogegen Töne mit etwa 500 – 600 ms Verspätung meistens als asynchron mit dem eigenen Herzschlag bewertet werden.⁸³ Davon ausgehend wurden die Antworten in der vorliegenden Arbeit als korrekt gewertet, wenn die Probanden einen Ton bei 300 ms als synchron und einen Ton bei 600 ms als asynchron mit ihrem Herzschlag empfanden, und die Analyse auf diese zwei Zeitintervalle beschränkt. Der prozentuale Anteil an richtigen Antworten stellt im Folgenden das Maß für die individuelle Interozeptionsgenauigkeit dar.

Es wurde dann eine einfaktorische Varianzanalyse (One-way ANOVA) durchgeführt, um Unterschiede in der Herzschlagwahrnehmung zwischen den einzelnen Gruppen feststellen zu können. Anschließend wurde mittels *t*-Tests gezielt untersucht, ob die Interozeptionsfähigkeit einerseits bei Musikern im Vergleich zu Nicht-Musikern (Sänger vs. Nicht-Musiker, Streicher vs. Nicht-Musiker), andererseits aber auch innerhalb der Musiker bei Sängern im Vergleich zu Streichern besser ausgebildet ist.

Das gleiche Vorgehen wurde für die Kontrollaufgabe (ein anderer Ton in einer 10-Ton-Reihe) angewendet. Hierbei stellt der prozentuale Anteil an korrekten Antworten das Maß für die der Aufgabe entgegengebrachte Aufmerksamkeit dar.

2.5.1.3. Psychometrische Tests und Selbsteinschätzung

Gruppenunterschiede in der subjektiven Einschätzung der Interozeption, sowie die Ergebnisse der psychometrischen Tests (SAM, STAI-T, NEO-FFI/Extraversion, ADS und PVQA) wurden ebenfalls mit Hilfe einer einfaktorischen Varianzanalyse (One-way ANOVA) untersucht. Wurde die angenommene Varianzhomogenität nicht erreicht, wurde die Welch F-Ratio Korrektur angewendet.

Mittels geplanten Vergleichen (*t*-Tests) wurde wiederum gezielt nach Einflüssen der musikalischen Ausbildung (Sänger vs. Nicht-Musiker, Streicher vs. Nicht-Musiker) als auch nach Unterschieden zwischen den Musikergruppen (Sänger vs. Streicher) gesucht.

⁸³ Ebenda; Brener et al. (1993); Wiens et al. (2000).

War die vorausgesetzte Sphärizität nicht gegeben, wurden die Freiheitsgrade korrigiert. Unterschiede bezüglich der Auftrittsangst bei Solo- bzw. Ensemble-Auftritten (BAF) wurden durch einen t -Test für unabhängige Stichproben analysiert.

Normative Daten lagen für SAM, STAI-T, ADS, PVQA und NEO-FFI/Extraversion vor. Um außergewöhnliche Antworten in unseren Stichproben zu identifizieren, wurden die Gruppendurchschnittswerte mit den Werten der Normbereiche der Bevölkerung verglichen.

2.5.1.4. Korrelationsanalysen

Die Korrelationskoeffizienten nach Pearson wurden für jede Gruppe einzeln angewendet, um Zusammenhänge zwischen den einzelnen psychometrischen Variablen aber auch deren Korrelation mit der Interozeptionsgenauigkeit erkennen zu können. Statistische Signifikanz wurde bei $p < 0,05$ angenommen. Für alle Analysen wurde ein zweiseitiger Test durchgeführt.

2.5.2. Regressionsanalysen

Es wurden multiple hierarchische Regressionsanalysen (HMR) durchgeführt, um zu ermitteln in welchem Ausmaß die Gesamtübezeit sowie die Persönlichkeitsmerkmale die Performanz in der Herzschlag-Diskriminationsaufgabe vorhersagen können. Die entsprechende Auswahl der Persönlichkeitsmerkmale basierte auf den Korrelationsmatrizen, psychometrische Variablen wurden also nur in die Berechnung mit aufgenommen, wenn sie mit einer Genauigkeit der Herzschlagwahrnehmung von $p < 0,1$ korrelierten.

Um die relative Beeinflussung der Gesamtübezeit auf die Genauigkeit der Herzschlagwahrnehmung bei Sängern und Streichern beurteilen zu können, wurden multiple Regressionsanalysen nach der Potthoff-Methode durchgeführt.⁸⁴ Diese Methode prüft, ob sich die Regressionskurven beider Gruppen signifikant voneinander

⁸⁴ Potthoff (1978); Weaver & Wuensch (2013).

unterscheiden. Das Regressionsmodell untersuchte außerdem, ob Persönlichkeitseigenschaften zusätzlich zum Haupteinflussmerkmal Gesamtübendauer die Genauigkeit der Herzschlagwahrnehmung beeinflussten.

3. Ergebnisse

3.1. Ergebnisse der Gruppenanalysen

3.1.1. Musikalische Erfahrung

Sänger ($M_{\text{Alter}} = 17,3$; $SD = 2,84$) begannen signifikant später mit kontinuierlichem Training [$t_{(23)} = 12,23$; $p = 0,00$; Cohens $d = 4,896$] als Streicher ($M_{\text{Alter}} = 6,75$; $SD = 0,97$), welche durchweg im frühen Kindesalter begannen ihr Instrument zu spielen. Dieser Unterschied führte selbstverständlich zu einer signifikant geringeren Gesamtübendauer ($M_{\text{Stunden}} = 6440$; $SD = 3,674$) bei den Sängern [$t_{(23)} = -4,59$; $p = 0,00$; Cohens $d = -1,837$] verglichen mit den Streichern ($M_{\text{Stunden}} = 19367$; $SD = 9,419$).

3.1.2. Interozeptionsgenauigkeit

Der Shapiro-Wilk-Test demonstrierte eine Normalverteilung der Interozeptionsgenauigkeit (also der prozentual richtigen Antworten bei der Herzschlag-Diskrimination, s.o.) in allen Gruppen. Sie variierte bei den Sängern zwischen 39 und 92% ($M = 64$; $SD = 18,7$), bei den Streichern zwischen 39 und 100 % ($M = 62,5$; $SD = 16,7$) und bei den Nicht-Musikern zwischen 32 und 61 % ($M = 48,6$; $SD = 8,7$). Es zeigte sich ein signifikanter Gruppeneffekt bezüglich der Interozeptionsgenauigkeit [$F_{(2;20,02)} = 5,27$; $p = 0,015$; $d = 2,74$]. Da die vorausgesetzte Varianzhomogenität nicht erfüllt wurde, wurde die Welch F-Ratio berechnet.

Die durchschnittliche Interozeptionsgenauigkeit war, wie erwartet, sowohl bei Sängern

$[t_{(17,22)} = 2,73; p = 0,014; d = 1,07]$ als auch bei Streichern $[t_{(15,39)} = 2,31; p = 0,035; d = 0,62]$ höher als bei Nicht-Musikern (s. **Abb. 2**). Zwischen den beiden Musikergruppen selber konnte dagegen kein signifikanter Unterschied aufgezeigt werden.

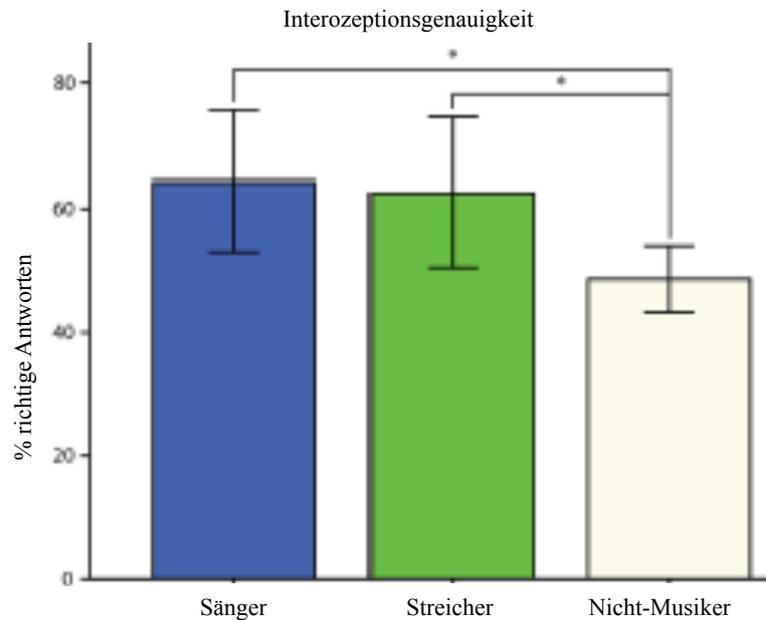


Abb.2: Prozentual korrekte Antworten zur Herzschlagwahrnehmung bei 300 ms (= synchron) und 600 ms (= asynchron) Verzögerung.

* Signifikanter Unterschied bezüglich der Interozeptionsgenauigkeit ($p < 0,05$).

3.1.3. Aufmerksamkeitskontrolle

Die Präzision der Antworten bezüglich des abweichenden Tones in der Zehn-Ton-Reihe (wiederum in prozentual richtigen Antworten) variierte zwischen 96,4 und 100% bei den Sängern ($M = 99,5; SD = 1,10$), zwischen 96,4 und 100% bei den Streichern ($M = 99,6; SD = 1,10$) und zwischen 94,6 und 100% bei den Nicht-Musikern ($M = 99,0; SD = 1,00$). Eine einfaktorielle Varianzanalyse (One-way ANOVA) zeigte keinen signifikanten Unterschied zwischen den einzelnen Gruppen auf, sodass davon ausgegangen werden kann, dass alle Probanden in gleichem Maße den Fokus ihrer Aufmerksamkeit auf den extern präsentierten Klang richteten.

3.1.4. Selbsteinschätzung und psychometrische Tests

Die einfaktoriellen Varianzanalysen brachten keine Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen bezüglich der Persönlichkeitsdispositionen hervor. Alle Ergebnisse der psychometrischen Tests lagen im Bereich der allgemeinen und typischen Durchschnittswerte, verglichen mit den vorliegenden Normwerten der Allgemeinbevölkerung.

Bei den Musikern konnte jedoch mittels eines t -Tests für unabhängige Stichproben aufgezeigt werden, dass Auftrittsangst bei *Solo*auftritten (BAF) bei Sängern ($M = 46,3$; $SD = 9,89$) signifikant geringer ausgeprägt ist als bei Streichern [$M = 59,67$; $SD = 12,73$; $t_{(23)} = -2,94$; $p = 0,007$; $d = -1,177$]. Die Unterschiede in der Skala für Auftrittsangst bei *Ensemble*auftritten erreichten dagegen keine statistische Signifikanz [$t_{(23)} = -1,99$; $p = 0,058$; $d = -0,797$].

Ein signifikanter Gruppeneffekt konnte mittels einfaktorieller Varianzanalyse auch bezüglich der Selbsteinschätzung der Interozeptionsgenauigkeit gefunden werden [$F_{(2,35)} = 3,37$; $p = 0,46$], welcher darauf zurückzuführen ist, dass Sänger [$M = 3,0$; $SD = 0,91$; $t_{(2,35)} = 2,48$; $p = 0,018$; $d = 2,86$] ein signifikant höheres Vertrauen in ihre Fähigkeit hatten als Nicht-Musiker ($M = 2,23$; $SD = 0,72$), wogegen der Vergleich zwischen Streichern ($M = 2,83$; $SD = 0,72$) und Nicht-Musikern keinen signifikanten Unterschied aufzeigte [$t_{(2,35)} = 1,9$; $p = 0,066$]. Zwischen den beiden Musikergruppen selber konnte kein Unterschied gefunden werden.

Bezüglich der Bewertung der Schwierigkeit der Herzschlagwahrnehmungsaufgabe konnte kein Gruppeneffekt nachgewiesen werden [$F_{(2,35)} = 3,07$; $p = 0,59$].

3.1.5. Korrelationsanalysen

Sänger (Tab. 1): Der Grad der Interozeptionsfähigkeit korrelierte bei den Sängern stark mit der Gesamtübedauer [$r = 0,628$; $p = 0,022$]. Wie erwartet werden konnte, korrelierten Trait-Angst und depressive Symptome positiv miteinander [$r = 0,712$; $p = 0,006$]. Extraversion korrelierte dagegen, ebenfalls erwartungsgerecht, negativ mit

Trait-Angst [$r = -0,563$; $p = 0,045$]. Des Weiteren konnte eine ebenfalls negative Korrelation zwischen Solo-Auftrittsangst und Gesamtübedauer [$r = -0,595$; $p = 0,032$], sowie eine positive Korrelation zwischen Solo-Auftrittsangst und Schmerzaufmerksamkeit [$r = 0,612$; $p = 0,026$] aufgezeigt werden. Das Selbstvertrauen in die Interozeptionsgenauigkeit zeigte keinen Bezug zur tatsächlich dargebotenen Interozeptionsgenauigkeit. Nur die subjektiv empfundene Schwierigkeit der Herzschlag-Diskriminationsaufgabe [$r = -0,795$; $p = 0,001$] und die private Selbstaufmerksamkeit [$r = 0,586$; $p = 0,035$] korrelierten signifikant mit dem Selbstvertrauen in die Ausführung der Aufgabe.

Streicher (Tab. 2): Im Gegensatz zur Gruppe der Sänger konnte bei den Streichern keine Korrelation zwischen Gesamtübedauer und Interozeptionsfähigkeit gefunden werden. Bei den weiteren Variablen zeigte sich die höchste Korrelation zwischen der Auftrittsangst bei Solo- und der bei Ensemble-Auftritten [$r = 0,793$; $p = 0,002$].

Auftrittsangst bei Ensemble-Auftritten stand in Zusammenhang mit depressiven Symptomen [$r = 0,600$; $p = 0,039$]. Solo-Auftrittsangst korrelierte signifikant mit Trait-Angst [$r = 0,592$; $p = 0,043$], welche wiederum signifikant mit Schmerzaufmerksamkeit [$r = 0,601$; $p = 0,039$], öffentlicher Selbstaufmerksamkeit [$r = 0,663$; $p = 0,019$] und depressiven Symptomen [$r = 0,611$; $p = 0,035$] korrelierte.

Bei Streichern mit einem höheren Grad an Extraversion fand sich eine statistisch signifikant längere Gesamtübedauer [$r = 0,628$; $p = 0,029$].

Wie bei den Sängern zeigte sich keine Verbindung zwischen Selbstvertrauen in und tatsächlich dargebotener Interozeptionsgenauigkeit, dafür aber auch wieder eine signifikante Korrelation zwischen Selbstvertrauen in die Ausführung der Aufgabe und subjektiv empfundener Schwierigkeit der Herzschlag-Diskriminationsaufgabe [$r = 0,600$; $p = 0,039$].

Nicht-Musiker (Tab. 3): Ausgeprägte Interkorrelationen zwischen den einzelnen psychometrischen Messgrößen wie bei den Musikern konnten bei den Nicht-Musikern

nicht beobachtet werden. In dieser Gruppe korrelierte ausschließlich signifikant der Grad der Schmerzaufmerksamkeit mit dem Grad des Selbstvertrauens in die Interozeptionsgenauigkeit [$r = 0,636$; $p = 0,020$], sowie mit dem Grad an öffentlicher Selbstaufmerksamkeit [$r = 0,554$, $p = 0,050$].

Tab. 1: Korrelationsmatrix Sänger

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Interoceptive accuracy	1										
2. Accumulated practice	.628 .022*	1									
3. Interoceptive confidence	.402 .174	-.055 .859	1								
4. Task difficulty	-.370 .213	-.058 .850	-.795** .001	1							
5. PVAQ	-.489 .090	-.363 .222	-.164 .592	.478 .098	1						
6. SAM-Private	.281 .352	.045 .883	.586* .035	-.464 .110	.209 .494	1					
7. SAM-Public	-.287 .341	-.072 .816	-.127 .679	.259 .392	.411 .163	-.108 .725	1				
8. ADS	.315 .294	.539 .057	-.473 .102	.110 .720	-.240 .429	-.393 .184	.042 .890	1			
9. STAI-T	-.014 .963	.144 .639	-.465 .109	.226 .457	.090 .771	-.327 .276	.534 .060	.712** .006	1		
10. Extraversion	.536 .059	.334 .264	.443 .129	-.355 .235	-.208 .496	.372 .211	-.308 .306	-.034 .913	-.563* .045	1	
11. MPA Solo	-.268 .377	-.595* .032	.175 .566	.017 .956	.612* .026	.080 .794	.410 .165	-.170 .578	.347 .246	-.461 .113	1
12. MPA Ensemble	-.106 .731	-.540 .057	.330 .271	-.202 .508	.144 .638	.204 .503	.140 .648	-.364 .221	-.015 .960	-.159 .603	.485 .093

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Group = Singers

Tab. 2: Korrelationsmatrix Streicher

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Interoceptive accuracy	1										
2. Accumulated practice	.061 .851	1									
3. Interoceptive confidence	.287 .366	-.158 .624	1								
4. Task difficulty	-.314 .321	.250 .432	-.600* .039	1							
5. PVAQ	.222 .489	.437 .155	.201 .532	.008 .980	1						
6. SAM-Private	-.007 .983	.192 .549	-.050 .876	.049 .880	-.002 .996	1					
7. SAM-Public	.467 .126	.368 .240	-.007 .984	.333 .290	.570 .053	.457 .135	1				
8. ADS	.414 .181	.278 .382	.354 .259	-.224 .483	.368 .239	.238 .456	.374 .231	1			
9. STAI-T	.365 .244	.175 .588	.256 .421	.133 .679	.601* .039	-.004 .990	.663* .019	.611* .035	1		
10. Extraversion	-.026 .936	.649* .022	-.064 .844	.449 .143	.471 .122	-.087 .788	.326 .301	-.142 .660	.042 .896	1	
11. MPA Solo	.004 .990	.004 .990	.013 .967	-.155 .631	.121 .709	-.326 .301	-.013 .968	.483 .112	.592* .043	-.368 .239	1
12. MPA Ensemble	-.030 .927	.114 .724	.335 .287	-.447 .146	.169 .600	-.091 .778	-.182 .572	.628* .029	.455 .137	-.323 .306	.793** .002

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Group = String-players

Tab. 3: Korrelationsmatrix Nicht-Musiker

	1	2	3	4	5	6	7	8
1. Interoceptive accuracy	1							
2. Interoceptive confidence	-.315 .295	1						
3. Task difficulty	-.037 .904	-.497 .084	1					
4. PVAQ	-.075 .808	.636* .020	-.141 .645	1				
5. SAM-Private	.254 .402	-.202 .509	.032 .918	.366 .219	1			
6. SAM-Public	.261 .388	-.009 .977	.202 .507	.554* .050	.310 .303	1		
7. ADS	.386 .193	.250 .410	-.101 .742	.035 .909	-.186 .544	.136 .659	1	
8. STAI-T	.426 .146	.134 .662	-.247 .417	.187 .540	.091 .767	.414 .159	.538 .058	1
9. Extraversion	.194 .525	-.398 .179	.228 .454	-.099 .748	.401 .174	.178 .560	-.170 .579	-.267 .378

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).
Group = Non-musicians

3.2. Ergebnisse der Regressionsanalysen

Multiple hierarchische Regressionsanalysen wurden angewendet um ein Modell für die Vorhersage der Interozeptionsgenauigkeit aus Persönlichkeitsdispositionen und Gesamtübendauer zu entwickeln. Die umgewandelten Daten (*z-score*) offenbarten einen extremen Fall bei den Streichern, der 100%ige Genauigkeit aufzeigte, was zwei Standardabweichungen über dem Gruppendurchschnitt der Streicher lag, und deshalb vor Durchlaufen der Regressionsanalysen aus dem Datenpool entfernt werden musste. Die Variablen zu Charaktereigenschaften und Selbsteinschätzung wurden ausgewählt, wenn ihre Korrelation mit der Interozeptionsgenauigkeit bei $p < 0,1$ lag. Die Korrelationsstatistiken werden in den **Tabellen 1 – 3** gezeigt (s.o.).

Auf dieser Grundlage wurde eine multiple hierarchische Regressionsanalyse für die Sänger durchgeführt um die Interozeptionsgenauigkeit basierend auf Extraversion und Schmerzaufmerksamkeit hervorsagen zu können. Dieses Modell mit zwei psychometrischen Wirkungsvariablen verfehlte die Signifikanz knapp mit $R^2 = 0,463$; $F_{(2,10)} = 3,87$; $p = 0,057$; Cohens $f^2 = 0,77$. Weder Extraversion mit positivem noch Schmerzaufmerksamkeit mit negativem Regressionsgewicht konnten die Interozeptionsgenauigkeit ausreichend hervorsagen.

Eine multiple Regressionsanalyse wurde auch durchgeführt, um die Interozeptionsgenauigkeit durch die Gesamtübendauer hervorsagen zu können. Es wurde die Potthoff-Methode⁸⁵ angewendet, um den Unterschied zwischen den Regressionskoeffizienten bei den Sängern relativ zu den Streichern zu überprüfen. Das Modell beinhaltet die konstante Wirkungsvariable (Gesamtübendauer/Training), die Gruppenvariable (Sänger = 1, Streicher = 0) und die Interaktionsbedingung (Training*Gruppe). Diese Konstellation konnte 39,1% der Varianz in der Interozeptionsgenauigkeit erklären [$R^2 = 0,391$; $F_{(3,20)} = 4,28$; $p = 0,017$; $f^2 = 0,64$]. Die Regressionsschleife (also die Vorhersage der Genauigkeit durch Training) für Sänger war signifikant steiler als die für Streicher (s.a. **Tab. 4**).

Tabelle 4: Multiple Regression mit Gesamtübendauer und Gruppe (unabhängige Variable) für die Musiker

Model		b	SE b	β
Step 1	Constant	44.864474	10.794510	
	Acc. musical training	0.000701	0.000488	0.397510
	Group (singers = 1, strings = 0)	-3.506074	13.601632	-0.104154
	Training*Group	0.002859	0.001228	0.703673

The dependent variable was interoceptive accuracy. The Potthoff method (1978) was employed to test the difference in regression slopes between singers and string players.

$R^2 = 0.391$, $R^2_{adj.} = 0.299$; $p = 0.017$.

⁸⁵ Potthoff (1978); Weaver & Wuensch (2013).

Aufgrund dieses signifikanten Unterschiedes zwischen den Regressionsschleifen der beiden Gruppen, wurde ein zusätzliches Regressionsmodell nur für die Sänger aufgestellt. Im ersten Schritt konnte der Hauptbefund bestätigt werden, dass die Gesamtübendauer als hochsignifikante Wirkungsvariable die Interozeptionsgenauigkeit hervorsagen und 44,4% der Varianz begründen kann [$R^2 = 0,490$; $F_{(1,11)} = 10,60$; $p = 0,008$; $f^2 = 0,96$]. Im zweiten Schritt wurde zusätzlich die Interaktionsbedingung zwischen musikalischem Training und Extraversion bzw. Schmerzaufmerksamkeit entwickelt. Das zweite Modell zeigte sich ebenso als signifikant [$R^2 = 0,624$; $F_{(3,9)} = 4,98$; $p = 0,026$; $f^2 = 0,166$]. Trotzdem blieb die dadurch erklärbare zusätzliche Varianz (13,4%) nicht signifikant, verglichen mit der ersten Version [$R^2_{\text{Unterschied}} = 13,4$; $F_{(3,9)} = 1,60$; $p = 0,254$].

Tabelle 5: Multiple Regression mit Gesamtübendauer und Persönlichkeitsmerkmal*Training (unabhängige Variable) für die Sänger

Model		b	SE b	β
Step 1	Constant	41.358399	8.032249	
	Acc. musical training	0.003560	0.001094	0.700444
Step 2	Constant	50.784633	9.557426	
	Acc. musical training	0.001875	0.002862	0.368905
	Extraversion*Training	0.000095	0.000079	0.759663
	Pain Vigilance*Training	-0.000076	0.000044	-0.544230

The dependent variable was interoceptive accuracy. Step 1: $R^2 = 0.490621$, $R^2_{adj.} = 0.444314$; $p = 0.007667$. Step 2: $R^2 = 0.624385$, $R^2_{change} = 0.133764$, $p(F_{change}) = 0.253898$.

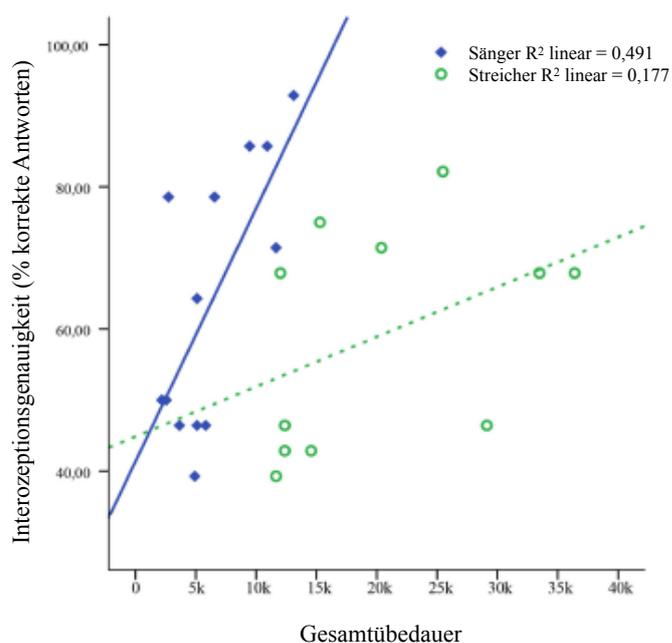


Abb. 3: Ergebnisse der Regressionsanalysen: Untersucht wurde eine mögliche Korrelation zwischen Herzschlagwahrnehmung und Gesamtübendauer bei Sängern und Streichern.

4. Diskussion

In der vorliegenden Arbeit wurde mit Hilfe eines etablierten Untersuchungsschemas zur Herzschlagwahrnehmung die interozeptive Wahrnehmung bei klassischen Profi-Sängern und -Streichern sowie bei Nicht-Musikern untersucht.⁸⁶ So konnte unter anderem festgestellt werden, dass Musiker im Vergleich zu Nicht-Musikern eine höhere Interozeptionsgenauigkeit aufzeigen, wogegen zwischen den beiden Musikergruppen (Sänger vs. Streicher) entgegen der Erwartungen keine signifikanten Unterschiede gefunden werden konnten. In den Regressionsanalysen zeigte sich, dass die Gesamtübendauer die Interozeptionsgenauigkeit bei Sängern, nicht jedoch bei den Streichern, erklären kann (etwa 49% der Varianz), trotz ähnlicher Performanz der beiden Gruppen. Die psychometrischen Tests ergaben in allen Gruppen Resultate im Bereich der entsprechenden Normwerte und keinen signifikanten Zusammenhang mit der Interozeptionsgenauigkeit. Durch die Interaktion von Extraversion und Schmerz mit

⁸⁶ Critchley et al. (2004).

der Gesamtübendauer kann jedoch zusätzliche Varianz in der Interozeptionsgenauigkeit bei den Sängern begründet werden, wenn auch dieser Einfluss nicht als signifikant gewertet werden konnte verglichen mit dem Einfluss der Gesamtübendauer allein. Zusammen genommen lässt sich zunächst einmal feststellen, dass Musiker eine bessere interozeptive Wahrnehmung haben. Die Ergebnisse bei den Sängern lassen zudem vermuten, dass es das musikalische Training selber ist, das einen direkten Einfluss auf die Interozeption zu haben scheint und diese dadurch verbessert. Hervorzuheben ist außerdem, dass sich dieser Effekt unabhängig von anderen Einflussfaktoren wie speziellen Persönlichkeitsfaktoren zeigte, was in dieser Art vorher noch nicht nachgewiesen werden konnte.

4.1. Interozeption und Musikausübung

Insgesamt wurde die Fähigkeit, Signale aus dem Inneren des Körpers wahrzunehmen, bislang als ein relativ stabiles Persönlichkeitsmerkmal angesehen, welches sich sogar nach explizitem, auf das Körperinnere fokussiertem Wahrnehmungstraining wie Meditation unverändert zeigte.⁸⁷ Die Interozeptionsgenauigkeit wird nach aktuellem Stand der Forschung am besten über die Kardiozeption mittels einer Herzschlag-Diskriminationsaufgabe geprüft, auch wenn dies für die meisten Menschen eine schwierige Aufgabe darstellt. Gesunde Probanden liegen dabei mit ihren Antworten oft nur im Bereich des Zufalls, abhängig von der jeweiligen Verzögerung des externen Stimulus.⁸⁸ Dieser Bodeneffekt kann mitunter verhindern, dass Unterschiede zwischen einzelnen Gruppen überhaupt entdeckt werden.⁸⁹ Eine mögliche Erklärung hierfür könnte bei Pennebakers „competition of cues“-Hypothese gefunden werden.⁹⁰ Diese besagt, dass eine verstärkte Aufmerksamkeit auf externe Stimuli in der Umgebung die Kapazitäten verringert physische Signale aus dem Körperinneren wahrzunehmen, was

⁸⁷ Ainley et al. (2013); Khalsa et al. (2008).

⁸⁸ Domschke et al. (2010).

⁸⁹ Ebenda.

⁹⁰ Pennebaker (1982).

wiederum auf einer Art Wettbewerb zwischen extero- und interozeptiven Signalen beruhen soll. Herzschlag-Diskrimination mit einem auditiven Signal stellt genau eine solche Situation dar und könnte die Performanz der Nicht-Musiker erklären, wogegen Musiker es gewohnt sind exterozeptive Stimuli, vor allem auditive, zeitgleich mit interozeptiven zu integrieren bzw. zu vergleichen. Die interozeptive Wahrnehmung ist allerdings auch bei sogenannten Herzraten-„Tracking“-Aufgaben eher unterdurchschnittlich und dort ist die Aufmerksamkeit nur auf das Herz gerichtet, ohne gleichzeitige Wahrnehmung externer Stimuli. Vielmehr scheint die Relevanz externer Stimuli für das Selbst ausschlaggebend dafür zu sein, dass auch Probanden mit zunächst unterdurchschnittlichen interozeptiven Fähigkeiten eine verbesserte Interozeption zeigen⁹¹ - zum Beispiel wenn Probanden auf ein Bild ihrer selbst sahen, im Gegensatz zu Bildern von Fremden⁹² oder durch Selbstbeobachtung im Spiegel⁹³. Dies zeigt, dass die Integration von *Selbst*-relevanten externen oder auch multimodalen Informationen die interozeptive Wahrnehmung bahnen und fördern kann, wenn es für den gegebenen Umstand passend und förderlich ist.⁹⁴ Es ist also wahrscheinlich, dass Musiker, die über lange Zeit multimodale Integration trainiert haben, eine höhere Sensibilität für interozeptive Signale aufweisen, während sie verwandte exterozeptive Signale verarbeiten sollen. Anders ausgedrückt, musikalische akustische Reize werden vom Musiker ständig integriert um motorische Sequenzen zu kontrollieren, welche wiederum interozeptive und somatosensible Konsequenzen haben und mit dem Körpergefühl assoziiert sind (z.B. wenn man den Rhythmus im Körper fühlt).

Wie in der Einleitung dargestellt führt musikalisches Training durch das besondere Zusammenspiel vieler einzelner Faktoren zu ausgeprägten Veränderungen in multisensorischen, sensomotorischen, kognitiven Netzwerken sowohl auf der Verhaltens- als auch auf der anatomisch-neuronalen Ebene. Es konnte außerdem gezeigt werden, dass die verstärkte Wahrnehmungssensibilität bei gesunden Musikern zu einer ebenfalls verstärkten Schmerzwahrnehmung führen kann,⁹⁵ was einen deutlichen

⁹¹ Ainley et al. (2013).

⁹² Maister & Tsakiris (2014).

⁹³ Ainley et al. (2012); Weisz et al. (1988).

⁹⁴ Suzuki et al. (2013).

⁹⁵ Zamorano et al. (2014).

Zusammenhang mit einer veränderten interozeptiven Wahrnehmung aufweist.⁹⁶ Basierend auf diesen Daten, können die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung überzeugend nachweisen, dass verstärkte interozeptive Wahrnehmung bei Sängern und Streichern in engem Zusammenhang mit der über einen langen Zeitraum erfolgten Musikausübung und der dadurch geförderten multimodalen Integration steht. Dagegen trugen, im Gegensatz zu früheren Untersuchungen⁹⁷, weder emotionale noch persönlichkeitsbezogene Aspekte signifikant zur Wahrnehmung des Herzschlages bei.

Diese initiale Hypothese konnte durch die weiteren Regressionsanalysen bestätigt werden, denn hier konnten 40% der Unterschiede in der Interozeptionsgenauigkeit bei Sängern durch die Gesamtübendauer vorhergesagt werden. Obwohl die Streichergruppe ein mit den Sängern vergleichbares Ergebnis bei der Herzschlagwahrnehmung erreichte, konnte bei den Streichern für den Zusammenhang zwischen Herzschlagwahrnehmung und Gesamtübendauer keine Signifikanz aufgezeigt werden. Dies könnte auf Gruppenunterschiede in der Gesamtdauer der musikalischen Erfahrung zurückzuführen sein.

Eine frühzeitige musikalische Ausbildung und die dadurch gewonnene akkumulierte Übzeit führt nachweislich sowohl zu neuroanatomischen Anpassungen als auch zur Entwicklung entsprechender Fähigkeiten.⁹⁸ Dies gilt vor allem für professionelle Streicher, die in unserer Untersuchung durchgehend früher mit einer ernsthaften Ausbildung begannen (durchschnittlich im Alter von 7 Jahren) als Sänger (durchschnittlich im Alter von 17 Jahren). Konsequenterweise führte dies zu einer geschätzten Gesamtübendauer von etwa 19000 Stunden bei Streichern und lediglich 6000 Stunden bei Sängern, was vorhergehende Beobachtungen bestätigt.⁹⁹ Der spätere Ausbildungsbeginn bei den Sängern kann natürlicherweise mit der Entwicklung des Sprechapparates und dem Stimmbruch erklärt werden.¹⁰⁰ Die über den Gesamtzeitraum betrachtete deutlich höhere Übzeit könnte zu einem gewissen Deckeneffekt (engl. ceiling effect) geführt haben. So kann man einen linearen Effekt bis zu 10000

⁹⁶ Tsay et al. (2015).

⁹⁷ Domschke et al. (2010).

⁹⁸ Jabusch et al. (2009); Penhune (2011).

⁹⁹ Ericsson et al. (1993); Ericsson & Lehmann (1996).

¹⁰⁰ Ericsson (2008); Jørgensen (2002); Kleber & Zarate (2014); Smith (2006).

Übungsstunden beobachten, was mit früheren Beobachtungen übereinstimmt.¹⁰¹ Die Streicher in unserer Gruppe dagegen lagen allesamt über dieser Zeit, sodass es hier sowie durch die möglicherweise insgesamt zu grob überschlagene Gesamtübendauer zu einer Verzerrung gekommen sein könnte, wodurch bei den Streichern kein linearer Zusammenhang mehr erkennbar wurde.

Yu et al. (2010) konnten beweisen, dass wiederholte multisensorische Erfahrungen dazu führen, dass auf neuronaler Ebene auch multisensorische Integrationsfähigkeiten erworben werden. Diese Fähigkeiten, welche auch für andere Stimulusbedingungen und andere Lokalisationen innerhalb des neuronalen Verbundes angewendet werden können, hängen von einer anhaltenden multisensorischen Exposition ab und können sich während der gesamten Lebenszeit weiterentwickeln. Das neuroanatomische Schlüsselkorrelat, welches hauptsächlich mit multisensorischer Integration und interozeptiver Wahrnehmung assoziiert ist, ist die anteriore Inselregion.¹⁰² Individuelle Unterschiede in der subjektiven interozeptiven Wahrnehmung könnten sich demnach durch den Ausbreitungsgrad der rechten anterioren Insel und den angrenzenden orbitofrontalen Kortexregionen erklären.¹⁰³

In einer von Critchley durchgeführten Studie wurde dieselbe Methode zur Herzschlagwahrnehmung angewendet wie in der vorliegenden Arbeit. Ergebnisse mittels funktioneller Kernspintomographie (fMRT) zeigten, dass die Aktivität der rechten anterioren Inselregion positiv mit der Interozeptionsgenauigkeit und dem Volumen an grauer Substanz in der anterioren Insel korrelierte. Passend dazu führt die operative Resektion der rechten Insel zu einer verminderten Herzschlagwahrnehmung.¹⁰⁴ Des Weiteren berichteten verschiedene Studien übereinstimmend über Hinweise dafür, dass die anteriore Insel an der Musikproduktion¹⁰⁵ sowie an der Verarbeitung von Tempo, Melodie und Gefühlen beteiligt ist.¹⁰⁶ In früheren Untersuchungen konnte die rechte anteriore Insel als Hauptareal zur Unterscheidung der musikalischen Expertise als einer Funktion von

¹⁰¹ Ericsson (2008).

¹⁰² Craig (2009b); Critchley et al. (2004).

¹⁰³ Craig (2004).

¹⁰⁴ Ursino et al. (2014).

¹⁰⁵ Craig (2009b).

¹⁰⁶ Koelsch (2005); Platel et al. (1997); Thaut et al. (2014).

sensorischer (auditiver und somatosensorischer) Verarbeitung bei professionellen Sängern identifiziert werden¹⁰⁷. Das weist darauf hin, dass die Insel eine wesentliche Rolle bei der Taktung von Feedback- und Feedforward-Mechanismen auf Grundlage zuvor erworbener Expertise spielt. Zusammen genommen indizieren diese Daten, dass die verstärkte multisensorische Integration bei Musikern der Hauptfaktor für die Performanz-Ergebnisse der Musiker in der vorliegenden Untersuchung ist.

Interessanterweise zeigten andere Studien, dass eine hohe interozeptive Wahrnehmung mit stärkeren interozeptiven Repräsentationen von Handlungskonsequenzen und einer stärkeren motorischen Reaktionsbereitschaft auch mit der Antwort auf beobachtete Aktionen assoziiert ist, was eine Beteiligung der Interozeption an der prädiktiven Codierung vermuten lässt.¹⁰⁸ Prädiktion bezieht sich auf “any type of processing, which incorporates or generates not just information about the past and the present, but also future states of the body and of the environment”¹⁰⁹ („jegliche Art von Verarbeitung, die nicht nur Informationen über die Vergangenheit und die Gegenwart eingliedert oder erzeugt, sondern auch zukünftige Zustände der Körpers und seiner Umgebung“). Die Wahrnehmung selbst dagegen führt zu einem Wissen über die Ursachen von Empfindungen basierend auf einer erworbenen Erfahrung, die wiederum das Gehirn dazu befähigt prädiktive Modelle für das Abschätzen von Handlungsparametern zu erstellen. Diese sind wiederum Voraussetzung, um das gewünschte Ergebnis zu erzielen. Ein Mangel an Passung zwischen dem gegenwärtigen sensorischen Feedback und dem erwarteten Feedback führt zu einer Fehlermeldung, die dazu genutzt werden kann das Modell zu aktualisieren.¹¹⁰ Präzise „Forward“-Informationen könnten sowohl für die vokale wie auch die periphere Bewegungskontrolle wichtig sein, um Probleme, die mit der sensomotorischen Verarbeitung einhergehen, zu lösen.¹¹¹ Schließlich ist sensorisches Feedback immer eine Information aus der Vergangenheit, die nicht mehr korrigiert werden kann. Flüssige motorische Abläufe können daher nur durch adäquate interne Prädiktionsmechanismen erreicht werden. Anhaltspunkte für ein verstärktes internes

¹⁰⁷ Kleber et al. (2013); Kleber et al. (under review).

¹⁰⁸ Ainley et al. (2014); Seth (2013); Seth & Critchley (2013); Seth et al. (2011).

¹⁰⁹ Bubic et al. (2010).

¹¹⁰ Adams et al. (2013).

¹¹¹ Franklin & Wolpert (2011); Hickok (2012).

Modelling bei Musikern brachten Studien mit Profi-Sängern, welche geringere kompensatorische Antworten auf unerwartete Änderungen in einem auditiven Echtzeit-Feedback entwickelten als Nicht-Sänger.¹¹² Die Fähigkeit, hervorstechende (intero- und exterozeptive) sensorische Informationen wahrzunehmen und zu integrieren, spielt eine unabkömmliche Rolle für die sensomotorische Kontrolle, für Gefühle und Kognitionen.¹¹³ All dies sind auch und gerade für das Musizieren Faktoren von größter Wichtigkeit. Es ist also davon auszugehen, dass Musiker auch in einer Heartbeat-Tracking-Aufgabe ähnlich gut abgeschnitten hätten.¹¹⁴

4.2. Psychologische Wechselbeziehungen

Verschiedene Studien berichten über Hinweise darauf, dass ein Zusammenhang zwischen der kardialen interozeptiven Sensibilität und angstbezogenen Persönlichkeitseigenschaften besteht, was vermuten lässt, dass eine verstärkte Wahrnehmung von körperlichen Symptomen katastrophisierende Interpretationen von kardialen Symptomen und dadurch auch die Vulnerabilität für die Entwicklung einer affektiven Störung fördert.¹¹⁵ In der vorliegenden Untersuchung konnte dagegen keine Korrelation zwischen der Herzschlagwahrnehmung und Persönlichkeitseigenschaften (Angst, Depression, Extraversion, Schmerzwahrnehmung, Selbstaufmerksamkeit) festgestellt werden. Dies war zu erwarten, da keiner der Probanden unter affektiven Störungen litt und alle Probanden im Normbereich der psychometrischen Testergebnisse lagen, und unterstützt weiterhin die Hypothese, dass vor allem das musikalische Training für die verbesserte Herzwahrnehmung bei Sängern und Streichern verantwortlich ist.

Durch die Interaktion der Faktoren Extraversion und Schmerzwahrnehmung mit der Gesamtüberdauer bei den Sängern, die weitere, jedoch nicht signifikante 13% der

¹¹² Jones & Keough (2008); Zarate & Zatorre (2008).

¹¹³ Cauda et al. (2014); Seth (2013); Seth & Critchley (2013); Seth et al. (2011); Vuust et al. (2009).

¹¹⁴ Garfinkel et al. (2015).

¹¹⁵ Domschke et al. (2010).

Varianz erklären konnte, kann aber auch hier vorsichtig vermutet werden, dass Persönlichkeitseigenschaften eventuell zumindest teilweise zur Interozeptionsfähigkeit beitragen. Möglicherweise aber liegt die Ursache für einen Einfluss der Persönlichkeit auch schon früher, nämlich bei der Entscheidung ein Musikinstrument überhaupt zu erlernen.¹¹⁶

Trotzdem bleibt der geringe Einfluss der Persönlichkeitsfaktoren auf die Interozeptionsgenauigkeit in dieser Studie überraschend, wenn man die vielfältigen Interkorrelationen zwischen den einzelnen Faktoren bei den Musikern, die so bei den Nicht-Musikern nicht aufgetreten sind, bedenkt. Auch zeigten sich gewisse, ebenfalls erwartungsgemäße Persönlichkeitsakzentuierungen bei den Musikern, die aber auch ohne Einfluss waren.

Dies ist vermutlich auf die besonderen Umstände, die Musizieren als Beruf mit sich bringt, zurückzuführen. In früheren Untersuchungen berichten 25 bis 56% aller professionellen Musiker über Erfahrungen mit Auftrittsangst.¹¹⁷ Angst wiederum beeinflusst die sensomotorische Leistungsfähigkeit¹¹⁸, was der Grund dafür sein könnte, dass Auftrittsangst grundsätzlich bei Soloauftritten stärker empfunden wird als bei Ensembleauftritten.¹¹⁹

Außerdem ist eigenständiges Musizieren ein starker emotionaler Trigger, der zu einer wesentlich stärkeren Modulation von gefühlsbezogenen psychophysiologischen Antworten führt, verglichen mit der alleinigen Wahrnehmung von Musik.¹²⁰

In dieser Untersuchung zeigten die Streicher ein signifikant höheres Angstniveau während Soloauftritten als Sänger. Auftrittsangst bei Soloauftritten korrelierte in dieser Gruppe auch stark mit Auftrittsangst bei Ensembleauftritten, während Solo-Auftrittsangst auch mit einer ängstlichen Persönlichkeitsstruktur positiv korrelierte, was eine insgesamt höhere Prädisposition für Angst vermuten lässt. Trait-Angst stand ebenfalls in Zusammenhang mit depressiven Symptomen und höheren Leveln von öffentlicher Selbstaufmerksamkeit. Diese Ergebnisse zeigen einen höheren Fokus auf

¹¹⁶ Corrigall et al. (2013).

¹¹⁷ Kenny et al. (2004).

¹¹⁸ Nieuwenhuys & Oudejans (2012).

¹¹⁹ s.a. Papageorgi et al. (2013).

¹²⁰ Nakahara et al. (2011).

negative Emotionen bei Streichern an, was möglicherweise auf die spezifischen und außergewöhnlich hohen instrumentalmusikalischen Anforderungen zurückzuführen ist. Trotzdem ließ sich kein Einfluss auf die bzw. kein Zusammenhang mit der Interozeptionsfähigkeit feststellen.

Sänger dagegen zeigten niedrigere Angstlevel bei den extrovertierteren Probanden. Dies lässt vermuten, dass die Fähigkeit von Sängern auf der Bühne zu kommunizieren und schauspielern das charakteristische Persönlichkeitsmerkmal der Extraversion begünstigt.¹²¹ Außerdem zeigte sich eine geringere Auftrittsangst bei Soloauftritten in Zusammenhang mit zunehmender Gesangs- und damit Bühnenerfahrung, was entweder durch einen Selektionsprozess oder durch einen Gewöhnungseffekt zu erklären ist. Die Korrelation zwischen interozeptivem Selbstvertrauen und privater Selbstaufmerksamkeit gibt einen Hinweis auf einen stärker nach innen gerichteten Fokus bei Sängern.

Beide Gruppen, Sänger wie Streicher, zeigten höhere Level an Auftrittsangst, wenn auch die Wahrnehmung von Schmerzsymptomen verstärkt war, was die Wichtigkeit von optimalen Überstrategien zur Vermeidung von Repetitive Strain Injuries bestätigt.¹²² Die von Zamorano et al. (2014) erbrachten Ergebnisse zu Veränderungen in der Wahrnehmung von schmerzhaften und nicht-schmerzhaften Reizen bei Musikern wiesen Ähnlichkeiten zu den Veränderungen bei chronischen Schmerzpatienten auf. Dies weist deutliche Bezüge zu einer veränderten interozeptiven Wahrnehmung auf. Auch wenn ein direkter Zusammenhang von Schmerzwahrnehmung und Interozeption aussteht, fördert die bessere Interozeptionsfähigkeit möglicherweise auch die Wahrnehmung von Schmerzen bei entsprechender Prädisposition durch Überlastungssymptome, Stress, eine ängstliche Persönlichkeitsstruktur oder ähnlichem. Dies ist ein Problem, welches den sonst oft mehr salutogenetischen Aspekten des Musizierens entgegen steht und bei Berufsmusikern beachtet werden muss. Nach einer Verletzung oder bei einer schon durch das Musizieren selbst eingetretenen Erkrankung kann die Wahrnehmung des Musikers natürlicherweise stark auf diesen Fokus gerichtet

¹²¹ Cameron et al. (2014); Corrigan et al. (2013).

¹²² Zamorano et al. (2014).

sein, so die Symptomatik entsprechend verstärken und zur Chronifizierung eines Schmerzes beitragen.

Anstatt dies zu pathologisieren können hier aber, wie auch schon präventiv, die verbesserten Körperwahrnehmungsfähigkeiten des einzelnen Musikers für eine körpertherapeutische Behandlung, wie sie von Musikern oft genutzt und auch empfohlen wird, positiv genutzt werden. Auch sportmedizinische Aspekte und das Wissen um die Wichtigkeit der Unversehrtheit des eigenen Körpers mit direktem Bezug zur Ausübung des Musikerberufes könnten gewinnbringend sein. Ob sich die hier gefundenen Ergebnisse bezüglich der Viszerozeption auch auf die Propriozeption übertragen lassen, müsste in weiteren Studien untersucht werden, ist aber für die Gruppe der Musiker, die ihren Bewegungsapparat hochsensibel zum Musizieren einsetzt, sehr wahrscheinlich. Sicherlich können Musiker, schon von einem höheren Level der Körperwahrnehmung ausgehend, aber zumindest lernen diese Fähigkeit der Herzwahrnehmung auch auf andere Körperbereiche, wie Muskeln und Gelenke, auszudehnen. Körperorientierte Behandlungsverfahren, die sich das Potential der Musiker für Prävention und Therapie sowohl psychischer als auch somatischer Beschwerden zunutze machen sollten, können durch diese Ergebnisse weiter unterstützt werden.

Als ein geeignetes Verfahren sowohl bei Auftrittsangst als auch für schmerzhafte Überlastungssyndrome hat sich in der Musikermedizin die Feldenkrais-Methode etablieren können. Durch die Anwendung von Feldenkrais im Cellounterricht konnte eine Änderung von Gewohnheiten, Erreichen einer adäquaten Spieltechnik und eine ständige Weiterentwicklung erreicht werden (Eikmeyer 1992).¹²³ Außerdem konnte in einem Kosten-Nutzen-Abgleich bei chronischen Schmerzen eine Patientenkostenreduktion von 141\$ auf 82\$ pro Monat (~ 40%) zugunsten der Feldenkrais-Methode (Gruppenform) im Vergleich zu einer herkömmlichen Schmerztherapie gefunden werden. Dabei entsprachen sich Patientenzufriedenheit und die Veränderung der Schmerzwahrnehmung (Bearman und Shafarman 1999).¹²⁴ Dies in

¹²³ Steinmüller (2007), S. 33.

¹²⁴ Ebenda.

Kombination mit den Ergebnissen dieser Untersuchung zeigt, dass Körperarbeit und das Ausnutzen und weitere Verbessern der Körperwahrnehmung zu unterstützen und zu fördern ist. Die Ergebnisse lassen außerdem nicht befürchten, dass durch die gesteigerte und weiter trainierte Körperwahrnehmung bei Musikern das Risiko für eine Angsterkrankung steigen könnte.

4.3. Stärken und Schwächen der Untersuchung

Zu den Stärken dieser Untersuchung zählt einerseits, dass etablierte und in vielen vorangegangenen Studien genutzte und geprüfte Testverfahren angewendet wurden.

Andererseits muss bei der Beurteilung der Ergebnisse bedacht werden, dass es durchaus kritische Stimmen zu dem hier vorgestellten Verfahren zur Messung der Herzwahrnehmung gibt. So machte Vaitl (1995) schon darauf aufmerksam, dass die R-Zacke des Elektrokardiogramms als alleinige Referenz für die Herzaktion nicht auszureichen scheint, wenn man annimmt, dass die Herzwahrnehmung auf mechanischen, *kardiodynamischen* und nicht allein auf kardioelektrischen Parametern beruht.¹²⁵ Außerdem zeigte sich in weiteren Studien, dass die Wahrnehmung des Herzschlages auch durch die Herzratenvariabilität und die Herzfrequenz beeinflusst wird. Einerseits konnte nachgewiesen werden, dass eine bessere Herzwahrnehmung mit einer höheren Herzfrequenz einhergeht,¹²⁶ andererseits lässt sich vermuten, dass dies auch auf eine gleichzeitige Vergrößerung des Schlagvolumens zurückzuführen ist, da dieses (z.B. bei Personen mit mehr Herzmuskelmasse wie Männer und Sportler) ebenfalls zu einer besseren kardialen Interozeption führt.¹²⁷

Dagegen wurden bei den Untersuchungen von Wiens et al. (2000), Khalsa et al. (2008) und Ainley et al. (2012) Zusammenhänge zwischen Interozeptionsfähigkeit und Herzfrequenz analysiert und nicht bestätigt. Trotzdem scheint dies ein interessanter Punkt zu sein, welcher bei den Analysen dieser Studie nicht berücksichtigt wurde und

¹²⁵ Vaitl (1995): S. 178.

¹²⁶ Schandry & Specht (1981); Ludwick-Rosenthal & Neufeld (1985).

¹²⁷ Vaitl (1995); Schandry et al. (1993).

weitere Untersuchungen erfordert. Ob zufällige Verschiebungen des externen Signals bei einer bestimmten Herzfrequenz einen Einfluss haben und z.B. bei höheren Frequenzen zu zufälligen Übereinstimmungen von Herzschlag und externem Signal führen, ist eine weitere unbeantwortete Frage, die gegebenenfalls untersucht werden sollte.

Des Weiteren konnte eine ausreichende, wenn auch optimierbare Probandenzahl gewonnen werden. In vergleichbaren Studien zur Interozeption waren die Fallzahlen deutlich größer. Hier kam es jedoch möglicherweise, wie auch in anderen entsprechenden Untersuchungen, zu einer gewissen Selektion. Menschen mit entsprechender Disposition (z.B. Ängstlichkeit, wenig Offenheit gegenüber neuen Erfahrungen) haben sich womöglich nicht als Teilnehmer gemeldet. Auch dies könnte zu einer Einschränkung in der Aussagekraft der Ergebnisse führen. Außerdem wählten wir hochspezialisierte und dabei trotzdem homogene Gruppen aus, um einen tatsächlichen Einfluss des speziellen musikalischen Trainings auf die Interozeptionsfähigkeit bewerten zu können. Auch dies führte automatisch zu einer gewissen Beschränkung in der Probandenauswahl. Es kann aber demnach nicht ausgeschlossen werden, dass in Gruppen mit größeren Fallzahlen z.B. Einflüsse durch Persönlichkeitsfaktoren gefunden werden könnten.

Weitere Studien auf diesem Feld könnten Bläser (Blech und/oder Holz) oder auch Schlagzeuger einschließen. Interessant wäre auch ein Vergleich mit Sportlern, die ebenfalls einer hochspezialisierten, mental wie körperlich beanspruchenden Aufgabe mit ähnlich hohem Trainingsaufwand nachgehen.

5. Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde der Frage nachgegangen, ob eine langjährige Musikausbildung und das dadurch erfolgende sensomotorische Training die Interozeptionsfähigkeit - unabhängig von psychischen und sonstigen persönlichen Einflussfaktoren - fördert.

Ursprünglich wurde auch angenommen, dass Sänger eine noch höhere Interozeptionsgenauigkeit aufweisen als Streicher.

Mit Hilfe einer etablierten Herzschlag-Diskriminationsaufgabe und einer Reihe von Fragebögen zu bestimmten Persönlichkeitsmerkmalen konnte erstmalig gezeigt werden, dass Musiker durch das Training des Musizierens, aber unabhängig von dessen individueller Art (hier Singen oder Streichinstrument) eine verbesserte Interozeption entwickeln, was vermutlich durch die notwendige und vielgestaltige multisensorische Integration beim Musizieren stark gefördert wird. Zudem zeigten sich in dieser Studie keine wesentlichen Unterschiede zur Normalbevölkerung, was Persönlichkeitseigenschaften wie Angst, Depression oder Extraversion betrifft. Auch eine außergewöhnlich erhöhte Schmerzwahrnehmung bei Musikern konnte nicht explizit nachgewiesen werden. Dagegen konnte bei den Sängern ein positiver Zusammenhang zwischen Interozeptionsgenauigkeit und Gesamtübendauer aufgezeigt werden, was die initiale Haupthypothese insgesamt unterstützt.

Da bekannt ist, dass die rechte anteriore Insula sowohl mit multisensorischer Integration als auch mit der Interozeption in Zusammenhang steht und auch wesentlich zur Musikentstehung, motorischen Kontrolle sowie zur Verarbeitung von Tempo, Melodie und Gefühlen beiträgt, lässt sich schlussfolgern, dass die bei Musikern erhöhte Aktivität der rechten anterioren Insula und die verstärkte, weil trainierte, multisensorische Integration möglicherweise die wesentlichen Faktoren für die besseren Performanz-Ergebnisse der Musiker in dieser Untersuchung sind.

Eventuelle Zusammenhänge der Interozeptionsfähigkeit mit einer veränderten Schmerzwahrnehmung bei Musikern ermöglichen Rückschlüsse auf Risikofaktoren, aber auch auf protektive Mechanismen.

6. Literaturverzeichnis

Adams RA, Shipp S und Friston KJ (2013): Predictions not commands: active inference in the motor system, in: *Brain Structure & Function*, Vol. 218, Nr. 3, S. 611 – 643.

Ainley V, Brass M und Tsakiris M (2014): Heartfelt imitation: high interoceptive awareness is linked to greater automatic imitation, in: *Neuropsychologia*, Vol. 60, S. 21 – 28.

Ainley V, Maister L, Brokfeld J, Farmer H und Tsakiris M (2013): More of myself: manipulating interoceptive awareness by heightened attention to bodily and narrative aspects of the self, in: *Consciousness and Cognition*, Vol. 22, Nr. 4, S. 1231 – 1238.

Ainley V, Tajadura-Jiménez A, Fotopoulou A und Tsakiris M (2012): Looking into myself: The effect of self-focused attention on interoceptive sensitivity, in: *Psychophysiology*, Vol. 49, Nr. 11, S. 1504 – 1508.

Aspell JE, Heydrich L, Marillier G, Lavanchy T, Herbelin B und Blanke O (2013): Turning body and self inside out: visualized heartbeats alter bodily self-consciousness and tactile perception, in: *Psychological Science*, Vol. 24, Nr. 12, S. 2445 – 2453.

Azañón E und Haggard P (2009): Somatosensory processing and body representation, in: *Cortex*, Vol. 45, Nr. 9, S. 1078 – 1084.

Bados A, Gómez-Benito J und Balaguer G (2010): The State-Trait Anxiety Inventory, Trait Version: Does it Really Measure Anxiety?, in: *Journal of Personality Assessment*, Vol. 92, Nr. 6, S. 560 – 567.

Bangert M, Peschel T, Schlaug G, Rotte M, Drescher D, Hinrichs H, Heinze HJ und Altenmüller E (2006): Shared networks for auditory and motor processing in professional pianists: evidence from fMRI conjunction, in: *NeuroImage*, Vol. 30, Nr. 3, S. 917 – 926.

Barnes-Burroughs K, Watts C, Brown OL und LoVetri J (2005): The visual/kinesthetic effects of melodic contour in musical notation as it affects vocal timbre in singers of classical and music theater repertoire, in: *Journal of voice*, Vol. 19, Nr. 3, S. 411 – 419.

Barsky AJ, Wyshak, G und Klerman, GL (1990): The somatosensory amplification scale and its relationship to hypochondriasis, in: *Journal of Psychiatric Research*, Vol. 24, Nr. 4, S. 323 – 334.

Baumgartner T, Lutz K, Schmidt CF und Jancke L (2006): The emotional power of music: How music enhances the feeling of affective pictures, in: *Brain Research*, Vol. 1075, Nr. 1, S. 151 – 164.

Baumgartner T, Fischbacher U, Feierabend A, Lutz K und Fehr E (2009): The neural circuitry of a broken promise, in: *Neuron*, Vol. 64, Nr. 5, S. 756 – 770.

Bernatzky G und Kreutz G (Hrsg.) (2015): *Musik und Medizin. Chancen für Therapie, Prävention und Bildung*. Springer-Verlag, Wien.

Bielefeld J (Hrsg.) (1991): *Körpererfahrung. Grundlagen menschlichen Bewegungsverhaltens*. Hogrefe, Göttingen.

Birbaumer N und Schmidt RF (2010): *Biologische Psychologie*. 7. Auflage, Springer Medizin Verlag, Heidelberg.

Borkenau P und Ostendorf F (1994): *NEO-Fünf-Faktoren Inventar (NEO-FFI) nach Costa und McCrae. Handanweisung*. Hogrefe, Göttingen.

Brener J und Kluitse C (1988): Heartbeat detection: judgements of the simultaneity of external stimuli and heartbeats, in: *Psychophysiology*, Vol. 25, Nr. 5, S. 554 – 561.

Brener J, Liu X und Ring C (1993): A method of constant stimuli for examining heartbeat detection: comparison with the Brener-Kluitse and Whitehead methods, in: *Psychophysiology*, Vol. 30, Nr. 6, S. 657 – 665.

Brener J, Ring C und Liu X (1994): Effects of data limitations on heartbeat detection in the method of constant stimuli, in: *Psychophysiology*, Vol. 31, Nr. 3, S. 309 – 312.

Bubic A, von Cramon DY und Schubotz RI (2010): Prediction, cognition and the brain, in: *Frontiers in Human Neuroscience*, Vol. 4: 25.

Cameron JE, Duffy M und Glenwright B (2014): Singers take center stage! Personality traits and stereotypes of popular musicians, in: *Psychology of Music*, 0305735614543217.

Cauda F, Geminiani GC und Vercelli A (2014): Evolutionary appearance of von Economo's neurons in the mammalian cerebral cortex, in: *Frontiers in Human Neuroscience*, Vol. 8: 104.

Cohen J (1988): *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*, Lawrence Erlbaum, New Jersey.

Corrigall KA und Schellenberg EG (2015): Predicting who takes music lessons: parent

and child characteristics, in: *Frontiers in Psychology*, Vol. 6: 282.

Corrigall KA, Schellenberg EG und Misura NM (2013): Music training, cognition, and personality, in: *Frontiers in Psychology*, Vol. 4: 222.

Craig AD (2002): How do you feel? Interception: the sense of the physiological condition of the body, in: *Nature Reviews Neuroscience*, Vol. 3, Nr. 8, S. 655 – 666.

Craig AD (2003): Interoception: the sense of the physiological condition of the body, in: *Current Opinion in Neurobiology*, Vol. 13, Nr. 4, S. 500 – 505.

Craig AD (2004): Human feelings: why are some more aware than others?, in: *Trends in Cognitive Sciences*, Vol. 8, Nr. 6, S. 239 – 241.

Craig AD (2009a): Emotional moments across time: a possible neural basis for time perception in the anterior insula, in: *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B, Biological Sciences*, Vol. 364, Nr. 1525, S. 1933 – 1942.

Craig AD (2009b): How do you feel--now? The anterior insula and human awareness, in: *Nature Reviews Neuroscience*, Vol. 10, Nr. 1, S. 59 – 70.

Critchley HD (2004): The human cortex responds to an interoceptive challenge, in: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 101, Nr. 17, S. 6333 – 6334.

Critchley HD und Garfinkel SN (2015): Interactions between visceral afferent signaling and stimulus processing, in: *Frontiers in Neuroscience*, Vol. 9, Article 286.

Critchley HD und Harrison NA (2013): Visceral influences on brain and behavior, in: *Neuron*, Vol. 77, Nr. 4, S. 624 – 638.

Critchley HD, Mathias CJ und Dolan RJ (2001): Neuroanatomical basis for first- and second-order representations of bodily states, in: *Nature Neuroscience*, Vol. 4, Nr. 2, S. 207 – 212.

Critchley HD und Nagai Y (2012): How Emotions Are Shaped by Bodily States, in: *Emotion Review*, Vol. 4, Nr. 2, S. 163 – 168.

Critchley HD, Wiens S, Rotshtein P, Öhman A und Dolan RJ (2004): Neural systems supporting interoceptive awareness, in: *Nature Neuroscience*, Vol. 7, Nr. 2, S. 189 – 195.

Damasio AR (1996): The somatic marker hypothesis and the possible functions of the prefrontal cortex, in: *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B, Biological Sciences*, Vol. 351, Nr. 1346, S. 1413 – 1420.

Damasio AR (2015): *Descartes' Irrtum. Fühlen, Denken und das menschliche Gehirn*. 8. Auflage, List Taschenbuch, Ullstein Buchverlage GmbH, Berlin.

Daubenmier J, Sze J, Kerr CE, Kemeny ME und Mehling W (2013): Follow your breath: respiratory interoceptive accuracy in experienced meditators, in: *Psychophysiology*, Vol. 50, Nr. 8, S. 777 – 789.

Desmond D, Horgan O und MacLachlan M (2001): Trinity Assessment of Body Plasticity („The BodyTAP“).

Domschke K, Stevens S, Pfleiderer B und Gerlach AL (2010): Interoceptive sensitivity

in anxiety and anxiety disorders: An overview and integration of neurobiological findings, in: *Clinical Psychology Review*, Vol. 30, Nr. 1, S. 1 – 11.

Düweke P (2001): *Kleine Geschichte der Hirnforschung. Von Descartes bis Eccles*. Beck, München.

Elbert T, Pantev C, Wienbruch C, Rockstroh B und Taub E (1995): Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players, in: *Science*, Vol. 270, Nr. 5234, S. 305 – 307.

Ericsson KA (2008): Deliberate Practice and Acquisition of Expert Performance: A General Overview, in: *Academic Emergency Medicine*, Vol. 15, Nr. 11, S. 988 – 994.

Ericsson KA, Krampe RT und Tesch-Römer C (1993): The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance, in: *Psychological Review*, Vol. 100, Nr. 3, S. 363 – 406.

Ericsson KA und Lehmann AC (1996): Expert and exceptional performance: Evidence of maximal adaptation to task constraints, in: *Annual Review of Psychology*, Vol. 47, S. 273 – 305.

Fehm L, Hille C und Becker ES (2002): *Der Bühnenangstfragebogen (BAF)*. Unveröffentlichtes Manuskript. Technische Universität Dresden.

Fehm L und Hille C (2005): Bühnenangst bei Musikstudierenden, in: *Verhaltenstherapie und Verhaltensmedizin*, 26. Jahrgang (2), S. 199 – 212.

Fenigstein A, Scheier MF und Buss AH (1975): Public and private self-consciousness: Assessment and theory, in: *Journal of consulting and clinical psychology*, Vol. 43, Nr. 4, S. 522 – 527.

Filipp S-H und Freudenberg E (1989): *Der Fragebogen zur Erfassung dispositionaler Selbstaufmerksamkeit (SAM-Fragebogen)*. Handanweisung. Hogrefe, Göttingen.

Flynn GF, Benson DF und Ardila A (1999): Anatomy of the insula – functional and clinical correlates, in: *Aphasiology*, Vol. 13, Nr. 1, S. 55 – 78.

Franklin DW und Wolpert DM (2011): Computational mechanisms of sensorimotor control, in: *Neuron*, Vol. 72, Nr. 3, S. 425 – 442.

Garfinkel SN, Barrett AB, Minati L, Dolan RJ, Seth AK und Critchley HD (2013): What the heart forgets: Cardiac timing influences memory for words and is modulated by metacognition and interoceptive sensitivity, in: *Psychophysiology*, Vol. 50, Nr. 6, S. 505 – 512.

Garfinkel SN und Critchley HD (2013): Interoception, emotion and brain: new insights link internal physiology to social behaviour. Commentary on: "Anterior insular cortex mediates bodily sensibility and social anxiety" by Terasawa et al. (2012), in: *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, Vol. 8, Nr. 3, S. 231 – 234.

Garfinkel SN, Seth AK, Barrett AB, Suzuki K und Critchley HD (2015): Knowing your own heart: distinguishing interoceptive accuracy from interoceptive awareness, in: *Biological Psychology*, Vol. 104, S. 65 – 74.

Gaser C und Schlaug G (2003): Brain structures differ between musicians and non-musicians, in: *The Journal of Neuroscience*, Vol. 23, Nr. 27, S. 9240 – 9245.

Gendron M und Feldman Barrett L (2009): Reconstructing the past: A century of ideas about emotion in psychology, in: *Emotion review*, Vol. 1, Nr. 4, S. 316 – 339.

Hautzinger M, Bailer M, Hofmeister D und Keller F (2012): *Allgemeine Depressionsskala. 2., überarbeitete und neu normierte Auflage*. Hogrefe, Göttingen.

Herholz SC und Zatorre RJ (2012): Musical training as a framework for brain plasticity: behavior, function, and structure, in: *Neuron*, Vol. 76, Nr. 3, S. 486 – 502.

Hickok G (2012): Computational neuroanatomy of speech production, in: *Nature Reviews Neuroscience*, Vol. 13, Nr. 2, S. 135 – 145.

Hintze A (1997): *Zur Bedeutung dispositionaler und objektiver Selbstaufmerksamkeit bei Patientinnen mit Bulimia nervosa*, Diss. Universität Marburg (<http://archiv.ub.uni-marburg.de/diss/z1997/0086/html/>).

Hirata Y, Schulz M, Altenmüller E, Elbert T und Pantev C (2004): Sensory mapping of lip representation in brass musicians with embouchure dystonia, in: *Neuroreport*, Vol. 15, Nr. 5, S. 815 – 818.

Hoyer J und Kunst H (2001): Selbstaufmerksamkeit und „Selbst-Kenntnis“ im SAM-Fragebogen (Private Self-Consciousness and Self-Knowledge in a German Version of the Private Self Consciousness Scale), in: *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie*, Vol. 22, Nr. 2, S. 111 – 117.

<http://en.wikipedia.org/wiki/Self-consciousness> [Zugriff vom 27.07.2012].

<https://www.testzentrale.de/shop/das-state-trait-angstinventar.html> [Zugriff vom Februar 2013].

Hyde KL, Lerch J, Norton A, Forgeard M, Winner E, Evans AC und Schlaug G (2009): Musical training shapes structural brain development, in: *The Journal of Neuroscience*, Vol. 29, Nr. 10, S. 3019 – 3025.

Iñesta C, Terrados N, García D und Pérez JA (2008): Heart rate in professional musicians, in: *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, Vol. 3: 16.

Jabusch HC, Alpers H, Kopiez R, Vauth H und Altenmüller E (2009): The influence of practice on the development of motor skills in pianists: a longitudinal study in a selected motor task, in: *Human Movement Science*, Vol. 28, Nr. 1, S. 74 – 84.

James W (1884): What is emotion?, in: *Mind*, Vol. os-IX, Nr. 34, S. 188 – 205.

Jørgensen H (2002): Instrumental Performance Expertise and Amount of Practice among Instrumental Students in a Conservatoire, in: *Music Education Research*, Vol. 4, Nr. 1, S. 105 – 119.

Jones JA und Keough D (2008): Auditory-motor mapping for pitch control in singers and nonsingers, in: *Experimental Brain Research*, Vol. 190, Nr. 3, S. 279 – 287.

Katkin ES, Blascovich J und Goldband S (1981): Empirical assessment of visceral self-perception: individual and sex differences in the acquisition of heartbeat discrimination, in: *Journal of personality and social psychology*, Vol. 40, Nr. 6, S. 1095 – 1101.

Katkin ES, Wiens S und Öhmann A (2001): Nonconscious fear conditioning, visceral

perception, and the development of gut feelings, in: *Psychological Science*, Vol. 12, Nr. 5, S. 366 – 370.

Kenny DT, Davis P und Oates J (2004): Music performance anxiety and occupational stress amongst opera chorus artists and their relationship with state and trait anxiety and perfectionism, in: *Journal of Anxiety Disorders*, Vol. 18, Nr. 6, S. 757 – 777.

Khalsa SS, Rudrauf D, Damasio AR, Davidson RJ, Lutz A und Tranel D (2008): Interoceptive awareness in experienced meditators, in: *Psychophysiology*, Vol. 45, Nr. 4, S. 671 – 677.

Kleber BA: *Musical aptitude questionnaire*, unveröffentlichtes Manuskript.

Kleber B, Veit R, Birbaumer N, Gruzelier J und Lotze M (2010): The brain of opera singers: experience-dependent changes in functional activation, in: *Cerebral Cortex*, Vol. 20, Nr. 5, S. 1144 – 1152.

Kleber BA und Zarate JM (2014): The Neuroscience of Singing, in: Graham W, Nix J und Howard D (Hrsg.), *The Oxford Handbook of Singing*, Oxford University Press, Oxford, UK.

Kleber B, Zeitouni AG, Friberg A und Zatorre RJ (2013): Experience-dependent modulation of feedback integration during singing: role of the right anterior insula, in: *The Journal of Neuroscience*, Vol. 33, Nr. 14, S. 6070 – 6080.

Knapp-Kline K und Kline JP (2005): Heart rate, heart rate variability, and heartbeat detection with the method of constant stimuli: slow and steady wins the race, in: *Biological Psychology*, Vol. 69, Nr. 3, S. 387 – 396.

Knoll JF und Hodapp V (1992): A comparison between two methods for assessing heartbeat perception, in: *Psychophysiology*, Vol. 29, Nr. 2, S. 218 – 222.

Koelsch S (2005): Investigating Emotion with Music: Neuroscientific Approaches, in: *Annals of the New York Academy of Science*, Vol. 1060, S. 412 – 418.

Koelsch S (2011): Toward a Neural Basis of Music Perception - A Review and Updated Model, in: *Frontiers in Psychology*, Vol. 2: 110.

Körner A, Drapeau M, Alban C, Geyer M, Schmutzer G und Brähler E (2008): Deutsche Normierung des NEO-Fünf-Faktoren-Inventars (NEO-FFI), in: *Zeitschrift für Medizinische Psychologie*, Vol. 17, Nr. 2 – 3, S. 133 – 144.

Lappe C, Herholz SC, Trainor LJ und Pantev C (2008): Cortical Plasticity Induced by Short-Term Unimodal and Multimodal Musical Training, in: *The Journal of Neuroscience*, Vol. 28, Nr. 39, S. 9632 – 9639.

Lautenbacher S, Huber C, Schöfer D, Kunz M, Parthum A, Weber PG, Roman C, Griessinger N und Sittl R (2010): Attentional and emotional mechanisms related to pain as predictors of chronic postoperative pain: A comparison with other psychological and physiological predictors, in: *PAIN®*, Vol. 151, Nr. 3, S. 722 – 731.

Lieb K, Frauenknecht S und Brunnhuber S (Hrsg.) (2012): *Intensivkurs Psychiatrie und Psychotherapie*, 7. Auflage, Elsevier, München.

Lotze M, Scheler G, Tan HR, Braun C und Birbaumer N (2003): The musician's brain: functional imaging of amateurs and professionals during performance and imagery, in: *NeuroImage*, Vol. 20, Nr. 3, S. 1817 – 1829.

Lovibond PF: Depression Anxiety Stress Scales (DASS). <http://www.psy.unsw.edu.au/dass/> [Zugriff vom 09.03.2015].

Ludwick-Rosenthal R und Neufeld RW (1985): Heart beat interoception: a study of individual differences, in: *International Journal of Psychophysiology*, Vol. 3, Nr. 1, S. 57 – 65.

Luo C, Guo ZW, Lai YX, Liao W, Liu Q, Kendrick KM, Yao DZ und Li H (2012): Musical training induces functional plasticity in perceptual and motor networks: insights from resting-state fMRI, in: *PLoS One*, Vol. 7, Nr. 5, e36568.

Main CJ (1983): The Modified Somatic Perception Questionnaire (MSPQ).

Maister L und Tsakiris M (2014): My face, my heart: cultural differences in integrated bodily self-awareness, in: *Cognitive Neuroscience*, Vol. 5, Nr. 1, S. 10 – 16.

Meister I, Krings T, Foltys H, Boroojerdi B, Müller M, Töpper R und Thron A (2005): Effects of long-term practice and task complexity in musicians and nonmusicians performing simple and complex motor tasks: implications for cortical motor organization, in: *Human brain mapping*, Vol. 25, Nr. 3, S. 345 – 352.

Michael GA, Naveteur J, Dupuy MA und Jacquot L (2015): My heart is in my hands: The interoceptive nature of the spontaneous sensations felt on the hands, in: *Physiology & Behavior*, Vol. 143, S. 113 – 120.

Miller LC, Murphy R und Buss AH (1981): Consciousness of Body: Private and Public, in: *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 41, Nr. 2, S. 397 – 406.

Modinos G, Ormel J, Aleman A (2009): Activation of the Anterior Insula during Self-

Reflection, in: *PLoS ONE*, Vol. 4, Nr. 2: e4618.

Montgomery WA, Jones GE und Hollandsworth JG Jr. (1984): The effects of physical fitness and exercise on cardiac awareness, in: *Biological Psychology*, Vol. 18, Nr. 1, S. 11 – 22.

Nakahara H, Furuya S, Masuko T, Francis PR und Kinoshita H (2011): Performing music can induce greater modulation of emotion-related psychophysiological responses than listening to music, in: *International Journal of Psychophysiology*, Vol. 81, Nr. 3, S. 152 – 158.

Nieuwenhuys A und Oudejans RR (2012): Anxiety and perceptual-motor performance: toward an integrated model of concepts, mechanisms, and processes, in: *Psychological Research*, Vol. 76, Nr. 6, S. 747 – 759.

Pantev C, Lappe C, Herholz SC und Trainor L (2009): Auditory-somatosensory integration and cortical plasticity in musical training, in: *Annals of the New York Academy of Sciences*, Vol. 1169, S. 143 – 150.

Papageorgi I, Creech A und Welch G (2013): Perceived performance anxiety in advanced musicians specializing in different musical genres, in: *Psychology of Music*, Vol. 41, Nr. 1, S. 18 – 41.

Paraskevopoulos E, Kuchenbuch A, Herholz SC und Pantev C (2012a): Evidence for training-induced plasticity in multisensory brain structures: an MEG study, in: *PLoS ONE*, Vol. 7, Nr. 5, e36534.

Paraskevopoulos E, Kuchenbuch A, Herholz SC und Pantev C (2012b): Musical expertise induces audiovisual integration of abstract congruency rules, in: *The Journal*

of Neuroscience, Vol. 32, Nr. 50, S. 18196 – 18203.

Paulus MP und Stein MB (2010): Interoception in anxiety and depression, in: *Brain Structure & Function*, Vol. 214, Nr. 5-6, S. 451 – 463.

Penhune VB (2011): Sensitive periods in human development: Evidence from musical training, in: *Cortex*, Vol. 47, Nr. 9, S. 1126 – 1137.

Pennebaker JW (1982): *The Psychology of Physical Symptoms*. Springer, New York.

Platel H, Price C, Baron JC, Wise R, Lambert J, Frackowiak RS, Lechevalier B und Eustache F (1997): The structural components of music perception. A functional anatomical study, in: *Brain*, Vol. 120, Nr. 2, S. 229 – 243.

Pollatos O, Gramann K und Schandry R (2007): Neural systems connecting interoceptive awareness and feelings, in: *Human brain mapping*, Vol. 28, Nr. 1, S. 9 – 18.

Porges SW (1993): Body Perception Questionnaire.

Potthoff RF (1978): *Statistical Aspects of the Problem of Biases in Psychological Tests*, Department of Statistics, University of North Carolina, Chapel Hill, NC.

Ring C und Brener J (1992): The temporal locations of heartbeat sensations, in: *Psychophysiology*, Vol. 29, Nr. 5, S. 535 – 545

Ring C, Brener J, Knapp K und Mailloux J (2015): Effects of heartbeat feedback on beliefs about heart rate and heartbeat counting: A cautionary tale about interoceptive awareness, in: *Biological Psychology*, Vol. 104, S. 193 – 198.

Roelofs J, Peters ML, McCracken L und Vlaeyen JWS (2003): The pain vigilance and awareness questionnaire (PVAQ): further psychometric evaluation in fibromyalgia and other chronic pain syndromes, in: *Pain*, Vol. 101, Nr. 3, S. 299 – 306.

Roelofs J, Peters ML, Muris P und Vlaeyen JWS (2002): Dutch version of the Pain Vigilance and Awareness Questionnaire: validity and reliability in a pain-free population, in: *Behaviour Research and Therapy*, Vol. 40, Nr. 9, S. 1081 – 1090.

Schandry R (1981): Heart Beat Perception and Emotional Experience, in: *Psychophysiology*, Vol. 18, Nr. 4, S. 483 – 488.

Schandry R, Bestler M und Montoya P (1993): On the relation between cardiodynamics and heartbeat perception, in: *Psychophysiology*, Vol. 30, Nr. 5, S. 467 – 474.

Schandry R und Specht G (1981): The influence of psychological and physical stress on the perception of heartbeats, in: *Psychophysiology*, Vol. 18, S. 154.

Schlaug G (2015): Musicians and music making as a model for the study of brain plasticity, in: *Progress in Brain Research*, Vol. 217, S. 37 – 55.

Schmitz TW und Johnson SC (2007): Relevance to self: A brief review and framework of neural systems underlying appraisal, in: *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, Vol. 31, Nr. 4, S. 585 – 596.

Seth AK (2013): Interoceptive inference, emotion, and the embodied self, in: *Trends in Cognitive Sciences*, Vol. 17, Nr. 11, S. 565 – 573.

Seth AK und Critchley HD (2013): Extending predictive processing to the body: emotion as interoceptive inference, in: *Behavioral and Brain Sciences*, Vol. 36, Nr. 3, S.

227 – 228.

Seth AK, Suzuki K und Critchley HD (2011): An interoceptive predictive coding model of conscious presence, in: *Frontiers in Psychology*, Vol. 2, Art. 395, S. 1 – 16.

Shields AS, Mallory ME und Simon A (1989): The Body Awareness Questionnaire: Reliability and Validity, in: *Journal of Personality Assessment*, Vol. 53, Nr. 4, S. 802 – 815.

Simmons WK, Avery JA, Barcalow JC, Bodurka J, Drevets WC und Bellgowan P (2013): Keeping the body in mind: insula functional organization and functional connectivity integrate interoceptive, exteroceptive, and emotional awareness, in: *Human Brain Mapping*, Vol. 34, Nr. 11, S. 2944 – 2958.

Singer T, Seymour B, O'Doherty J, Kaube H, Dolan RJ und Frith CD (2004): Empathy for pain involves the affective but not sensory components of pain, in: *Science*, Vol. 303, Nr. 5661, S. 1157 – 1162.

Singer T, Seymour B, O'Doherty JP, Stephan KE, Dolan RJ und Frith CD (2006): Empathic neural responses are modulated by the perceived fairness of others, in: *Nature*, Vol. 439, Nr. 7075, S. 466 – 469.

Smith A (2006): Speech motor development: Integrating muscles, movements, and linguistic units, in: *Journal of Communication Disorders*, Vol. 39, Nr. 5, S. 331 – 349.

Spahn C, Richter B und Altenmüller E (Hrsg.) (2011): *MusikerMedizin. Diagnostik, Therapie und Prävention von musikerspezifischen Erkrankungen*. Schattauer, Stuttgart.

Spahn C und Zschocke I (2002): Selbstaufmerksamkeit als Persönlichkeitsmerkmal von

Musikern, in: *Musikpsychologie*, Bd. 16, S. 30 – 44, Hogrefe, Göttingen.

Steinmetz A und Jull GA (2013): Sensory and sensorimotor features in violinists and violists with neck pain, in: *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, Vol. 94, Nr. 12, S. 2523 – 2528.

Steinmüller W (2007): *Körperbewusstheit für Musiker. Die Feldenkrais-Methode im Freiburger Präventionsmodell*. freiburger beiträge zur musikermedizin, band 3. projekt verlag, Bochum/Freiburg.

Stevens S, Gerlach AL, Cludius B, Silkens A, Craske MG und Hermann C (2011): Shorter communication. Heartbeat perception in social anxiety before and during speech anticipation, in: *Behaviour Research and Therapy*, Vol. 49, Nr. 2, S. 138 – 143.

Suzuki K, Garfinkel SN, Critchley HD und Seth AK (2013): Multisensory integration across exteroceptive and interoceptive domains modulates self-experience in the rubber-hand illusion, in: *Neuropsychologia*, Vol. 51, Nr. 13, S. 2909 – 2917.

Thaut MH, Trimarchi PD und Parsons LM (2014): Human brain basis of musical rhythm perception: common and distinct neural substrates for meter, tempo, and pattern, in: *Brain Sciences*, Vol. 4, Nr. 2, S. 428 – 452.

Trepel M (2015): *Neuroanatomie. Struktur und Funktion*. 6. Auflage, Urban&Fischer Verlag, Elsevier GmbH, München.

Ursino M, Cuppini C und Magosso E (2014): Neurocomputational approaches to modelling multisensory integration in the brain: a review, in: *Neural Networks*, Vol. 60, S. 141 – 165.

Tsay A, Allen TJ, Proske U und Giummarra M (2015): Sensing the body in chronic pain: A review of psychophysical studies implicating altered body representation, in: *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, Vol. 52, S. 221 – 232.

Vaitl D (1995): Interozeption: ein neues interdisziplinäres Forschungsfeld, in: *Psychologische Rundschau*, Vol.46, S. 171 – 185, Hogrefe, Göttingen.

van Straten A, Cuijpers P, van Zuuren FJ, Smits N und Donker M (2007): Personality traits and health-related quality of life in patients with mood and anxiety disorders, in: *Quality of Life Research*, Vol. 16, Nr. 1, S. 1 – 8.

Vlaeyen JW, de Jong J, Geilen M, Heuts PH und van Breukelen G (2002): The treatment of fear of movement/(re)injury in chronic low back pain: further evidence on the effectiveness of exposure in vivo, in: *The Clinical journal of pain*, Vol. 18, Nr. 4, S. 251 – 261.

Vuust P, Ostergaard L, Pallesen KJ, Bailey C und Roepstorff A (2009): Predictive coding of music--Brain responses to rhythmic incongruity, in: *Cortex*, Vol. 45, Nr. 1, S. 80 – 92.

Weaver B und Wuensch KL (2013): SPSS and SAS programs for comparing Pearson correlations and OLS regression coefficients, in: *Behavior research methods*, Vol. 45, Nr. 3, S. 880 – 895.

Weisz J, Balazs L und Adam G (1988): The influence of self-focused attention on heartbeat perception, in: *Psychophysiology*, Vol. 25, Nr. 2, S. 193 – 199.

Wiens S, Mezzacappa ES und Katkin ES (2000): Heartbeat detection and the experience of emotions, in: *Cognition and Emotion*, Vol. 14, Nr. 3, S.417 – 427.

Wiens S und Palmer SN (2001): Quadratic trend analysis and heartbeat detection, in: *Biological Psychology*, Vol. 58, Nr. 2, S. 159 – 175.

Yu L, Rowland BA und Stein BE (2010): Initiating the development of multisensory integration by manipulating sensory experience, in: *The Journal of Neuroscience*, Vol. 30, Nr. 14, S. 4904 – 4913.

Zamorano AM, Riquelme I, Kleber B, Altenmüller E, Hatem SM und Montoya P (2014): Pain sensitivity and tactile spatial acuity are altered in healthy musicians as in chronic pain patients, in: *Frontiers in Human Neuroscience*, Vol. 8, Art. 1016.

Zarate JM und Zatorre RJ (2008): Experience-dependent neural substrates involved in vocal pitch regulation during singing, in: *NeuroImage*, Vol. 40, Nr. 4, S. 1871 – 1887.

Zatorre RJ, Chen JL und Penhune VB (2007): When the brain plays music: auditory-motor interactions in music perception and production, in: *Nature Reviews Neuroscience*, Vol. 8, Nr. 7, S. 547 – 558.

7. Erklärung zum Eigenanteil der Dissertationsschrift

Die Arbeit wurde im Institut für Medizinische Psychologie und Verhaltensneurobiologie der Universität Tübingen unter Betreuung von Professor Dr. Dr. hc. mult. Niels Birbaumer und Dr. habil. Boris A. Kleber durchgeführt.

Die Konzeption der Studie erfolgte in Zusammenarbeit mit Dr. Boris Kleber, Pouyan Fard, Dr. Anna Zamorano und Dr. Sebastian Finkel.

Sämtliche Versuche wurden (nach Einarbeitung durch Dr. Kleber) von mir eigenständig durchgeführt.

Die statistische Auswertung erfolgte, nach Beratung durch Dr. Boris Kleber, Dr. Sebastian Finkel und das Institut für Biometrie, durch mich.

Ich versichere, das Manuskript selbständig (nach Anleitung durch Dr. Kleber) verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.

Katharina Lea Schirmer-Mokwa

Hamburg, Mai 2018

8. Veröffentlichungen

Schirmer-Mokwa KL, Fard PR, Zamorano AM, Finkel S, Birbaumer N und Kleber BA (2015): Evidence for Enhanced Interoceptive Accuracy in Professional Musicians, in: *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, Volume 9, Art. 349.

Schirmer-Mokwa KL, Fard PR, Zamorano AM, Finkel S, Birbaumer N und Kleber BA (2016): Evidenz für verbesserte Interozeptionsgenauigkeit bei professionellen Musikern, in: *Musikphysiologie und Musikmedizin*, Jg. 23, Nr. 3.

Anhang

Fragebogen zur Erfassung dispositionaler Selbstaufmerksamkeit (Filipp & Freudenberg 1989)

1. Es ist mir wichtig, meine eigenen Bedürfnisse zu erkennen. (*privat*)
2. Ich achte darauf, wie ich aussehe. (*öffentlich*)
3. Ich erforsche gründlich meine Absichten. (*privat*)
4. Ich betrachte mich gern im Spiegel. (*öffentlich*)
5. Ich mache mir Gedanken, wie ich auf andere Menschen wirke. (*öffentlich*)
6. Ich versuche, über mich selbst etwas herauszufinden. (*privat*)
7. Ich denke über mich nach. (*privat*)
8. Ich mache mir Gedanken über die Art, wie ich die Dinge anpacke. (*privat*)
9. Ich spüre es, wenn sich meine Stimmung verändert. (*privat*)
10. Ich beobachte sorgfältig meine innersten Gefühle. (*privat*)
11. Ich denke im Nachhinein darüber nach, welchen Eindruck ich auf andere gemacht habe. (*öffentlich*)
12. Ich merke, wie ich mich selbst beobachte. (*privat*)
13. Ich glaube, ich kenne mich selbst sehr genau. (*privat*)
14. Ich achte darauf, dass ich in einem guten Licht erscheine. (*öffentlich*)
15. Bevor ich aus dem Haus gehe, werfe ich einen letzten Blick in den Spiegel. (*öffentlich*)
16. Ich spüre richtig, wie mein Kopf arbeitet, wenn ich ein Problem löse. (*privat*)
17. Es ist mir unangenehm, wenn andere mich beobachten. (*öffentlich*)
18. Ich achte auf mein Aussehen. (*öffentlich*)
19. Ich mache mir Gedanken darüber, wie ich mich in Gegenwart anderer geben soll. (*öffentlich*)
20. Ich achte auf meine Bewegungen und meine Körperhaltung. (*öffentlich*)
21. Ich ertappe mich dabei, wie meine Gedanken um mich selbst kreisen. (*privat*)
22. Ich überlege, was meine Freunde und Bekannten von mir denken. (*öffentlich*)

23. Ich bin mir über meine eigenen Pläne und Ziele sehr gut im Klaren. (*privat*)
24. Ich spüre es, wenn mich jemand beobachtet. (*öffentlich*)
25. Ich denke über mich und mein Leben intensiver nach als andere Menschen. (*privat*)
26. Ich denke darüber nach, welchen Gesichtsausdruck ich gerade habe. (*öffentlich*)
27. Es ist mir wichtig, was andere über mich denken. (*öffentlich*)

State-Trait-Angstinventar (Trait) (Spielberger, Gorsuch & Lushene 1970)

1. Ich bin vergnügt.
2. Ich werde schnell müde.
3. Mir ist zum Weinen zumute.
4. Ich glaube, mir geht es schlechter als anderen Leuten.
5. Ich verpasse günstige Gelegenheiten, weil ich mich nicht schnell genug entscheiden kann.
6. Ich fühle mich ausgeruht.
7. Ich bin ruhig und gelassen.
8. Ich glaube, dass mir meine Schwierigkeiten über den Kopf wachsen.
9. Ich mache mir zuviel Gedanken über unwichtige Dinge.
10. Ich bin glücklich.
11. Ich neige dazu, alles schwer zu nehmen.
12. Mir fehlt es an Selbstvertrauen.
13. Ich fühle mich geborgen.
14. Ich mache mir Sorgen über mögliches Missgeschick.
15. Ich fühle mich niedergeschlagen.
16. Ich bin zufrieden.
17. Unwichtige Gedanken gehen mir durch den Kopf und bedrücken mich.
18. Enttäuschungen nehme ich so schwer, dass ich sie nicht vergessen kann.
19. Ich bin ausgeglichen.
20. Ich werde nervös und unruhig, wenn ich an meine derzeitigen Angelegenheiten denke.

NEO-Fünf-Faktoren Inventar (Extraversion) (Borkenau & Ostendorf 1994)

1. Ich habe gerne viele Leute um mich herum.
2. Ich bin leicht zum Lachen zu bringen.
3. Ich halte mich nicht für besonders fröhlich.
4. Ich unterhalte mich wirklich gerne mit anderen Menschen.
5. Ich bin gerne im Zentrum des Geschehens.
6. Ich ziehe es gewöhnlich vor, Dinge allein zu tun.
7. Ich habe oft das Gefühl, vor Energie überzuschäumen.
8. Ich bin ein fröhlicher, gut gelaunter Mensch.
9. Ich bin kein gut gelaunter Optimist.
10. Ich führe ein hektisches Leben.
11. Ich bin ein sehr aktiver Mensch.
12. Lieber würde ich meine Wege gehen, als eine Gruppe anzuführen.

Bühnenangstfragebogen für Musiker (Fehm, Hille & Becker 2002)

1. Ich mache mir Sorgen über meinen Auftritt. (*kognitiv*)
2. Ich glaube, dass es mir an Selbstvertrauen mangelt. (*kognitiv*)
3. Ich fühle Anspannung in der Magengegend. (*körperlich*)
4. Ich fühle mich gut vorbereitet auf meinen Auftritt. (*kognitiv*)
5. Ich bin nervös. (*körperlich*)
6. Ich habe schwitzige Hände. (*körperlich*)
7. Ich mache mir Sorgen, ob ich in der Lage bin, aufzutreten. (*kognitiv*)
8. Ich habe das Gefühl, die Situation unter Kontrolle zu haben. (*kognitiv*)
9. Ich habe Herzklopfen. (*körperlich*)
10. Meine Muskeln fühlen sich angespannt an. (*körperlich*)
11. Ich habe Schwierigkeiten mich zu konzentrieren. (*kognitiv*)
12. Ich werde von anderen Dingen abgelenkt. (*kognitiv*)
13. Mir könnte übel werden. (*körperlich*)

14. Ich könnte ohnmächtig werden. (*körperlich*)
15. Ich glaube, dass ich einen Fehler machen und den Auftritt verderben könnte. (*kognitiv*)
16. Ich habe das Gefühl, mein Mund ist trocken. (*körperlich*)
17. Ich bemerke, dass ich zittere. (*körperlich*)
18. Ich bin besorgt über mögliche Fehler während meines Auftritts. (*kognitiv*)
19. Ich muss öfter als sonst auf die Toilette. (*körperlich*)
20. Ich bin überkritisch bezüglich meiner Darbietung. (*kognitiv*)

Allgemeine Depressionsskala (Hautzinger, Bailer, Hofmeister & Keller 2012)

(In Klammern findet sich jeweils die Zuordnung zu den verschiedenen depressiven Modalitäten)

Während der letzten Woche...

1. ... haben mich Dinge beunruhigt, die mir sonst nichts ausmachen. (*emotional*)
2. ... hatte ich kaum Appetit. (*somatisch*)
3. ... konnte ich meine trübsinnige Laune nicht loswerden (*emotional*), obwohl mich meine Freunde/Familie versuchten aufzumuntern. (*motorisch/interaktional*)
4. ... kam ich mir genauso gut vor wie andere. (*kognitiv*)
5. ... hatte ich Mühe, mich zu konzentrieren. (*kognitiv*)
6. ... war ich deprimiert / niedergeschlagen. (*emotional*)
7. ... war alles anstrengend für mich. (*motivational*)
8. ... dachte ich voller Hoffnung an die Zukunft. (*kognitiv*)
9. ... dachte ich, mein Leben ist ein einziger Fehlschlag. (*kognitiv*)
10. ... hatte ich Angst. (*emotional*)
11. ... habe ich schlecht geschlafen. (*somatisch*)
12. ... war ich fröhlich gestimmt. (*emotional*)
13. ... habe ich weniger geredet als sonst. (*motorisch/interaktional*)
14. ... fühlte ich mich einsam. (*emotional*)
15. ... waren die Leute unfreundlich zu mir. (*motorisch/interaktional*)

16. ... habe ich das Leben genossen. (*kognitiv*)
17. ... musste ich weinen. (*somatisch*)
18. ... war ich traurig. (*emotional*)
19. ... hatte ich das Gefühl, dass die Leute mich nicht leiden können. (*motorisch/interaktional*)
20. ... konnte ich mich zu nichts aufraffen. (*motivational*)

Pain Vigilance and Awareness Questionnaire (McCracken 1997)

1. Ich bin sehr schmerzsensibel.
2. Mir sind vorübergehende Änderungen von Schmerzen bewusst.
3. Ich bemerke rasch Änderungen der Schmerzintensität.
4. Ich bemerke rasch Wirkungen einer medikamentösen Behandlung auf Schmerzen.
5. Ich merke rasch, wenn sich der Schmerz verlagert oder ausdehnt.
6. Ich konzentriere mich auf Schmerzempfindungen.
7. Ich bemerke Schmerzen selbst dann, wenn ich mit einer anderen Aktivität beschäftigt bin.
8. Mir fällt es leicht, Schmerzen zu ignorieren.
9. Ich weiß sofort, wenn Schmerzen werden.
10. Wenn ich etwas tue, das die Schmerzen steigert, muss ich als Erstes prüfen, um wieviel sich die Schmerzen verstärkt haben.
11. Ich weiß es sofort, wenn die Schmerzen nachlassen.
12. Mir scheinen Schmerzen bewusster zu sein als Anderen.
13. Ich achte genau auf Schmerzen.
14. Ich verfolge genau meine Schmerzstärke.
15. Ich beschäftige mich mittlerweile nur noch mit Schmerzen.
16. Ich brüte nicht über Schmerzen.

Demographischer Fragebogen (nach Kleber et al. 2013)

1. Geschlecht
2. Alter
3. Höchster Ausbildungsstatus
4. Aktuelle Beschäftigung
- 5a). Für Nicht-Musiker: Berufliche Tätigkeit und eventuelle Berührungspunkte zu musikalischen Aktivitäten
- 5b) Für Musiker: Musikalische Anamnese (inkl. Händigkeit bei Instrumentalisten)
6. Gesundheitsverhalten (Körperliche Fitness, Sport, körperlich anstrengende berufliche Tätigkeit)
7. Vorerkrankungen (Beschränkt auf Migräne, depressive Erkrankungen, sonstige psychiatrische oder neurologische Erkrankungen)
8. Substanzanamnese (Nikotin, Alkohol, sonstige Drogen, Koffein)
9. Medikamentenanamnese

Danksagung

Danke an Prof. Dr. Dr. hc. mult. Birbaumer für das Ermöglichen dieser Dissertation an seinem Institut.

Ein riesengroßes Dankeschön an Dr. habil. Boris Kleber, der über diese ganze lange Zeit inspiriert, geholfen und korrigiert hat und ohne den diese Arbeit so nicht fertig gestellt worden wäre. Ihm ist auch wesentlich zu verdanken, dass ich für die Ergebnisse dieser Dissertation den Wissenschaftspreis 2016 der Deutschen Gesellschaft für Musikphysiologie und Musikermedizin verliehen bekommen habe.

Ebenfalls nicht möglich wäre diese Arbeit gewesen ohne die Hilfe von Pouyan Fard, der das Computerprogramm für die EKG-Messungen programmiert hat - dankeschön!

Danke auch an Dr. Anna Zamorano für noch mehr Inspiration.

Außerdem danke ich meinen Probanden, die alle geduldig mitgemacht und Fragebogen um Fragebogen ausgefüllt haben.

Ein weiterer Dank gilt Frau Prof. Wohlwender, die mich freundlich in der Raumsuche zur Durchführung der Experimente an der Staatlichen Hochschule für Musik und Darstellende Kunst Stuttgart unterstützt hat.

DANKE an meinen Papa, der mich immer wieder ermutigt, meinen eigenen Weg zu gehen.

DANKE an meine Mama, ohne die ich auf diesem Weg niemals dort angekommen wäre, wo ich jetzt bin.

DANKE an Merlin - für einfach alles! Du hältst mir den Rücken frei, kümmerst dich unermüdlich und motivierst mich immer wieder aufs Neue.

Und DANKE an meine kleine Chiara-Lea - dafür, dass du da bist und aus jedem Tag einen wunderschönen machst!